



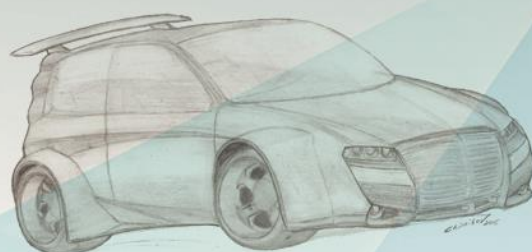
**Институт авиационного строительства и
транспорта
(механический факультет ИПИ)**

Авиационное строительство и транспорт Сибири

**Сборник статей VII Всероссийской научно-практической
конференции**



**Иркутск
13-16 апреля
2016**



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ СИБИРИ

Сборник статей VII Всероссийской
научно-практической конференции
(г. Иркутск, 13-16 апреля, 2016г.)

**Посвящается
55-летию со дня организации
Института авиационного строительства и транспорта ИРНТУ**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета
2016**

УДК 629+656 (082)

ББК 39Я45

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей VII Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 13-16 апреля, 2016 г.) – Иркутск: Изд-во ИрНТУ, 2016. – 440 с.

Представлены статьи, посвященные актуальным вопросам развития авиамашиностроительных технологий и транспортного комплекса городов и регионов РФ. Приводятся обобщения результатов научных исследований, обмена практическим опытом в интересах развития перспективных конструкций и технологий авиа- и машиностроения, повышения качества транспортного обслуживания регионов РФ.

Редакционная коллегия:

Ответственный редактор – Говорков А.С. – канд. техн. наук, доцент;

Чимитов П.Е. – канд. техн. наук, доцент

© Коллектив авторов, 2016

© Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2016

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

С юбилеем – авиамашиностроители и транспортники!

Недавно мы отметили 55 летний юбилей со дня создания механического факультета, полным преемником которого стал институт авиамашиностроения и транспорта. На протяжении этих лет преподаватели и сотрудники кафедр института выполняют важнейшие задачи по обеспечению квалифицированными кадрами авиастроение, машиностроение и транспортный комплекс Сибири и Дальнего Востока, развивают прикладную науку, направленную на разработку высокоэффективных технологий для реальных запросов промышленных и транспортных предприятий.

Научные достижения института основаны на тесном сотрудничестве с ведущими машиностроительными предприятиями региона и России. Ярким примером такого сотрудничества является совместная разработка перспективных технологий на Иркутском авиационном заводе для производства нового пассажирского авиалайнера МС-21. Серьёзные научные достижения есть в сфере развития транспортной инфраструктуры городов, в совершенствовании диагностики и ремонта автомобилей и других сферах. Наши научные достижения – основа совершенствования учебного процесса.

Уверен, что коллектив будет и впредь развивать лучшие традиции многих поколений преподавателей и ученых нашего института.

От всей души поздравляю преподавателей и сотрудников института авиамашиностроения и транспорта, а также всех выпускников с юбилеем! Желаю всем здоровья, успехов и удачи!

Директор института авиамашиностроения
и транспорта ИРНИТУ

Рашид Ахатов

СОДЕРЖАНИЕ

<i>ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО</i>	3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В АВИАМАШИНОСТРОЕНИИ

Использование нейронных сетей при автоматизации разработки технологических процессов <i>М.А. Анфёров, И.Ю. Белоклоков, Л.А. Шаймарданова</i>	12
Возможность использования будапештской модели управления общественным транспортом в крупных городах России <i>В.А. Благинин</i>	16
Автоматизация проектирования изделий в NX с применением студии разработки шаблонов <i>Т.В. Божеева, Д. П. Полещук</i>	20
Информационное моделирование в ходе разработки автоматизированной системы " Управление плановым обучением и повышением квалификации персонала" <i>К.И. Габитова</i>	23
Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов на базе существующих взаимосвязей» при запуске изделий в производство <i>А.С. Говорков, Т.В. Божеева, А.С. Жияев, Д.О. Токарев</i>	26
Методика бесконтактного анализа полей деформаций с использованием цифровой оптической системы Vic-3D <i>Е.В. Зеньков, Абдулжабборов Алишер Абдуносир Угли</i>	30
Разработка онтологии для технологии изготовления типовых деталей <i>В.А. Игруша, С.С. Сосинская</i>	36
Разработка мероприятий по внедрению компонентов интегрированной информационной среды для создания цифрового макета изделия <i>М.А. Гаер, Ю.И. Карлина</i>	40
PDM-система как основа информационной интегрированной среды предприятия <i>Ю.И. Карлина, О.В. Яценко</i>	44
Выбор базовой САД-системы предприятия для создания цифрового макета изделия <i>Ю.И. Карлина, О.В. Яценко</i>	48
Исследование конструктивно-технологических характеристик номенклатуры выпускаемых изделий при автоматизации процессов подготовки производства <i>Ю.И. Карлина, О.В. Яценко</i>	53

Разработка основных положений инструкции по обеспечению интеграции этапов внедрения единой информационной среды конструкторско-технологической подготовки производства <i>А.В. Шабалин, Ю.И. Карлина</i>	57
Исследование кинематики механизмов энергетических машин <i>В. В. Кузлякина, М. А. Шуджаури, Д. К. Альхамар</i>	61
Корреляция параметров электронного макета и технологических параметров изделия <i>М. В. Лаврентьева, М.С. Ерофеев</i>	68
Аспекты проектирования современных дисплеев для воздушных судов гражданского и специального назначения <i>О.В. Максимова, В.Е. Борисов</i>	71
Автоматизация процесса тарирования тензометрических датчиков от установки УДИОН-2 <i>А.Г. Тихонов, Н.В. Минаев</i>	74
Создание пользовательских инструментов моделирования для Siemens NX с использованием NXOpen API <i>П.Е. Чимитов, А. Д. Снытко</i>	79

ОРГАНИЗАЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ В СИБИРИ

Применение извести для стабилизации грунтов автомобильных дорог населенных пунктов <i>К.Н. Баева, Н.А. Слободчикова</i>	85
Пространственная математическая модель расчета коэффициента сцепления от проскальзывания с использованием нормальных и касательных нагрузок распределенных по длине пятна контакта эластичной шины колеса с роликами диагностического стенда <i>А.В. Бойко, О.С. Яньков, А.С. Марков</i>	88
Анализ влияния факторов городской территории на транспортный спрос к объектам культурно-бытовой направленности на примере кинотеатров <i>Д.Г. Бурков</i>	97
Практика платных дорог в России в современных условиях <i>А.Б. Бутузова, Н.А. Елфимова</i>	100
Методы оценки мер по обеспечению безопасности дорожного движения <i>Д.С. Джурук, А.В. Зедгенизов</i>	104
Экспресс метод оценки транспортного спроса городских территорий / транспортных расчетных районов <i>А.В. Зедгенизов</i>	108
Анализ предоставления услуг по пассажирским перевозкам населению Иркутского района <i>О.С. Ковальчук, А.А. Лыткина</i>	112

Применение кольцевых пересечений в зарубежной практике, как один из самых эффективных приемов снижения аварийности <i>А.С. Кольган, Д.А. Чичикин</i>	115
Оценка спроса на паркирование в центральной части г. Иркутска <i>Р.А. Комин, А.Г. Левашев, Ю.В. Тарасюк</i>	119
Проведение социологического опроса пассажиров о возможном уровне тарифа на перевозки автобусами-экспрессами <i>О.Г. Коптелов</i>	122
Опыт зарубежных стран в организации авиатранспортного обслуживания северных регионов <i>А.В. Кравченко</i>	125
К вопросу о сетевых критериях оценки качества функционирования улично-дорожной сети городов <i>А.Ю. Михайлов, М.И. Шаров, Н.И. Карелин</i>	129
Техника безопасности при производстве строительно-монтажных работ башенными кранами <i>Т.В. Мулланурова, Н.И. Баранчикова</i>	133
Пассажирский конвейер – эффективное средство обеспечения мобильности населения <i>Д.С. Неклева, Н.А. Елфимова, А.А. Лыткина</i>	136
Перспективы применения газового топлива в условиях Крайнего Севера <i>В. Нестеренко, Т. Исмаиλλαев, А.А. Кузьмин</i>	141
Исследование влияния температуры на параметры гидропневматических подвесок <i>А.Г. Осипов, И.Т. Поддубный</i>	145
Особенности применения систем спутникового мониторинга транспорта в крупных компаниях <i>О.А. Паршинова, А.А. Лыткина</i>	150
Анализ методов фиксации обстановки на месте ДТП <i>В.А. Печкин, М.В. Петраковский</i>	153
Применение аварийных насосных станций с приводом от воздушной турбины <i>А.П. Полонский, Д.А. Ишенин</i>	157
Совершенствование противообледенительных систем самолёта <i>А.П. Полонский, А.С. Федотова</i>	162
Городская мобильность: современные подходы проектирования УДС городов <i>Е.С. Преловская</i>	166
Автоматизированные системы склада <i>О.С. Прокофьева, К.С. Гавриченко, И.М. Елфимова</i>	170

Обзор существующих методов восстановления грузовых матриц корреспонденций <i>Н.В. Тарханова, Д.В. Антонов</i>	175
Организация мультимодальной перевозки внешнеторговых грузов <i>Н.В. Тарханова, М.В. Петраковский</i>	177
Малое инновационное предпринимательство в России <i>Н.В. Тарханова, С.А. Рабиевская, И.М. Елфимова</i>	182
Измерительный комплекс с гироскопами для диагностирования элементов подвески в дорожных условиях <i>А.И. Федотов, Н.Ю. Кузнецов, А.В. Лысенко, Д.А. Тихов-Тинников</i>	186
Повышение безопасности движения малозащищенных групп населения <i>С.Л. Чикалина, А.С.Вечер</i>	191
История развития железнодорожного оборудования <i>Е.А. Шигвалеева, Н.Л. Дорофеева</i>	194

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В АВИАМАШИНОСТРОЕНИИ

Мониторинг динамического состояния обрабатывающих центров <i>Д.П. Алейников, А.В. Лукьянов</i>	197
Устройство шнекового типа для укрепления откосов выемок и насыпей <i>М.В. Бабков, А.В. Захаренко</i>	200
Методика определения обрабатываемости материалов при глубинном шлифовании <i>И.Е. Базулин, Д.И. Волков</i>	203
Разработка алгоритма для технологической подготовки финишной обработки авиационных деталей на робототехническом комплексе <i>Е.Н. Бакшеева</i>	209
Формообразование точных стыковочных пазов в крыле и центроплане изделия Бе-200 <i>О.М. Балла</i>	213
Применение программного продукта FloEFD для аэродинамического проектирования вихревых установок <i>В.В. Бальзаминов, А.И. Демидов, И.О. Бобарика</i>	217
Тенденции развития гидравлических систем летательных аппаратов <i>Д. Д. Бейчук, В. В. Артанов</i>	220
Проект планера первоначального обучения <i>Д. Д. Бейчук, П.Е. Чимитов</i>	222
Разработка структурной схемы системы управления мобильным робототехническим комплексом «Перевертыш» <i>А.В. Беляев, И.Н. Новиков</i>	228
Анализ конструкций машин для очистки снежно-ледяных отложений на городских территориях <i>А.В. Беляев, Д.С. Пешков</i>	233

Струйно-инъекционная технология ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием <i>И.О.Бобарика, М.Р. Багаутдинов</i>	237
Элементы проектирования разветвленных гидросистем с учетом динамики рабочих органов <i>И.О. Бобарика, А.И. Демидов</i>	240
Мобильная система контроля качества авиационного топлива и рабочих жидкостей <i>И.О.Бобарика, А.О.Михеев, Л.Г.Марков</i>	245
Проблемы проектирования системы управления экспериментальной беспилотной модели экраноплана <i>С.Ю. Братусь, И.Н. Гусев, С.М. Кривель</i>	250
Применение электрических модульно-пусковых печей для термоактивации минерального сырья и техногенных отходов <i>Т.Б. Брянских</i>	254
Роторная гидромашина для создания случайных колебаний <i>А.А. Бурлакова</i>	257
Метод решения системы дифференциальных уравнений динамики движения летательного аппарата вблизи поверхности раздела сред <i>Ю.Ф. Вишников, С.М. Кривель</i>	261
Исследование параметров динамической воздушной подушки несущей системы схемы тандем вблизи подстилающей поверхности <i>Е.А. Галушко, С.М. Кривель</i>	265
Технологии производства и виды изделий из стекла <i>А.А. Дорофеева, Н.Л. Дорофеева</i>	271
Моделирование технологического процесса формообразования главной несущей части многослойных цилиндрических стенок автоклавов высокого давления <i>Д.А. Еловенко, Е.В. Зеньков</i>	274
Методы очистки сжатого воздуха для пневмоинструмента <i>А.К. Зарицкий</i>	279
Экспериментальное исследование жесткости промышленного робота KUKA KR 210 R2700 <i>С.С. Земцов, С.Б. Прокофьев</i>	283
Анализ современного оборудования и инструментов для аэродинамических исследований <i>И. Н. Зотов, С. Г. Сидоренко</i>	287
Способы фиксации элементов сборочной оснастки при автоматизированном монтаже <i>Е.В. Зыкова, М.С. Ерофеев</i>	291

Ультразвуковые приборы, применяемые в рамках строительно-технической диагностики	
<i>И.И. Киселева, С.А. Хороших</i>	297
Анализ возможности пневмотермической формовки авиационных деталей типа полупатрубков методом виртуального моделирования	
<i>А.В. Колесников, А.П. Заболотский</i>	299
Основа инновационной экономики Иркутской области – развитие биотехнологий, (на примере производства и использования биодизеля)	
<i>П.В. Королев, А.В. Полномочнов, А.Г. Кобыльский</i>	303
Современные методы и средства контроля герметичности в самолетостроении	
<i>А.И. Кудряшов, С.В. Гуцин</i>	307
Системный подход в задачах синтеза алгоритмов управления упругими колебаниями мехатронных систем	
<i>Н.К. Кузнецов, Л. Б. Хань</i>	311
Блок-схема к определению рационального режима работы малогабаритной подметально-уборочной машины	
<i>М. П. Куксов</i>	317
Применение CAD и CAE систем в технологической подготовке процессов эластоформования	
<i>Е.В. Ледовских</i>	320
Модальный анализ промышленного робота KUKA KR210 R2700 extra	
<i>А.Ю. Лобова</i>	324
Автоматизированная система видеоконтроля процесса 3D печати	
<i>В. В. Максимов</i>	328
Обзор применяемых информационных систем при технологической подготовке производства на машиностроительных предприятиях	
<i>А.Г. Масол</i>	333
Формообразование трубчатых заготовок с перемещающейся кромкой и самогерметизацией	
<i>В.В. Мироненко</i>	337
Экспериментальная установка для получения титанового порошка	
<i>В.Н. Москвитин, Е.В. Зеньков, В.И. Макаров, Д.С. Леонович</i>	341
Повышение изгибной жесткости калиброванной детали	
<i>Нгуен Ван Хуан</i>	345
Методика позиционирования при автоматизированном монтаже сборочной оснастки	
<i>К.А. Однокурцев, Р.А. Сокольников</i>	350
Разработка устройства для механизации обрезки штампованных заготовок на полупатрубки из материала: АМГ лист 1,2; ОТ-4 лист 0.8X18Н9	
<i>С.В. Оскорбин, А.С. Говорков</i>	355

Технологии фрезерования малкованных поверхностей авиационных деталей <i>Д. Б. Пайкин</i>	357
Турбированный двигатель <i>В.В. Пуслис, А.Н. Стрельников</i>	361
Вибростенд с гидрообъемным генератором колебаний <i>А.А. Сыдыков</i>	363
Исследование качества и стабильности операции фрезерования кромок на роботизированном комплексе <i>Е.Н. Семёнов</i>	367
Ультразвуковая дробилка <i>В.Г.Сментына, Ю.И.Чеботарёв</i>	370
Обзор поддерживающих приспособлений для ручной сварки <i>Р.А. Сокольников, М.В. Лаврентьева</i>	374
Возможности численного моделирования прижогов с привлечением нечеткой логики <i>Я.И. Солер, Нгуен Ван Ле, Д.Ю. Казимиров</i>	376
Оптимизация выбора кругов при маятниковом шлифовании алюминиевого сплава В95очТ2 по критерию макрогеометрии <i>Я.И. Солер, Чи Киен Нгуен, Мань Тием Нгуен</i>	381
Качество поверхности деталей из алюминиевых сплавов, зачищенных лепестковым кругом <i>Д.А Стародубцева</i>	387
Регулирование точности червячного зацепления <i>Р.Н.Субботин, Ф.Б. Отомирзаев, А. В. Высоцкая</i>	391
Диагностика гидропривода по наличию механических примесей в рабочей жидкости <i>М.С.Тен, А.Н.Стрельников</i>	395
Перспективы отечественного тракторостроения <i>А.С. Худченко, Е.А. Малинин</i>	398
Обработка точных отверстий в смешанных пакетах набором инструментов <i>Н.С. Чащин</i>	402
Вариантное проектирование несущей панели авиационных конструкций из условия жесткости на основе методов геометрического моделирования формы <i>А.А. Черняев</i>	405
Разработка конструкций цилиндров манипуляторов дуговой сталеплавильной печи <i>О.Н. Чиченева, Вас. В. Точилкин, В.И. Умнов</i>	409

Разработка технологии изготовления приспособлений с максимально возможным выполнением раскройных, сверлильных и резьбонарезных операций на высокопроизводительных обрабатывающих центрах типа DMU

А.В.Шелепов 413

Профилирование пространственного цилиндрического кулачка механизма с качающимся толкателем, снабженным роликом

А.В.Шматкова, Д.С. Брижатюк 415

Расчёт на прочность привода опрокидывателя вагонов с редуктором ЦДН-130А при переходе на зацепление Новикова

А.В. Кулешов¹, В.К. Еремеев², Л.Б. Цвик³ 421

Предварительный анализ эффективности теплоизоляции двигателя автомобиля при стоянках в зимних условиях Якутии

Е.Е. Анисимов 427

ДАННЫЕ АВТОРОВ 431

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В АВИАМАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 658.512:04.896

**Использование нейронных сетей при автоматизации
разработки технологических процессов***М.А. Анфёров, И.Ю. Белоклоков, Л.А. Шаймарданова*

Уфимский государственный авиационный технический университет,
450000, г. Уфа, ул. К.Маркса, 12.

В статье приводятся результаты исследования моделей искусственного интеллекта в виде нейронных сетей, используемых для информационной поддержки расчета режимов резания в современных САПР ТП.

Ключевые слова: автоматизация проектирования, технологический процесс, режимы резания, моделирование, нейронные сети.

Реализация CALS-стратегии в машиностроительном производстве [1] предусматривает высокий уровень автоматизации процессов технологической подготовки производства и, в первую очередь, проектирование технологических процессов. Это достигается использованием современных САПР ТП [2], реализующих весь проектный цикл, включая синтез и оптимизацию принимаемых проектных решений [3].

В данной работе исследована возможность повышения качества и эффективности автоматизированного расчета режимов технологической обработки резанием в рамках САПР ТП за счет применения моделей искусственного интеллекта в виде нейронных сетей, успешно применяемых для других задач технологической подготовки производства [3]. Важность данной задачи определяется тем, что правильно выбранные режимы резания влияют на основные критерии оптимизации технологических процессов: максимум их надежности и производительности, минимум технологической себестоимости [4].

Современные САПР ТП, такие как, например, «АСКОН Вертикаль» [5], используют для информационной поддержки процесса расчета режимов резания реляционную базу данных, на которую проецируется соответствующий технологический справочник. Примером такого справочника являются общемашиностроительные нормативы по расчету режимов резания [6].

Такой подход является естественным, поскольку опирается на традиционную неавтоматизированную технологию работы технолога со справочной литературой. Однако он обладает рядом существенных недостатков:

- сложный характер технологических справочных таблиц приводит при нормализации отношений в реляционной базе данных к их большому количеству со сложной структурой;
- сложная структура базы данных сильно затрудняет ее обновление в связи с появлением новых технологических решений, таких как появление новых конструктивных и инструментальных материалов, нового технологического оборудования и др.

Предлагаемый подход позволяет исключить вышеназванные недостатки и сделать сам модуль САПР ТП по расчету режимов резания самообучаемым. Последнее обстоятельство очень важно в процессе адаптации САПР ТП к конкретным производственным условиям, которые требуют корректировки обычных справочных данных.

Исследования проведены для фрезерной обработки конструкционных углеродистых, легированных, жаропрочных, коррозионно-стойких и жаростойких сталей, а также медных, алюминиевых сплавов и чугуна. При этом рассматривались черновая и получистовая стадии обработки. Исследования опирались на данные, представленные в [6] (карты 79–80). Задача состояла в определении подачи фрезерования концевых фрез u (мм/зуб) в зависимости от диаметра фрезы, глубины резания и ширины фрезерования с учетом всех выше перечисленных факторов.

В случае информационной поддержки данной задачи с использованием традиционной реляционной базы данных потребовалось бы 72 таблицы с данными и 5 связующих таблиц. В нашем случае используется всего лишь одна нейронная сеть в виде полносвязного многослойного персептрона с 5 нейронами на входе, получаемых сигналы в виде значений кода вида обработки, кода марки конструкционного материала, диаметра фрезы, глубины резания и ширины фрезерования. Выходной слой содержит один нейрон, на котором формируется сигнал в виде искомого значения подачи.

Поскольку нейронная сеть представляет собой стохастическую модель, то на начальном этапе исследования была проведена серия экспериментов по оценке воспроизводимости получаемых результатов. Во всех экспериментах использовалась обучающая выборка данных в объеме 922 кортежей значений.

По результатам серии из 6 повторов обучения нейронной сети с 3 скрытыми слоями по 5 нейронов рассчитывалась дисперсия значений выходного нейрона на этих повторах $S^2_{y_i} = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 (\hat{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2$ для каждого (i -го) обучающего кортежа

данных из всего обучающего объема (n), где $\hat{y}_{ij}$ – выходные значения сети; $\bar{y}_i$ – статистические средние, рассчитываемые как $\bar{y}_i = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 \hat{y}_{ij}$.

Для оценки воспроизводимости определялось расчетное значение критерия Кохрена G_p в виде отношения максимальной из вычисленных дисперсий – $S^2_{\max}$ к их сумме, т.е.

$$G_p = S^2_{\max} / \sum_{i=1}^n S^2_{y_i}. \quad (1)$$

Полученное значение критерия $G_p = 0,029$ сравнивалось с табличным $G(P, v, n) = 0,063$, выбираемым в зависимости от доверительной вероятности $P = 0,95$ и степени свободы $v = \psi - 1$ (ψ – количество повторов). Полученное соотношение $G_p < G(P, v, n)$ свидетельствует о воспроизводимости результатов нейросетевого моделирования рассматриваемой задачи.

Для определения наилучшей архитектуры нейронной сети рассчитывалась средняя относительная ошибка выдаваемых моделью результирующих данных. Для этого использовалась формула

$$\bar{E}_{\text{отн}} = \sum_{i=1}^n |e_i / y_i| \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $e_i = y_i - \hat{y}_i$ – разность между реальным значением подачи y_i , использованным при обучения сети и значением, рассчитанным самой сетью $\hat{y}_i$ (в регрессионном анализе e_i называется остатком). Результаты выполненных расчетов представлены графически на рис.1–2.

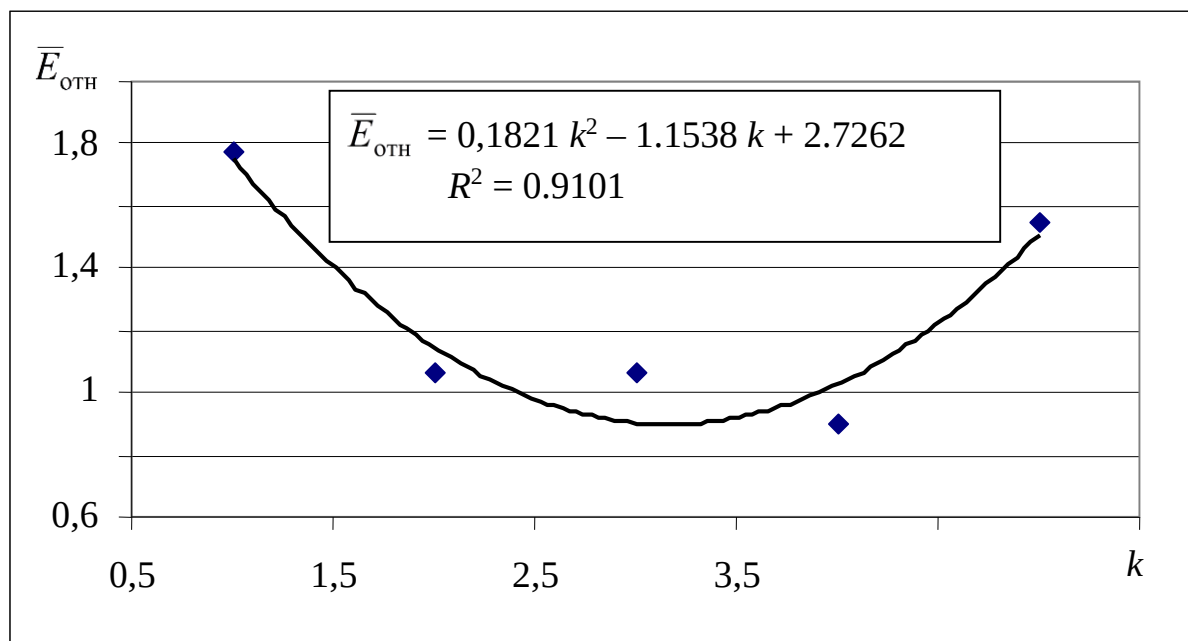


Рис. 1. Влияние на точность скрытых слоев
 k – количество скрытых слоев нейронной сети, R^2 – коэффициент детерминации.

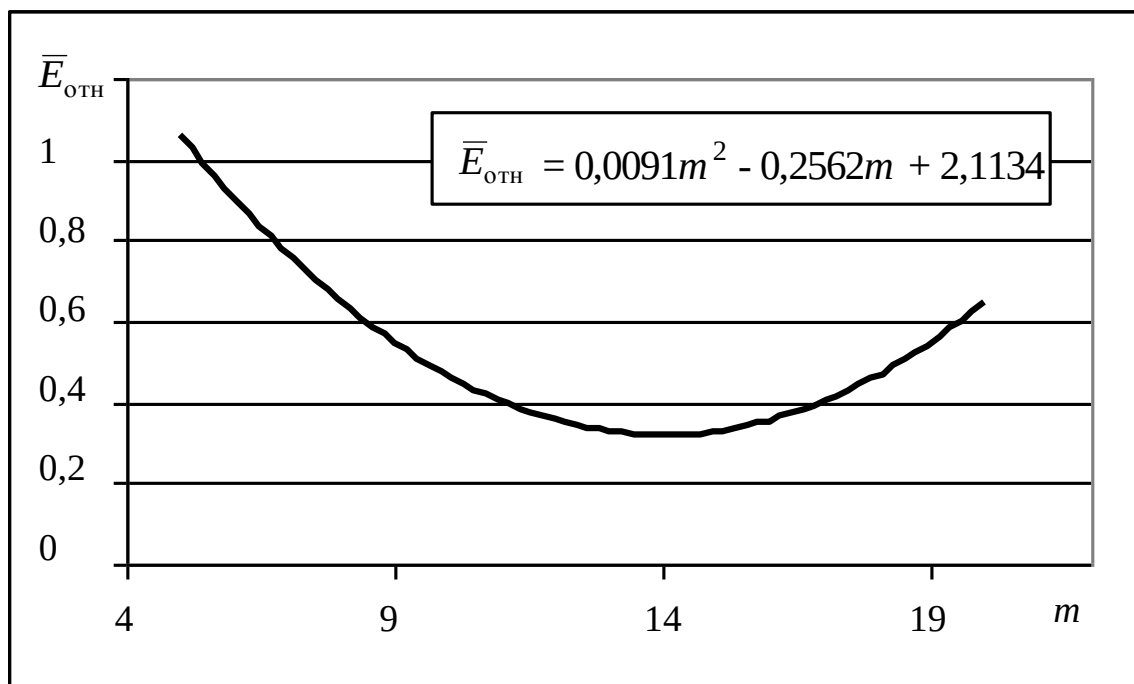


Рис. 2. Влияние на точность количество нейронов в слоях
 m – количество нейронов в трех скрытых слоях.

По полученным результатам видно, что наилучшая архитектура нейронной сети по критерию минимальной погрешности выдаваемых результатов предполагает 3 скрытых слоя по 14 нейронов в каждом.

Адекватность полученной модели оценивалась с использованием критерия Фишера. Расчетное значение $F = \frac{R^2 / \nu_1}{(1 - R^2) / \nu_2}$ при $\nu_1 = 5$ и $\nu_2 = 916$ сравнивалось с табличным ($F_{\text{табл}} = 2,2$), что позволило с вероятностью 0,95 принять гипотезу об адекватности полученных моделей. При этом коэффициент детерминации R^2 рассчитывался по формуле

$$R^2 = 1 - S_e^2 / S_y^2, \quad (3)$$

где S_e^2 и S_y^2 , – дисперсии соответственно значений e_i и рассчитываемого значения подачи y_i .

Полученная модель является гибкой, поскольку может переобучаться с помощью данных об используемых режимах обработки на конкретном предприятии, адаптируясь тем самым к его производственным условиям.

Полученные результаты позволяют рекомендовать предложенный способ информационной поддержки автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении в рамках САПР ТП.

Список использованной литературы:

1. Соломенцев, Ю.М. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. – М.: Наука, 2003. – 292с.
2. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: Уч. пособие / Л.М. Акулович, В.К. Шелег. – М.: ИНФРА-М, Минск: Новое знание, 2016. – 488с.
3. Анфёров, М.А. Нейросетевая технология в задаче управления технологической подготовкой производства / М.А. Анфёров // Сб. науч. тр. в 3 частях. науч.-техн. конф. «Нейроинформатика-12», г. Москва, 23–27 января 2012 г. Ч1. – М: НИЯУ МИФИ, 2012. – С.198–205.
4. Анфёров, М.А. Системная оптимизация наукоемких технологий / М.А. Анфёров // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2002. – №2. – С.57–60.
5. Аверченков, В. И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ [Электронный ресурс]: монография / В.И. Аверченков, А. В. Аверченков, М. В. Терехов, Е. Ю. Кукло. – М.: ФЛИНТА, 2011. – 151 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 474 с.

УДК 332.145

Возможность использования будапештской модели управления общественным транспортом в крупных городах России*В.А. Благинин*

Уральский государственный экономический университет,
620144, г. Екатеринбург, ул 8-е марта/Народной воли, 62/45

В статье представлена модель управления городским общественным транспортом, используемая в городе Будапеште (Венгрия). Доказывается высокая эффективность данной модели на основе анализа сильных сторон. Выражается тезис о возможности внедрения такой системы менеджмента на транспорте в крупных российских городах.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, автотранспортная инфраструктура, городской общественный транспорт, модель управления общественным транспортом.

В период экономических угроз, который на сегодняшний день достаточно затянулся, необходимо правильное оптимальное приобретение опыта других стран, особенно развитых стран Европы, для формирования собственной стратегии развития российского государства. Транспорт одна из немногих отраслей хозяйствования, которые оказывают особенное повсеместное влияние на другие отрасли экономики страны. Он является срединным звеном цепи экономических процессов и явлений, как на уровне хозяйствующих субъектов, так и на макроуровне. Несмотря на разработанные транспортные стратегии страны, и некоторых крупных регионов, развитие инфраструктуры далеко отстает от необходимых темпов развития. В таком случае разумным вариантом видится анализ опыта западных стран в данной области и оценка возможности применения сформированных зарубежных моделей управления транспортным комплексом.

На уровне города, особое место в транспортной системе, занимает городской общественный транспорт, который осуществляет до 64% пассажироперевозок, оставшиеся элементы структуры - такси и личный автотранспорт, теряет лидирующие позиции, особенно ярко данный факт характерен для крупных городов, где остро закрепился вопрос пробок. Интерпретация пространственно-временной парадигмы развития социума заключается в преодолении большего расстояния за максимально короткий промежуток времени. Транспортная инфраструктура городов России не способна обеспечить выполнение данного постулата, что предопределяет гигантские потери для национальной экономики.

В структуре городского общественного транспорта (ГОТ) выделяют следующие виды транспорта:

- Автобусы
- Троллейбусы
- Дуобусы
- Метро
- Трамваи
- Фуникулеры
- Вертолеты

- Автомобили

Как видим каждый элемент данной структуры, вносит свой вклад в обеспечение транспортной доступности для населения, следовательно, особа важна система управление всеми видами транспорта сразу. По этой причине управление общественным транспортом городов видится в обязанностях одной организации либо органа власти, который осуществляет координацию деятельности второстепенных транспортных предприятий, формирует стратегию их развития и концепцию эволюции транспортного комплекса в целом.

Реализуемая в Будапеште модель управления общественным транспортом, считается одной из самых эффективных в мире. Она основана на предоставлении полной свободы и соответственно ответственности единственной компании - BKV (Компания общественного транспорта Будапешта – Budapest Transport Company Limited). Формироваться данная структура начала в далеком 1968, однако претерпела немного изменений, что показывает высокий уровень качество выполнения поставленных задач. Специалисты компании также акцентируют внимание на то, что у компании есть и предыстория развития общественного транспорта, начиная со строительства первых мостов в 1849 году.

Основным достижением компании является реализуемый на протяжении долгих лет менеджмент. Сама компания имеет достаточно развернутую структуру, несомненно, лишние элементы в ней нет (рис. 1). Ее также можно представить в облегченной форме. Функцию стратегического развития компании BKV и общественного транспорта города реализует совет директоров. Руководителем является Президент компании, которому подчинены Департаменты, поделенные по видам транспорта: департамент железной дороги (отвечает за трамваи, зубчатую ж/д, детскую ж/д); автобусно-троллейбусный департамент (формирует направления развития автомобильной инфраструктуры города); Проект Метро; департамент безопасности на транспорте; другие административные структурные единицы, такие как финансовый, информационно-аналитический, департамент девелопмента) [1].

На данный момент ГОТ в Будапеште состоит из 180 автобусных маршрутов, 29 трамвайных, 14 трамвайных и 4 линии метрополитена. Как видно из транспортной схемы столицы Венгрии, плотность транспортных магистралей сверхвысокая, одна из самых высоких в мире. Этот реализуется благодаря функционированию также специальных видов общественного транспорта, таких как зубчатая железная дорога, фуникулер, а также уникальная детская железная дорога [3].

Опорными точками в развитии модельного управления общественным транспортом компанией BKV стали достигнутые результаты. Во-первых, было проведено исследование среди горожан, в котором вопрос "довольства работой общественного транспорта" был на 93% отмечен галочкой о выполнении. Заручившись поддержкой граждан, компания стала грамотно использовать финансовые механизмы, в которых во главе иерархии, спускающей вниз финансовые средства был совет директоров компании. Решение проблем на пути к новому технологическому укладу, так или иначе возникающих в функционировании транспортной системы, мгновенно решались путем перераспределения средств от одного вида транспорта к другому, либо от одной статьи расходов к другой. Немаловажным считается тот факт, что все тарифы на перевозку пассажиров компания устанавливает монопольно, что дает возможность четко стратегического планирования [2].

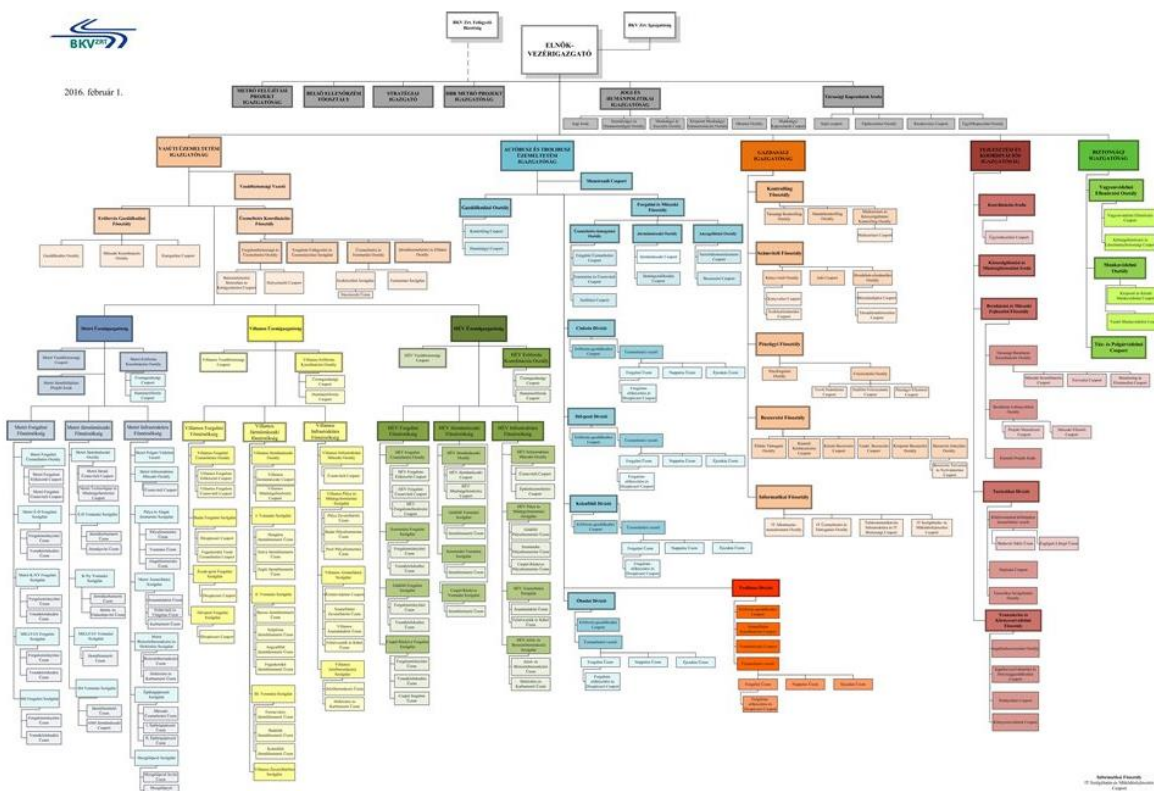


Рис. 1. Организационная структура компании BKV

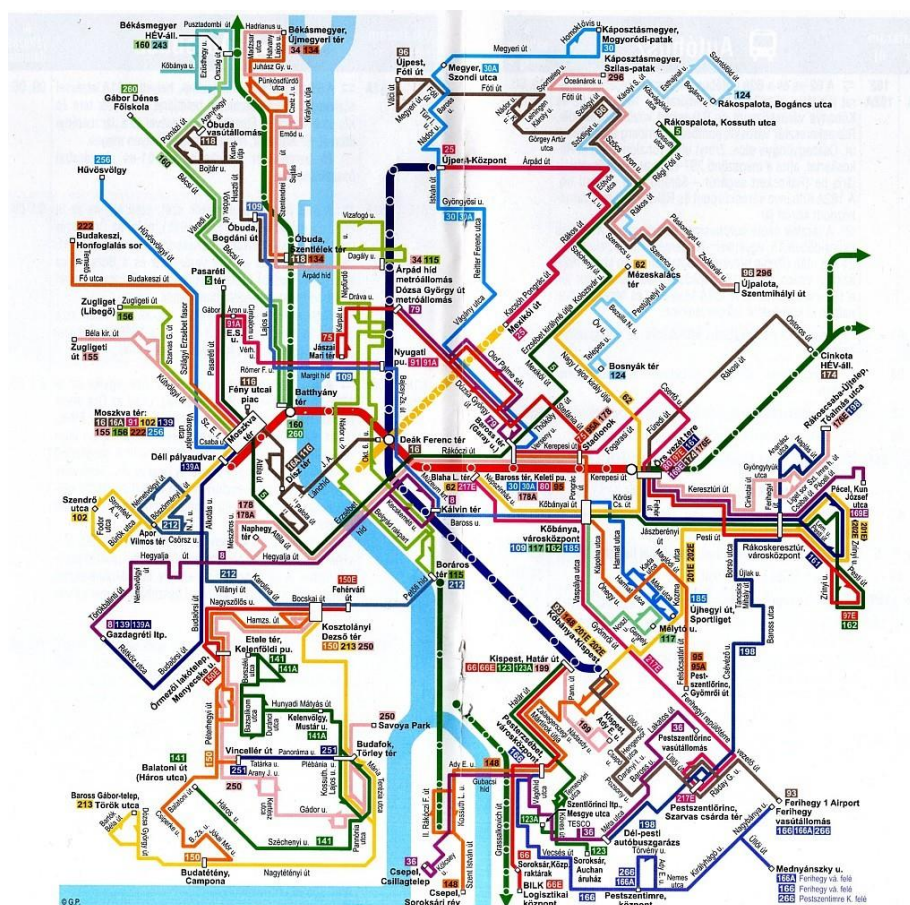


Рис. 2. Карта транспортных маршрутов г. Будапешта
Вышеизложенное подтверждает что, главными особенностями будапештской

модели являются:

- монополия компании на общественный транспорт \ независимость от государственного аппарата
- субподрядчики, обеспечивающие работу каждого отдельного вида транспорта
- возможность финансовой диверсификации
- самостоятельное развитие транспортной и околотранспортной инфраструктуры
- самостоятельное формирование транспортных тарифов
- максимально быстрая модернизация основных фондов
- информатизация транспортно-логистических процессов
- высокий показатель удовлетворенности и эффективности
- высокий уровень безопасности на транспорте

Такие характерные черты практически невозможно представить в российской практике. В крупных городах России система общественного транспорта разрознена, что не позволяет наладить слаженную работу всей системы. Обычно за функционирование отдельного вида транспорта закреплено за отдельным предприятием, это МУПы и ГУПы, а также коммерческие организации в сфере обеспечения автобусных перевозок.

Можно выделить целый ряд недостатков такой постсоветской системы управления транспортом. Интегральным критерием оценки будет удовлетворенность граждан и способность обеспечить пространственно-временное передвижение людей до социальнозначимых мест. Также российская экономика в современных реалиях не способна обеспечить ИТ-модернизацию транспортной системы. Компания BVV одним из приоритетов развития ставит внедрение так называемого «интеллектуального транспорта». В российских мегаполисах не раз предпринимались попытки перехода на моделирование транспортной ситуации. Это касается программирование перекрестков в часы пик в режиме реального времени, ограничителей скорости, формировании дополнительных полос движения. Последним нововведением в Москве в данном аспекте стали информационные табло с анализом дорожной ситуации и рекомендациями объезда, основанными на данных портала «Яндекс.Пробки». В Екатеринбурге была предпринята попытка внедрения интеллектуальной системы управления городским транспортом, которую представила компания Siemens, однако муниципальные власти посчитали невозможность выделения средств из бюджета на решение данных проблем.

Пути решения проблем транспортной инфраструктуры города лежат в принятии грамотной модели управления со стороны органов власти. Совершенно точно можно утверждать, что будапештская модель, основанная на монопольном менеджменте, возможна к внедрению в России. Во-первых, Будапешт по экономическому развитию не сильно опережает крупные города, такие как Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Казань, Екатеринбург. Во-вторых, столичный город схож с остальными на уровне территориального планирования. Внедрение такой системы развития транспортного комплекса позволит в кратчайшие сроки снизить количество затрачиваемого на трансфер времени, увеличить пассажиро- и грузопоток, реализовать логистический потенциал территорий, повысить уровень социального комфорта и качества жизни населения.

Список использованной литературы:

1. Официальный сайт компании BVV. URL: <http://www.bvv.hu/hu> (дата обращения: 26.03.2016)

2. Katalin Pallai The Budapest Model. A liberal urban policy experiment. Budapest. – 2003. – P. 429

3. Транспорт в Будапеште URL: <http://europagid.com/transport-v-budapeshte/> (дата обращения: 26.03.2016)

УДК 65.011.56; 004.5

Автоматизация проектирования изделий в NX с применением студии разработки шаблонов

Т.В. Божеева, Д. П. Полеицук

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены преимущества и основы автоматизации проектирования изделий в системе NX посредством использования библиотеки повторного использования (классификации типовых изделий) на примере Студии разработки шаблонов.

Ключевые слова: база знаний, автоматизация, проектирование, NX, PTS, шаблон, интерфейс, библиотека повторного использования.

NX представляет собой одну из самых популярных систем автоматизации разработки и производства изделий, используемой во многих отраслях промышленности, в том числе в авиа– и машиностроении.

Одной из особенностей применения таких систем при проектировании является возможность повторного использования существующих наработок и опыта конструкторов–проектировщиков, что позволяет существенно оптимизировать и сократить процесс создания моделей. В NX местом хранения такой информации является *Библиотека повторного использования (Reuse Library)*, доступная в виде навигатора на панели ресурсов [1].

Одним из способов повторного использования в NX является *Студия разработки шаблонов (Product Template Studio (PTS))*, которая позволяет создавать шаблоны деталей и сборок на базе существующих параметрических моделей. Интерфейс шаблона упрощает взаимодействие со сложными моделями. Функционал PTS позволяет создавать шаблон модели с понятным интерфейсом, куда внесены все необходимые параметры [2]. Это исключает этап анализа дерева построения, зависимостей и логики построения модели. Еще одно преимущество студии разработки шаблонов – PTS позволяет создать шаблон модели без программирования.

Для создания шаблона с помощью PTS необходима только законченная параметризованная модель детали или сборки и понимание того, как эта модель должна работать. PTS на основе дерева построения модели и заданных ключевых параметров создает диалоговый интерфейс, с помощью которого пользователи взаимодействуют с шаблоном. Использование шаблона порождает полностью независимые копии, которые могут быть отредактированы традиционными методами. Шаблон может включать: детали и сборки, чертежи и PMI, проверку требований, кинематику и динамику, конечно–элементные анализы [3].

Общий алгоритм создания шаблона модели в PTS выглядит следующим образом:

- создается параметризованная 3D модель и сохраняется на локальный диск;
- полученная модель открывается в PTS в режиме редактирования шаблона;
- из дерева построения модели выбираются управляющие параметры – числовые переменные операций, ссылочная геометрия, эскизы;
- каждому выбранному параметру система ставит в соответствие элемент диалогового интерфейса;
- пользователь задаёт атрибуты элементам диалогового интерфейса, определяющие их поведение, а также задаёт ограничения числовым переменным;
- полученный диалоговый интерфейс сохраняется в файл модели.

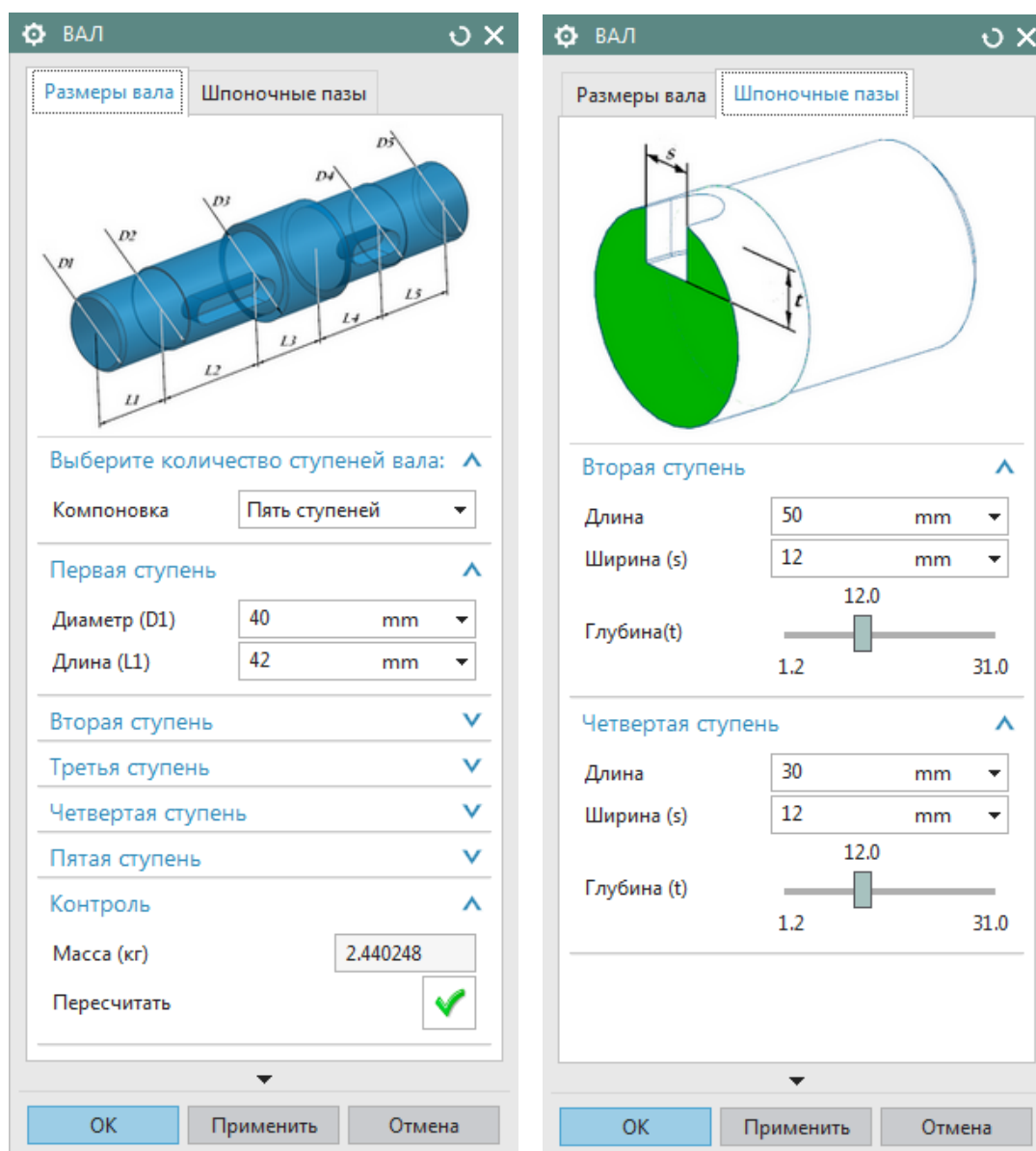


Рис. 1. Внешний вид шаблона

Рассмотрим работу студии разработки шаблонов на примере шаблона модели вала (рисунок 1). Данный шаблон позволяет построить четырех– или пяти-ступенчатый вал, задавать параметры каждой ступени вала; задавать параметры шпоночных пазов, расположенных на второй и четвертой ступенях (определяемые параметры наглядно представлены на рисунках). Также в шаблон включены

проверка по предельному весу для шаблона модели и управление состоянием интерфейса шаблона, т.е. контроль за тем, какие части диалогового интерфейса шаблона будут доступны или видимы пользователю в зависимости от каких-либо его действий. Например, при построении четырехступенчатого вала в шаблоне на закладке «Размеры вала» будут отсутствовать поля ввода для параметры пятой ступени (рисунок 2). При превышении массы модели после изменения параметров в шаблоне появится информационное сообщение, показывающее, соответствует ли выбранный параметр заданному требованию (рисунок 2).

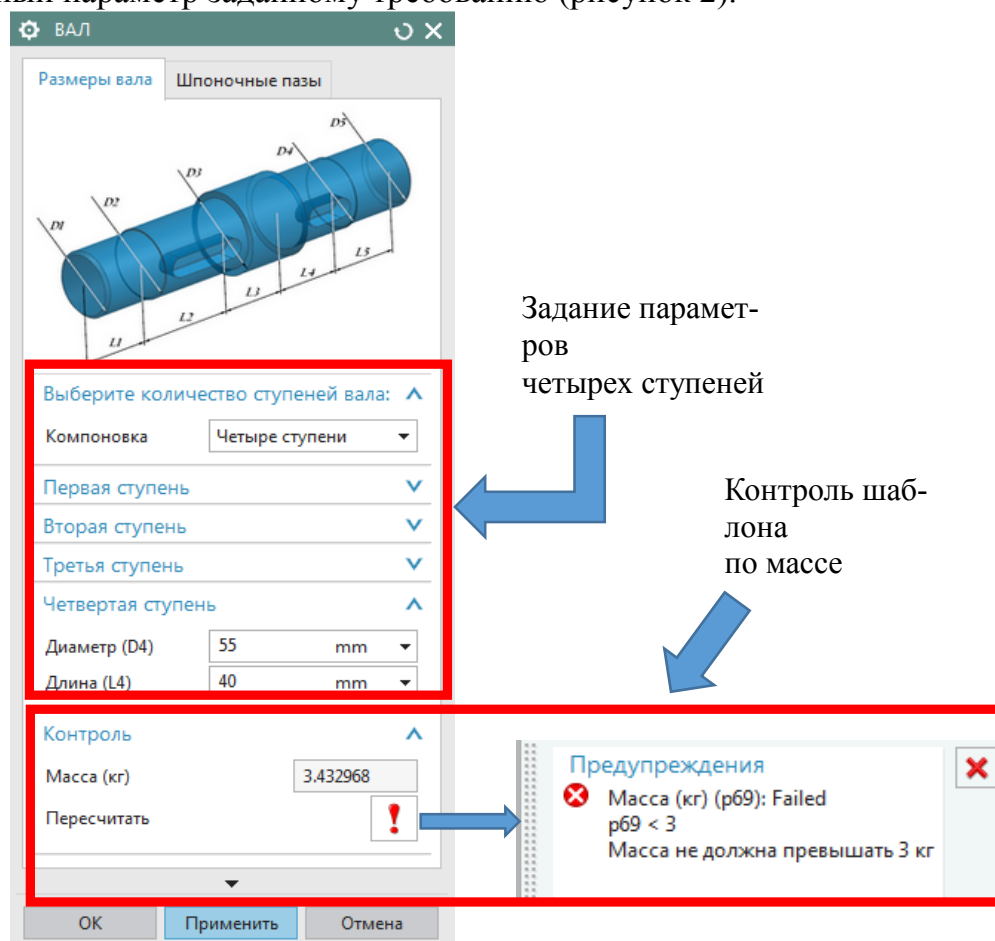


Рис. 2. Пример состояния интерфейса и контроля шаблона

Таким образом, используя один шаблон, можно получить различные по своим параметрам модели вала (рисунок 3).



Рис. 3. Варианты моделей вала

В данном примере были рассмотрены базовые возможности создания шаблонов моделей в приложении PTS. Этого вполне достаточно, чтобы создавать шаблоны с достаточно сложной логикой, но функционал PTS этим не ограничивается. С помощью PTS вы можете создавать группы шаблонов, связанные между собой, передавать параметры, введенные пользователем между шаблонами, управлять внешними геометрическими связями, вызывать из шаблонов программный код, написанный на языках Visual Basic или Java, и многое другое.

Анализируя вышеописанное, можно сделать вывод, что использование шаблонов значительно сокращает цикл проектирования и повышает эффективность при моделировании типовых деталей различной конфигурации. Первичная проработка осуществляется быстро и точно, разрабатываемая модель технологична с точки зрения ее изготовления и эксплуатации и может быть отредактирована на любой стадии в процессе разработки [4].

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: "Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий")» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы:

1. Артамонов И., Данилов Ю. Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.: ил.
2. Гончаров П.С., Ельцов М.Ю. NX для конструктора – машиностроителя. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 504 с.: ил.
3. Говорков А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2012.
4. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6-1. С. 285-292.
5. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.

УДК 621.757

Информационное моделирование в ходе разработки автоматизированной системы " Управление плановым обучением и повышением квалификации персонала"

К.И. Габитова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматриваются причины и цели создания на ИАЗ информационной системы «Управление плановым обучением и повышением квалификации персонала».

Описываются некоторые процессы информационного моделирования, выполненные в ходе разработки системы.

Ключевые слова: автоматизация предприятия, управление обучением, повышение квалификации.

Основной тенденцией развития современного машиностроения является развитие концепции «model-based enterprise» [1]. Возникновение этого понятия связано с требованиями повышения «чувствительности» предприятий к быстро-изменяющимся требованиям рынка и других внешних условий и созданием гибких и быстро адаптируемых бизнес-процессов. Для решения этой задачи необходим и новый подход к управлению персоналом. Он подразумевает непрерывное профессиональное совершенствование работников, расширение их профессиональных возможностей в соответствии с целями предприятия, понимание службами управления персоналом уровня и объема компетенций, необходимых для решений текущих задач предприятия, и возможность быстрого получения необходимой информации для принятия оптимальных решений по расстановке специалистов. Автоматизированные системы обучения и проверки знаний позволяют в минимальные сроки максимально обеспечить персонал необходимыми учебными программами, обеспечить непрерывность его обучения без отрыва от производства. Внедрение автоматизированных систем обучения и проверки знаний помогает вести постоянный контроль за текущим процессом обучения и получаемыми результатами.

Для решения вышеуказанных задач на ИАЗ создаётся ИС «Управление плановым обучением и повышением квалификации персонала». Целью создания системы является повышение эффективности планирования обучения сотрудников на предприятие за счет оперативного информационного обмена и взаимодействия участников процесса, связанными с процедурами планирования обучения, их информационной открытости и прозрачности для подразделений предприятия, а также целостности данных о динамике профессиональных компетенций сотрудников.

Основными задачами разработки системы «Управление обучением» являются:

1. Формирование эффективного инструмента по сбору, обработке и раскрытию сведений о процедурах обучения персонала;
2. Оперативное раскрытие информации о плане обучения персонала;
3. Обеспечение актуальности и полноты информации о развитии компетенций сотрудников;
4. Повышение эффективности информационного обмена и взаимодействия участников процесса, связанного с процедурой обучения персонала.

Механизм информационной системы ИС «Управления плановым обучением и повышением квалификации персонала» предназначен для:

1. ведения справочников (справочник компетенций, справочник преподавателей, справочник оценок)
2. формирования учебных планов (темы обучения, учебные курсы)
3. формирования матриц обучения (список ответственных лиц, компетенции для должностей и профессий, матрица обучений по компетенциям для должностей и профессий, матрица обучений по видам ответственности)

4. развития компетенций (компетенции с оценкой знаний по работникам, заявка на обучение по должностям, заявка на обучение по работникам)

5. учета обучения (приказ на обучение, протокол обучения, картотека учетных карточек)

6. формирования отчетов (сертификат, годовой план обучения, месячный план обучения).



Рис.1. Схема форм меню функциональности ИС управления плановым обучением и повышением квалификации персонала на ИАЗ

В ходе преддипломной практики выполнялись работы, связанные с информационным моделированием процессов при разработке вышеуказанной автоматизированной системы, в частности описывались процессы, связанные с функцией «Учет обучения».

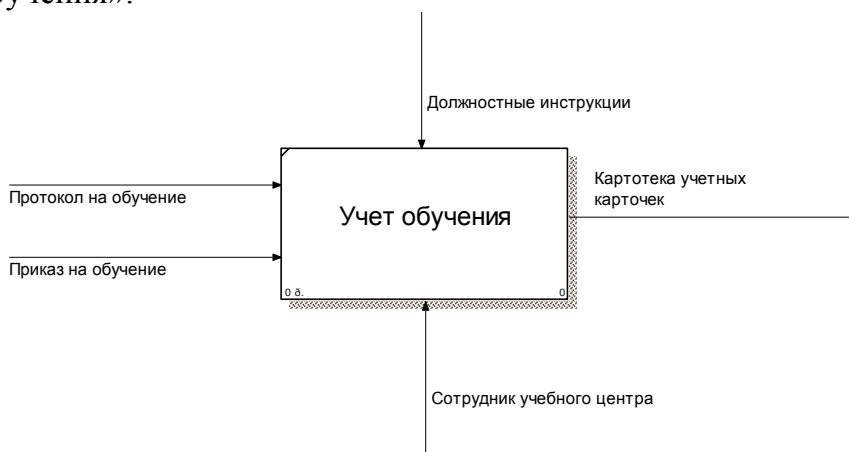


Рис. 2. Контекстная диаграмма первого уровня «Учет обучения»

Бизнес моделирования осуществлялось в среде BPwin, языком моделирования бизнес-процессов IDEF0. Контекстная диаграмма является вершиной древовидной структуры диаграмм и представляет собой самое общее описание системы и ее взаимодействия с внешней средой.

Таблица 1

Состав и содержание работ

Название этапа	Отчетность
Проектирование	Описание внутренних форматов, интерфейса и форматов данных базы.
Разработка методов и алгоритмов	Реализация системы на уровне интерфейса.
Тестирование	Описание методов и алгоритмов. Программные модули, реализующие методы.

В настоящее время информационная система «Управление плановым обучением и повышением квалификации персонала» находится в процессе тестирования.

Список использованной литературы:

1. Обеспечение точности при создании сложных изделий. Журавлёв Д.А., Яценко О.В. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 5 (52). С. 29-33.

2. Проектное решение ИС управления плановым обучением и повышением квалификации персонала на ИАЗ – филиале ПАО «Корпорация «Иркут».

3. Говорков А.С. Разработка и применение электронного образовательного ресурса по дисциплине «Технология производства самолета» в ИрГТУ // Дистанционное и виртуальное обучение // Негосударственное учреждение "Издательство Современного гуманитарного университета" № 06 2015, С.34-38.

УДК 658.512; 004.942

Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов на базе существующих взаимосвязей» при запуске изделий в производство

А.С. Говорков, Т.В. Божеева, А.С. Жилев, Д.О. Токарев

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Целью выполнения работы является разработка программного комплекса для уменьшения трудозатрат и сроков разработки технологических процессов (ТП) изготовления деталей и сборочных единиц изделий авиационной техники (АТ) при использовании существующих взаимосвязей между объектами производственной среды с использованием экспертной системы (самообучающаяся программа проектирования ТП) на основе данных, утвержденных ТП.

Ключевые слова: самообучаемость, технологический процесс, база знаний, автоматизация, проектирование, маршрут изготовления, себестоимость, заданная стоимость.

Существующая отечественная технология разработки ТП изготовления деталей на изделия АТ не обеспечивает выполнения всех технических требований к полной автоматизации процесса разработки маршрута изготовления изделия. Современная технология разработки ТП отличается высокими трудозатратами и длительным периодом времени, затраченным на разработку ТП [1].

В предлагаемой технологии каждый технологический объект (ТО, СТО, оборудование и др.) находится в соответствующей производственной связи с проектируемым изделием. Такая схема анализа и обработки данных обеспечивает быструю выборку необходимых данных, что значительно сокращает время разработки ТП, и дает возможность обеспечить требуемый уровень автоматизации. Преимущества новой системы заключаются в уменьшении трудозатрат и сроков разработки ТП изготовления деталей и сборочных узлов изделий АТ путем использования интеллектуального модуля, интегрированного в систему СУДП Teamcenter [3, 4].

Преимущества предлагаемой технологии разработки технологических процессов заключаются в:

- автоматизированном анализе трехмерной модели изделия, созданной в системе NX;
- возможности разработки оптимальных ТП с учетом применения интеллектуального модуля, основанного на экспертных знаниях;
- обеспечение использования технологических данных из СУДП Teamcenter.

При разработке программного комплекса (ПК) авторами предлагается выполнить следующие основные этапы.

1. Разработка методики формирования маршрута изготовления деталей машиностроения с учетом данных трехмерной модели изделия, для чего необходимо разработать:

- а) методику и программный модуль распознавания структуры трехмерной модели изделия;
- б) конструктивно-технологические классификаторы основных объектов производственной среды (конструктивные элементы, детали, технологические операции и т.п.);
- в) методику формирования маршрута изготовления изделия АТ.

2. Разработка структуры базы знаний для программного комплекса с учетом требований технологической подготовки производства предприятия. Для этого необходимо выполнить:

- а) разработку методики формирования правил в базе знаний ПК;
- б) проектирование структуры базы знаний для ПК;
- в) разработку программного модуля для формирования правил в БЗ ПК.

3. Разработка программного модуля проектирования укрупненного технологического процесса изготовления изделий на основе САД модели с использованием базы знаний с функцией самообучаемости.

Решаемые задачи в ходе выполнения проекта представлены на рисунке 1.

Разрабатываемый ПК должен быть построен по иерархическому принципу и включать в себя:

1) подсистему создания и ведения взаимосвязей между объектами технологического процесса системы Teamcenter при разработке ТП;

2) подсистему создания и ведения базы знаний (средств технологического оснащения, оборудования), предназначенную для формирования связей между данными технологических процессов;

3) подсистему, предназначенную для автоматизированного занесения значений из утвержденных ТП в базу знаний и поиска возможных вариантов проектирования ТП, а также для организации интерфейса между ПК и технологом;

4) подсистему создания и администрирования ПК, предназначенную для выполнения формализованных процедур построения правил, их редактирования, модификации состава правил и других действий, обеспечивающих полноту и корректность выполнения проектных и технологических процедур с использованием экспертной системы.

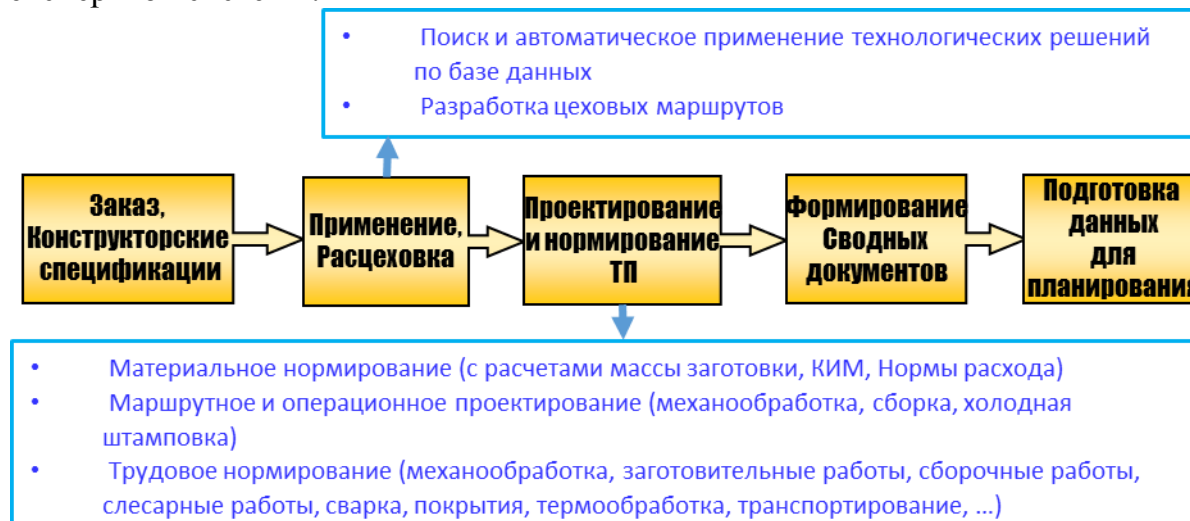


Рис.1. Решаемые задачи

Входящие в состав ПК подсистемы в процессе функционирования должны осуществлять обмен информацией на основе утвержденных на ИАЗ форматов обмена данными [2, 7].

Далее описаны основные требования к подсистемам ПК.

Подсистема анализа изделий АТ.

Подсистема должна производить распознавание графических объектов посредством выделения геометрии линий контура распознаваемого образа и сравнения его с данными, предварительно заложенными в библиотеке [5].

Для распознавания детали определены следующие этапы:

- 1) определение значений параметров каждого конструктивного элемента (количество линий, их виды и размеры);
- 2) выявление связей и отношений;
- 3) классификация конструктивных элементов по исходным данным (тип детали, конструкция элементов, геометрия элементов);
- 4) сравнение конструктивного элемента с прототипом в классификаторе;
- 5) распознавание структуры детали с учетом экспертной составляющей.

Для распознавания сборочной единицы:

- 1) определение всех сопрягаемых поверхностей;
- 2) выявление иерархической последовательности связей между деталями в сборочной единице;

3) идентификация элементов конструкции изделия (тип входящих деталей, конструктивные элементы, являющиеся сопрягаемыми для каждой детали, геометрия элементов).

Подсистема формирования экспертных правил.

Подсистема формирования экспертных правил должна обеспечивать возможность ввода экспертных знаний, а именно критериев, определяющих взаимосвязь объектов.

В данной подсистеме формируются правила производственного типа, описывающие связи производственной цепочки.

К преимуществам предлагаемой технологии можно отнести универсальность и ориентированность на замещение интеллектуальной составляющей работы эксперта-технолога.

Машина вывода, основанная на подсистеме формирования экспертных правил, позволит в автоматизированном режиме формировать ТП для изделия авиационной техники и получать справочную информацию о причинах того или иного решения.

Подсистема проектирования маршрута изготовления деталей.

Подсистема должна реализовать формирование взаимосвязанных цепочек, состоявших из:

- подразделений предприятия;
- изделий, изготавливаемых на ИАЗ;
- технологических операций, выполняемых в каждом подразделении;
- технологического оборудования каждого подразделения, на котором выполняются эти операции;
- всех профессий специалистов, работающих на этом оборудовании для выполнения этих операций.

Ожидаемый результат от внедрения разрабатываемого программного комплекса на предприятии:

1) уменьшение трудозатрат и сроков разработки ТП изготовления деталей и сборочных узлов изделий АТ путем разработки программного комплекса;

2) разработка алгоритма формирования данных на основе существующих взаимосвязей при конструкторско-технологической подготовке производства.

В ходе выполнения работы планируется получить следующие практические результаты:

- 1) классификаторы ТП изготовления изделий АТ, методика формирования маршрута изготовления изделий;
- 2) программный модуль проектирования маршрута изготовления изделия на основе САД модели изделия;
- 3) формирование технической документации: от конструкторской спецификации до производственных документов, технологических процессов;
- 4) информационная поддержка процесса технологического проектирования;
- 5) автоматизация разработки и нормирования технологических процессов на основе САД модели.

Таким образом, применение ПК на этапах концептуального проектирования и технологической подготовки производства можно добиться выпуска конку-

рентоспособного изделия с высокими, по сравнению с аналогами, целевыми показателями производственной и эксплуатационной технологичности конструкции изделия.

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: “Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий”)» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы:

1. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. – Москва.: Инфра-Инженерия, 2010. – 192 с.
2. Нижегородов А.И., Звездин А.В. Энерготехнологические агрегаты для переработки вермикулитовых концентратов: монография. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 250 с.
3. Aksenov S.A., Chumachenko E.N., Kolesnikov A.V., Osipov S.A. Determination of optimal gas forming conditions from free bulging tests at constant pressure // Journal of Materials Processing Technology. 2015. Т. 217. С. 158-164.
4. Станкевич А.В., Колесников А.В., Мироненко В.В., Чеславская А.А., Шмаков А.К. Оптимизация технологических процессов изготовления деталей из листа средствами виртуального технологического моделирования // Авиационная промышленность. 2013. № 12. С. 73.
5. Ахатов Р.Х., Лаврентьева М.В. Распознавание конструктивно-технологического состава изделия по его электронной модели Сборка в машиностроении, приборостроении. 2015. №8. С. 8-14.
6. Ирзаев Г.Х. Разработка функциональной и организационной структур комплексной системы управления технологичностью промышленных изделий // Автоматизация процессов управления. 2011. № 4. С. 66-75.
7. Ахатов Р.Х., Однокурцев К.А. Формализованный метод выбора и анализа сборочных баз в самолетостроении // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2009. № 2 (23). С. 232-237.

УДК 625.1.03

Методика бесконтактного анализа полей деформаций с использованием цифровой оптической системы Vic-3D

Е.В. Зеньков, Абдулжабборов Алишер Абдуносир Угли

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

В работе рассматривается практическое применение системы бесконтактного анализа полей перемещений и деформаций Vic-3D в процессе деформирования поверхности объекта с концентратором напряжений. Приведены результаты сравнения полей деформаций для физического эксперимента при использовании системы Vic-3D с данными численного моделирования на стадии упругого деформирования одноосно растя-

гиваемой пластины с круглым центральным отверстием. Анализ полученных результатов дает хорошее согласование данных численного и физического экспериментов.

Ключевые слова: деформированное состояние, испытание, бесконтактный метод

Исследование поведения объектов под нагрузкой в условиях сложного напряженно-деформированного состояния (НДС) сопровождается рядом сложностей на стадии проведения эксперимента. В частности, наибольшую трудность представляет регистрация перемещений и деформаций на поверхности объекта в зонах конструктивных неоднородностей (отверстия, галтели, выкружи и т.д.). Проблема усугубляется в случаях, когда исследуемая область объекта имеет относительно небольшие (до нескольких квадратных миллиметров) геометрические размеры. В этом случае применение традиционных методов экспериментальной механики [1] теряет свою актуальность. В связи с этим указанная проблема может быть решена на основе современных оптических методов, позволяющих устранить или свести к минимуму недостатки традиционных методов.

К оптическим методам экспериментальной механики относятся методы, основанные на явлении фотоупругости (методы рассеянного света, фотоупругие покрытия, динамическая фотоупругость), методы муаровых полос (геометрический и интерференционный муар), голографическая и лазерная спекл-интерферометрия и др. [2], а также, получивший развитие в последние годы, метод корреляции цифровых изображений [3].

Корреляция цифровых изображений (DIC – digital image correlation) – это бесконтактный метод измерения полей перемещений и деформаций на поверхности объекта путем сравнения пары цифровых фотографий, снятых до и после деформирования объекта. Идея данного метода заключается в возможности определения поля деформаций путем отслеживания изменения рельефа с высокой точностью поверхности (перемещение, поворот, удлинение и/или искажение в соответствии с приложенным внешним полем) в течение испытания или эксплуатации элемента конструкции.

В настоящей работе рассмотрено применение трехмерной цифровой оптической системы Vic-3D фирмы Correlated Solutions, математический аппарат которой основан на методе корреляции цифровых изображений. Данной системой оснащена научно-исследовательская лаборатория ИРНИТУ строительных материалов и конструкций.

Система Vic-3D представлена на рис. 1 и включает в себя две цифровые черно-белые камеры с разрешением 1,4 МПикс и скоростью съемки от 8 до 15 кадр/с, систему подсветки (излучатель света), блок синхронизации с испытательной системой, набор калибровочных таблиц, программное обеспечение для настройки и управления процессом съемки (Vic-Snap) и последующей математической обработки изображений (Vic-3D).

Основные преимущества рассматриваемого метода по сравнению, например, с методами когерентной оптики заключаются в простоте используемого оборудования и процедур подготовки исследуемой поверхности объекта или образца, в более низких требованиях к условиям проведения экспериментов и в более широком диапазоне измеряемых величин перемещений. Данный диапазон, в основном, определяется уровнем дискретности спекл-структуры (системы случайных базисных меток), связанной с поверхностью объекта, и, соответственно, с разрешением используемой для регистрации изображений оптической системы.

Целью данной работы является оценка достоверности полей упругих деформаций в образце с концентратором напряжений, полученных по результатам экспериментальных исследований с использованием цифровой оптической системы Vic-3D. Верификация экспериментальных данных выполняется с помощью численного моделирования физической задачи методом конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе MSC.Patran - MSC.Nastran.



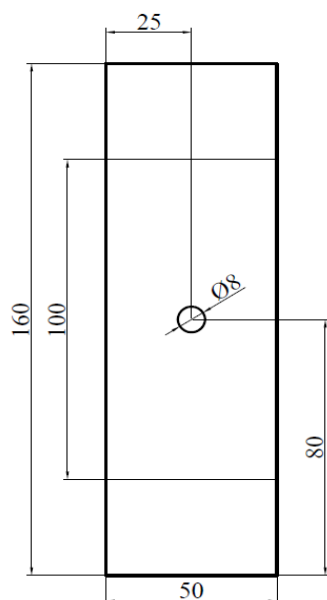
Рис. 1. Система бесконтактного анализа перемещений и деформаций Vic-3D: 1 – вычислительная станция, 2 – приемник светового сигнала (цифровые камеры), 3 – излучатель света, 4 – набор калибровочных таблиц

В качестве объекта исследования выступает пластина с круглым отверстием, эскиз которой представлен на рис. 2а. В общем случае, применение системы Vic-3D не ограничивается рассматриваемой задачей, а может быть использована для решения более специфичных задач, например при определении параметров критериев прочности [4] или вычислении степени двухосного НДС [5].

Механические испытания пластины (рис. 2а), вырезанной из листа Ст3 толщиной 1,8 мм, на одноосное растяжение при постоянной скорости 2мм/мин проведены на электромеханической испытательной машине Instron 5982 совместно с использованием цифровой оптической системы Vic-3D (рис. 2б).

На рис. 3 приведены полученные результаты, соответствующие деформированному состоянию пластины на стадии упругого деформирования, дающие представление о картине распределения полей максимальных главных деформаций ϵ_1 , минимальных главных деформаций ϵ_3 , сдвиговой деформации ϵ_{xy} и интенсивности деформаций ϵ_i .

Представляет интерес качественное сравнение результатов физического эксперимента при использовании цифровой оптической системы Vic-3D с данными численного моделирования.



а



б

Рис. 2. Эскиз пластины с отверстием (а), система Vic-3D и испытательная машина Instron 5982 (б)

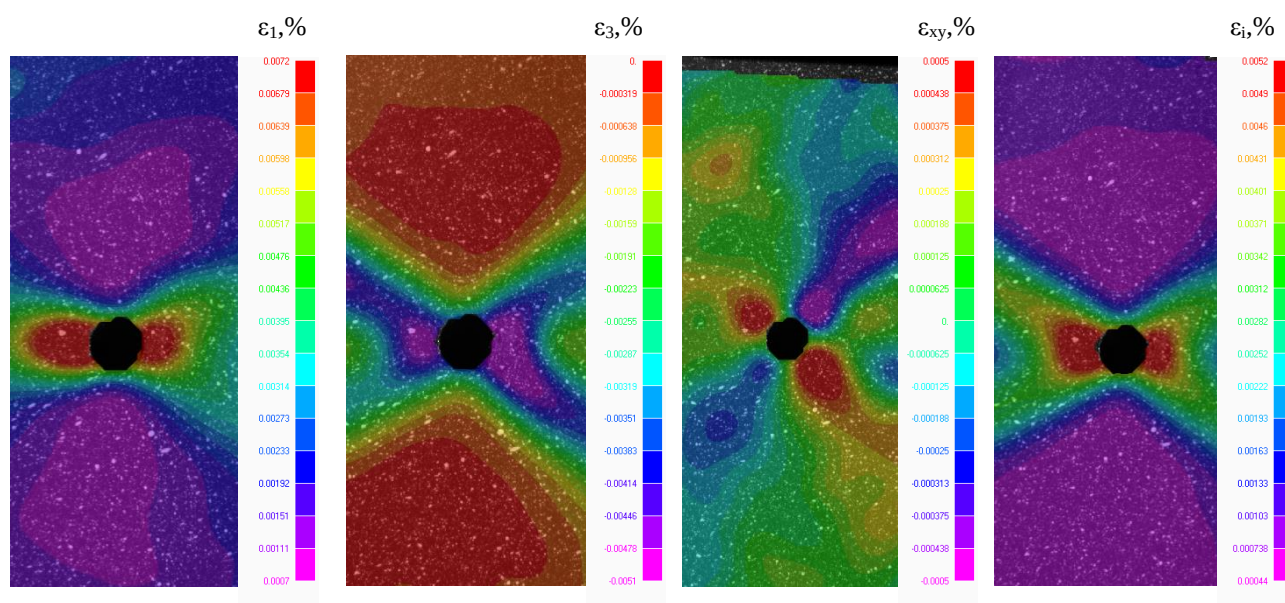


Рис. 3. Поля максимальных главных ε_1 , минимальных главных ε_3 , сдвиговых ε_{xy} деформаций и интенсивности ε_i для пластины с отверстием, полученные с помощью системы Vic-3D

Моделирование данной физической задачи осуществлялось в программном комплексе MSC.Patran - MSC.Nastran, где была создана расчетная конечно-элементная модель пластины с отверстием, выполненная по рис. 2а. Нагружение в вычислительном эксперименте осуществлялось приложением к одному краю пластины одноосно растягивающего усилия величиной, равного показанию динамометра, установленного на испытательной машине Instron 5982 в момент деформирования, соответствующего рис. 3. Другой край пластины жестко закреплен.

По результатам численного моделирования построены изолинии полей деформаций в исследуемой пластине при упругом деформировании (рис. 4). Срав-

нивая полученные результаты физического эксперимента при использовании системы бесконтактного анализа деформаций Vic-3D (рис. 3) с данными численного моделирования (рис. 4) на стадии упругого деформирования видно качественное сходство по всем компонентам деформаций. Для оценки достоверности применяемого бесконтактного метода определения экспериментальных деформаций в работе выполнена корреляция данных физической задачи с данными численного эксперимента. Проведение упомянутой корреляции состоит в нахождении величины смещения, показывающей расхождение данных численных деформаций и замеренных деформаций на основе цифровой оптической системы Vic-3D. Для количественной оценки получаемых деформаций рассматривается зона с максимальным уровнем интенсивности деформаций около круглого отверстия на расстоянии 5 мм. Уменьшение влияния случайных факторов, связанных с созданием спекл-структуры на поверхности пластины и настройкой оптических камер, компенсируется испытанием 3 образцов одного типоразмера, согласно эскизу, представленного на рис.2а.

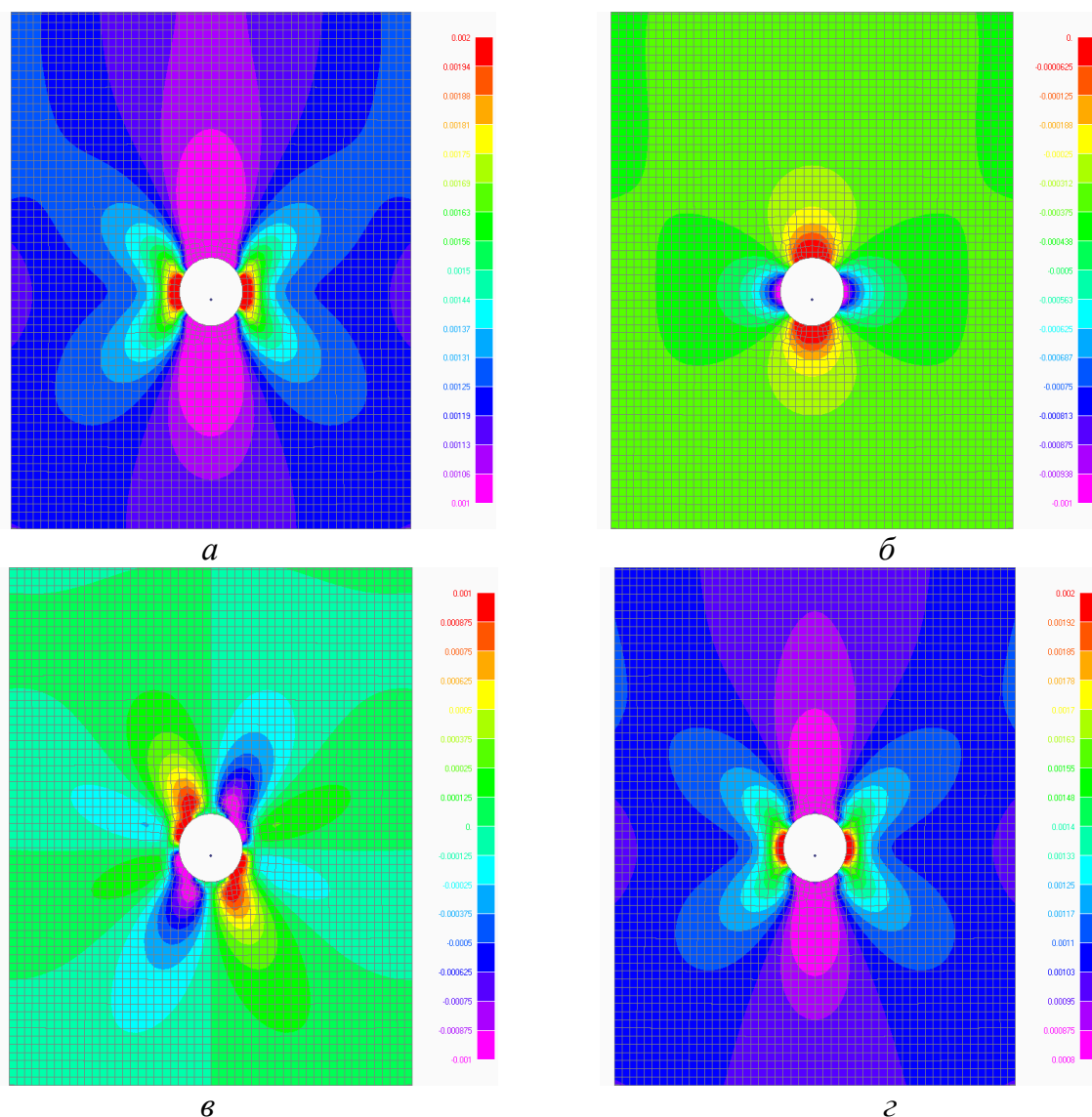


Рис. 4. Распределение полей деформаций в пластине с отверстием по МКЭ:
 а – максимальные главные деформации ε_1 ; б – минимальные главные деформации ε_3 ; в – сдвиговые деформации ε_{xy} ; г – интенсивность деформаций ε_i

В таблице представлены результаты сравнения данных численных деформаций и замеренных деформаций на основе цифровой оптической системы Vic-3D. Значения замеренных деформаций с помощью Vic-3D представлены в виде среднего арифметического значения для трех экспериментов.

Таблица 1

Значения деформаций по результатам численного и физического экспериментов

Компонента деформаций	Численная деформация (МКЭ)	Замеренная деформация (Vic-3D)	Погрешность, %
ε_1	0,0023	0,0022	4,3
ε_3	-0,000525	-0,000612	14
ε_i	0,0020	0,0018	11

Анализ полученных результатов дает хорошее согласование данных численного и физического экспериментов. Наибольшая погрешность при определении деформаций на стадии упругого деформирования для рассматриваемого класса задач о концентрации напряжений наблюдается для поперечной компоненты тензора деформаций, приближаясь к 14% относительно численного решения. При этом наименьшая погрешность определена для продольных деформаций, равная 4,3%.

Таким образом, реализуя данную методику исследования полей деформаций плоских образцов с концентраторами напряжений на основе метода корреляции цифровых изображений с использованием цифровой оптической системы Vic-3D, получаем совокупность значений компонент деформаций, обеспечивающих приемлемую точность. В свою очередь, это обстоятельство расширяет возможности данной системы с точки зрения её применения для широкого класса технических задач, решаемых как в лабораторных условиях, так и в реальных условиях эксплуатации.

Список использованной литературы:

1. Экспериментальная механика: В 2-х книгах: Книга 1. Пер. с англ./Под ред. А. Кобаяси. – М.: Мир, 1990. – 616 с. Книга 2. Пер. с англ./Под ред. А. Кобаяси. – М.: Мир, 1990. – 552 с.
2. Разумовский И.А. Развитие оптических методов механики деформируемого тела (обзор) / Заводская лаборатория. Диагностика материалов, Москва, 2008. – №10. Т.74. – С.45-54.
3. Sutton M.A., J.-J.Orteu, H.Schreier. Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements. – University of South Carolina, Columbia, SC, USA, 2009. – 364 p.
4. Зеньков Е.В., Цвик Л.Б. Определение прочностных характеристик материалов экспериментальных призматических образцов при двухосном растяжении / Вестник машиностроения. – Москва, 2015. – №1 – С. 42–46.
5. Зеньков Е.В., Цвик Л.Б. Формирование разнонаправленных испытательных усилий и экспериментальная оценка прочности материала в условиях двухосного растяжения / Вестник ПНИПУ. Механика – Пермь, 2015. – №4 – С. 110–120.

Разработка онтологии для технологии изготовления типовых деталей

В.А. Игруша, С.С. Сосинская

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается построение онтологии для предметной области технологии изготовления типовых деталей с помощью редактора онтологий OntoStudio

Ключевые слова: онтология; комплексная деталь; типовой технологический процесс; редактор онтологий; запросы.

Идею типизации технологических процессов впервые предложил и разработал д-р тех. наук проф. А.П. Соколовский [1]. Созданная им методика типизации технологических процессов базируется на классификации процессов, в основе которой лежит классификация деталей.

Типом детали называется совокупность сходных деталей, имеющих в данных производственных условиях общий технологический процесс. Следовательно, конечная цель классификации деталей – установление типов деталей. Целью же разработки типовых технологических процессов является систематизация технологических процессов для обработки однотипных деталей. Технологический процесс разрабатывается для каждого типа детали. В пределах одного типа допускается расхождение в маршрутах операций за счет добавления или исключения некоторых операций.

По методике А.П. Соколовского классификация ведется по технологическим процессам изготовления деталей. Основным недостаток этой методики заключается в том, что при классификации количество типов деталей, а, следовательно, и типовых процессов получается очень большим.

Многолетний опыт показывает, что при типизации в основном должна быть использована типизация на базе сочетания типового технологического процесса с классификацией реальных деталей.

Цель типизации – стандартизовать технологический процесс и добиться, чтобы обработка сходных деталей осуществлялась с помощью общих, наиболее совершенных и эффективных, метод методов.

Типовые технологические процессы разрабатываются: для обработки определенного типа детали на всех технологических операциях данного производства, а также на стандартные и унифицированные узлы и отдельные изделия.

Разработка типовых процессов для стандартных деталей достаточно проста. Эти процессы сравнительно стабильны и характеризуются высоким уровнем оснащенности.

Типовые технологические процессы, характерные для данного предприятия, охватывают детали, имеющий одинаковый технологический маршрут обработки, однотипное оборудование и технологическую оснастку.

Основой построения типовых технологических процессов является конструктивное сходство деталей.

При построении типовых процессов механической обработки за основу берется комплексная деталь.

Под комплексной деталью понимается реальная или условная деталь, содержащая в своей конструкции все основные поверхности, характерные для деталей данной группы, и являющаяся её конструктивно-технологическим представителем.

Элементарные поверхности служат главным признаком для отнесения детали к тому или иному классу.

Комплексная деталь служит основой при разработке группового процесса и оснастки. Оснастка - совокупность приспособлений и инструментов, обеспечивающая обработку всех деталей данной группы.

Следовательно, составленный на комплексную деталь технологический процесс с небольшими дополнительными подналадками оборудования должен быть применим при изготовлении любой другой детали данной группы.

На рисунке 1 буквой А обозначена комплексная деталь, состоящая из ряда элементарных поверхностей (1-18). Буквами Б, В, Г и т.д. обозначен ряд конкретных деталей, состоящих из таких же геометрических элементов, но в различной их комбинации.

После того как произведена классификация деталей и образованы группы, приступают к разработке типового технологического процесса. Должен быть создан такой процесс, который позволил бы обработать любую деталь группы без значительных отклонений от общей технологической схемы. Решение этой задачи облегчается тем, что уже при классификации деталей учитываются возможные методы обработки каждой из них (т.е. определяется оборудование, а в ряде случаев и последовательность обработки), обеспечивающие получение готовой детали либо отдельных её поверхностей.

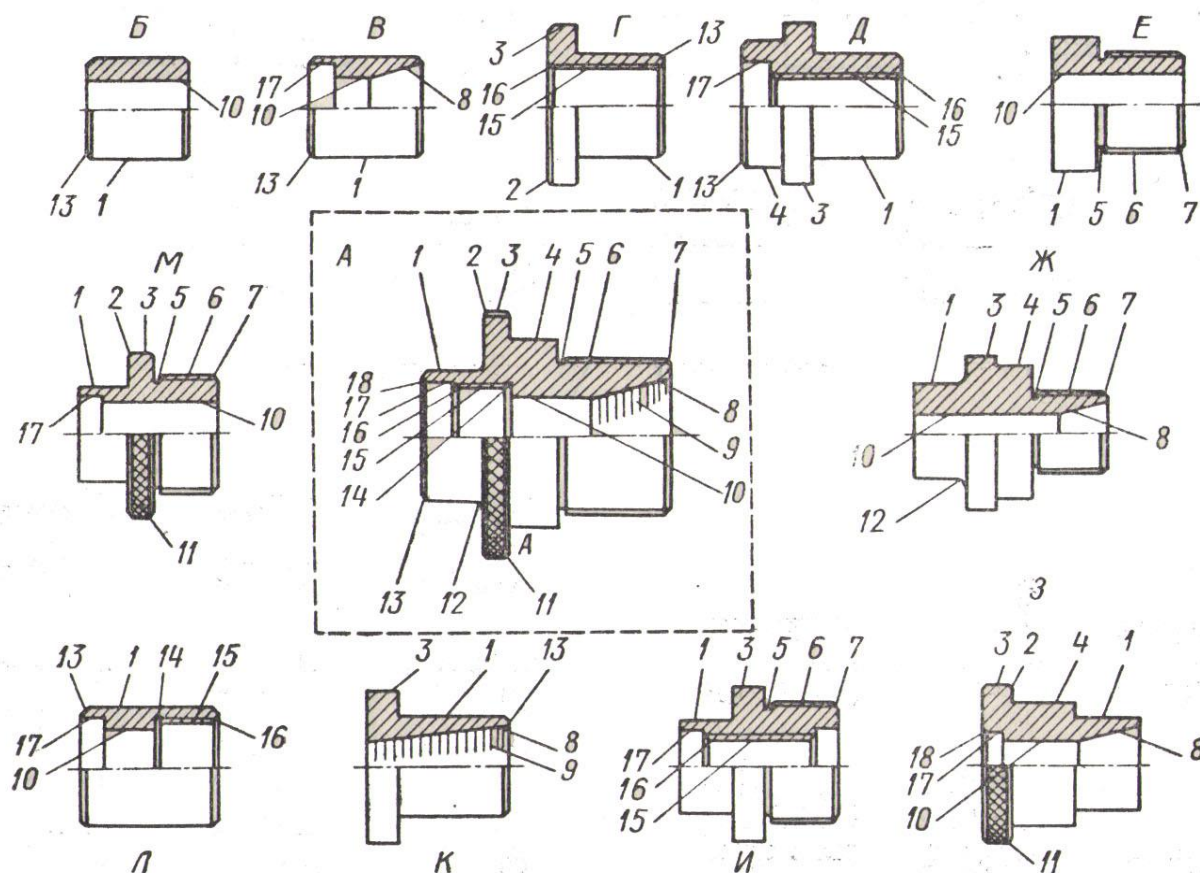


Рис.1. Комплексная деталь

При разработке типовых процессов следует исходить из следующих положений:

Принятая последовательность технологических операций должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями.

1. Применяемое оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку при переходе к обработке партии деталей другого наименования.

2. Технологическая документация для оформления и фиксации технологических процессов должна быть простой по форме, исчерпывающей по содержанию и удобной для пользования на рабочих местах.

На рис. 2 показана схема построения типового технологического процесса на базе комплексной детали.

Эскизы деталей	Переходы									Комплексная деталь
	Подрезка торца 1	Обточка поверхности 2	Обточка поверхности 3	Сверление отверстия 4	Сверление отверстия 5	Рассточка конуса 6	Обточка поверхности 7	Обточка фланца 8	Отрезка 9	
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Примечание. Номера поверхностей соответствуют номерам переходов
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Рис. 2. Схема построения типового технологического процесса

Онтология – способ структурирования понятий определенной предметной области. Она помогает построить базу знаний, содержащую классы, их свойства, связи между классами, так как свойства могут быть не только данными, но и экземплярами классов.

Все классы имеют экземпляры; на основе информации, содержащейся в базе знаний, можно выполнить запросы, отфильтровывающие некоторые взаимосвязанные данные и сформировать правила, позволяющие расширить базу знаний.

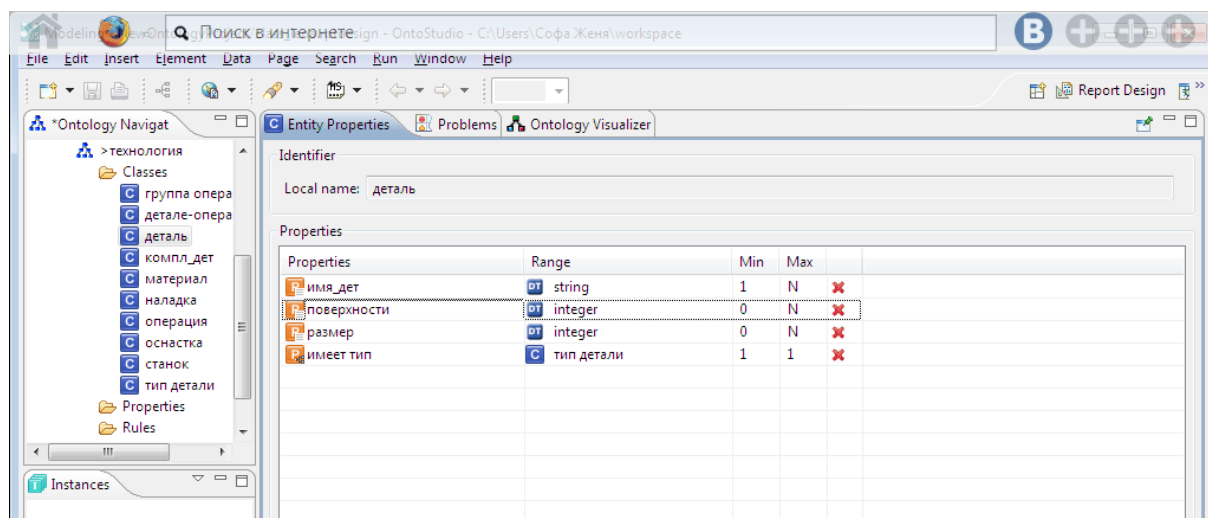
Все это делает онтологии мощным инструментом структуризации предметной области.

В качестве редактора онтологий был выбран инструмент OntoStudio фирмы Semafora [2], имеющий богатый набор возможностей.

Процесс построения онтологии является итерационным, так как с течением времени углубляются знания о предметной области.

На данный момент была разработана онтология, содержащая классы: Деталь, Комплексная Деталь, Материал, Наладка, Операция, Станок, Тип Детали, Детале-Операция, Оснастка, Группа Операций.

На рисунке 3 показаны свойства класса Деталь.



Properties	Range	Min	Max
имя_дет	string	1	N
поверхности	integer	0	N
размер	integer	0	N
имеет тип	тип детали	1	1

Рис. 3. Свойства класса Деталь

На рисунке 4 показан граф взаимосвязей класса Детале-Операции.

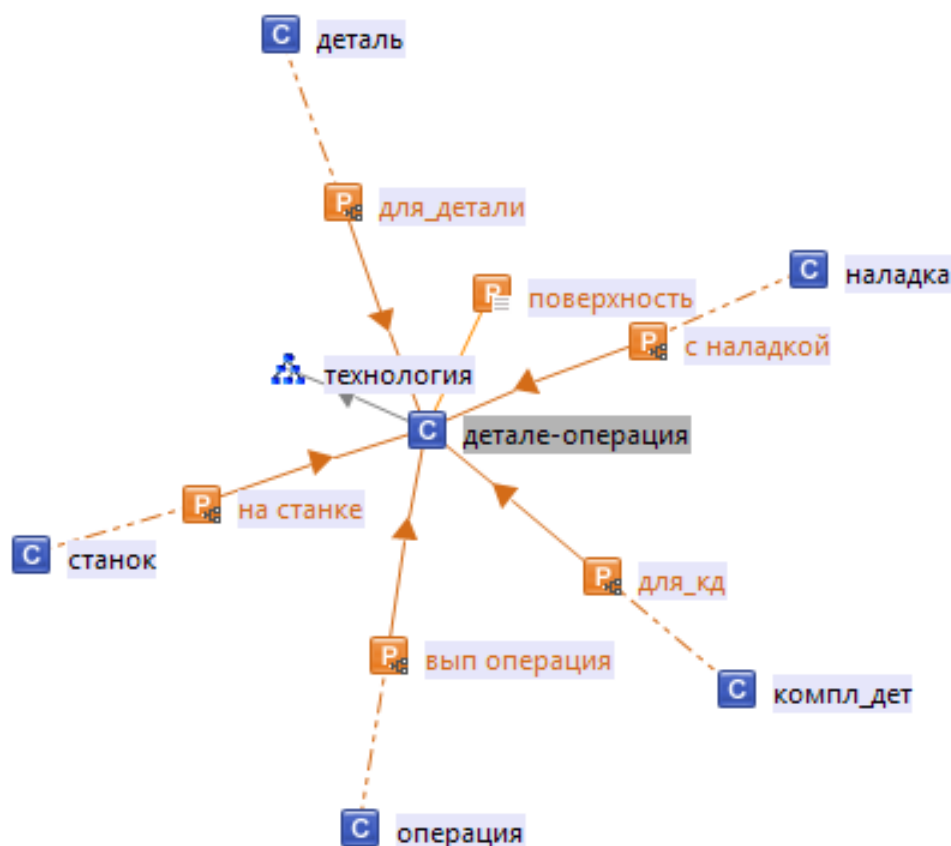


Рис. 4. Граф взаимосвязей класса Детале-Операции
Можно сформулировать запросы к базе знаний, например, такие:

1. Для определенной комплексной детали выдать все операции входящих в нее деталей.

2. Выдать все детали определенного типа

Можно описать, например, такое правило:

Если деталь обрабатывается на определенном станке, то ее операции принадлежат определенной группе.

Таким образом, показано, что построение онтологии в указанной предметной области является весьма полезным современным подходом к построению информационного и интеллектуального обеспечения.

Список использованной литературы

1. Митрофанов С.П. Научная организация машиностроительного производства. – Ленинград: Издательство «Машиностроение», 1976 г. 712 с.

2. <http://www.semafora-systems.com/en/products/ontostudio/>

УДК 621.757

Разработка мероприятий по внедрению компонентов интегрированной информационной среды для создания цифрового макета изделия

М.А. Гаер, Ю.И. Карлина

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Статья посвящена разработке мероприятий по внедрению компонентов интегрированной информационной среды для создания цифрового макета изделия на примере ПАО «Иркутский релейный завод». Описаны мероприятия для поэтапного внедрения CAD/CAM систем и PDM-системы.

Ключевые слова: внедрение CAD –системы; внедрение CAM –системы; внедрение PDM –системы; организация конструкторско-технологической подготовки производства на основе цифрового макета.

На предприятиях машиностроения внедрению САПР и PDM-систем уделяется особое внимание. При неавтоматизированной подготовке производства технология разрабатывается непосредственно в виде комплектов технологической документации. При использовании автоматизированных систем технологической подготовки производства создаваемые описания технологических процессов размещаются в компьютерной базе данных. Хранящиеся в базе данных техпроцессы являются основным источником информации для решения задач автоматизированного управления технологической подготовкой производства [1]. Существует методика, призванная облегчить процесс перехода между важнейшими этапами разработки изделия — проектированием и технологическим контролем, ускорить процесс проектирования, а также упростить внесение изменений в готовую 3D-модель изделия [2]. Современные САПР ТП в первую очередь направлены на решение задач завершающих этапов проектирования технологического процесса, а именно заполнение технологической документации, подбор оборудования, анализ качества принятых решений и т.д. [3]. Полученная технологическая модель

детали может быть использована для проектирования техпроцесса детали непосредственно или после преобразования модели. Таким образом, решается задача преобразования модели детали этапа конструкторской подготовки производства в модель этапа технологической подготовки производства [4]. Для снижения цикла подготовки документации и запуска изделия перед конструктором и технологом ставятся следующие задачи: выбор современных конструктивных решений, оптимального варианта изготовления и конструктивной компоновки изделия; рациональный выбор конструкции изделия в зависимости от функциональности изделия (выполняемой функции); использование стандартных, библиотечных конструктивных элементов при моделировании изделий [5].

В условиях рыночной конкуренции руководство компаний заинтересовано в максимально эффективном использовании нового программного обеспечения и оборудования. При этом заказы всё усложняются, а необходимое время реакции производства на потребности рынка сокращается. Очевидным решением снижения временных затрат и повышения управляемости компании является внедрение САПР и PDM-систем.

Наиболее оптимальным по функциональным возможностям с учетом конструктивных особенностей изделий и технологических процессов на ПАО «Иркутский релейный завод» и стоимости владения являются САПР SolidWorks и PDM-система IPS белорусской компании «Интермех». Внедрение должно происходить в два этапа: внедрение CAD/CAM систем и внедрение PDM-системы. Для внедрения приобретенных CAD/CAM систем и правил работы в них требуется провести ряд мероприятий:

1. Провести обучение пользователей работе в системах автоматизированного проектирования SolidWorks и CAMWorks.
2. Ознакомить пользователей с Временной инструкцией по работе в системах автоматизированного проектирования SolidWorks и CAMWorks.
3. Оценить на тестовом примере готовность пользователей к работе в системах автоматизированного проектирования SolidWorks и CAMWorks по правилам, применяемым на заводе и допустить пользователей к работе.
4. Через два месяца провести анализ эффективности работы в системах автоматизированного проектирования SolidWorks и CAMWorks по правилам.
5. Внести дополнения и изменения во Временную инструкцию по работе в системах автоматизированного проектирования SolidWorks и CAMWorks по результатам анализа работы.

Тестовое задание для проверки работоспособности системы CAMWorks с постпроцессором для станка HURCO VMX10U и готовности персонала к работе в данной системе составляется на основе технических характеристик станка, документации к станку с учетом дополнительных условий разработки ПО [6]. Тестовая деталь, выбранная для подготовки управляющей программы в CAMWorks и изготовления на станке должна соответствовать следующим требованиям:

- реально выпускаемая на этом станке типовая деталь;
- содержит наиболее часто используемые в производстве конструктивные элементы;
- для ее изготовления используются основные операции, востребованные на этом станке.

Технические требования для станка HURCO VMX10U показаны на рис. 1.

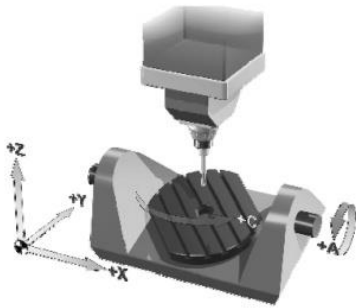
Станок	HURCO VMX10U
Производитель станка	HURCO
Стойка ЧПУ	WinMax 8 (ISNC)
Характеристики станка	
Кинематическая схема станка	
Число программно управляемых осей станка	5 (X, Y, Z, A, C)
Число одновременно управляемых осей станка	3 (X, Y, Z)
Наличие сменных паллет (для фрезерного станка)	Нет
Максимальное число одновременно работающих инструментов	1
Число каналов управления	1
Дополнительные программно управляемые механизмы станка (задняя бабка, ловитель деталей, люнеты...)	Нет
Документация по станку, предоставляемая	Заказчиком
Руководство по программированию на русском или английском языке	WinMax Mill NC r0116-301D.pdf
Тестовое задание	Корпус.pdf, korpus.TAP
Дополнительные условия разработки ПО	
Ограничения ПО	Реализуемые G-коды: 00, 01-03, 17-21, 28, 40-43, 49, 54-59, 80-91, 98, 99 Реализуемые M-коды: 00, 01, 03-09, 30. Не подлежат реализации прочие функции как неподдерживаемые САМ-системами
Ограничения документации	Нет

Рис.1. Технические требования для станка HURCO VMX10U

В качестве тестовой детали выбран Корпус, планируемый для выпуска крупными партиями. При его изготовлении выполняются такие операции как фрезерование, сверление, нарезание резьбы, производится коррекция на радиус инструмента. Это типичные операции для производства на этом станке.

Для покупки и внедрения на предприятии выбранной PDM-системы IPS компании «Интермех» необходимо выполнить следующие работы:

1. Заключение договора на поставку ПО.
2. Выбор работников, выполняющих основные виды автоматизируемых работ для обучения работе в PDM-системе.
3. Заключение с поставщиком ПО договора на обучение работе в PDM-системе.
4. Приобретение дополнительное программное и аппаратное обеспечения для развертывания системы.
5. Установка и настройка необходимых программ.
6. Заполнение системы нормативно-справочной информацией, совместимой с другими системами предприятия и не противоречащей им (это чаще всего справочники оборудования, операций, видов работ, оснастки, персонала и т.д.).
7. Определение параметров и алгоритмов расчетов по заготовке, что позволит более точно рассчитывать нормы расходов материалов.
8. Определение алгоритмов (в соответствии со стандартами предприятия, ГОСТ и другими нормативными документами) расчета трудоемкости по каждой операции (в соответствии с персоналом и оборудованием).
9. Настройка бланков конструкторско-технологической документации.
10. Провести выбранное тестовое изделие по всем этапам технической подготовки производства в PDM-системе.
11. Разработать необходимые регламенты, инструкции по работе в PDM-системе, стандарт предприятия по конструкторско-технологической подготовке производства.
12. Провести опытную эксплуатацию PDM-системы.
13. Принять PDM-систему в промышленную эксплуатацию.

Разработка основных положений стандарта предприятия по обеспечению интеграции этапов конструкторско-технологической подготовки производства разделена на два этапа:

первый – разработка временных инструкций по работе в CAD/CAM-системах SolidWorks и CAMWorks на период их внедрения без использования системы электронного технического документооборота;

второй - разработка стандарта предприятия по обеспечению интеграции этапов конструкторско-технологической подготовки производства при переходе к комплексному использованию CAD/CAM-систем SolidWorks и CAMWorks в рамках системы электронного технического документооборота ИНТЕРМЕХ.

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: “Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий”)» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы:

1. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал Электронный журнал Труды МАИ. 2011. № 48. С. 6.

2. Массель Л.В., Жилев А.С., Говорков А.С. Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №2. Том 17. 2016. С.133-137.

3. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6-1. С. 285-292.

4. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.

5. Говорков А.С., Жилев А.С. Информационная модель проектируемой конструкции изделия планера самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6-2. С. 335-338.

6. Савилов А.В., Пятых А.С. Определение коэффициентов сил резания для моделирования процессов механообработки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, г. Самара. Том 17, №2, 2015. С. 211-217.

УДК 621.757

PDM-система как основа информационной интегрированной среды предприятия

Ю.И. Карлина, О.В. Яценко

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматриваются основные критерии, учитываемые при выборе PDM-системы как основы интегрированной информационной среды для создания цифрового макета изделия на ПАО «Иркутский релейный завод». Осуществлен анализ функциональных возможностей и анализ соответствия критериям выбора наиболее подходящих PDM-систем.

Ключевые слова: *выбор PDM –системы; разработка интегрированной информационной среды для создания цифрового макета изделия.*

Внедрение CAD/CAM/CAE технологии на предприятии требует организации перехода от бумажных конструкторских документов к электронным. Если чертежи, спецификации и т.п. можно напечатать и удостоверить подписями ответственных лиц, то электронные модели и электронные макеты изделий существуют в электронном виде. Также для обмена электронными документами необходимо иметь соответствующее хранилище, должна быть обеспечена достоверность этих документов, подтверждена их правильность и актуальность. В статье «Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники» предложена методика, призванная облегчить процесс перехода между важнейшими этапами разработки изделия — проектированием и технологическим контролем, ускорить процесс проектирования, а также упростить внесение изменений в готовую 3D-модель изделия [1]. В практике использования CAD/CAM/CAE-систем модели в

настоящее время используются для отражения текущей структуры проектируемого изделия [2]. Для снижения цикла подготовки документации и запуска изделия перед конструктором и технологом ставятся следующие задачи: выбор современных конструктивных решений, оптимального варианта изготовления и конструктивной компоновки изделия; рациональный выбор конструкции изделия в зависимости от функциональности изделия (выполняемой функции); использование стандартных, библиотечных конструктивных элементов при моделировании изделий [3,4]. Хранящиеся в базе данных техпроцессы являются основным источником информации для решения задач автоматизированного управления технологической подготовкой производства [5,6]. Полученная технологическая модель детали может быть использована для проектирования техпроцесса детали непосредственно или после преобразования модели [7].

Все эти вопросы решаются покупкой и внедрением на предприятии PDM-системы.

Внедрение системы управления данными об изделии (PDM) на предприятии позволяет сократить время запуска изделия в производство за счет возможности параллельного ведения конструкторской и технологической подготовки производства, отсутствия дублирования информации, сокращение времени на поиск необходимой документации и исключение использования неактуальных версий документов при проектировании и изготовлении изделий. Сохранность и доступность документации в PDM-системе позволяет считать все разработки интеллектуальной собственностью предприятия.

По мнению отечественных специалистов, применение PDM-систем приводит к существенной экономии и получению дополнительной прибыли, достигаемых за счет сокращения:

- сроков вывода новой продукции на рынок (до 75 %);
- затрат на проектирование сложной продукции (до 30 %);
- доли брака и объема конструктивных изменений (до 70 %);
- расходов на подготовку эксплуатационной и технической документации (до 30-40 %).

Одна из главных проблем при принятии решения о внедрении PDM-системы заключается в том, что ее внедрение требует значительных материальных затрат, а положительный эффект от ее применения не всегда очевиден. В связи с этим немаловажным является тщательный выбор PDM системы для предприятия и прогнозирование результатов этого выбора с учетом специфики предприятия.

Выбор PDM-системы на ПАО «Иркутский релейный завод» начинался со сравнительного анализа имеющихся на рынке программ. Был проведен сравнительный анализ 11 PDM-систем: 1C PDM, IPS Интермех, АСКОН, SolidWorks, T-Flex, ТехноПро, Лотия, PDM STEP Suite, TechnologiCS, Союз PLM, TCS /VOGBIT по следующим критериям:

- стоимость ПО;
- стоимость обновлений, технической поддержки;
- стоимость рабочего места для просмотра;
- возможность опытной эксплуатации, наличие демоверсии;
- интеграция с CAD-системами SolidEdge, SolidWorks, своя CAD, Компас;
- требования к аппаратному обеспечению рабочего места просмотрщика;
- СУБД;
- затраты на требуемое дополнительное ПО, аппаратные требования;

- возможность разработки техпроцессов;
- поддержка групповых техпроцессов;
- наличие плавающих (конкурентных) лицензий.

В результате было решено остановиться на четырех системах: Интермех, АСКОН, SolidWorks, T-Flex.

PDM-системы T-Flex и Аскон были получены на тестирование, старая версия Интермех частично эксплуатируется на предприятии. Компания SolidWorks Russia не предоставила PDM-систему на тестирование, поэтому оценка по критериям проводилась на основе информации с вебинаров и опросов мнений предприятий-пользователей системы.

Сравнительная оценка экспертами предметной области проводилась по следующим критериям:

1. Конструкторская подготовка производства:

- интеграция с CAD-системами российского разработчика (Компас);
- интеграция с SolidWorks;
- создание электронной структуры изделия на основе 3D-модели (SolidWorks /Компас);
- хранение чертежей, 3D-моделей, спецификаций в базе данных (SolidWorks /Компас);
- способы создания спецификации (сначала спецификация затем чертежи, сначала чертежи затем спецификация);
- синхронизация в базе данных изменений 3D-моделей и чертежей, спецификаций, созданных в SolidWorks;
- просмотр.

2. Технологическая подготовка производства:

- автоматизированное создание технологического процесса (шаблоны, групповые и типовые технологические процессы);
- автоматизированное создание комплекта технологических документов;
- возможность создания комплекта технической документации к изделию (его вариантам);
- возможность редактировать (создавать) формы документов;
- наполняемость справочников;
- нормирование трудовое;
- нормирование материальное;
- нормирование вспомогательных материалов;
- нормирование инструмента;
- ссылки на нормативные документы;
- ссылки на технологический процесс;
- графические элементы в технологическом процессе;
- формирование отчетов.

3. Архивация технической документации:

- архив папки по изделиям;
- корректность вывода на печать чертежей;
- хранение, архив документов (регистрация выдачи копий);
- контроль состояния и сроков извещений об изменении.

4. Документооборот:

- уведомления о получении задания;
- отслеживание этапов бизнес-процессов;

- изменение исполнителей на этапах выполнения бизнес-процесса;
- создание списка согласующих при отправлении на согласование из списка возможных;
- возможность создания разных (альтернативных) маршрутов утверждения;
- согласование и утверждение документов (с нормоконтролем);
- проведение изменений;
- прикрепление объектов к бизнес-процессу.

5. Технические требования:

- простота настройки системы;
- совместимость с имеющейся СУБД MS SQL Server 2014;
- минимальные затраты на дополнительное программное обеспечение (MS Office, MS Exchange и т. п.);
- минимальные требования к аппаратному обеспечению клиентского рабочего места для просмотра;
- минимальная цена клиентского рабочего места для просмотра;
- передача данных в другие системы и базы данных предприятия;
- минимальные трудовые затраты на администрирование (управление доступом к базе данных), техническая поддержка пользователей;
- минимальные затраты на обновления;
- затраты на техническую поддержку;
- стабильность работы системы (ошибки, сбои);
- простота обновления.

Тестирование PDM-системы T-Flex показало, что система находится еще в стадии разработки, многие ошибки и замечания не устранены. Тестирование систем Интермех и Аскон, ознакомление с системой SolidWorks показало возможность использования этих систем. После дополнительного сравнительного анализа этих систем по представленному спектру критериев, выбор был сделан в пользу PDM-системы IPS белорусской компании Интермех.

Сводная оценка экспертов выявила преимущество PDM-системы IPS в части стоимости владения, интеграции с базовой CAD-системой в SolidWorks и другими CAD при необходимости их использования, удобства интерфейса. По другим аспектам эта система не уступает остальным рассматриваемым системам.

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: “Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий”)» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы:

1. Массель Л.В., Жияев А.С., Говорков А.С. Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №2. Том 17. 2016. С.133-137
2. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6-1. С. 285-292.

3. Вепрев А.А., Пашков А.Е., Тараканова Ю.С., Малащенко А.Ю., Лихачев А.А. Автоматизация производства длинномерных панелей и обшивок на иркутском авиационном заводе // Наука и технологии в промышленности. – 2013. № 1-2. С. 49-52.

4. Говорков А.С., Жилиев А.С. Информационная модель проектируемой конструкции изделия планера самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6-2. С. 335-338

5. Пашков А.Е., Дияк А.Ю. Определение параметров дробеударного формообразования-упрочнения при помощи CAD/CAM/CAE систем/ Иркут. гос. техн. ун-т. – Иркутск, 1998. – С. 59-62.

6. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал Электронный журнал Труды МАИ. 2011. № 48. С. 6.

7. Говорков А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2012.

8. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.

УДК 621.757

Выбор базовой CAD-системы предприятия для создания цифрового макета изделия

Ю.И. Карлина, О.В. Яценко

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматриваются основные критерии выборе базовой CAD-системы предприятия. На примере ПАО «Иркутский релейный завод» осуществлен анализ функциональных возможностей и соответствия критериям выбора трех наиболее подходящих CAD-систем.

Ключевые слова: *выбор CAD –системы; функциональные возможности CAD-системы.*

В основе современного машиностроения лежит понятие трехмерной геометрической модели, создаваемой в CAD-системе. Поэтому автоматизация процессов конструкторско-технологической подготовки на предприятиях начинается с выбора базовой CAD-системы, в которой будет создаваться основа цифрового макета изделия. Современные САПР ТП в первую очередь направлены на решение задач завершающих этапов проектирования технологического процесса, а именно заполнение технологической документации, подбор оборудования, анализ качества принятых решений и т.д. [1]. Полученная технологическая модель детали может быть использована для проектирования техпроцесса детали непосредственно

или после преобразования модели. Таким образом, решается задача преобразования модели детали этапа конструкторской подготовки производства в модель этапа технологической подготовки производства [2].

Основные аспекты, учитываемые при выборе САД-системы:

- степень охвата задач, решаемых на предприятии при проектировании производства продукции (сложность конструируемых изделий, размерность сборочных единиц (количество компонентов в сборочной единице), предполагаемая точность изготовления, необходимость расчета прочностных, масс-инерционных характеристик, необходимость расчетов в САЕ-системе, требования к проектированию оснастки и т.п.);

- САД-системы, используемые на предприятиях-смежниках, с которыми производится совместное проектирование и производство комплектующих изделий;

- степень интеграции с САМ-системами, работающими с имеющимся на предприятии технологическим оборудованием;

- степень интеграции с PDM-системой, наиболее подходящей для предприятия;

- стоимость САД-системы с необходимым набором дополнительных модулей и библиотек с учетом стоимости владения (техподдержка, обновления, стоимость масштабирования до полной проектной мощности).

В настоящее время для использования в промышленности предлагается более десяти САД-систем. На Иркутском релейном заводе было принято решение: на основе первичной информации отобрать три наиболее подходящие системы, а затем детально оценить их возможности в соответствии с потребностями предприятия. Учитывая сравнительно несложную геометрию деталей и большой объем конструкторских работ, в качестве основных критериев были выбрана скорость создания 3D моделей и формирования чертежей, а также наличие эффективного механизма параметризации. Перспективным направлением снижения трудоемкости расчетов является их автоматизация на основе САД-моделей деталей [3]. Для снижения цикла подготовки документации и запуска изделия перед конструктором и технологом ставятся следующие задачи: выбор современных конструктивных решений, оптимального варианта изготовления и конструктивной компоновки изделия; рациональный выбор конструкции изделия в зависимости от функциональности изделия (выполняемой функции); использование стандартных, библиотечных конструктивных элементов при моделировании изделий [4]. Разработке технологического процесса сборки изделия должна предшествовать своевременная работа технологов в конструкторском отделе над технологичностью запроектированного изделия [5]. Статья «Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники» описывает методику, призванную облегчить процесс перехода между важнейшими этапами разработки изделия, ускорить процесс проектирования, а также упростить внесение изменений в готовую 3D-модель изделия [6].

В результате предварительного анализа были отобраны три САД-системы: «SolidWorks» компании «SolidWorks Corporation» (США), и две российские разработки – «Т-FLEX» (компания «Топ Системы») и «Компас» (компания «АСКОН»). Все они относятся к классу «средних» САПР, при этом первые две системы базируются на графическом ядре «Parasolid» компании «Siemens PLM

Software», а последняя использует собственное трехмерное ядро. Для проведения сравнительного анализа было выбрано несколько типовых деталей.

С точки зрения функциональных возможностей особых различий в анализируемых программах нет, однако выполнение одинаковых проектных операций в каждой из них может занимать разное количество времени. Для обеспечения возможности сравнения скорости моделирования во всех трех системах для одинаковых деталей были реализованы одни и те же сценарии.

Работа по построению 3D модели начинается с выбора рабочей плоскости и построения эскиза. Во всех системах для этого требуется выбрать в дереве конструирования необходимую плоскость и через консольное меню перейти в режим создания эскиза.

В системах «Компас» и «SolidWorks» построение начинается с оси вращения, которая совпадает с осью X, и контура. В системе «T-FLEX» для 2D моделирования можно использовать параметрическое или эскизное черчение. В первом случае необходимо построить некоторое количество вспомогательных прямых и окружностей (линии построения) для формирования узлов, которые впоследствии будут соединяться линиями изображения. Все линии построения формируются в параметрической зависимости от ранее построенных элементов. При моделировании деталей даже не слишком сложной конфигурации количество таких линий может быть очень велико, а их расположение, наоборот, близко друг к другу. Это увеличивает вероятность возникновения ошибок моделирования. Задание последовательных параметрических связей часто является проблематичным. Второй способ позволяет строить эскизы без создания вспомогательных линий в режиме прямого построения, но при отсутствии параметризации.

Готовые эскизы во всех системах различаются разной степенью наглядности, которая определяет удобство их последующего редактирования:

- в системе «SolidWorks» размеры, выделенные черным цветом, показывают, что они полностью определены. Размеры, выделенные серым цветом, являются управляемыми и будут корректироваться в зависимости от изменения основных размеров. Символы, располагаемые в рамках на зеленом фоне около каждой линии, показывают тип привязки данной линии (вертикальность, горизонтальность, параллельность и т.д.). Отрезки, выделенные синим цветом, можно перемещать, меняя тем самым форму детали;

- в системе «Компас» нет отображения полностью определенного эскиза. После построения всех необходимых размеров система просто не позволит передвинуть какую-либо линию или точку. Привязки отображаются в виде вставок белого символа непосредственно в отрезки. Под размерами записывается латинская буква *v* и порядковый номер отрезка, тем самым говоря о том, что размер переменный (*variable*). Отсутствие этой буквы под размером говорит о невозможности изменить его, не меняя остальных;

- в системе «T-FLEX» пунктирным типом линии отображаются вспомогательные прямые, если они использовались при построении. Их можно скрыть, или ограничить по длине. Размеры могут быть проставлены, но только в качестве справочных элементов. Формируемый контур отображается сплошным типом линии.

Эскизы в системах «SolidWorks» и «Компас» имеют одинаково высокую степень информативности, отличаясь в основном стилем оформления, в том время как информативность эскиза в системе «T-FLEX» представляется недостаточной.

Для построения первоначального 3D тела применяется операция вращения контура вокруг оси. Во всех трех системах она работает одинаково: требуется указать ось вращения, профиль вращения и угол.

Далее выполняется построение нескольких отверстий. Во всех системах для построения отверстий есть специальные команды. В системах «Компас» и «SolidWorks» после выбора вида отверстия достаточно указать точки их расположения. В системе «T-FLEX» требуется выполнение дополнительной операции построения 3D-узлов на основе ранее построенных 2D-узлов, что требует дополнительного времени.

Во всех системах реализовано несколько способов построения вспомогательных плоскостей. Например, можно воспользоваться построением плоскости через три точки, не лежащих на одной прямой.

Для удобства построений в системах имеется режим скрытия вспомогательных построений.

Рассмотрим работу, связанную с получением чертежей. Для этого имеются возможности построения проекций на координатные плоскости, а также различных сечений. Модели можно рассекать как по основным плоскостям (вид спереди, сверху и сбоку), так и по любой указанной плоскости, которая является стенкой или внутренней поверхностью проектируемой детали. Помимо этого можно создавать сложные сечения при помощи построения вспомогательных плоскостей. Использование сложных сечений позволяет минимизировать общее количество сечений на чертеже.

Подобные построения выполнялись для всех выбранных деталей. В результате сравнительного анализа были сделаны следующие выводы:

- кардинальных различий в функциональных возможностях моделирования номенклатуры изделий компании в рассматриваемых системах нет;
- в системах «SolidWorks» и «T-FLEX» параметрическая модель создается непосредственно при построении, в системе «Компас» используется отдельное меню параметризации;
- определение параметрических зависимостей в системе «SolidWorks» выполняется быстрее и проще, чем в системе «T-FLEX»;
- скорость формирования параметрических моделей в системе «SolidWorks» на всех моделируемых деталях оказалась выше;
- при возникновении ошибок в процессе построения эскизов (незамкнутый контур, самопересечения элементов и т.д.) их поиск в системе «T-FLEX» занимает больше времени, чем в других системах;
- информативность эскизов в системах «SolidWorks» и «Компас» выше, чем в системе «T-FLEX»;
- интерфейс системы «SolidWorks» можно считать наиболее простым и удобным, как при 2D, так и при 3D моделировании.

Набор библиотек и дополнительных модулей для проведения расчетов и проектирования оснастки, которые могут потребоваться предприятию в дальнейшем, наиболее полно представлен у SolidWorks.

Итак, по функциональным возможностям для данного предприятия предпочтительна CAD-система SolidWorks.

С точки зрения возможности совместной работы в САПР с предприятиями-смежниками также предпочтительна SolidWorks, так как обмен конструкторской документацией с большинством из них осуществляется электронными документами, созданными в SolidWorks.

Кроме того, на момент выбора базовой CAD-системы на предприятии уже была приобретена и использовалась CAM-система PartMaker с постпроцессорами для токарных автоматов Citizen Cincom нескольких модификации. На этих станках выпускаются детали для предприятий-смежников, предоставляющих электронные модели в формате SolidWorks.

Также анализировался уровень интеграции рассматриваемых CAD-систем с PDM-системами, в результате чего свою репутацию «мультикадовой» подтвердила система «IPS» компании «Интермех».

По стоимости самой доступной является CAD-система T-Flex, далее идет «Компас» и самой дорогой из рассматриваемых является SolidWorks.

В результате комплексной оценки по критериям выбора сделан вывод о том, что, несмотря на более высокую стоимость, по функциональным возможностям, по возможности совместной работы в САПР с предприятиями-смежниками, по интеграции с имеющейся CAM-системой, по возможности построения системы электронного технического документооборота для данного предприятия предпочтительна CAD-система SolidWorks. Поэтому она была выбрана в качестве базовой платформы автоматизации на ПАО «Иркутский релейный завод».

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: “Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий”)» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы:

1. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6-1. С. 285-292.
2. Говорков А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2012
3. Пашков А.Е., Дияк А.Ю. Определение параметров дробеударного формообразования-упрочнения при помощи CAD/CAM/CAE систем / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 1998. – С. 59-62.
4. Говорков А.С., Жилиев А.С. Информационная модель проектируемой конструкции изделия планера самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6-2. С. 335-338
5. Массель Л.В., Жилиев А.С., Говорков А.С. Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №2. Том 17. 2016. С.133-137
6. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал Электронный журнал Труды МАИ. 2011. № 48. С. 6.

УДК 621.757

**Исследование конструктивно-технологических характеристик
номенклатуры выпускаемых изделий при автоматизации процессов
подготовки производства**

Ю.И. Карлина, О.В. Яценко

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается роль конструктивно-технологических особенностей номенклатуры выпускаемых изделий при выборе комплекса автоматизированных систем, обеспечивающих основу интеграции процессов подготовки производства.

Ключевые слова: *конструктивно-технологические характеристики, интеграция процессов подготовки производства, номенклатура выпускаемых изделий., комплекс автоматизированных систем.*

В условиях конкуренции на рынке перед промышленными предприятиями возникает практическая задача организации интегрированной информационной среды создания изделия. Основной целью создания интегрированной информационной среды на предприятии «Иркутский релейный завод» является ускорение процессов подготовки производства и освоение технологий изготовления новых изделий. Это требует тщательного выбора комплекса систем (CAD/CAM/CAE/PDM), обеспечивающих основу интеграции конструкторско-технологической подготовки производства и наиболее полно учитывающих особенности выпускаемых изделий и процессов их изготовления. Важно правильно решить эту задачу, так как инвестиции в области автоматизации определяют конкурентоспособность предприятия на годы вперед.

Основой создания интегрированной информационной среды является изучение конструктивно-технологических характеристик номенклатуры выпускаемых изделий и особенностей процессов конструкторско-технологической подготовки производства на предприятии. Основываясь на этом исследовании можно рассматривать имеющиеся на рынке CAD/CAM/PDM-системы и осуществлять выбор базовых компонентов с целью создания в дальнейшем интегрированной информационной среды.

Основную часть продукции предприятия «Иркутский релейный завод» составляет коммутационная техника: герметизированные и открытые реле, соединители, малогабаритные переключатели, комбинированные разъемы. Классификация видов изделий представлена на рисунке 1.

Производство является мелкосерийным, а по новым изделиям опытного участка и участка микроволновой техники – зачастую позаказным. Все изделия имеют малый размер в пределах нескольких сантиметров, а по новым изделиям отмечается тенденция к еще большему уменьшению размеров. На рисунке 2 виден размер изделий расположенных рядом с размерной линейкой.

Основные конструктивные особенности изделий коммутационной техники – это малые размеры и, соответственно, минимальные допуски, что требует высокой точности изготовления, небольшое количество сборочных единиц (в пределах нескольких десятков), детали несложной геометрии.



Рис. 1. Классификация видов изделий ПАО ИРЗ

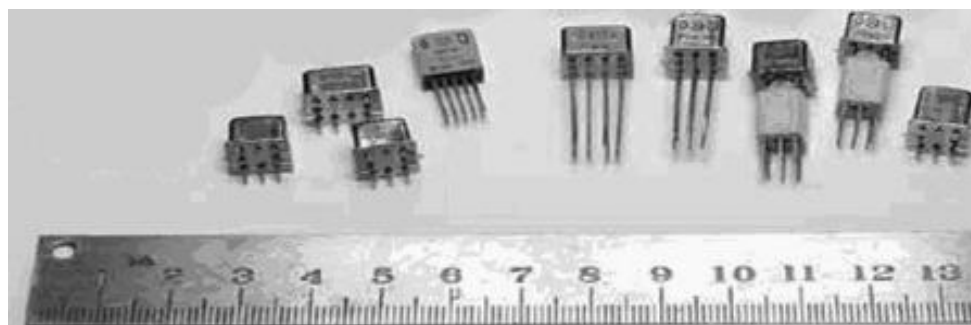
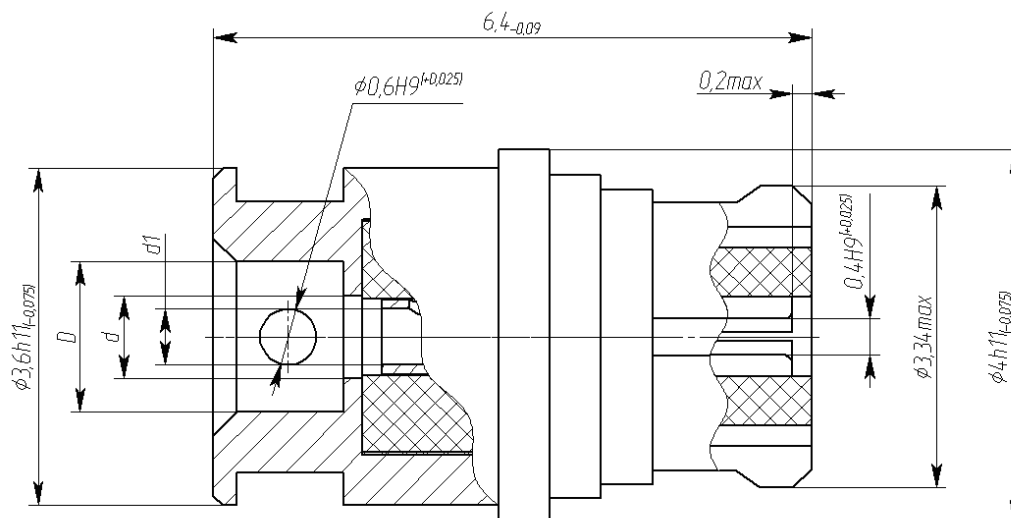


Рис. 2. Миниатюрные герметичные реле весом 2 г

Часть деталей изготавливается из пластмассы, часть из цветных и черных металлов, многие детали подлежат гальванической обработке, в частности многослойному покрытию. На рисунке 3 изображен чертеж Соединитель КАПД.434511.020 и показаны размеры с возможными допусками.

Изготовление большинства деталей на имеющемся стандартном оборудовании невозможно, поэтому при проектировании технологии изготовления для многих операций проектируется оснастка – прессформы, штампы, приспособления для механической обработки и сборки деталей, контрольно-измерительный и режущий инструмент, приспособления для испытания изделий. Малые размеры деталей в пределах 0,15 – 5 см и высокие требования к допускам (до +0,04мм) накладывают соответствующие требования и к оснастке и инструменту. Изготовление оснастки зачастую необходимо выполнять в одном производственном цикле вследствие ее миниатюрных размеров. Конструкторско-технологическое бюро оснастки ведет постоянное сопровождение процесса изготовления оснастки, работает над улучшением конструкций и технологичности изготовления, вводит новые исполнения при внедрении новых видов изделий. Модернизация производства связана с внедрением современных обрабатывающих центров и прогрессивного режущего и вспомогательного инструмента [1]. Изготовление оснастки и мелких деталей с более сложной геометрией переводится на современные высокоточные станки с

ЧПУ. На рисунке 4 представлены детали, изготавливаемые на автомате продольного точения с ЧПУ Citizen диаметром точения до 16 мм. Оснастка и часть деталей изготавливаются также на станках ARIX и HURCO VMX10U.



1. *Размеры для справок

Обозначение	D*, мм	d*, мм	d1*, мм	Масса, г
КАПД.434511.020	1,25H11 ^(+0,06)	0,88H11 ^(+0,06)	0,4H10 ^(+0,04)	0,25
-01	1,6H11 ^(+0,06)	0,88H11 ^(+0,06)	0,4H10 ^(+0,04)	0,248
-02	2,25H11 ^(+0,06)	1,4H11 ^(+0,06)	0,6H10 ^(+0,04)	0,246

Рис. 3. Соединитель КАПД.434511.020. Требования к точности изготовления



Рис. 4. Детали, изготавливаемые на автомате продольного точения с ЧПУ Citizen диаметром точения до 16 мм

Необходимость создания управляющих программ для этих станков требует перехода на электронный технический документооборот.

Разработке технологического процесса сборки изделия должна предшествовать своевременная работа технологов в конструкторском отделе над технологичностью запроектированного изделия [2]. Конструктор создает электронную модель изделия. Информационная модель строится на основе данных электронной модели (ЭМ) изделия [3]. В процессе согласования она используется технологами для отработки технологичности и оценки возможности изготовления на имеющихся производственных мощностях. В статье «Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники» предложена методика, призванная облегчить процесс перехода между важнейшими этапами разработки изделия — проектированием и технологическим контролем, ускорить процесс проектирования, а также упростить внесение изменений в готовую 3D-модель изделия [4]. После согласования и утверждения модель передается в ОГТ технологом для разработки технологического процесса изготовления с возможностью создания пооперационных эскизов на основе полученной модели, в свою очередь технологи передают модели деталей в СКТБ оснастки для проектирования оснастки и инструмента и в тех. бюро цеха-изготовителя для создания управляющей программы для станка. В практике использования CAD/CAM/CAE-систем модели в настоящее время используются для отражения текущей структуры проектируемого изделия [5,6]. Стремление автоматизировать начальные стадии проектирования приводит к разработке систем поддержки принятия решений, способных формировать технические и технологические решения на уровне квалифицированного конструктора/технолога [7].

Создание интегрированной информационной среды позволит перейти от трехмерных моделей изделий к их цифровым макетам, которые наряду с геометрической будет содержать и другие виды информации об изделии. Использование таких макетов вместе с данными о конструктивно-технологических особенностях того или иного вида изделий позволит подойти к использованию технологии управления конфигурацией [8] для изделий со сложной функциональностью, изделий, производимых во многих вариантах, в том числе по конкретным требованиям заказчика.

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: “Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий”)» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы

1. Савилов А.В., Пятых А.С. Определение коэффициентов сил резания для моделирования процессов механообработки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, г. Самара. Том 17, №2, 2015. с211-217
2. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал Электронный журнал Труды МАИ. 2011. № 48. С. 6.

3. Говорков А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2012

4. Массель Л.В., Жилиев А.С., Говорков А.С. Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №2. Том 17. 2016. С.133-137.

5. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6-1. С. 285-292.

6. Пашков А.Е., Дияк А.Ю. Определение параметров дробеударного формообразования-упрочнения при помощи CAD/CAM/CAE систем/ Иркут. гос. техн. ун-т. – Иркутск, 1998. – С. 59-62.

7. Говорков А.С., Жилиев А.С. Информационная модель проектируемой конструкции изделия планера самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6-2. С. 335-338.

8. Яценко О.В. Проблемы управления конфигурацией изделия на основе электронного макета. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. № 4-3 (28). С. 144-149.

УДК 621.757

**Разработка основных положений инструкции по обеспечению интеграции
этапов внедрения единой информационной среды
конструкторско-технологической подготовки производства**

А.В. Шабалин, Ю.И. Карлина

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматриваются особенности поэтапного внедрения интегрированной информационной среды для конструкторско-технологической подготовки производств. Для ПАО «Иркутский релейный завод» разработаны основные положения инструкции по обмену и хранению электронных документов – цифровых моделей и макетов изделий до внедрения PDM-системы.

Ключевые слова: внедрение CAD –системы; внедрение CAM –системы; организация конструкторско-технологической подготовки производства на основе цифрового макета.

Разработке технологического процесса сборки изделия должна предшествовать своевременная работа технологов в конструкторском отделе над технологичностью запроектированного изделия [1]. В статье «Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники» предложена методика, призванная облегчить процесс перехода между важнейшими этапами разработки изделия — проектированием и технологическим контролем, ускорить процесс проектирования, а также упростить внесение изменений в готовую 3D-модель изделия [2]. В практике

использования CAD/CAM/CAE-систем модели в настоящее время используются для отражения текущей структуры проектируемого изделия [3,4]. Информационная модель строится на основе данных электронной модели (ЭМ) изделия [5]. Стремление автоматизировать начальные стадии проектирования приводит к разработке систем поддержки принятия решений, способных формировать технические и технологические решения на уровне квалифицированного конструктора/технолога [6,7].

Первым этапом автоматизации технической подготовки производства является внедрение CAD/CAM-системы. После обучения работе с ними, вовлечения согласующих и утверждающих работников в работу с электронными документами, при выделении бюджета, планируется покупка и внедрение PDM-системы.

Электронные модели и электронные макеты существуют в электронном виде, они также должны пройти процесс согласования и утверждения, как и другие конструкторские документы. Для обмена электронными документами необходимо иметь соответствующее хранилище, должна быть обеспечена достоверность этих документов, подтверждена их правильность и актуальность.

Все эти вопросы решаются покупкой и внедрением PDM-системы на предприятии. В ней организуется хранилище и реализована функция электронной подписи.

В связи с тем, что PDM-система еще не внедрена, возникла необходимость выработки правил работы в CAD/CAM-системе. Эти правила отражены во Временной инструкции по работе в системах автоматизированного проектирования SolidWorks и CAMWorks.

В инструкции рекомендуется в связи с приобретением использовать САПР SolidWorks для разработки/проектирования конструкторской документации. При разработке применять стандарты ЕСКД ГОСТ 2.051-2013 «Электронные документы» [8] и ГОСТ 2.052-2006 «Электронная модель изделия» [9], а также руководствоваться следующими правилами работы с файлами:

1. На чертежах на полях указывать название файла.
2. Использовать стандартные изделия из каталога, находящегося на сервере <\\сетевой путь\Стандартные изделия >.
3. Использовать материалы из каталога, находящегося на сервере <\\сетевой путь\Базы данных материалов >.
4. Сохранять файлы электронных моделей и чертежей в каталоге <\\сетевой путь\Эл модели и чертежи\{Наименование проекта}>.
5. Группировать файлы электронных моделей и чертежей по проектам (внутри каждой директории проекта должны быть файлы электронных моделей и чертежей для одного изделия).
6. Называть файлы электронных моделей и чертежей по следующей схеме “Обозначение_Наименование._(тип документа)” (пример “АБВГ.100.12.925 СБ Крышка в сборе. Сборочный чертеж”, “АБВГ.101 ВП Рулевая трапеция. Ведомость покупных изделий”, “АБВГ.001 Кронштейн”).
7. Сохранять файлы неактуальных версий электронных моделей и чертежей в каталоге <\\сетевой путь\Эл модели и чертежи\{Наименование проекта}\Неактуальные версии>.
8. Называть файлы неактуальных версий по следующей схеме “Обозначение_Наименование._(тип документа)_версия” (пример “АБВГ.100.12.925

СБ Крышка в сборе. Сборочный чертеж v3”, “АБВГ.101 ВП Рулевая трапеция. Ведомость покупных изделий v1”, “АБВГ.001 Кронштейн v1”).
Комментарий о версиях: v1 расшифровывается как v - версия, 1 - первый вариант

Номер п/п	Обозначение документа	Наименование изделия, наименование документа	Версия	Номер последнего изменения
1	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХЭСБ	Платформа ПК Электронная модель сборочной единицы	2	1
MD5		08356 43C-F 76A52 C1177 D4179 2B936 A0		
Примечание АБВГ.ХХХХХХ.ХХХЭСБ_3D_2				
Разраб.	Иванов		06.12.2004	
Пров.	Петров		10.12.2004	
Т. контр.	Сидоркин		16.12.2004	
Н. контр.	Сидоров		20.12.2004	
Утв.	Пылаев		21.12.2004	
Информационно-удостоверяющий лист		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХЭСБ-УЛ	Лист	Листов

Номер п/п	Обозначение документа	Наименование изделия, наименование документа	Версия	Номер последнего изменения
2	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Фитинг Электронная модель детали	3	2
MD5		86A30 CDAFC 4127B 31A55 3B319 4176B 60		
Примечание АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ_3D_3				
Разраб.	Иванов		16.12.2004	
Пров.	Петров		18.12.2004	
Т. контр.	Сидоркин		19.12.2004	
Н. контр.	Сидоров		20.12.2004	
Утв.	Пылаев		21.12.2004	
Информационно-удостоверяющий лист		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ-УЛ	Лист	Листов

Рис. 1. Форма Информационно-удостоверяющего листа

- По окончании работы с файлом электронной модели или чертежа, когда чертеж изделия подписан и утвержден, назначить файлу (соответствующему каталогу) атрибут “только для чтения” (это предотвратит случайное сохранение изменений в утвержденной модели и напомнит о том, что нужно назначить новое имя файла- изменить версию).

10. Сохранять файлы электронных моделей, содержащие дерево технологических операций для генерации управляющих программ обработки детали/заготовки, в каталоге <\\сетевой путь\Эл модель обработки\{Наименование проекта}>.
11. Группировать файлы электронных моделей, содержащие дерево технологических операций, по проектам (внутри каждой директории проекта должны быть файлы электронных моделей обработки для одного изделия).
12. Называть файлы электронных моделей, содержащие дерево технологических операций, по следующей схеме “Обозначение_Наименование_CAMWorks” (пример “АБВГ.100.12.925 СБ Крышка в сборе. CAMWorks”, “АБВГ.001 Кронштейн CAMWorks”).

Применение стандарта ЕСКД ГОСТ 2.051-2013 «Электронные документы» требует внедрения электронной подписи или «Информационно-удостоверяющего листа» [8], форма которого представлена на рис. 1.

Электронная подпись будет применяться после внедрения PDM-системы, а на данный момент остается возможность применения «Информационно-удостоверяющего листа». Заполнение этого документа осложняется необходимостью запуска пользователем утилиты для расчета контрольной суммы по выбранному на предприятии алгоритму расчета контрольной суммы MD5. Запуском этой же утилиты и проверкой контрольной суммы подтверждается достоверность документа. Это усложняет работу и не нравится конечным пользователям. Поэтому передача документов в рамках несложных, внутренних разработок будет осуществляться без использования «Информационно-удостоверяющего листа», то есть на доверительной основе. Остальные положения инструкции только систематизируют и упрощают документооборот.

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: “Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий”)» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы:

1. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал Электронный журнал Труды МАИ. 2011. № 48. С. 6.
2. Массель Л.В., Жилиев А.С., Говорков А.С. Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №2. Том 17. 2016. С.133-137.
3. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6-1. С. 285-292.
4. Пашков А.Е., Герасимов В.В. Математическое моделирование процесса формирования факела дробы в дробеметном аппарате контактного типа // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. – 2011. Выпуск 12 (59). С. 48-52.

5. Говорков А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2012

6. Вепрев А.А., Пашков А.Е., Тараканова Ю.С., Малащенко А.Ю., Лихачев А.А. Автоматизация производства длинномерных панелей и обшивок на иркутском авиационном заводе // Наука и технологии в промышленности. – 2013. № 1-2. С. 49-52

7. Говорков А.С., Жилиев А.С. Информационная модель проектируемой конструкции изделия планера самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6-2. С. 335-338.

8. ГОСТ 2.051-2013 «Электронные документы»

9. ГОСТ 2.052-2006 «Электронная модель изделия»

УДК 5.3.1.8 + 6.2.-.1.2

Исследование кинематики механизмов энергетических машин

В. В. Кузлякина, М. А. Шуджаури, Д. К. Альхамар

Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток, 690850, ул. Суханова, 8.

В статье рассматриваются алгоритмы исследования кинематики механизмов энергетических машин методом замкнутых векторных контуров на основе обобщённых структурных модулей с использованием системы автоматизированного проектирования Visual Structure Editor (VSE).

Ключевые слова: обобщённые структурные модули, кинематические характеристики, замкнутые векторные контуры.

В составе большинства энергетических машин (двигатели внутреннего сгорания, компрессоры и другие) основными механизмами являются кривошипно-ползунные механизмы. В статье рассмотрена кинематика оппозитного двигателя внутреннего сгорания, в составе которого имеются обобщённые структурные модули первого и второго видов.

На начальном этапе проектирования стоит задача определения положения звеньев и траекторий движения основных точек для конструирования корпусных деталей, определения хода звеньев, выяснения свободного перемещения звеньев. Кинематические параметры: скорости и ускорения звеньев и точек механизма на этом этапе определить нельзя, так как не определены силы, действующие в механизме, поэтому определяются их геометрические аналоги, которые зависят от структуры и геометрии механизма.

1. Кинематические характеристики механизма

При исследовании кинематики механизмов вводятся понятия аналогов скоростей и аналогов ускорений, которые показывают изменения соответствующих кинематических величин в зависимости от изменения положений входных звеньев механизма. В большинстве механизмов одна обобщенная координата – угол поворота кривошипа φ_1 .

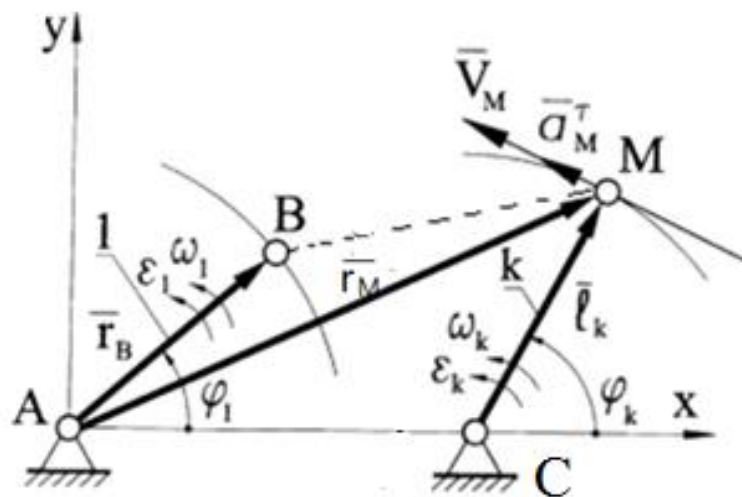


Рис. 1. Схема фрагмента механизма

На рис. 1 показан фрагмент механизма: входное звено AB (1) с точкой B на нем и звено CM (k) с точкой M . Между этими звеньями располагаются промежуточные звенья, не указанные на рисунке. Положение входной координаты φ_1 , а положение точки B – радиусом-вектором $\bar{r}_B$.

Положение звена k определяется углом φ_k , а положение точки M – радиусом-вектором $\bar{r}_M$. Функциональная зависимость угловой координаты звена (или линейных координат точки) от обобщенной координаты механизма называется функцией положения звена (или точки на нем).

Функция положения звена k : $\varphi_k = \varphi_k(\varphi_1)$.

Функция положения точки M : $\bar{r}_M = \bar{r}_M(\varphi_1)$.

Аналогом угловой скорости звена k , вращающегося вокруг неподвижной оси, называется первая производная от угла поворота звена по обобщенной координате механизма.

Если угол поворота φ_k выходного звена k задан в виде функции положения $\varphi_k = \varphi_k(\varphi_1)$, то угловая скорость ω_k этого звена может быть представлена:

$$\omega_k = \frac{d\varphi_k}{dt} = \frac{d\varphi_k}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_1 \cdot \frac{d\varphi_k}{d\varphi_1} = \omega_1 \cdot \omega_{\varphi k}, \quad (1)$$

где $\omega_1 = \frac{d\varphi_1}{dt}$ – угловая скорость входного звена (обобщенная скорость).

Аналогом углового ускорения звена k , вращающегося вокруг неподвижной оси, называется вторая производная от угла поворота звена (или первая производная от аналога угловой скорости) по обобщенной координате механизма:

$$\varepsilon_{\varphi k} = \frac{d^2\varphi_k}{d\varphi_1^2} = \frac{d\omega_{\varphi k}}{d\varphi_1}.$$

Дифференцируя уравнение (1) по времени t , получим величину углового ускорения ε_k выходного звена k :

$$\varepsilon_k = \frac{d\omega_k}{dt} = \frac{d}{dt}(\omega_1 \cdot \omega_{\varphi k}) = \omega_1 \cdot \frac{d\omega_{\varphi k}}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} + \omega_{\varphi k} \cdot \frac{d\omega_1}{dt} = \omega_1^2 \cdot \varepsilon_{\varphi k} + \varepsilon_1 \cdot \omega_{\varphi k}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt}$ – угловое ускорение входного звена (обобщённое ускорение).

Аналогично могут быть получены уравнения для линейных скорости и ускорения какой-либо точки M звена k .

Аналогом линейной скорости точки называется первая производная радиуса-вектора точки по обобщенной координате механизма:

$$\bar{V}_{\varphi M} = \frac{d\bar{r}_M}{d\varphi_1}.$$

Линейная скорость точки может быть найдена из равенства:

$$\bar{V}_M = \frac{d\bar{r}_M}{dt} = \frac{dr_M}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_1 \cdot \frac{d\bar{r}_M}{d\varphi} = \omega_1 \cdot \bar{V}_{\varphi M}. \quad (3)$$

Аналогом ускорения точки называется вторая производная радиуса-вектора точки (или первая производная аналога скорости точки) по обобщенной координате механизма:

$$\bar{a}_{\varphi M} = \frac{d^2\bar{r}_M}{d\varphi_1^2} = \frac{d\bar{V}_{\varphi M}}{d\varphi_1}.$$

Дифференцируя уравнение (3) по времени, получим величину ускорения точки M выходного звена k :

$$\bar{a}_M = \frac{d\bar{V}_M}{dt} = \frac{d}{dt}(\omega_1 \cdot \bar{V}_{\varphi M}) = \omega_1 \cdot \frac{d\bar{V}_{\varphi M}}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} + \bar{V}_{\varphi M} \cdot \frac{d\omega_1}{dt} = \omega_1^2 \cdot \bar{a}_{\varphi M} + \varepsilon_1 \cdot \bar{V}_{\varphi M}. \quad (4)$$

Из уравнений (1 - 4) видно, что линейные скорости и ускорения точек звеньев механизма и угловые скорости и ускорения звеньев механизма можно определить через некоторые передаточные функции первого и второго порядков, которые зависят только от структуры и геометрии механизма и не зависят от закона движения входного звена.

На начальном этапе исследования кинематики угловую скорость кривошипа принимают постоянной. Если $\omega_1 = \text{const}$, то $\varepsilon_1 = 0$, т. е. движение входного звена предполагается равномерным. В этом случае положения, скорости и ускорения звеньев и точек звеньев определяются в функции обобщенной координаты механизма, а не в функции времени.

Формулы для определения модулей скоростей и ускорений любого ведомого звена и его любой точки M в этом случае будут:

$$\omega_k = \omega_1 \cdot \omega_{\varphi k}; \quad \varepsilon_k = \omega_1^2 \cdot \varepsilon_{\varphi k}; \quad V_M = \omega_1 \cdot V_{\varphi M}; \quad a_M = \omega_1^2 \cdot a_{\varphi M}. \quad (5)$$

Истинный закон изменения обобщенной координаты φ_1 от времени зависит от сил, действующих и возникающих в механизме, и может быть определен только после исследования динамики механизма. Определив в результате этого исследования закон изменения обобщенной координаты ведущего звена $\varphi_1 = \varphi_1(t)$,

определяют его угловую скорость $\omega_1 = \frac{d\varphi_1}{dt}$ и угловое ускорение $\varepsilon_1 = \frac{d^2\varphi_1}{dt^2}$. После этого, пользуясь формулами (5) и определенными в результате исследования кинематики аналогами скоростей и ускорений, находят истинные скорости и ускорения всех точек и звеньев механизма.

2. Исследование кинематики механизмов методом замкнутых векторных контуров

В основе алгоритмов определения кинематических параметров обобщённых структурных модулей лежит метод замкнутых векторных контуров, разработанный В. А. Зиновьевым [1]. Любой структурный модуль механизма можно представить в виде замкнутого векторного контура, при этом каждое звено представляется в виде вектора $\bar{l}_i$, модуль которого соответствует длине звена, а угол φ_i , измеряемый против часовой стрелки от положительного направления оси Ох до совпадения с направлением вектора ($\bar{l}_i$), определяет положение звена.

Направление вектора при этом можно выбирать произвольно, но целесообразно его принимать исходящим из неподвижных точек, если они имеются в структуре механизма. В общем случае уравнение замкнутости контура выглядит следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \bar{l}_i + \sum \bar{r}_M = 0, \quad (6)$$

где $\bar{l}_i$ – вектор, соответствующий i -ому звену, входящему в рассматриваемый контур;

n – число векторов, входящих в контур;

$\bar{r}_M$ – радиус вектор соответствующей точки.

При составлении уравнения замкнутости можно произвольно выбирать направление обхода контура, но в уравнении (6) вектор $\bar{l}_i$ записывается со знаком "+", если его направление совпадает с направлением обхода, и со знаком "-", если оно противоположно.

Исследование кинематики выполняется по обобщённым структурным модулям в соответствии со структурной формулой строения механизма [2].

В статье рассматривается исследование кинематики механизма оппозитного двигателя внутреннего сгорания, в составе которого обобщённые структурные модули: первого класса I_1 (0, 1), второго класса первого вида II_1 (2, 3) и второго класса второго вида II_2 (4, 5), которые описаны в работе [3].

3. Исследование кинематики оппозитного двигателя внутреннего сгорания

Рассмотрим порядок кинематического исследования аналитическим методом для группы звеньев $ABEDFG$ механизма оппозитного двигателя, представленного на рис. 2.

Систему координат xOy можно выбрать произвольно. Для упрощения расчётов примем начало координат в точке A ($x_A = 0$, $y_A = 0$). Звенья представляем в виде векторов (рис. 2, 3, 4).

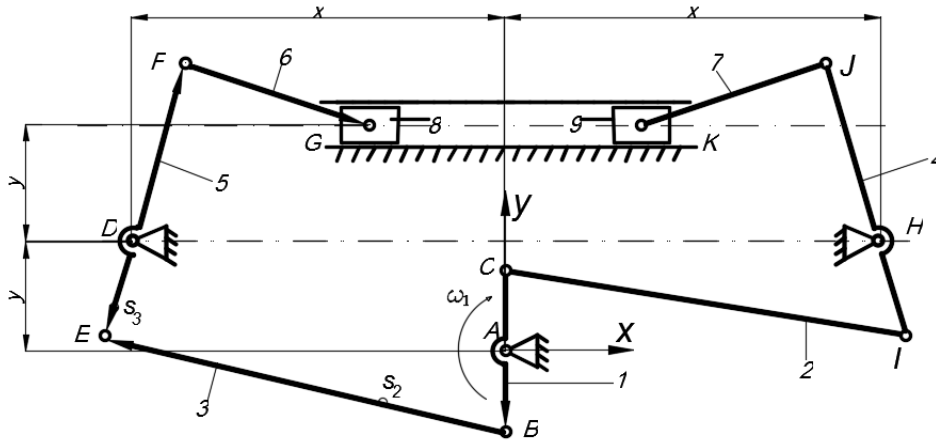


Рис. 2. Схема оппозитного двигателя

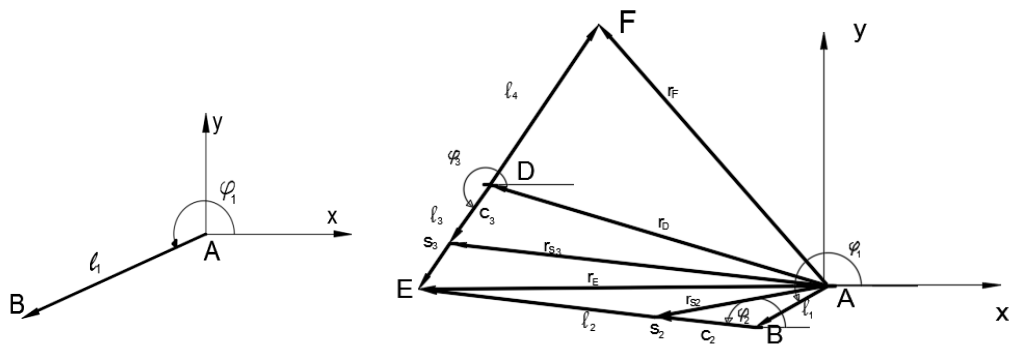


Рис. 3. Условный механизм $I_1 (0, 1)$, Рис. 4. Замкнутые векторные контуры для группы $II_1 (2, 3)$

Уравнения для определения параметров точки В обобщенного структурного модуля $I_1 (0, 1)$ в этом случае упрощаются (рис. 3):

$$\bar{l}_1 - \bar{r}_B = 0; \begin{cases} x_B = l_1 \cdot \cos \varphi_1, \\ y_B = l_1 \cdot \sin \varphi_1. \end{cases} \quad (7)$$

Для определения аналогов линейных скоростей и ускорений точки В необходимо продифференцировать по параметру φ_1 уравнения системы (7). Проекции на оси Ox и Oy аналогов скорости и ускорения точки В опишутся уравнениями:

$$\begin{cases} V_{\varphi Bx} = -l_1 \cdot \sin \varphi_1, \\ V_{\varphi By} = l_1 \cdot \cos \varphi_1; \end{cases} \begin{cases} a_{\varphi Bx} = -l_1 \cdot \cos \varphi_1, \\ a_{\varphi By} = -l_1 \cdot \sin \varphi_1. \end{cases} \quad (8)$$

Для определения кинематических характеристик звеньев 2, 3 рассмотрим замкнутый векторный контур $ABED$ (рис. 4). Векторное уравнение замкнутости контура с учётом формулы (6):

$$\bar{r}_B + \bar{l}_2 - \bar{l}_3 - \bar{r}_D = 0 \quad (9)$$

В проекциях на оси Ox и Oy :

$$\begin{aligned} x_B + l_2 \cdot \cos \varphi_2 - l_3 \cdot \cos \varphi_3 - x_D &= 0, \\ y_B + l_2 \cdot \sin \varphi_2 - l_3 \cdot \sin \varphi_3 - y_D &= 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Решив систему уравнений 10, определим углы положения звеньев 2 и 3:

$$\sin \varphi_3 = \frac{-(x_C - x_B)}{y_C - y_B} \cdot \cos \varphi_3 + \frac{l_2^2 - l_3^2 - (x_C - x_B)^2 - (y_C - y_B)^2}{2 \cdot l_3 \cdot (y_C - y_B)}.$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{y_D - y_B + l_3 \sin \varphi_3}{l_2}.$$

Для определения аналогов угловых скоростей $\omega_{\varphi 2}$ и $\omega_{\varphi 3}$ звеньев 2 и 3 продифференцируем систему (10) по параметру φ_1 :

$$\begin{aligned} V_{\varphi Bx} - l_2 \omega_{\varphi 2} \sin \varphi_2 + l_3 \omega_{\varphi 3} \sin \varphi_3 - V_{\varphi Dx} &= 0 \\ V_{\varphi By} - l_2 \omega_{\varphi 2} \cos \varphi_2 + l_3 \omega_{\varphi 3} \cos \varphi_3 - V_{\varphi Dy} &= 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Решив систему (11) классическим способом, получим:

$$\omega_{\varphi 3} = \frac{(V_{\varphi Dx} - V_{\varphi Bx}) \cos \varphi_2 - (V_{\varphi Dy} - V_{\varphi By}) \sin \varphi_2}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)} \quad (12)$$

Аналог угловой скорости второго звена можно определить из любого уравнения системы (11):

$$\omega_{\varphi 2} = \frac{V_{\varphi Dy} - V_{\varphi By} + l_3 \omega_{\varphi 3} \cos \varphi_3}{l_2 \cos \varphi_2} \quad (13)$$

Для определения аналогов угловых ускорений $\varepsilon_{\varphi 2}$ и $\varepsilon_{\varphi 3}$ необходимо продифференцировать систему (11) по параметру φ_1 :

$$\begin{cases} a_{\varphi Bx} - a_{\varphi Cx} - l_2 \varepsilon_{\varphi 2} \sin \varphi_2 - l_2 \omega_{\varphi 2}^2 \cos \varphi_2 + l_3 \varepsilon_{\varphi 3} \sin \varphi_3 + \\ + l_3 \omega_{\varphi 3}^2 \cos \varphi_3 = 0; \\ a_{\varphi By} - a_{\varphi Cy} + l_2 \varepsilon_{\varphi 2} \cos \varphi_2 - l_2 \omega_{\varphi 2}^2 \sin \varphi_2 - l_3 \varepsilon_{\varphi 3} \cos \varphi_3 + \\ + l_3 \omega_{\varphi 3}^2 \sin \varphi_3 = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Решение системы (14):

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\varphi 3} &= \frac{(a_{\varphi Dx} - a_{\varphi Bx}) \cos \varphi_2 + (a_{\varphi Dy} - a_{\varphi By}) \sin \varphi_2 +}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)} \\ &\quad + \frac{l_2 \omega_{\varphi 2}^2 - l_3 \omega_{\varphi 3}^2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2)}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_2)}, \varepsilon_{\varphi 2} \\ &= \frac{a_{\varphi Dx} - a_{\varphi Bx} - l_2 \omega_{\varphi 2}^2 \cos \varphi_2 + l_3 \varepsilon_{\varphi 3} \sin \varphi_3 + l_3 \omega_{\varphi 3}^2 \cos \varphi_3}{l_2 \sin \varphi_2} \end{aligned} \quad (15)$$

После определения кинематических характеристик звеньев 2 и 3 можно определить кинематические характеристики любых точек этих звеньев по векторным уравнениям. Например: для точки E : $\bar{r}_D + \bar{l}_2 - \bar{r}_E = 0$; для точки S_2 : $\bar{r}_B + \bar{c}_2 - \bar{r}_{S_2} = 0$; для точки S_3 : $\bar{r}_D + \bar{c}_3 - \bar{r}_{S_3} = 0$.

Аналогично выполняется расчёт для других структурных групп [2]. Исследование кинематики для полного оборота кривошипа выполняется в системе VSE (Visual Structure Editor).

4. Исследование кинематики оппозитного двигателя внутреннего сгорания в системе VSE.

В работе [3] показан ввод параметров для оппозитного двигателя и его визуализация в системе VSE. Результаты исследования кинематики представляется

для основных точек и звеньев в виде таблиц (рис. 3), графиков (рис. 4) и годографов (рис. 5,6).

Angle	Omega	Epsilon	Angle
0°	-0.01885581604	-0.674780121300	-48°44.95"
10°	-0.12808895628	-0.75021319887	-48°5342.70"
20°	-0.219890604903	-0.479780607943	-50°38'56.35"
30°	-0.29683289448	-0.406870271537	-53°14'36.64"
40°	-0.363383051162	-0.358979505278	-56°33'56.65"
50°	-0.423413418217	-0.331883369417	-60°29'23.11"
60°	-0.480075426493	-0.313265545231	-65°03'32.46"
70°	-0.535295764022	-0.314136868609	-70°51'1.76"
80°	-0.589698932769	-0.308414799468	-75°42'44.58"
90°	-0.642319715556	-0.291682670187	-81°52'29.57"
100°	-0.69006502603	-0.249770510875	-88°32'34.20"
110°	-0.72696326277	-0.164103536263	-95°38'25.35"
120°	-0.743576582122	-0.013895320764	-103°05'3.65"
130°	-0.727150949735	0.2155834795363	-110°24'5.93"
140°	-0.664150939798	0.5150596429502	-117°24'7.78"
150°	-0.546265544112	0.8318021125416	-123°30'2.15"
160°	-0.378179621496	1.0737136047366	-128°9'25.61"
170°	-0.18095376207	1.1615997277670	-130°57'53.60"
180°	0.0178316172648	1.0894977627643	-131°46'5.01"
190°	0.1940043222139	0.9195466212622	-130°41'2.30"
200°	0.337366382394	0.7235895345213	-127°59'54.64"
210°	0.4476580626434	0.5450649857214	-124°25'0.61"

Рис.3. Таблица результатов исследования кинематики звена DE

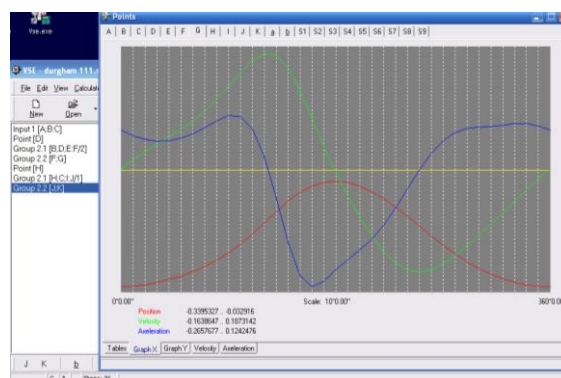


Рис.4. Графики движения т. G

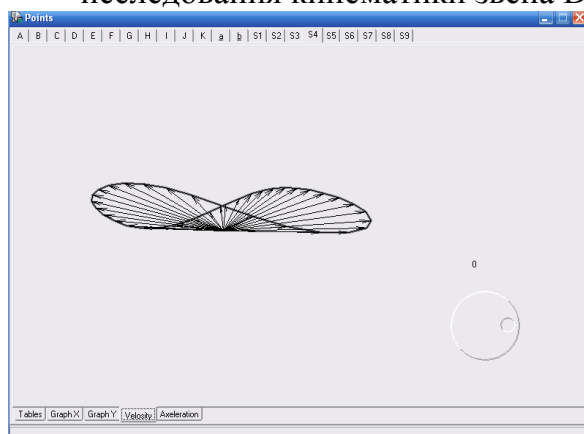


Рис.5.Годограф аналогов скоростей т. S4

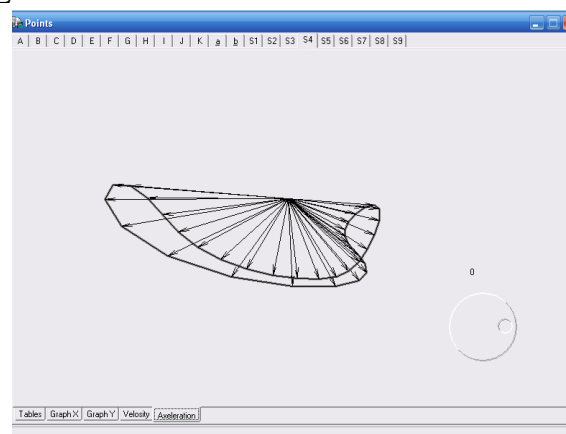


Рис.6.Годограф аналогов ускорений т. S4

Результаты расчётов передаются в систему DINAMIC для исследования динамики механизмов.

Список использованной литературы

1. Зиновьев В. А. Курс теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1972. – 384 с.
2. Исследование и разработка интегральных систем автоматизации проектирования машинных агрегатов, отчет о научно-исследовательской работе по теме 4/2/2007, научн. рук. Кузлякина В. В., МГУ им Г. И. Невельского, г. Владивосток, 2011 г., - 100 с.
3. Кузлякина В. В., Шуджаири М. А., Альхамар Д. К., Моделирование схем кривошипно-ползунных механизмов, сборник материалов конференции ИАМИТ ИРНТУ, г. Иркутск, 2016 г., - 8 с.

УДК 658.512, 004.942

Корреляция параметров электронного макета и технологических параметров изделия*

М. В. Лаврентьева, М.С. Ерофеев

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведена методика автоматизированного конструктивно-технологического анализа для формирования технологического процесса формообразования детали на примере нормальной отбортовки.

Ключевые слова: машиностроение, конструктивно-технологический анализ, системы трехмерного моделирования, распознавание образов, технологический процесс, формообразование эластичной средой

Современное состояние научно-технического прогресса позволяет использовать различные программные комплексы для повышения эффективности процесса подготовки производства в машиностроение.

Сравнительно недавнее внедрение систем графического моделирования позволило при помощи электронных моделей изделия (ЭМИ) и значительно упростить и ускорить цикл изготовления изделия. Используя новые методики разработанные на основе систем распознавания образов стало возможно определить состав и структуру изделия используя данные извлеченные из электронного макета [1].

Согласно иерархическому порядку каждое изделия состоит из нескольких деталей, каждая деталь включает в себя несколько конструктивных элементов [2], если говорить об электронной модели изделия, то также можно выделить примитивы, прямые и кривые линии, сегменты сплайна, дуги и окружности, из которых состоят конструктивные элементы. Установление связи между такими примитивами в пределах одной детали, дает представление о ее контуре, так называемое распознавание по контуру.

Контурный подход основывается на отношении между характеристиками, где образы описаны иерархической структурой, составленной из подструктур, включающих в себя меньшие подструктуры. При таком подходе образы представлены структурами, для которых будут приняты во внимание и более сложные отношения между характеристиками, чем числовые параметры. Формирование представлено из предопределенных примитивов, занесенных в классификатор, и примитивов, названных кодовыми комбинациями. Например, учитывая кодовые комбинации слева на рисунке 1, формирование образа справа может быть представлено следующей строкой S с кодовой комбинацией, представленной формулой:

$$S = d b a b c b a b d b a b c b a b$$

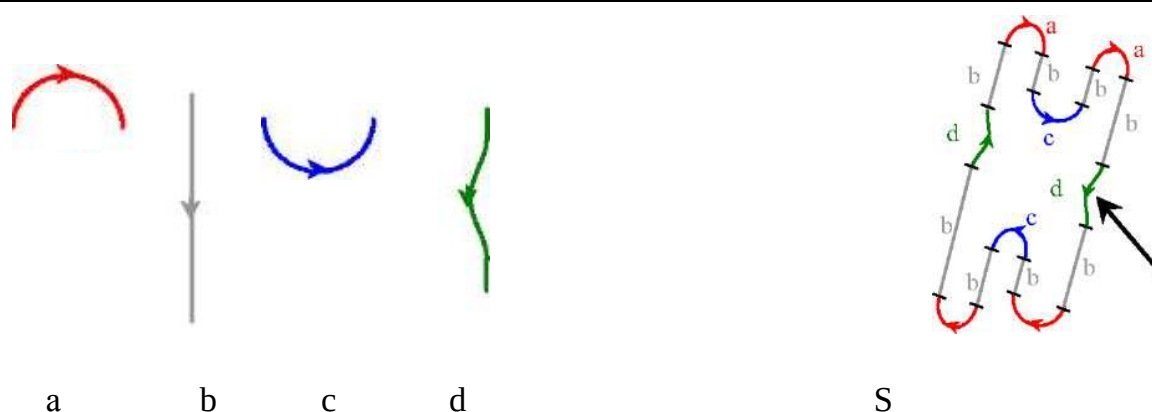


Рис 1. Пример синтаксического описания характеристик
a, b, c, d – примитивы; S – итоговая комбинация

Такая методика анализирует набор извлеченных параметров, используя своего рода predetermined structure. Система может распознать образ только тогда, когда все характеристики, извлеченные из образа, могут быть структурно связаны. К сожалению, установление структурированных связей образа обычно очень трудно обработать.

Совместное применение такой системы с системой NX позволяет решить проблему с трудность обработки и извлечения информации, что переводит методику на новый уровень реализации в системах поддержки принятия решений. Работа системы привязать все извлеченные данные к каким-то конечным результатам, например, технологическому процессу изготовления детали [3].

Рассмотрим вариант выполнения нормальной отбортовки эластичной средой на формблочке при помощи гидравлического пресса [6].

На рисунке 2 представлены технологические параметры отбортовки согласно ГОСТ.

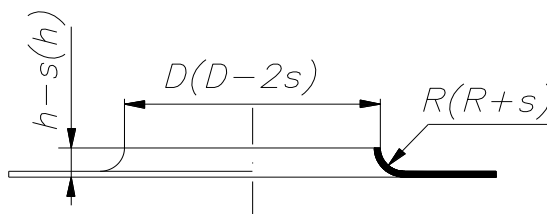


Рис 2. Технологические параметры отбортовки

В ЭМИ эти параметры легко определяются при помощи примитивов, дуга определяет радиус, окружность – диаметр, расстояние между центрами окружностей – высоту отбортовки (рисунок 3). Таким образом из электронной модели можно извлечь необходимый список технологических параметров. Для того чтобы отнести конструктивный элемент к какому-либо классу, то есть распознать. Для выбора необходимого оборудования эти параметры система вносит в реестр данных, из них формирует расчетные характеристики [5] согласно формуле:

$$P = \frac{3 \cdot \sigma_{TO} \cdot R \cdot S_0^2 + \Pi \cdot S_0^3}{6 \cdot R a^2},$$

где σ_{TO} – экстраполированный предел текучести, МПа;

S_0 – толщина листа, мм;

R – радиус нейтрального слоя, мм;

Π – модуль упругости, МПа;

a – длина прямолинейного участка борта, мм.

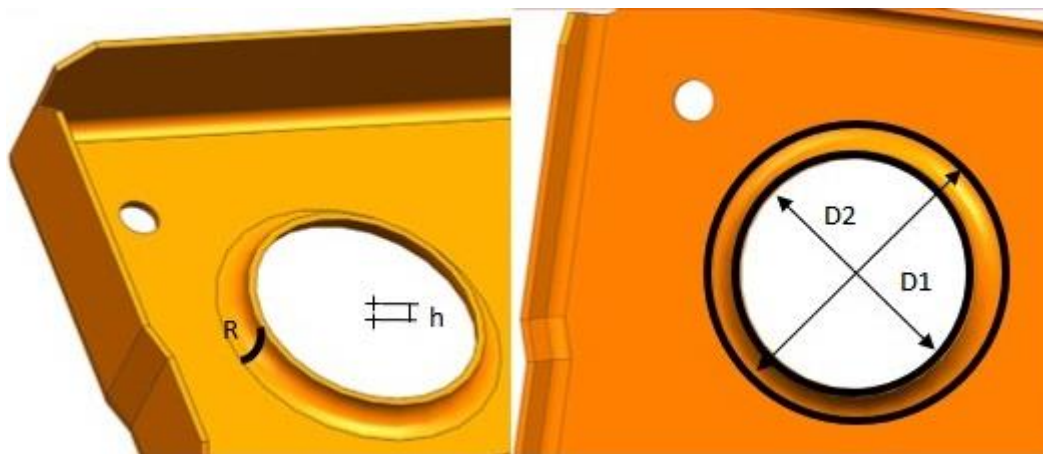


Рис. 3. Параметры извлекаемые из примитивов ЭМ

Результат сопоставляется с соответствующим параметром гибочного оборудования.

Для всей детали аналогичным образом определяется полный состав конструктивно-технологических элементов, для каждого элемента находятся список примитивов, сопоставляются с существующими технологическими параметрами ГОСТ, если элемент стандартный или с эталоном в классификаторе, если элемент нестандартный, и производится расчет необходимых параметров.

Таким образом на выходе мы получаем классифицированное изделие со списком подходящего оборудования, селекция которого проводится согласно разработанному списку правил [1]. В свою очередь в систему уже внесены шаблоны типовых технологических процессов, пустые строки которого заполняются по результатам проведенного анализа.

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: “Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий”)» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы:

1. Ахатов Р.Х., Лаврентьева М.В. Распознавание конструктивно-технологического состава изделия по его электронной модели // Сборка в машиностроении, приборостроении. Москва, Изд-во "Инновационное машиностроение", №8, 2015. С.8-14.
2. Ирзаев Г.Х. Экспертный выбор предпочтительного по технологичности варианта изделия методом аналитической иерархии // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2007. № 1-1 9290. С. 126-130.
3. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал Труды МАИ. 2011. № 48. С. 6.
4. Марьин С.Б., Колыхалов Д.Г., Мироненко В.В., Маценко В.В. Моделирование процессов гибки листовых заготовок эластичными и эластосыпучими средами-Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2014. № 4. С. 42-45.

5. Еловенко Д.А. Анализ контактного взаимодействия жестких штампов с упругой полуплоскостью методом конечных элементов на базе программного комплекса MSC.MARC / О.В. Репецкий, Д.А. Еловенко // Вестник ВСГУТУ. Улан-Удэ: ВСГУТУ. – 2012. – №1. – С. 37 – 40.

6. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.

УДК 681.883.7

Аспекты проектирования современных дисплеев для воздушных судов гражданского и специального назначения

О.В. Максимова¹, В.Е. Борисов²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет», 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32.

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева», 432071, г. Ульяновск, улица Можайского, дом 8/8.

В статье приводится анализ наиболее важных технологий отображения информации для устройств ответственного применения. Обозначены типичные технические требования к авиационным индикаторам. Представлен ряд проблем в области проектирования средств отображения информации. Приведено описание назначения индикаторных устройств. Проведен обзор видов и типов индикаторных устройств.

Ключевые слова: дисплеи, индикаторы, автоматизация, надежность, проектирование, воздушные суда, гражданская авиация, ЖКИ, ЭЛТ, ТПЭЛ, специальная техника.

Одной из важнейших задач импортозамещения в авиастроении в России является проектирование и размещение современных отечественных средств отображения информации на воздушных судах гражданского и военного назначения.

Анализ видов и конструкций современных средств отображения информации (СОИ) показал, что разработки ведутся в двух направлениях: проектирование индикаторных панелей; создание схем управления индикаторными панелями [1].

Были проведены исследования отечественных научных и производственных сегментов в области проектирования СОИ и сделан вывод, что в настоящее время разработки ведутся в направлении создания схемотехнических решений управления параметрами индикаторных панелей. Был выявлен ряд проблем, не позволяющих или затрудняющих проектирование индикаторных панелей [2]:

1. Отсутствие лабораторного и производственного оборудования для получения опытных образцов индикаторных панелей;

2. Трудоемкость и значительная стоимость исследований параметров дисплеев, в том числе светодиодных, жидкокристаллических и электролюминесцентных панелей;

3. Отсутствие технологий получения светоизлучающих структур, как следствие двух первых проблем.

Исходя из вышесказанного, актуальным является разработка ряда универсальных подходов к проектированию индикаторных панелей, которые будут являться базовыми для создания автоматизированной системы научных исследований средств отображения информации, позволяющей разработать виртуальные прототипы индикаторных панелей.

Был проведен анализ конструкций и технологий индикаторных устройств и многофункциональных дисплеев, применяемых в отечественной авиации, который позволил выявить лидеров среди различных технологических моделей средств отображения информации (СОИ), к ним относятся дисплеи на основе жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ) на воздушных судах гражданской авиации и дисплеи на основе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) применяемых на некоторых типах военных самолетов.

Исследование основных эксплуатационно-технических параметров индикаторов вышеназванных технологических исполнений показал достаточно высокие значения по разрешению, цветопередаче, эргономике [3]. Наряду с этим были выявлены существенные недостатки, такие как отсутствие устойчивости к основной части внешних воздействующих факторов специализированных ЖКИ и ЭЛТ, особенно в диапазонах рабочих температур.

Проведенный сравнительный анализ индикаторов, позволил определить, что тонкопленочные электролюминесцентные дисплеи (ТПЭЛД) превосходят по светотехническим характеристикам жидкокристаллические дисплеи, однако уступают дисплеям на базе органических светодиодов, что компенсируется высокими конструкторско-технологическими параметрами (среднее время безотказной работы, диапазон рабочих температур, радиационная стойкость) [4]. Отсюда вытекает необходимость применения тонкопленочных электролюминесцентных устройств авиационной и космической техники, где предъявляются специфичные, а порой и жесткие требования к индикаторной аппаратуре.

Были рассмотрены основные параметры зарубежных аналогов ТПЭЛД линейки Lumineq TFEL. В дисплеях Lumineq TFEL реализован широкий диапазон регулировки яркости, а также применена эмиссионная пиксельная технология для повышения разборчивости при чтении небольших шрифтов. Дисплеи Lumineq TFEL демонстрируют самый широкий рабочий температурный диапазон по сравнению с любыми мониторами, произведенными по существующим технологиям. Стекло TFEL работоспособно и при более низких температурах от -100°C (-148°F); некоторые версии дисплеев TFEL имеют предельную рабочую температуру -60°C (-76°F), причем без увеличения времени отклика и без ухудшения четкости изображения. Также ударопрочность составляет 200 g; 250 000 часов – среднее время продолжительности жизненного цикла; 179° – вертикальный и горизонтальный углы обзора; Яркость сохраняется на уровне 85% от заявленной в технических характеристиках на протяжении 100 000 часов.

В настоящее время на территории Российской Федерации практически не проводятся исследования в области тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов, несмотря на потенциальную коммерческую выгоду от реализации таких разработок.

При проведении исследования были поставлены и решены следующие задачи [5]:

- проведение исследований различных конструкций тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов [6];

- увеличение набора контролируемых значений функциональных, эргономических характеристик и конструктивных параметров, необходимых на этапах проектирования и технологии тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов [7];

- совершенствование алгоритмов и программного продукта для реализации автоматизированных исследований процессов проектирования индикаторов [8].

На предыдущих этапах исследования была частично решена задача автоматизации проектирования тонкопленочных электролюминесцентных средств отображения информации [5-9]. Были разработаны методы анализа и синтеза тонкопленочных электролюминесцентных источников излучения и получены алгоритмы определения функциональных характеристик.

Список использованной литературы:

1. Евсевичев, Д.А. Методы и средства структурно-параметрического синтеза тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов в автоматизированном проектировании / Д.А. Евсевичев, О.В. Максимова; под редакцией профессора М.К. Самохвалова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 92 с.
2. Максимова, О.В. Анализ процессов проектирования и технологии наноструктурированных тонкопленочных электролюминесцентных индикаторных устройств / О.В. Максимова, М.К. Самохвалов, С.М. Максимов // Вестник Московского государственного областного университета, серия «Физика и математика», – М.: МГОУ, 2013 г. – №3. – С.74-78.
3. Максимова, О.В. САПР тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов / О.В. Максимова, Д.А. Евсевичев // Вестник Московского государственного областного университета, серия «Физика и математика», – М.: МГОУ, 2012 г. – №2. – С.131-135.
4. Максимова О.В., Задачи автоматизации моделирования яркости и светотдачи тонкопленочных электролюминесцентных конденсаторов / О.В. Максимова, С.М. Максимов, М.К. Самохвалов // Автоматизация процессов управления. – 2014. – № 2 (36). – С. 98– 105.
5. Максимова, О.В. Математическое обеспечение САПР тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов при решении задач синтеза конструкций / О.В. Максимова, М.К. Самохвалов // Вестник Московского государственного областного университета, серия «Физика и математика», – М.: МГОУ, 2012 г. – №1. – С.77-85.
6. Evsevichev, D. The CAD System of the Thin Film Electroluminescent Display : collection of scientific papers / D. Evsevichev, O. Maksimova, M. Samokhvalov // The 11th International Meeting on Information Display (IMID 2011). – KINTEX, Seoul, Korea, 2011. – P. 768-769.
7. Максимова, О.В. Разработка алгоритмов и программ исследования светотехнических характеристик тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов / О.В. Максимова, Д.А. Евсевичев, А.С. Яманчев // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2014: Материалы 11 международной научно-технической конференции, г. Саратов, 25-26 сентября, 2014 г. – Саратов: ООО «Буква», – С. 72-74.
8. Максимова, О.В. Разработка средств автоматизации конструирования тонкопленочных электролюминесцентных индикаторов / О.В. Максимова, Д.А.

Евсевичев, М.К. Самохвалов, С.М. Максимов // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2014: Материалы 11 международной научно-технической конференции, г. Саратов, 25-26 сентября, 2014 г. – Саратов: ООО «Буква», – С. 66-71.

Максимова, О.В. Автоматизация процессов измерения светотехнических характеристик наноструктурированных индикаторных устройств / О.В. Максимова, С.М. Максимов, С. В. Мойсеенко // Автоматизация процессов управления. 2015. – 1 (39). – С. 106-113.

УДК 681.5.043

Автоматизация процесса тарирования тензометрических датчиков от установки УДИОН-2

А.Г. Тихонов, Н.В. Минаев

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается процедура тарировки тензометрических датчиков установки для измерения остаточных напряжений механическим методом УДИОН-2. Изложен метод определения тарировочных коэффициентов измерительного канала. Предложен и описан способ автоматизации процесса тарировки, основанный на использовании микроконтроллера и шагового двигателя.

Ключевые слова: Технологические остаточные напряжения, тензорезисторы, тензометрические датчики, тарирование, аналогово-цифровой преобразователь, микроконтроллер, шаговый двигатель.

Измерение технологических остаточных напряжений (ТОН) является неотъемлемой частью в исследовании напряженно-деформированного состояния (НДС) материалов, подвергающихся различным видам технологического воздействия. Примерами такого воздействия может являться механическая обработка резанием, поверхностно-пластическое деформирование (ППД), термическая обработка и т.п. В ИРНИТУ интенсивно ведутся разработки таких процессов ППД как дробеударное формообразование и упрочнение [1, 2, 3, 4, 5], комплексное формообразование обшивок и панелей самолета [6, 7, 8], правка раскаткой роликами маложестких деталей [9, 10, 11, 12], гибку на листогибочных машинах [13].

Для определения ТОН, распределения их по глубине материала и последующего выявления НДС после описанных процессов ППД используется установка для измерения остаточных напряжений УДИОН-2 [14], разработанная в ИРНИТУ (рис. 1). Принцип работы данной установки базируется на основах механического метода определения ТОН [15] при непрерывном удалении слоев с исследуемого образца путем его химического травления в растворе электролита и одновременной записи, происходящих при этом деформаций изгиба и кручения образца.

Исследуемые образцы, кронштейны для их крепления, а так же тензометрические датчики монтируются на специальном приспособлении (рис. 2). В процессе химического травления образца происходит высвобождение остаточных напряжений, что приводит к деформации изгиба (кручения) исследуемого образца, и через двуплечий рычаг передается на тензометрический датчик.

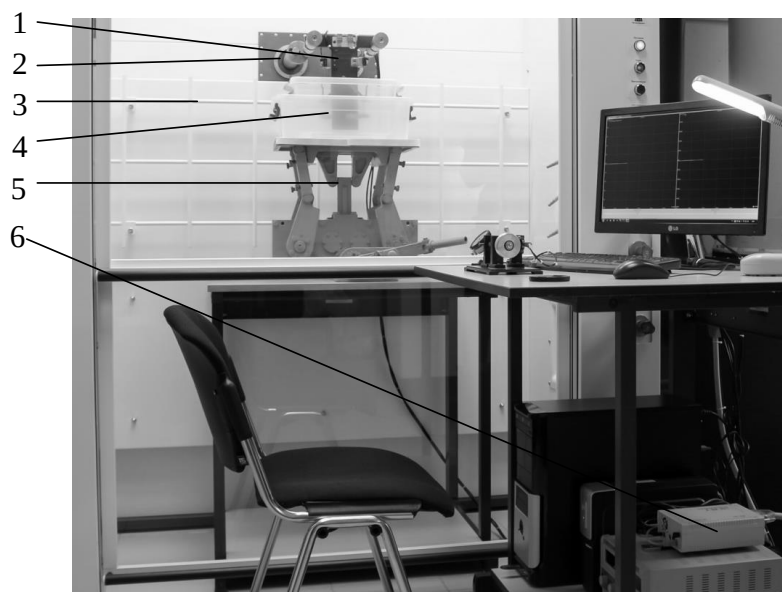


Рис. 1. Общий вид установки УДИОН-2:

1 – приспособление для закрепления образцов; 2 – кронштейны для приспособлений; 3 – вытяжной шкаф; 4 – ванна с раствором для травления и термоста-тирующая ванна; 5 – устройство подъема ванн; 6 – устройство обработки данных



Рис. 2. Приспособление для закрепления образцов

Тензометрические датчики (рис. 3, а) являются унифицированными и состоят из гибкой стальной пластины, по обеим сторонам которой приклеиваются тензорезисторы, один из которых компенсационный. На рисунке 3, б представлена схема расположения тензорезисторов на стальной пластине, расстояние слева отводится для фиксации пластины между двумя текстолитовыми планками для последующего ее закрепления в приспособлении (рис. 2). Так же у каждого датчика имеется чувствительная точка, через которую посредством двуплечего рычага датчику передается деформация от образца.



Рис. 3. Унифицированный тензометрический датчик

Для изготовления тензометрических датчиков в данной установке используются тензорезисторы типа КФ 5 П1-20-400-А-12, технические характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики тензорезисторов КФ 5 П1-20-400-А-12

Номинальная база, мм	Номинальное электрическое сопротивление, Ом	Габаритные размеры, мм, не более		Коэффициент усиления
		Длина без выводов	Ширина	
20	$399,8 \pm 0,4$	29,5	4,7	2,24

Перед использованием тензодатчика необходимо провести его тарирование. Под тарированием понимается нахождение тарировочных коэффициентов измерительного преобразователя, т.е. отношение перемещения на регистраторе к соответствующему перемещению чувствительной точки датчика деформации [16]. Для тарирования тензодатчиков было разработано приспособление (рис. 4), выполненное на металлическом основании и включает индикатор часового типа Mitutoyo 2119S-10 2, тарируемый датчик и микровинт.

Процесс тарирования состоит из следующих этапов:

- 1) установка тензометрического датчика в тарировочное приспособление так, чтобы наконечник микровинта был напротив чувствительной точки датчика;
- 2) подключение датчика и запускается ПО системы сбора данных;
- 3) вращением микровинта и показаниями милливольтметра, фиксируется момент касания микровинта и тензометрического датчика;
- 4) устанавливается натяг датчика около 1 мм (контроль на индикаторе часового типа), шкалы индикатора выставляется в ноль.
- 5) вращением микровинта по показаниям индикатора обеспечивается преднатяг тензометрического датчика, равный 1,5-2 мм, обнуляется показания милливольтметра;
- 6) посредством вращения микровинта по показаниям индикатора обеспечивается перемещение датчика в отрицательный диапазон значений до -1500 мкм, с последующей регистрацией показаний;
- 7) с шагом 100 мкм датчик «разгружается», пройдя через значение 0 мкм и далее в положительный диапазон значений до +1500 мкм, с регистрацией всех промежуточных значений. По завершению работы вычисляется коэффициент тарирования.

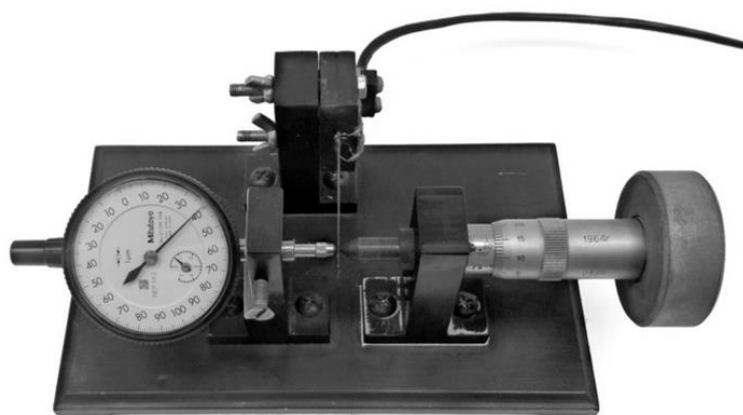


Рис. 4. Тарировочное приспособление

Как видно процесс тарировки тензометрических датчиков достаточно трудоемок и занимает достаточно большой объем времени, особенно при условии, что тарирование одного датчика следует повторить около 100 раз для получения статистических данных повторяемости результатов и определения среднеквадратического отклонения и ошибки измерительного канала.

В связи с этим было предложено решение по автоматизации процесса тарирования тензодатчиков. Идея автоматизации состоит в следующем (рис. 5). Для вращения микровинта посредством ременной передачи с известным передаточным отношением использовать шаговый двигатель (ШД) типа SY42STH47-1684В, соединенного через драйвер шагового двигателя А4988 с микроконтроллером (МК) PIC16F684-I. В свою очередь микроконтроллер с помощью преобразователя COM/USB типа FT232RL соединяется с ПК, на котором устанавливается специальное ПО управления ШД.

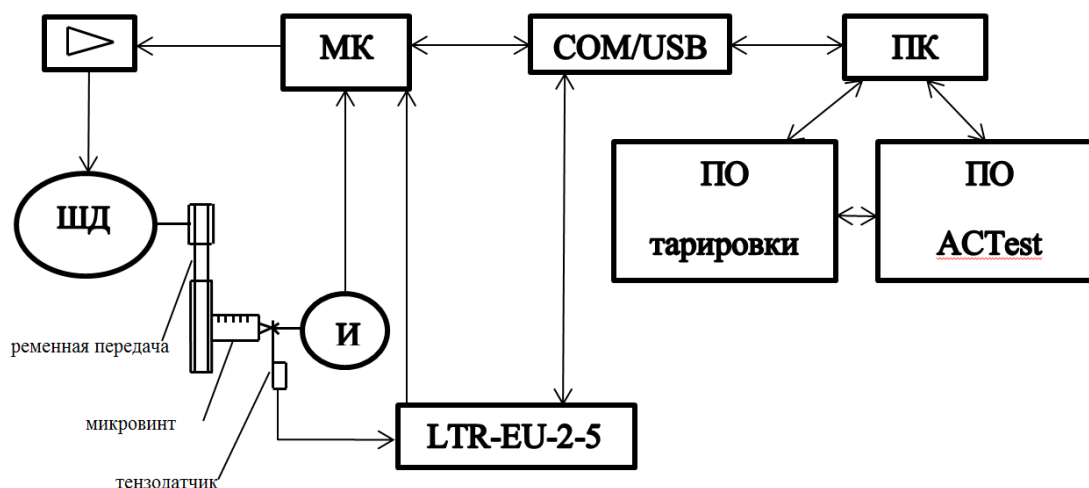


Рис. 5. Функциональная схема автоматизации процесса тарирования

Для задания требуемого шага тарировки, необходимо обеспечить поворот микровинта на определенный угол (количество оборотов), этого можно добиться использованием вместо механического индикатора часового типа цифровой измерительной головки (И) с возможностью снятия с нее измерительного сигнала. Данный измерительный сигнал необходимо преобразовать, и через МК с участием ПО тарировки появится возможность управления импульсами, поступающими на ШД.

Сигнал с тензометрического датчика поступает в аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) крейтовой системы LTR-EU-2-5, управляемой ПО АСTest.

Для вычисления коэффициентов тарирования необходимо информацию с датчика, поступающую в ПО АСTest, сопоставлять с информацией о перемещении его чувствительной точки, поступающей в ПО тарировки посредством цифровой измерительной головки. Поэтому необходимым условием работы системы является согласование ПО тарировки и ПО АСTest для обмена данными между ними.

Таким образом, реализация описанной схемы позволит значительно сократить затраты времени на процесс тарирования тензометрических датчиков установки УДИОН-2, а так же позволит производить расчет ошибки измерительного канала, что, в свою очередь, повысит точность измерения и определения доверительного интервала значений ТОН.

Список использованной литературы:

1. Пашков А.Е., Дияк А.Ю. Внутренние силовые факторы процесса дробеметной обработки листовых деталей // Современные технологии, системный анализ, моделирование / Иркут. гос. ун-т. путей сообщения. – Иркутск, 2006. № 8. С. 49-53
2. Пашков А.Е., Лихачёв А.А. Определение силовых факторов обработки на формообразующих дробемётных установках // Математические методы в технике и технологиях – 20. Тамбов ТГТУ 2007
3. Пашков А.Е., Викулова С.В., Вяткин А. С., Макарук А. А. К вопросу обеспечения точности определения интенсивности поверхностного упрочнения // Современные технологии, системный анализ, моделирование / Иркут. гос. ун-т. путей сообщения. – Иркутск, 2010. № 1. С. 102-107
4. Дробеметное устройство / Пашков А.Е., Герасимов В.В., Гришаев П.Г., Пашков А.А. // Патент РФ на полезную модель № 125505. Заявка № 2012136404. Приоритет полезной модели 24.08.2012. Зарегистрировано в Гос. реестре изобретений РФ 10.03.13
5. Пашков А.Е., Викулова С.В., Вяткин А. С., Макарук А. А. К вопросу обеспечения точности определения интенсивности поверхностного упрочнения // Современные технологии, системный анализ, моделирование / Иркут. гос. ун-т. путей сообщения. – Иркутск, 2010. № 1. С. 102-107
6. Пашков А.Е. Технологический комплекс для формообразования длинномерных панелей и обшивок на базе отечественного оборудования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16, №1(5), 2014. С. 1528-1535
7. Пашков А.Е. Об особенностях применения отечественной и зарубежной технологии формообразования обшивок и панелей самолетов // Вестник ИрГТУ. 2015. Выпуск 5 (100). С. 17-21
8. Пашков А.Е. Автоматизированная технология комбинированного формообразования панелей самолетов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, №6(2), 2013 С. 453-457
9. Макарук А.А. Минаев Н.В. Повышение эффективности формообразования и правки малогабаритных подкрепленных ребрами деталей раскаткой роликами // «Вестник Иркутского государственного технического университета» Вестник ИрГТУ. 2015. №12, с. 63-42.

10. Минаев Н.В., Макарук А.А. К разработке автоматизированной технологии формообразования и правки маложестких деталей раскаткой роликами // Вестник ИрГТУ №3(86), 2014 – С. 45 – 50.
11. Минаев Н.В., Макарук А.А. Технология формообразования и правки маложестких деталей раскаткой роликами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, №6(2), 2013.– С.404-408
12. Пашков А.Е., Лихачёв А.А., Москвитин В.Н., Кольцов В.П. Устройство для обкатывания рёбер панелей с регулируемой нагрузкой // Патент на полезную модель №2478032 27.03.13
13. A.Ye. Pashkov, A.A. Makaruk, N.V. Minaev Automation methods for forming and rectifying stiffened parts with rolling machines//e-ISSN: 0975-4024 International of Engineering and Technology (IJET) p. 2030-2037
14. Патент 2121666 МКИЗ кл. G 01 L 1/06 РФ. Способ определения остаточных напряжений/ Ю.И. Замашников.- 96107536/28; Заявлено 18.04.96; Опубл. 10.11.98, Бюл. №31 // Открытия. Изобретения. - 1998. - №31. - С.6
15. Технология экспериментальных исследований: монография. В 2 кн.// под ред. С.А. Зайдеса. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. Кн.2, с. 121-158
16. Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие.//под ред. Р.А. Макарова. М.: «Машиностроение», 1975. – 288 с. с ил

УДК 004.93; 004.925.8

Создание пользовательских инструментов моделирования для Siemens NX с использованием NXOpen API

П.Е. Чимитов, А. Д. Снытко

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается постановка задачи создания программного модуля в составе NX, с использованием различных методов автоматизации, таких как UDF (User Defined feature) и NXOpen API.

Ключевые слова: Siemens NX, NXOpen API, программный модуль, создание электронной модели

Для обеспечения конкурентоспособности новых изделий в современных условиях необходимо повсеместное внедрение новейших технологий, как при производстве изделия, так и при его проектировании. Современное самолетостроение характеризуется большим проникновением различного высокопроизводительного оборудования с числовым программным управлением практически во все этапы производства (в большей степени на этапы механообработки и в меньшей на этапы сборки). Так же при проведении проектно-конструкторских работ нашли широкое применение различные САПР. Это в совокупности с использованием ЧПУ и КИМ позволяет перевести производство на принципиально новый уровень, характеризующийся повсеместным внедрением электронной документации и методов бесплазовой увязки.

Ключевым элементом бесчертежного производства является электронная модель изделия (КЭМ), использование которой в конструкторско-технологической подготовке производства позволяет в значительной степени сократить время как разработки непосредственно конструкции изделия, так и время запуска изделия в производство.

На производстве электронная модель изделия используется для решения следующих основных задач:

- проработка геометрии изделия (форма, размеры, наличие определенных конструктивных элементов и т.д.);
- увязка множества деталей в рамках сборки изделия;
- расчет массовых характеристик;
- кинематические и прочностные расчеты;
- технологическая проработка (в том числе на технологичность конструкции) [1];
- и т.д.

Исходя из высокой значимости электронной модели для изготовления качественного изделия, к ней предъявляются достаточно высокие требования. Наиболее важным из которых можно считать требование полноты (адекватности) конструкции изделия. Для корректного расчета массовых и др. характеристик ЭМ должна полностью повторять реальную конструкцию, как по составу входящих элементов, так и по форме самих деталей. Соответственно чем сложнее реально разрабатываемое изделие, тем сложнее процесс создания ее электронной модели.

Одной из ключевых особенностей авиационных деталей (и конструкции в целом) является значительная сложность пространственных форм по сравнению с теми, что используются в общем машиностроении. Моделирование подобных деталей является достаточно трудоемкой задачей (в виду того что большая часть команд построения электронной модели типовой САПР больше ориентированы на геометрию, характерную для изделий общего машиностроения).

Несмотря на то, что в последних версиях программного продукта Siemens NX появились специализированные команды, адаптированные под особенности авиационных деталей (модуль «авиационный листовый материал») [4], тем не менее, трудоемкость создания КЭМ авиационных по-прежнему остается достаточно высокой. Это является следствием следующих причин:

- большая часть используемых конструктивных элементов стандартизована (т.е. при создании ЭМ необходимо иметь таблицу с размерами из соответствующего стандарта);
- для построения любого стандартного элемента в NX необходимо вручную вводить все параметры;
- часть конструктивных элементов по стандарту имеет не один параметр, а диапазон, при этом конкретное значение зависит от геометрии сопрягаемых деталей (например, подсечка);
- в изделии может быть несколько однотипных (но не одинаковых) деталей или конструктивных элементов, при этом используемые команды построения множества деталей придется вызвать несколько раз по числу конструктивных элементов (инструмент массив и концепция «мастер модели» позволяют «размножить» только абсолютно одинаковые детали или конструктивные элементы);

- использование «умных» инструментов NX, таких как UDF, семейства деталей, студия шаблонов могут решить проблему множества однотипных элементов, но при этом сами по себе обладают высокой трудоемкостью создания (кроме того данные инструменты проблематично использовать при создании изделий сложной формы, насыщенных большим количеством конструктивных элементов);

В виду этого актуальна задача создания новых инструментов моделирования авиационных изделий, учитывающих всю специфику авиастроения, использующих по возможности минимальное количество параметров вводимых пользователем. Для этих целей наиболее полно подходит инструмент NXOpenAPI [2, 3].

Непосредственно NXOpen представляет собой набор интерфейсов прокладочного программирования (API - Application Programming Interface), которые обеспечивают гибкую интеграцию пользовательских приложений с NX посредством открытой архитектуры [4, 5].

NXOpen API предоставляет следующие основные возможности для разработчиков:

- доступ к объектной модели NX;
- создание и редактирование объектов NX;
- управление практически всеми инструментами моделирования и анализа доступные во всех модулях NX.

Существует множество инструментов программирования под NX, каждый из которых поддерживает определенный язык программирования. Набор новых языков совместно используют общую объектную модель и вследствие этого имеют общий API (Common API). Три других API, из ранее существовавших относятся к классическим API.

Для последующей работы в качестве основного API был выбран NX Open for .NET. Данный API является наиболее гибким, кроме того он активно поддерживается со стороны Siemens plm software.

NX Open for .NET - этот API использует Microsoft .net framework. Этот API позволяет создавать приложения для NX с помощью любого из .net совместимых языков, включая .net Visual Basic и C#. При этом доступны все преимущества .net framework, включая собственные средства разработки Windows диалоговые окна и все возможности интегрированной среды разработки Visual Studio. В качестве основного языка разработки (и соответственно API) был выбран C#.

Рассмотрим структуру разрабатываемого программного модуля на примере моделирования кницы, учитывающей все озвученные ранее условия и используемый инструментарий.

Непосредственно кница представляет собой деталь, изготовленную из профильного полуфабриката (рисунок 1). Стандартными параметрами, в данном случае, являются размеры сечения профиля (приведены в соответствующем ГОСТ). При этом длина, положение и количество отверстий под заклёпки (как и сам диаметр), величины фаски зависят исключительно от геометрии и положения сопрягаемых деталей и элементов (стрингер, стенка, стрингерный вырез и т.д.). В виду отсутствия автоматизированных инструментов, все эти параметры конструктор вынужден просчитывать самостоятельно, с последующим их вводом.

Для обеспечения условия минимального количества вводимых параметров, программный модуль должен иметь механизм преобразования «эмпирических

данных» (например, номер профиля) в численные параметры, которые можно передать командам построения модели (например, размеры сечения профиля).

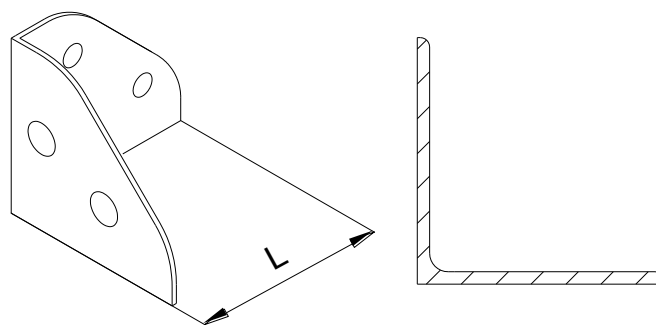


Рис. 1. Кница

Кроме этого, т.к. в конструкции изделия присутствуют параметры, зависящие от геометрии сопрягаемых элементов, программный модуль должен иметь возможность их запроса, измерения или анализа, и процедуры последующего расчета (например, запрос толщины пакета с последующим расчетом диаметра заклепки).

В общем виде разрабатываемый программный модуль будет иметь следующую структуру (рисунок 2).

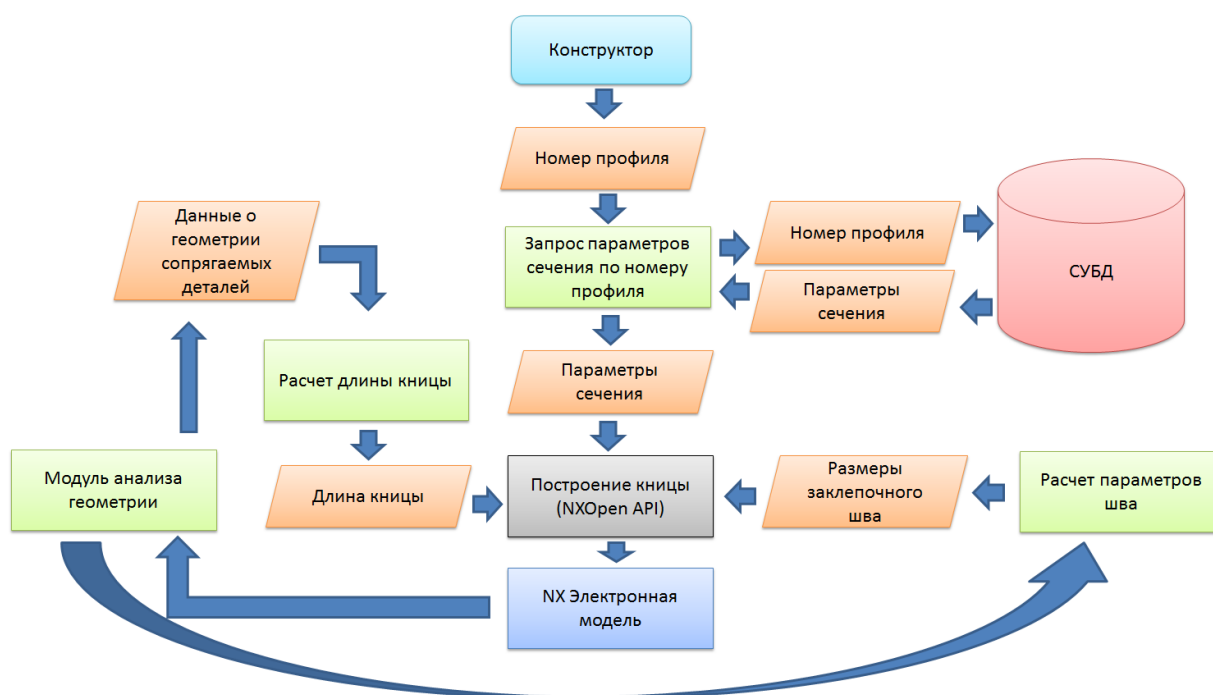


Рис.2. Структура программного модуля

Исходя из поставленной задачи, имеем следующие основные модули:

- интерфейс;
- СУБД;
- модуль анализа геометрии;
- модули расчета длины кницы и заклепочного шва;
- модуль построения КЭМ кницы.

Укрупнённо последовательность работы программного модуля можно представить следующим образом.

Первоначально конструктор задает номер профиля и указывает на электронной модели изделия какие детали необходимо соединить кницей.

Далее система выполняет поиск геометрических параметров сечения профиля согласно номеру профиля в СУБД (набор данных всех профилей с привязкой номеров профилей и их геометрических параметров должен быть создан заранее). Полученные данные передаются в процедуру построения кницы (но построения на данном этапе не выполняется).

Перед запуском работы следующих модулей необходимо запросить у конструктора приоритет. Т.к. длину кницы можно рассчитать исходя, либо из числа заклепок, либо наоборот, рассчитать количество заклепок исходя из длины кницы. В зависимости от выбранного приоритета работа модулей будет различной.

Для расчета первоначальной длины кницы необходимо посредством модуля анализа геометрии получить такие данные как: размеры стрингерного выреза, толщины сопрягаемых деталей. Далее система увязывает полученные данные с размерами сечения профиля (имеет значение размеры полки профиля). Полученная длина так же передается в модуль построения.

Модуль расчета заклепочного работает аналогично модулю расчета длины: запрос данных из модели; расчет параметров шва по общепринятым методикам; передача параметров в модуль построения.

Далее в зависимости от выбранного приоритета выполняется корректировка либо длины кницы, либо количества заклепок.

Если выбран приоритет длины кницы, то в зависимости от длины шва, допустимых перемычек (рассчитанных на основе толщины пакета) определяется число заклёпок.

Если выбран приоритет числа заклепок, то у конструктора запрашивается необходимое количество заклепок. Затем с учетом перемычек и шага рассчитывается длина шва. Полученная длина добавляется к первоначальной длине (минимальная длина, обеспечивающая сопряжение выбранных деталей) и передается в модуль построения кницы.

После формирования всего необходимого массива данных, модуль построения кницы, используя методы NXOpen, выполняет построения электронной модели кницы.

Следует отметить, что модуль анализа геометрии, как и модуль построения кницы, построены с использованием NXOpen API (т.к. API позволяет, в том числе управлять инструментами анализа NX, такие как запрос длины, запрос массы, запрос геометрических параметров построенных ранее объектов и т.д.).

Таким образом, можно сформировать перечень конкретных задач, реализация которых позволят создать программный модуль:

- создание схемы базы данных;
- подготовка данных (по таблицам сортаментов ГОСТ);
- формирование массива данных в СУБД;
- проработка интерфейса системы (общий вид, логика общения с пользователем);
- проработка расчетных процедур формирования массива данных для построения кницы (формулы, зависимости и т.д.);
- проработка процедур построения и анализа КЭМ (использование NXOpen).

Данный программный модуль, при должной степени проработки и оптимизации может быть использован не только для создания деталей типа «кница», но и для любых, как профильных, так и листовых авиационных деталей.

Список использованной литературы:

1. Говорков А.С., Жилыев А.С. Информационная модель проектируемой конструкции изделия планера самолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 6-2. С. 335-338
2. М.В. Лаврентьева, Х.В. Чьен Автоматизированное проектирование электронных макетов элементов сборочной оснастки посредством программного модуля NX/Open API " - Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, №6(2), С. 395-399.
3. Чимитов П.Е. Концепция автоматизированного проектирования средств технологического оснащения сборочного производства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 12 (59). С. 52-57.
4. Официальный сайт компании Siemens PLM Software (UGS) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.plm.automation.siemens.com>.
5. Краснов М. Unigraphics для профессионалов / М. Краснов, Ю. Чигишев – М.: Издательство «Лори», 2004. – 274 с.
6. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.

**ОРГАНИЗАЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ В СИБИРИ**

УДК 911.37, 691.5, 625.81

**Применение извести для стабилизации грунтов автомобильных
дорог населенных пунктов***К.Н. Баева, Н.А. Слободчикова*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Рассмотрены методы укрепления грунтов автомобильных дорог населенных пунктов различными вяжущими.

Ключевые слова: *отходы промышленности, известь, укрепление грунтов.*

Автомобильные дороги являются неотъемлемой частью инфраструктуры населенных пунктов. С развитием территории, увеличением количества городов и их расширением, ростом численности населения, требуется увеличивать транспортную сеть. Это увеличение подразумевает строительство все большего числа новых дорог, а также реконструкцию уже существующих, которая позволяет повысить технические характеристики дорог, их пропускную способность и безопасность.

Однако эти мероприятия требуют значительного финансирования. В связи с этим, любые предложения по уменьшению себестоимости строительства, реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог вызывают неподдельный интерес.

При сооружении автомобильных дорог в качестве строительных материалов широко используются местные грунты. Однако физико-механические свойства грунтов изменчивы и в современном строительстве проблема укрепления грунтов имеет большое значение.

Характеристика грунтов, применяемых для строительства, реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог

Требования к грунтам, допускаемым к их использованию при строительстве автомобильных дорог, определяются их физическими и механическими свойствами. К наиболее существенным свойствам относят: максимальную плотность грунта (при стандартном уплотнении), плотность сухого грунта, плотность минеральных частиц грунта, влажность (при естественном залегании и оптимальная), пористость, высота капиллярного поднятия, коэффициент фильтрации, размываемость, липкость.

Для насыпей применяют грунты, состояние которых под действием природных факторов не изменяется или изменяется незначительно, что не влияет на их прочность и устойчивость в земляном полотне. К таким грунтам относят: скальные неразмягченные породы, крупнообломочные, песчаные (кроме мелких и пылеватых), супеси легкие и крупные. Эти грунты применяют для возведения земляного полотна без ограничений. Грунты глинистые, мелкие и пылеватые пески, размягчаемые скальные грунты, некоторые грунты особых разновидностей также

пригодны для строительства земляного полотна, но при этом необходимо учитывать некоторые ограничения.

Возможность и целесообразность применения этих грунтов устанавливаются в зависимости от местных условий с учетом технико-экономических соображений. Например, глины мергелистые, сланцевые и жирные, грунты меловые тальковые и трепелы пригодны для отсыпки насыпей в благоприятных условиях, то есть в сухих местах.

Для нижней части насыпей, длительно или постоянно подтопляемых водой, можно применять скальные или крупнообломочные грунты, песок крупный или средней крупности, а также супесь легкую крупную с массовой долей глинистых частиц не более 6 %.

Не применяют для насыпей грунты: глинистые избыточно засоленные; глинистые, влажность которых выше допустимой; торф, ил, мелкий песок и глинистые грунты с примесью ила и органических веществ; верхний почвенный слой, содержащий в большом количестве корни растений; тальковые, пироксилитовые грунты и трепелы для насыпей на переувлажненном основании и на участках, где возможен длительный застой воды; содержащие гипс в количестве, превышающем нормы [1].

Исходя из выше изложенного, не все грунты пригодны для строительства и можно выделить две группы грунтов, требующих укрепления:

1. Одномерные крупнообломочные и мелкообломочные несвязанные грунты.
2. Связанные грунты без зернистого несущего каркаса (суглинки и глины).

Обе группы грунтов широко распространены на территории Иркутской области, и усовершенствование методов их укрепления является актуальным вопросом.

Укрепление грунтов

Укрепление грунтов – комплекс мероприятий, в результате проведения которых повышается механическая прочность грунтов, их водостойчивость и т.п. При укреплении грунтов протекают реакции взаимодействия реагентов как между собой, так и с компонентами грунта, что приводит к обеспечению долговечности приобретенных свойств.

Закрепление в зависимости от технологии обработки грунтов имеет два направления [2]:

1. Инъекционное химическое закрепление.
2. Буромесительное закрепление грунтов.

Инъекционное закрепление предполагает ввод реагентов в грунты в условиях их естественного залегания без нарушения их структуры. Это закрепление применяется к водопроницаемым грунтам (песчаные, крупнообломочные, трещиноватые грунты и т.д.).

Буромесительное закрепление осуществляется с нарушением естественной структуры грунтов путем механического перемешивания. Данное направление применимо ко всем нескальным грунтам, независимо от их водонепроницаемости.

Также укрепление грунтов может быть поверхностным или глубинным.

Относительно применения различных связующих можно выделить следующие виды методов укрепления грунтов:

1. Укрепление портландцементом
2. Укрепление известью
3. Укрепление щелочно-силикатными растворами

4. Укрепление кислотами и солями
5. Укрепление отходами нефтехимического производства
6. Укрепление синтетическими высокомолекулярными соединениями
7. Смешанные методы укрепления

В частности, наиболее интересным на наш взгляд является метод укрепления грунтов известьсодержащими отходами промышленности.

Согласно ГОСТ 9179-77 [4] для укрепления грунтов в качестве вяжущего следует применять строительную известь I и II сортов, соответствующую требованиям, представленным в табл. 1.

Оптимальное количество вяжущих, позволяющее обеспечить требуемые характеристики грунта определяются лабораторными методами. Для извести это количество обычно составляет от 3 до 10% от массы укрепляемого грунта.

Таблица 1

Наименование показателя	Норма для извести, %, по массе							
	негашеной						гидратной	
	кальциевой		магнезиальной и доломитовой					
	сорт							
	1	2	3	1	2	3	1	2
Активные CaO+MgO, не менее:								
- без добавок	90	80	70	85	75	65	67	60
- с добавками	65	55	-	60	50	-	50	40
Активный MgO, не более	5	5	5	20 (40)	20 (40)	20 (40)	-	-
CO ₂ , не более:								
- без добавок	3	5	7	5	8	11	3	5
- с добавками	4	6	-	6	9	-	2	4
Непогасившиеся зерна, не более	7	11	14	10	15	20	-	-

Технология производства работ

В процессе укрепления грунтов основания автомобильных дорог можно выделить следующие этапы:

1. Планировка поверхности основания
2. Дозировка вяжущих
3. Распределение вяжущих по поверхности грунта
4. Смешивание на требуемую глубину
5. Уплотнение основания до требуемых показателей.

При стабилизации грунтов известью увеличивается модуль упругости, повышаются теплоизоляционные показатели, что улучшает морозостойкость. Также применение данной технологии позволяет значительно сократить расход щебня и песка, и, соответственно, уменьшить расходы на их приобретение и доставку. Кроме этого практически исключается вывоз грунта и в целом уменьшаются затраты на строительство дороги.

Опыт применения извести для укрепления автомобильных дорог

В 1926 году в Ленинградском дорожно-исследовательском бюро были проведены опыты по известкованию грунтов. Входе опытов было установлено, что добавки гашёной извести в количестве 5 % от массы грунта уменьшает липкость и пластичность глинистых грунтов и увеличивает сопротивление размоканию. С 1927 по 1931 год под Москвой были проведены опытные работы по укреплению известью глинистых и чернозёмных грунтов. В послевоенный период известкование грунтов получило дальнейшее развитие в работах ДорНИИ, Саратовского автодорожного института и других НИИ. Были разработаны практические рекомендации по внедрению метода известкования грунтов в дорожном строительстве. С 1950 по 1955 год был построен ряд опытных участков дорог, где в качестве оснований, а также покрытий, использовался местный грунт, укрепленный известью. По данным С. А. Морозова, известкование дерновоподзолистых грунтов обеспечило во всех опытных участках более высокие показатели прочности образцов на сжатие в водонасыщенном состоянии, чем при укреплении цементом. [5].

Список использованной литературы:

1. Справочная энциклопедия дорожника I ТОМ Строительство и реконструкция автомобильных дорог. Под редакцией проф. А.П. Васильева. Москва, 2005;
2. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве (к СНиП 3.02.01-83);
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация;
4. ГОСТ 9179-77. Известь строительная. Технические условия;
5. ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия;
6. Интернет ресурс <http://mostdorstroy.ru>. История стабилизации грунтов.

УДК 629.113.001

Пространственная математическая модель расчета коэффициента сцепления от проскальзывания с использованием нормальных и касательных нагрузок распределенных по длине пятна контакта эластичной шины колеса с роликами диагностического стенда*А.В. Бойко, О.С. Яньков, А.С. Марков*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье предлагается разработанная пространственная математическая модель, процесса взаимодействия эластичной шины с двумя опорными роликами диагностического стенда, позволяющая исследовать нормальные и касательные нагрузки, распределенные по длине пятна контакта.

Ключевые слова: математическая модель; диагностирование; пятно контакта; эластичная шина; диагностические стенды.

В последние годы стали активно развиваться высокоэффективные динамические методы диагностики АТС и их систем на роликовых стендах. Один из этих методов для проверки тормозной системы АТС на одноопорном роликовом стенде является метод с возможностью измерения нормальных и продольных касательных реакций распределенных по длине пятна контакта шины [11].

Для качественной оценки нового метода проверки тормозной системы АТС с возможностью измерения нормальных и продольных касательных реакций распределенных по длине пятна контакта шины, была разработана математическая модель процесса взаимодействия эластичной шины с двумя опорными роликами диагностического стенда.

Для формирования уравнений математической модели были составлены соответствующие расчетные схемы (рис.1 и 2).

Нормальная реакция, распределенная по длине пятна контакта при взаимодействии эластичной шины с опорным роликом стенда определяется по формуле [2]

$$\Delta R_{Zk} = \Delta R_{ZN1k} + \Delta R_{ZZNk}, \quad (1)$$

где ΔR_{ZN1k} – составляющая нормальной реакции распределённой по длине пятна контакта шины, учитывающая радиальную деформацию шины; ΔR_{ZZNk} – составляющая нормальной реакция распределённой по длине пятна контакта шины, учитывающая качение колеса, вызванное трение в самой шине; k – индекс опорного ролика стенда (1-передний, 2 – задний).

Для определения составляющей нормальной нагрузки учитывающей радиальную деформацию шины распределенной по длине пятна была использована формула [2]

$$\Delta R_{Z1k} = \begin{cases} K_{Ak} \cdot \left(X_{dk}^2 - \frac{L_{dk}^2}{4} \right), & \text{если } \Delta R_{Z1k} < \Delta R_{ZMAXk}, \\ \Delta R_{ZMAXk}, & \text{если } \Delta R_{Z1k} \geq \Delta R_{ZMAXk} \end{cases}, \quad (2)$$

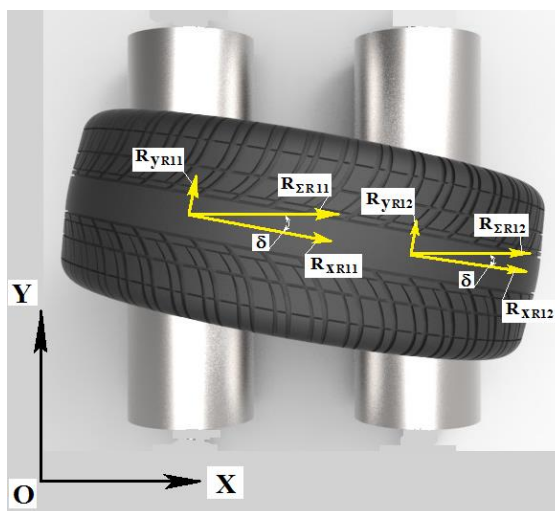


Рис.1. Расчетная схема процесса торможения автомобильного колеса с уводом на двух опорных роликах стенда вид сверху

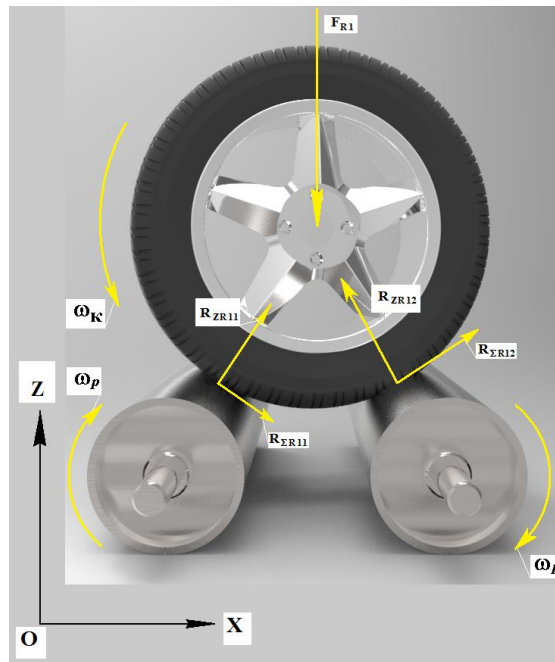


Рис.2. Расчетная схема процесса торможения автомобильного колеса с уводом на двух опорных роликах стенда вид сбоку

где K_{Ak} – коэффициент, учитывающий радиальную деформацию шины по длине пятна контакта; X_{dk} – значение отрезка по длине пятна контакта; L_{dk} – длина пятна контакта, мм; ΔR_{ZMAXk} – максимальное значение нормальной реакции распределенной по длине пятна контакта колеса с эластичной шиной, Н/мм.

Максимальное значение нормальной реакции распределенной нагрузки по длине пятна контакта колеса с эластичной шиной, определяется по формуле [2]

$$\Delta R_{ZMAXk} = K_{1d} \cdot P_{1d} \cdot \frac{K_{fk}}{K_{Lk}}, \quad (3)$$

где K_{1d} – коэффициент, учитывающий степень повышения давления при деформации шины, $K_{1d} = 155$; P_{1d} – внутреннее давление в шине, в расчетах принимаем $P_{1d} = 0,21$ МПа; K_{fk} – коэффициент, учитывающий максимальную радиальную деформацию, обусловленную величиной свободного радиуса колеса; K_{Lk} – коэффициент, учитывающий длину пятна контакта, обусловленную величиной свободного радиуса колеса.

Коэффициент, учитывающий максимальную радиальную деформацию, которая зависит от геометрических размеров шины (свободного радиуса колеса), определяется по формуле [2]

$$K_{fk} = 1 + \frac{\Delta_{MAXk}}{r_{CB}} \cdot K_{fak}, \quad (4)$$

где K_{fak} – коэффициент, учитывающий соотношение максимальной радиальной деформации к свободному радиусу колеса.

Коэффициент, учитывающий длину пятна контакта, обусловленную величиной свободного радиуса колеса, определяется по формуле

$$K_{Lk} = 1 + \frac{r_{CB}}{L_{dk}}. \quad (5)$$

Длину пятна контакта L_{dk} можно определить из геометрических размеров шины и максимальной деформации шины

$$L'_{dk} = 2 \cdot K_{DL} \cdot K_{LD} \cdot \sqrt{r_{CB}^2 - (r_{CB} - \Delta_{MAXk})^2}, \quad (6)$$

где K_{LD} – коэффициент учитывающий длину пятна контакта; Δ_{MAXk} – максимальная радиальная деформация шины в пятне контакта, в мм; $r_{св}$ – свободный радиус колеса с эластичной шиной, в мм. Необходимо отметить, что с целью повышения качества математической модели процесса торможения колеса следует учитывать и изменение длины пятна контакта, вызванное деформацией профиля шины в зоне пятна контакта [2]. Длину пятна контакта корректируют с помощью [2], K_{DL} – коэффициент, учитывающий окружную деформацию в пятне контакта [2]

$$K_{DL} = 0,75 \cdot \left(\frac{r_p}{r_{св}} \right)^{0,0214}, \quad (7)$$

где r_p – радиус опорного ролика стенда.

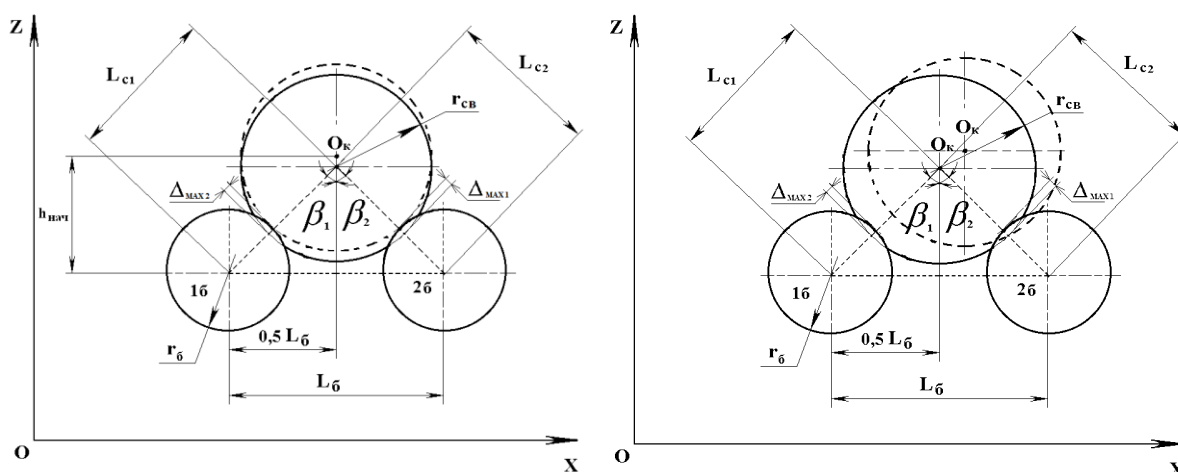
Для определения максимальной деформации шин на роликах стенда, необходимо описать геометрию положения колес на роликах стенда. Используя расчетную схему (рис.1.) определим деформации шин, из выражений [7]:

$$\Delta_{MAX1} = r_{св} + r_p - L_{c1} \quad (8)$$

и

$$\Delta_{MAX2} = r_{св} + r_p - L_{c2} \quad (9)$$

где L_{c1} и L_{c2} – расстояния между центром оси вращения колеса и центрами осей вращения беговых барабанов (рис. 3.).



а) Схема положения колеса без смещения относительно опорных роликов стенда

б) Схема положения колеса при перемещении колеса относительно опорных роликов стенда

Рис. 3. Схема положения колеса на опорных роликах стенда

Расстояния между центром оси вращения колеса и центрами осей вращения беговых барабанов определим по формуле:

$$L_{c1} = \sqrt{(h_{НАЧ} - Z)^2 + (0,5L_b + X)^2}; \quad (10)$$

и

$$L_{c2} = \sqrt{(h_{НАЧ} - Z)^2 + (0,5L_b - X)^2}, \quad (11)$$

где $h_{НАЧ}$ – расстояние, при котором колесо касается беговых барабанов, но при этом отсутствует деформация шины, определяется из выражения [7]:

$$h_{НАЧ} = \sqrt{(r_c + r_b)^2 - (0,5L_b)^2}. \quad (12)$$

Косинусы углов β_1 и β_2 между центром оси вращения колеса и центрами осей вращения беговых барабанов определяются так же, по формуле:

$$\cos \beta_1 = \frac{h_{HAЧ} - Z}{\sqrt{(h_{HAЧ} - Z)^2 + (0,5L_b + X)^2}} \quad (13)$$

$$\text{и}$$

$$\cos \beta_2 = \frac{h_{HAЧ} - Z}{\sqrt{(h_{HAЧ} - Z)^2 + (0,5L_b - X)^2}}. \quad (14)$$

Продольная касательная распределенная нагрузка определяется

$$\Delta R_{Xk} = \begin{cases} \Delta R_{X1k} + \Delta R_{X2k}, & \text{если } \Delta R_{X1k} + \Delta R_{X2k} \leq \Delta R_{Zk} \cdot \mu_{Xk}, \\ \Delta R_{Zk} \cdot \mu_{Xk} & \end{cases}, \quad (15)$$

где ΔR_{X1k} – продольная касательная реакция, распределенная по длине пятна контакта ведомого колеса; ΔR_{X2k} – продольная касательная реакция, распределенная по длине пятна контакта вызванная продольной силой; μ_{Xk} – коэффициент трения в продольной плоскости.

Коэффициент трения описывается функцией

$$\mu_{Xk} = \mu_{MAX} \cdot (2,7^{-A_\mu \cdot V_k}), \quad (16)$$

где μ_{MAX} – максимальный коэффициент трения; A_μ – эмпирический коэффициент, $A_\mu = 0,01$.

Продольная распределенная нагрузка ведомого колеса пропорциональна углу контакта шины α_K [2, 5]

$$\Delta R_{X1k} = C_{III} \cdot [\arcsin(\cos \alpha_{Kk} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ik}) - \alpha_{ik}], \quad (17)$$

где C_{III} – жесткость шины.

Продольная распределенная нагрузка, вызванная продольной силой

$$\Delta R_{X2k} = K_{\tau 1} \cdot S_k \cdot (\alpha_{Kk} + \alpha_{ik}), \quad (18)$$

где S – проскальзывание колеса, относительно опорной поверхности.

Суммарное проскальзывание определяется как сумма его составляющих [3, 10, 11]:

$$S_k = \sqrt{S_{Xk}^2 + S_{Yk}^2}. \quad (19)$$

Крутильные колебания колесного узла вызывают изменение проскальзывания пятна контакта шины относительно опорной поверхности. Поэтому величина проскальзывания S_X теперь будет определяться из выражения:

$$S_{Xk} = \cos \delta_k - \frac{\omega_K \cdot r_{K0k}}{\omega_p \cdot r_p} - \frac{\dot{\Omega}_K \cdot r_{K0k}}{\omega_p \cdot r_p}, \quad (20)$$

$$S_{Yk} = \sin \delta_k,$$

где $\dot{\Omega}_K$ – скорость изменения угла поворота колесного узла относительно оси вращения; δ_k – угол увода колеса автомобиля.

Суммарная реакция распределенная по длине пятна контакта шины в опорной плоскости и ее проекции определяются по формулам:

$$\begin{cases} \Delta R_{\Sigma k} = \Delta R_{Zk} \cdot \mu_{Xk} \cdot \varepsilon_{\mu k} \cdot f(S_k); \\ \Delta R_{Xk} = \Delta R_{\Sigma k} \cdot m_{\beta Xk} \cdot S_{Xk} / S_k; \\ \Delta R_{Yk} = \Delta R_{\Sigma k} \cdot m_{\beta Yk} \cdot S_{Yk} / S_k, \end{cases} \quad (21)$$

где $\varepsilon_{\mu k}$ - коэффициент коррекции; $m_{\beta xk}$, $m_{\beta yk}$ - параметры, характеризующие влияние рассогласования направлений векторов $\vec{R}_{\Sigma}$ и $\vec{S}$ соответственно на величину продольной и боковой реакций.

$$\begin{cases} m_{\beta xk} = 1 / \sqrt{(S_{xk}/S_k)^2 \cdot (1 - m_{\beta k}^2) + m_{\beta k}^2} \\ m_{\beta yk} = m_{\beta k} \cdot m_{\beta xk} \\ m_{\beta k} = 1 - (1 - n_c) / \left[1 + \eta_{sx}^2 \cdot S_k^2 \cdot \left((S_{xk}/S_k)^2 \{1 - n_c^2\} + n_c^2 \right) \right] \end{cases}, \quad (22)$$

где $C_{sx} = \frac{dR_x}{dS_x}$ и $C_{sy} = \frac{dR_y}{dS_y}$ - коэффициенты «жесткости» продольного и бокового проскальзывания соответствующие тангенсам наклона кривых $R_x(S_x, S_y=0)$ и $R_y(S_y, S_x=0)$ в начале координат.

$$n_c = C_{sy} / C_{sx}, \quad (23)$$

Коэффициент коррекции

$$\varepsilon_{\mu k} = n_{\mu k} / \sqrt{1 - (S_{xk}/S_k)^2 \cdot (1 - n_{\mu k}^2)}, \quad (24)$$

где $n_{\mu k}$ - коэффициент, учитывающий отношения коэффициент бокового трения, к коэффициенту продольного трения.

$$n_{\mu k} = \mu_{yk} / \mu_{xk}, \quad (25)$$

где μ_{xk} - коэффициент продольного трения; μ_{yk} - коэффициент бокового трения.

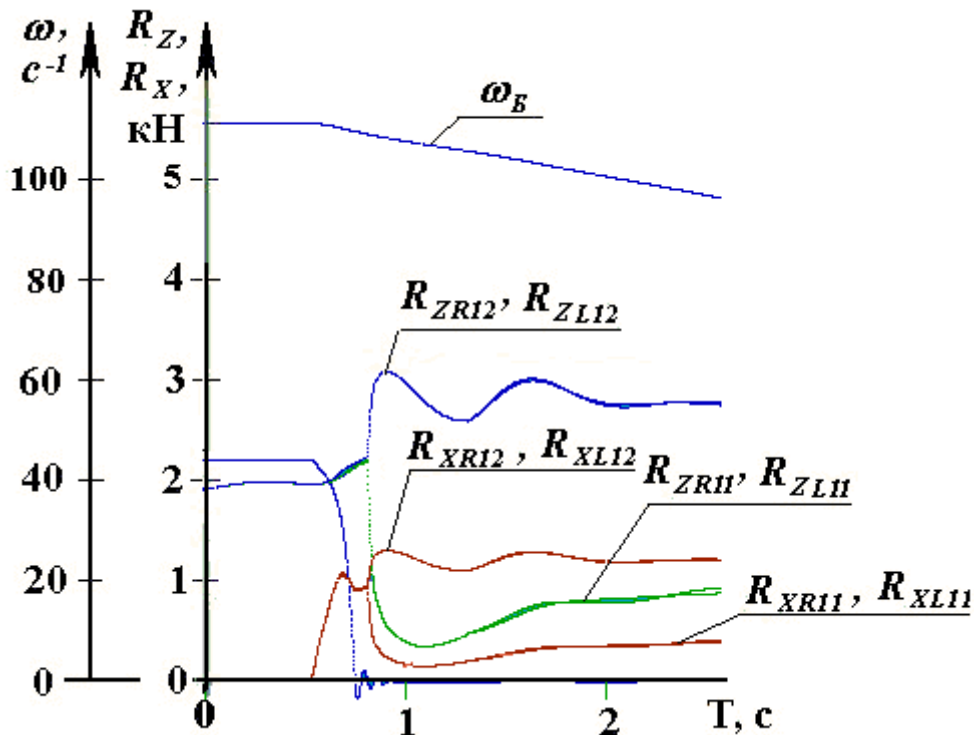


Рис.4. Результаты математического моделирования процесса торможения автомобиля на одноопорном роликовом стенде

Нормальная реакция со стороны бегового барабана определяется по формуле [1,2]:

$$R_{zk} = \int_0^{L_{dk}} \Delta R_{zk} dL_d. \quad (26)$$

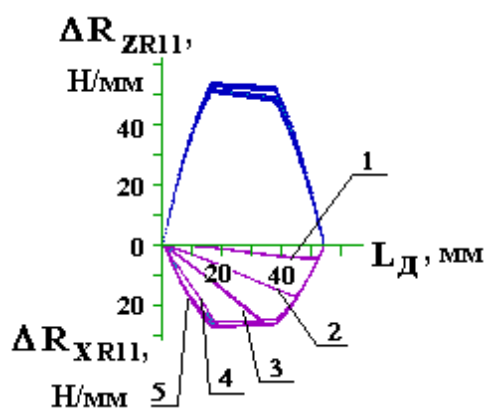
Касательная продольная реакция в пятне контакта шины определяются по формуле [1,2]:

$$R_{Xk} = \int_0^{L_{dk}} \Delta R_{Xk} dL_d. \quad (27)$$

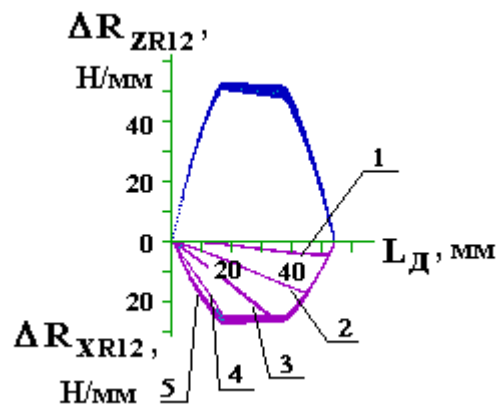
Касательная поперечная реакция в пятне контакта шины определяются по формуле:

$$R_{Yk} = \int_0^{L_{dk}} \Delta R_{Yk} dL_d. \quad (28)$$

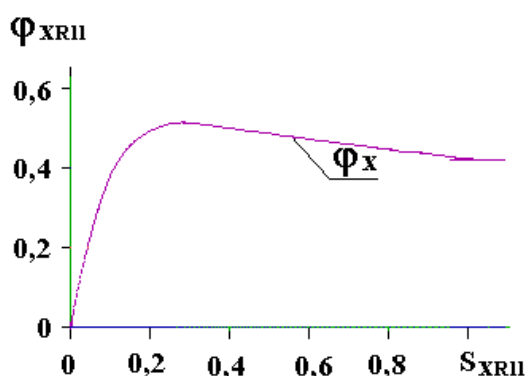
Разработанная математическая модель взаимодействия колеса с эластичной шиной была добавлена в математическую модель процесса диагностирования антиблокировочной тормозной системы автомобиля на одноопорном роликовом стенде [9]. Результаты математического моделирования процесса торможения автомобиля на одноопорном стенде представлены на рис.4, также были получены нормальные, продольные касательные и поперечные реакции, распределенные по длине пятна контакта шины с двумя цилиндрическими опорными поверхностями рис.5 и 6.



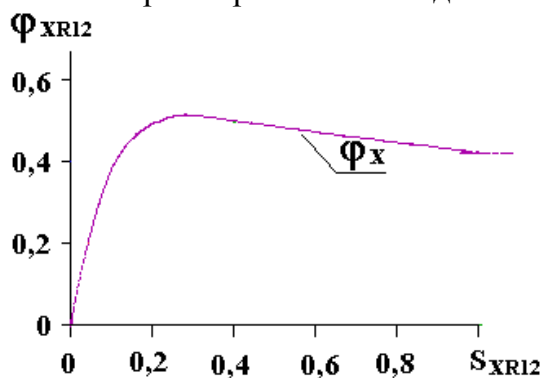
а) Нормальные и продольные касательные реакции, распределенные по длине пятна контакта шины с передним опорным роликом стенда



б) Нормальные и продольные касательные реакции, распределенные по длине пятна контакта шины с задним опорным роликом стенда

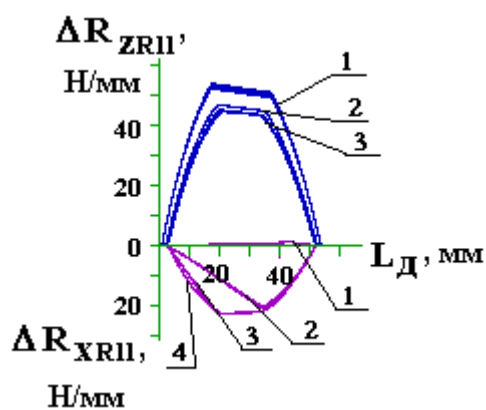


в) Взаимодействие колеса с эластичной шиной с передним опорным роликом

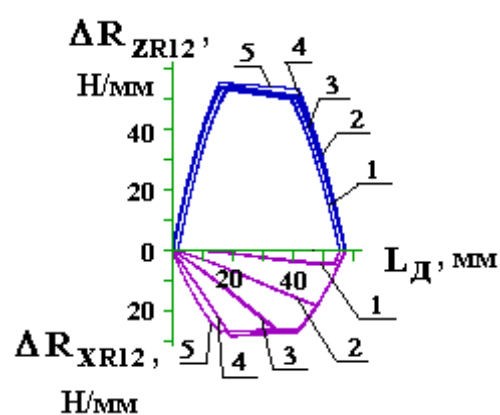


г) Взаимодействие колеса с эластичной шиной с задним опорным роликом

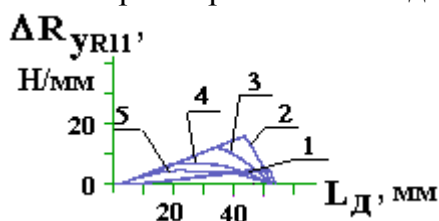
Рис. 5. Результаты математического моделирования нормальной и продольной касательной реакции, распределенных по длине пятна контакта шины с цилиндрическими опорными поверхностями, величина проскальзывания: 1- $S_x=0,1$; 2- $S_x=0,05$; 3- $S_x=0,1$; 4- $S_x=0,2$; 5- $S_x=0,3$; жесткость ограничителя перемещения автомобиля составляла $4 \cdot 10^3$ Н/м



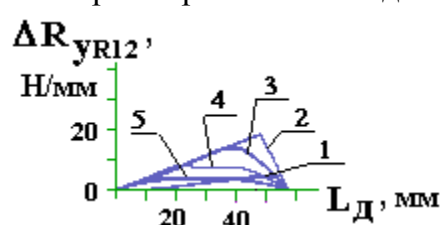
а) Нормальные и продольные касательные реакции, распределенные по длине пятна контакта шины с передним опорным роликом стенда



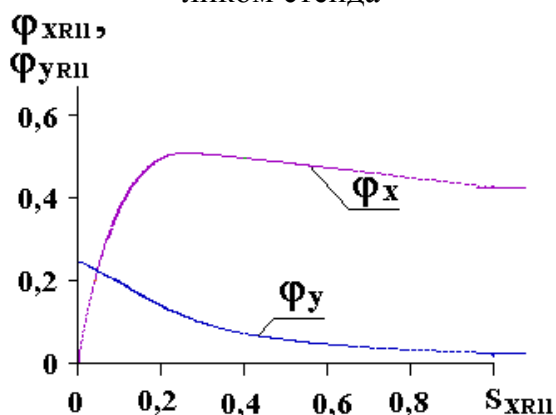
б) Нормальные и продольные касательные реакции, распределенные по длине пятна контакта шины с задним опорным роликом стенда



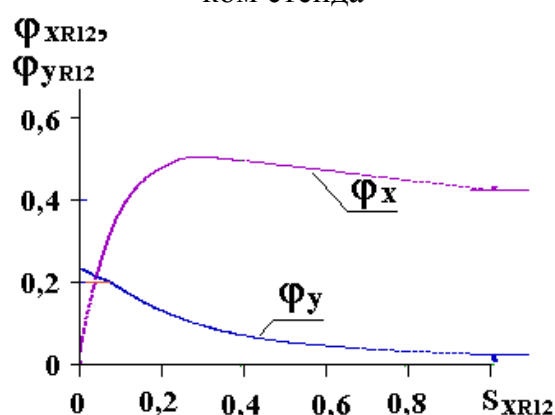
в) Поперечные касательные реакции, распределенные по длине пятна контакта шины с передним опорным роликом стенда



г) Поперечные касательные реакции, распределенные по длине пятна контакта шины с задним опорным роликом стенда



д) Взаимодействие колеса с эластичной шиной с передним опорным роликом



е) Взаимодействие колеса с эластичной шиной с задним опорным роликом

Рис.6. Результаты математического моделирования параметров процесса торможения колеса с эластичной шиной, с углом увода в 1° , на двух беговых барабанах

В заключение отметим, что разработанная математическая модель позволила получить зависимости коэффициента сцепления от проскальзывания, на основе нормальных и касательных реакций распределенных по длине пятна контакта колеса с двумя цилиндрическими опорными поверхностями диагностического стенда.

Необходимо отметить, что при не параллельности диагностируемой оси или повороте управляемых колес автомобиля наблюдается процесс торможения автомобильного колеса с уводом и измеряется на стенде с опорными роликами суммарная реакция, а не продольная касательная реакция.

Список использованной литературы:

1. Бойко А.В., Математическая модель для расчета нормальных и касательных напряжений в пятне контакта эластичной шины с дорогой и беговым барабаном диагностического стенда. *Бойко А.В.* Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 11 (70). С. 128-132.
2. Бойко А.В., Математическая модель для расчета коэффициента сцепления от проскальзывания с использованием нормальных и касательных распределенных нагрузок по длине пятна контакта эластичной шины колеса с дорогой и беговым барабаном диагностического стенда. *Бойко А.В., Распопина В.Б.* Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 10. С. 168-172.
3. Дик, А.Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А.Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля: сб. науч. тр. / МАМИ. – М., 1985. – С. 205-216.
4. Петров М.А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме. [Текст]. - Омск.: Зап. Сиб. книжн. изд. 1973, 224 с.
5. Тарновский В.Н., Автомобильные шины: Устройство, работа, эксплуатация, ремонт. Тарновский В.Н., Гудков В.А., Третьяков О.Б. – М.: Транспорт, 1990-272 с.
6. Федотов А.И., Бойко А.В. Анализ механики взаимодействия эластичной шины с цилиндрической опорной поверхностью бегового барабана диагностического стенда. Федотов А.И., Бойко А.В., Луан Л.В. Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. № 1 (35). С. 34-37.
7. Федотов А.И., Бойко А.В. Многомассовая модель для исследования процесса торможения автомобиля на стенде с беговыми барабанами. Вестник ИрГТУ. 2007 Выпуск №4.- Иркутск: ИрГТУ. – 2007.– С. 67-71
8. Федотов А.И., Портнягин Е.М., Бойко А.В. Моделирование процесса торможения автомобиля с ABS на полноопорном диагностическом стенде с беговыми барабанами. Вестник ИрГТУ. 2008 Выпуск №4.- Иркутск: ИрГТУ, 2008. – С. 95 – 100.
9. Федотов А.И. Математическая модель процесса диагностирования антиблокировочной тормозной системы автомобиля на полноопорном стенде с беговыми барабанами / А.И. Федотов, А.В. Бойко // Особенности эксплуатации автотранспортных средств в дорожно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера. Проблемы сертификации, диагностики, контроля технического состояния: 83-я науч.-технич. конф. Ассоциации автомобильных инженеров (18-20 сентября 2013г). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2013. – С. 28–39.
10. Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. Экспериментальные исследования процесса взаимодействия эластичной шины с беговым барабаном и дорогой. Вестник ИрГТУ. 2012– Иркутск: ИрГТУ, 2012.– №9.– С. 157– 163.
11. Федотов А.И., и др. Патент № 2548643 Российская федерация, МПК В60Т 17/22, G01L 5/28. Способ диагностирования тормозной системы автотранспортного средства и устройство для его осуществления / Халезов В.П., Федотов А.И., Бойко А.В., Ле Ван Луан // Заявитель и патентообладатель Иркутский гос.

техн. ун-т. - № 2014111733/11; заявл. 26.03.2014; опубликовано 20.04.2015, Бюл. №11. – 10с.

12. Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires // Phys. Tire tract.: Theory and Exp. – New – York – London. – 1974.

13. Pacejka, H. B. Tire and Vehicle Dynamics, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.

УДК 622.3

Анализ влияния факторов городской территории на транспортный спрос к объектам культурно-бытовой направленности на примере кинотеатров

Д.Г. Бурков

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье приводится анализ влияния факторов городской территории на транспортный спрос к объектам культурно-бытовой направленности. Рассматривается влияние факторов площади объекта тяготения, удаленности от центра города, удаленности от магистральной улицы.

Ключевые слова: генерация корреспонденций, распределение посетителей, шаговая доступность, факторы транспортного спроса.

Кинотеатр как объект культурно-бытовой направленности представляет собой здание, оборудованное для публичной демонстрации кинофильмов. Первый кинотеатр появился в конце 1890-х в Париже и в достаточно короткие сроки стал пользоваться большим спросом. К 1910 году в Америке насчитывалось 5000 кинотеатров, на 2010 год число кинотеатров приближается к 6000. В России к 1913 году насчитывалось 1400 кинотеатров, к концу 80-х их количество приближалось к 5000. На октябрь 2010 года в России зафиксировано 847 кинотеатров включающих 2300 кинозалов. В Мексике на 2010 год насчитывалось 4300 кинозалов, в Австралии 2000. Для сравнения, на рисунке 1. демонстрируется число кинотеатров приходящихся на страну. Первые кинотеатры имели один зрительный зал и обладали небольшой вместимостью 150-200 мест. Современные кинотеатры имеют несколько залов (до 16) общая емкость крупнейших из которых составляет 2000-2500 посетителей.

Отдельные кинотеатры в большинстве стран мира, в том числе и в России не строят. Чаще всего проект кинотеатра интегрируют в проект крупного торгового центра или развлекательного комплекса, тем не менее, обособленные кинотеатры всё ещё действуют. Кинотеатры во все времена позиционировались как культурно-развлекательные объекты, обладающие стабильно высоким спросом. Располагались такие объекты в центральной части города, в крупных городах разбитых на районы, кинотеатры размещались в общественных центрах районов. Большинство кинотеатров имеют внеуличную парковку, для посетителей, прибывающих на индивидуальном транспорте.

Стандартный режим работы кинотеатра находится в периоде с 10:00 до 01:00. Выявленная экспериментально [1, 2] особенность тяготения к нему такова,

что основной пик посетителей приходится на вечерние часы с 17:00 до 21:00 (рис. 2.), причем, чем позднее назначен сеанс, тем доля посетителей на индивидуальном транспорте начинает увеличиваться в ущерб доле посетителей на общественном транспорте.

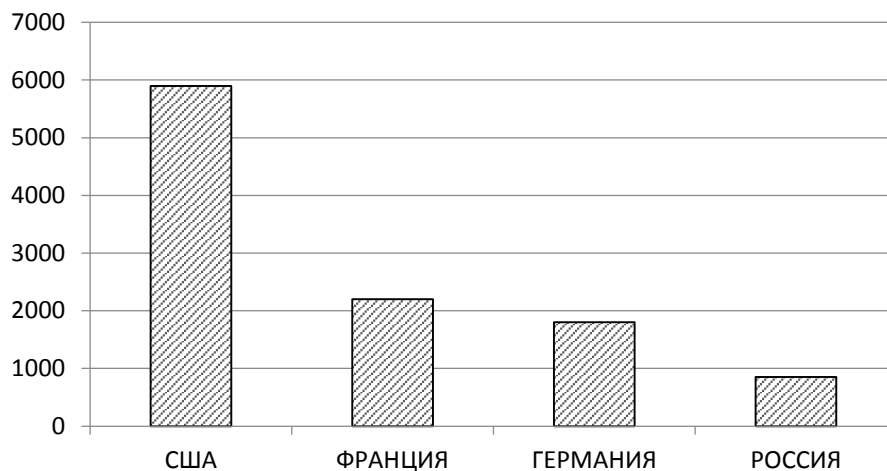


Рис. 1. Число действующих кинотеатров

Такое распределение в большей мере обуславливает режим работы общественного транспорта в вечерние часы, а так же социальной категорией населения прибывающей к кинотеатру в заданные часы (несамостоятельное население прибывает до 17:00, самостоятельное с 17:00).

На транспортный спрос к кинотеатрам, как к объектам культурно-бытовой направленности структурной группы «Отдых и развлечения» предполагалось влияние следующих факторов:

1. Удаленность объекта от центра города. Согласно полученным распределениям (рис. 3., а) прослеживается однозначная зависимость, заключающаяся в том, что максимум корреспонденций генерируют к себе кинотеатры, расположенные в городском конгломерате, т.е. территории в меньшей мере отдаленной от центра города и в большей мере от периферии [3].

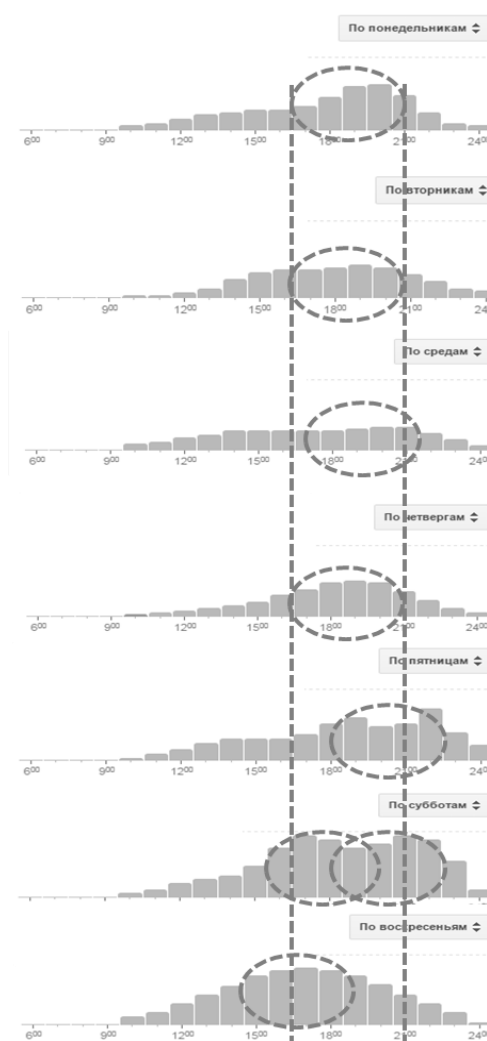


Рис. 2. Суточное тяготение посетителей к типичному кинотеатру

Низкий уровень спроса населения к кинотеатрам расположенным в центральной части города обуславливается значительными временными и финансовыми затратами, такие как потери времени на выбор парковочного места, высокие тарифы парковки в центральной части города и т.п. В связи с таким положением дел, посещение кинотеатров в городском конгломерате становится более удобным.

2. Площадь объекта тяготения. Полученная экспоненциальная зависимость (рис. 3., б) по данному фактору показывает, что до определенного момента влияние площади на число корреспонденций существенное (до 4000 – 4500 квадратных метров) после преодоления указанной площади, зависимость становится менее значимой (затухает).

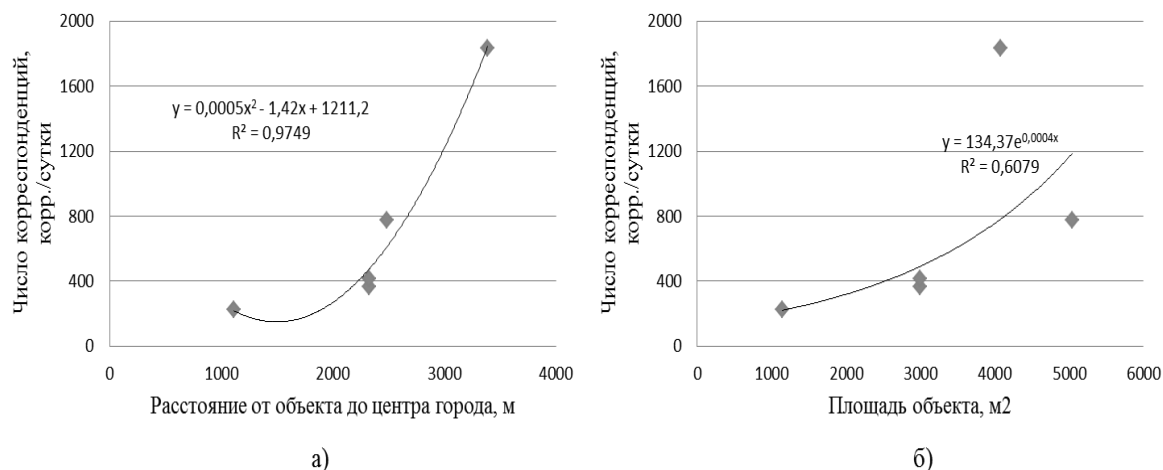


Рис. 3. Зависимость числа корреспонденций от: а) расстояния объекта до центра тяготения; б) площади объекта

3. Удаленность от магистральной улицы. Согласно полученным распределениям по данному фактору (рис.4.) зависимость не аппроксимируется, ни одним из известных законов.

Географическое положение и транспортная инфраструктура напрямую влияют на спрос населения к кинотеатру. Отдельно следует отметить кинотеатры, располагаемые в жилых районах, в данном случае, значимым фактором будет являться радиус шаговой доступности объекта, составляющий 15-20 минут [4].

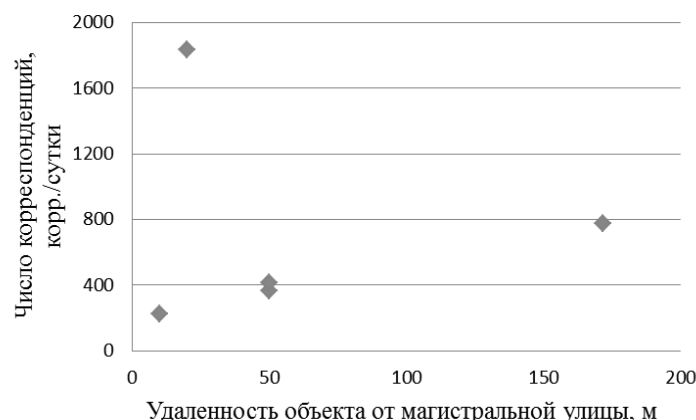


Рис. 4. Зависимость числа корреспонденций от удаленности объекта от магистральной улицы

В зависимости от расположения кинотеатра вариационный размах доли посетителей прибывающих на индивидуальном транспорте может лежать в пределах от 0,16 до 0,76.

Список использованной литературы:

1. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г., Корчева Д.В. Оценка транспортного спроса к объектам культурно-бытового назначения на примере развлекательного центра «Звездный» г. Иркутска // Вестник ИрГТУ, 2013.- № 11(82). – С. 201-205.
2. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г., Зедгенизова А.Н. Оценка транспортного спроса к объектам культурно-бытового назначения на примере кинотеатра «Чайка» г. Иркутска // Вестник ИрГТУ, 2013.- № 12(83). – С. 181–184.
3. Градостроительство: справочник проектировщика / под ред. В.Н. Белосуова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1978. – 367 с.
4. Руководство по преобразованию жилой застройки в сложившихся частях городов / ЦНИИП градостроительства. М.: Стройиздат, 1983. – 74 с.

УДК 656.02

Практика платных дорог в России в современных условиях

А.Б. Бутузова, Н.А. Елфимова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г.Иркутск, 664074, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассмотрены основные вопросы состояния платных дорог в России в современных условиях. Преимущества и недостатки платных дорог. Рассмотрены платные участки дорог и расценки для различных типов транспортных средств.

Ключевые слова: платные дороги, участки платных дорог, безопасность движения, затраты времени на достижение цели.

Увеличение интенсивности транспортных потоков на улично-дорожных сетях городов ведет к росту уровня их загрузки. Сложившаяся ситуация приводит к тому, что водители, с целью более быстрого достижения назначенного пункта, проявляют признаки агрессивного поведения. Такое состояние подвергает опасности других участников движения или их собственность. Выяснено, что к причинам агрессивного поведения водителей относятся не только психофизиологические особенности всех участников движения, но и плохая организация самого дорожного движения [5].

Качество российских автодорог не самое лучшее, и водители вынуждены тратить много времени на езду по некачественному дорожному покрытию на небольшой скорости.

Сейчас в России протяженность платных дорог составляет 432,2 км, из которых 52,9 км. относятся к дорогам федерального значения, и 379,3 км. к региональным.

Сеть платных автодорог постепенно расширяется и водители смогут преодолевать большие расстояния на скорости 130 км/ч и по качественному покрытию, экономя время в пути [4].

Платная дорога — автомобильная дорога, за проезд по которой с водителей взимается определённая плата. Данная форма оплаты вводится с целью покрытия расходов на строительство и содержание дороги. Часто платными являются скоростные дороги, мосты и туннели.

Платные дороги в том или ином виде существовали с давних времен. Плата взималась с путешественников, следовавших как на повозке или верхом, так и пешим образом. Платные магистрали получили свое развитие с появлением автомобилей, и в наши дни тарифы распространяются исключительно на автомобильный транспорт. Размер платы за проезд варьируется в зависимости от класса транспортного средства, его веса или количества колесных осей; тарифы для крупногабаритного и большегрузного транспорта, как правило, выше, чем для легковых автомобилей.

Наряду с дорогами существуют платные мосты и тоннели, на проезд по которым государство устанавливает определенные тарифы с той же целью – погашение долгосрочного кредита, полученного на дорогостоящее строительство и эксплуатацию данных объектов. В некоторых случаях средства, полученные в ходе эксплуатации дороги, направляются на строительство новых объектов. Также средства, полученные за счет платности, идут в бюджет местного правительства и их целевое использование не связано с развитием транспортной инфраструктуры. Использование такого рода схем строго лимитировано или запрещено основным законодательством государства. В определенных городских районах с повышенным уровнем трафика платность может служить инструментом управления дорожно-транспортной ситуацией и её воздействия на окружающую среду [1].

Трасса М-1 имеет платный участок, протяженностью 18,535 км, ведущий в обход г. Одинцово, находящегося в Московской области.

Первые 5 км автодороги имеют восьми полосное движение, последующие 9 км — шести полосное, и следующие 4 км — 4 полосы.

Разрешенная скорость на трассе — 90 км/ч, расчетная — 120 км/ч. Трасса обладает пропускной способностью в 70-80 тысяч автомобилей в сутки, и имеет 3 пункта оплаты проезда.

За проезд легкового авто взимается до 150 рублей. Для небольших грузовых авто, пикапов и легковых авто с прицепом 2-2,6 м высотой стоимость проезда составляет до 225 рублей. Для двухосных грузовиков и автобусов установлен тариф до 300 рублей, трехосный транспорт — до 480 рублей.

Следующая трасса, имеющая платные участки дорог — М-4. Трасса М-4 связывает между собой северо-западные и центральные регионы страны с Северным Кавказом, Черноморским побережьем, портом Новороссийск. Это одна из самых дешевых трасс, стоимость для легковушек варьируется от 10 до 80 рублей. Платными являются 7 основных участков:

Первый платный участок в Московской области — 48-71 км, протяженностью в 20 км. Участок оснащен 18 стационарными телефонными аппаратами вызова специальных служб при возникновении экстренной ситуации. Оплату необходимо произвести в пункте, находящемся на 71 км участка. Смарт-карту или транспондер вы сможете приобрести в центрах продаж, находящихся на 51 и 71 км трассы. Пользоваться участком можно бесплатно, если въезжать на участок и покидать его, минуя пункты оплаты.

Следующий участок - обход г. Богородицка (225-260 км), протяженностью в 35,5 км. Расчетная скорость на данном участке — 120 км/ч. Произвести оплату за проезд можно в пункте на 228 км.

Участок в обход г. Ефремова (287-321 км) имеет протяженность 35,8 км. Расчетная скорость на участке — 120 км/ч. Плата взимается на 322 км трассы.

Участок, идущий в обход г. Елец и села Яркино (330-414 км), протяженностью в 82 км. Расчетная скорость — 120 км/ч. Плата за проезд взимается в пункте, установленном на 339 км трассы.

Участок, ведущий в обход г. Задонска - села Хлевно (414-464 км), протяженностью в 46,9 км. На участке имеется два пункта для внесения оплаты за проезд. Первый расположен на 416+530км, а второй на 460+192км.

Участок, идущий в обход г. Воронежа (492-517 км), в ходе реконструкции был доведен до категории 1Б. Протяженность 25 км, количество полос движения увеличено до шести. Эксплуатация участка в платном режиме стартовала 2 февраля 2015 года. Оплата осуществляется на 515-м км трассы. Водители, пользующиеся этой трассой в пределах с 492-го км по 513-й км, не оплачивают проезд.

Участок, проходящий по Воронежской области (544–633 км), имеет протяженность 89 км. В платном режиме заработал 09 ноября 2015 года.

Оплата взимается:

- на ПВП 545 км при движении в сторону г. Ростов за 44,7 км пути до развязки на г. Лиски;
- на ПВП 620 км при выезде с платного участка за оставшиеся 44,3 км;
- при движении в сторону г. Москва оплата за проезд будет взиматься по тому же принципу: на ПВП 620 км и на ПВП 545 км.

Новейшая трасса в России М-11 «Москва – Санкт-Петербург» станет заменой бесплатной дороге М-10 «Россия», которая уже с потоком автомобилей не справляется, поэтому на старой Ленинградке частые заторы.

Новая Ленинградка с большой пропускной способностью, категория дороги 1А. Имеются специализированные зоны отдыха и парковки, но есть нюанс: она платная. Тарифы достаточно дорогие, например, чтобы доехать из Москвы до аэропорта Шереметьево на легковом транспорте, нужно заплатить до 250 рублей, туда-обратно уже 500 рублей, в выходные дни и в ночное время дешевле [3].

Оплатить проезд за пользование платными дорогами можно несколькими способами:

- При помощи наличных денег или банковской картой (непосредственно кассиру).
- Многоразовой смарт-картой.
- Картой-транспондером, которая крепится на лобовое стекло автомобиля.

Для различных категорий транспортных средств и плата за проезд различная. Также она зависит от времени суток, дня и месяца.

Бесплатно пользоваться платными участками дорог могут только автомобили экстренных служб (скорая помощь, полиция, пожарная охрана и т.д.), а также транспорт общего пользования (за исключением такси и автобусов междугородного или международного следования).

Все платные дороги России находятся под контролем госкомпании «Автодор». А с некоторых пор и частными инвесторами, например, как новая платная трасса М-11. Максимальный размер платы за проезд утверждается Правительством России.

Автомобилисты Москвы с интересом наблюдают за строительством трассы М-11 «Москва-Санкт-Петербург». Она вводится в эксплуатацию поэтапно, и уже открыт участок в Тверской области, а также внутри МКАД — от Фестивальной улицы, и в области до аэропорта «Шереметьево». Данный район славился ужасными пробками, а теперь водители могут за 15 минут доехать от кольцевой до

аэропорта «Шереметьево». Проехать к городам Зеленоград, Химки, Сходня и Долгопрудный теперь будет гораздо проще.

Проект строительства трассы М-11 называют самым экологичным, в ходе которого вместо одного вырубленного дерева посадили пять новых.

Пользоваться открытым участком трассы М-11 примерно до середины 2015 года можно будет бесплатно, но после введут плату за проезд.

Также стартовал проект по строительству платной дороги в обход Мурино и Нового Девяткино в Ленинградской области. Начало трассы будет в створе Пискаревского проспекта с выходом на дорогу «Санкт-Петербург — Матокса». Проект строительства дороги будет завершен примерно через 3 года.

Еще один крупный проект — это ЦКАД (Центральная кольцевая автодорога) вокруг Москвы, который планируют завершить в 2018 году. В зависимости от времени суток и вида транспорта, за пользование автодорогой планируют ввести плату в 2,32 рубля за 1 километр.

Власти столицы приняли окончательное решение в 2015 году сделать платным проезд по МКАД и Третьему транспортному кольцу. Стоимость проезда будет составлять примерно 200 рублей. Сроки, когда будет введена плата, пока не известны.

С 15 ноября 2015 введена плата за проезд по всем дорогам федерального значения для грузовиков, превышающих массой 12 тонн.

Дальнобойщиками были устроены акции протеста, сначала 11 ноября, когда дальнобойщики устроили огромные пробки и двигались со скоростью 10 км/ч. Водители требовали ввести мораторий на законопроект. Правительство пошло на кое-какие уступки и решило вводить плату поэтапно. Таким образом, до конца февраля 2016 года за 1 км пути с водителями фур будут брать 1,53 рубля, а с марта 2016 года и по 31 декабря 2018 года тариф поднимется до 3,06 рублей.

Также власти пообещали, что в первом полугодии штрафы будут взимать только за неоплаченный проезд по дорогам в границах Московской области, то есть до 1 мая 2016 года платными будут только дороги Подмосковья. Однако постановление правительства так и не издали, а данная новость исчезла с сайта министерства. Это говорит о том, что все-таки для тяжелых грузовиков платными стали все дороги. Штраф за неоплату проезда для водителей составляет 5 тысяч рублей, индивидуальным предпринимателям придется заплатить 40 тысяч рублей (50 тысяч при повторном нарушении), и юридические лица заплатят 450 тысяч (за повторное нарушение 1 млн. рублей) [4].

Преимущество платных дорог — это качество дорожного полотна, которое на платных отрезках гораздо лучше обычных дорог. Скоростной режим более лояльный. Скорость, с которой можно двигаться 130-150 км/час. Дорожные службы в постоянной готовности и оперативно реагируют на непредвиденные ситуации, возможные ДТП и изменяющиеся погодные условия. Важно и то, что на этих участках трассы предоставляются бесплатные эвакуаторы.

Единственным недостатком, о котором можно говорить — это небольшое скопление автотранспорта в пунктах оплаты при въезде на такие магистрали [2].

Список использованной литературы:

1. Платная автомобильная дорога [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Платная_автомобильная_дорога

2. Платные дороги в России — ожидания и реальность [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://dispetcher-gruzoperevozok.info/platnyie-dorogi-v-rossii-ozhidaniya-i-realnost/>

3. Платные дороги России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://map.avtogai.ru/platnye-dorogi-rossii.php>

4. Платные дороги России 2015-2016 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vashamashina.ru/platnye-dorogi-rossii.html>

5. Прокофьева О.С., Чикалин Е.Н., Чикалина С.Л. Влияние дорожных условий на психофизиологическое состояние водителей. Вестник ИрГТУ. – 2014. – №8. – С.126–130.

УДК 73.31.21

Методы оценки мер по обеспечению безопасности дорожного движения

Д.С. Джурук, А.В. Зедгенизов

ФГКОУ ВО Восточно-Сибирский институт МВД России,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 110.

В статье рассматриваются существующие методы оценки безопасности движения, применяемые при эксплуатации, проектировании и реконструкции автомобильных дорог.

Ключевые слова: *безопасность дорожного движения, методы оценки безопасности.*

По данным ГИБДД МВД России на территории Российской Федерации (далее – РФ) в 2015 году произошло 184 000 дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП), в которых погибло 23114 и было ранено 231 197 человек. Наряду с этим, важно обратить внимание на существенное снижение показателей дорожной смертности за последние годы. Однако, положительная динамика в сфере безопасности дорожного движения не дает оснований признать ее состояние удовлетворительным. К сожалению, количество погибших на 100 000 человек в РФ превышает в два раза аналогичный европейский показатель.

Безусловно, принятие соответствующих мер по обеспечению повышения уровня безопасности дорожного движения, невозможно без качественной системы оценки и прогнозирования уровня аварийности. В настоящее время для оценки уровня аварийности на участках дорог используются следующие методы прогнозирования: экспертный; метод коэффициентов аварийности; метод коэффициентов безопасности; метод конфликтных ситуаций; метод конфликтных точек; статистические методы [1].

Экспертный метод представляет собой прогноз, основанный на субъективном мнении специалиста или группы специалистов в области организации дорожного движения. Данный метод осуществляется экспертом на основе своего опыта или данных, а также путем непосредственного ознакомления с объектом или изучения проектной документации. Особенностью данного метода является отсутствие методики проведения прогнозирования, так как прогноз строится на интуитивном предчувствии специалиста, а именно, на бессознательной оценке обстоятельств. Очевидно, что экспертный метод прогнозирования аварийности дает

весьма приблизительные результаты, а их точность находится в прямой зависимости от уровня профессиональной компетенции экспертов. В основном, данный метод применяется в случаях, когда отсутствует статистическая информация об объекте, и отсутствует возможность количественной оценки иными способами.

Не меньший интерес представляет и метод коэффициентов аварийности, разработанный Бабковым В.Ф. Указанный метод, имеет некоторые сходства с методом оценки дорог баллами. При этом существенное отличие заключается в учете изменений условий безопасности на исследуемом участке. Суть предложенного им метода заключается в том, что исследуемый участок дороги в продольном профиле и на плане наносится на график, где для данного участка определяются его характеристики (интенсивность движения, параметры дороги и др.). Далее на исследуемом участке в каждой его точке по табличным значениям определяются частные коэффициенты аварийности, зависящие от следующих факторов: интенсивность движения; ширина проезжей части и обочины; продольный уклон; радиус кривых в плане; видимость в плане и профиле; длина прямых участков; наличие пересечений со второстепенными дорогами; число полос; расстояние от проезжей части до застройки; длина населенного пункта и др. Указанные коэффициенты могут быть как постоянными на всем протяжении (ширина проезжей части, количество полос и др.), так и изменяться в зависимости от воздействия внешних факторов (наличие перекрестков, изменения видимости и др.). После этого исследуемый участок делится на множество однородных отрезков, на каждом из которых частные коэффициенты аварийности постоянны. Итоговый коэффициент аварийности для однородного участка определяется как произведение частных коэффициентов. Затем, необходимо построить график коэффициентов аварийности для исследуемого участка, пики которого будут соответствовать местам повышенной опасности [2].

Как отмечает автор метода, предложенный им перечень коэффициентов аварийности, является открытым и нуждается в постоянной корректировке в связи с естественным изменением состава транспортных потоков. Кроме того данные коэффициенты могут в значительной мере зависеть от местных условий, в связи с чем целесообразно их адаптировать под особенности конкретного региона. Несмотря на достаточно широкое практическое применение данного метода при проектировании и реконструкции автомобильных дорог, следует отметить, что ему присущи и существенные недостатки. Так, скорость движения транспортных средств учитывается лишь косвенно по величине интенсивности движения транспортного потока. Кроме того, не принимается во внимание изменение в течение суток интенсивности движения транспортного потока, в связи с чем расчет производится по усредненному значению.

Заслуживает внимания и метод коэффициентов безопасности. Данный метод также разработан Бабковым В.Ф. Под коэффициентом безопасности в данном методе понимается отношение максимальной скорости движения на исследуемом участке к максимально возможной скорости въезда автомобиля на этот участок. В связи с этим, исследуемый участок дороги делится на однородные отрезки, для каждого из которых определяется коэффициент безопасности. При определении коэффициентов производится ряд допущений. Так, не берутся во внимание ограничения скоростей, предписываемые правилами дорожного движения. Также не учитываются участки, на которых происходит плавное изменение скоростей. Таким образом, максимальная скорость на участке определяется без учета условий

последующих участков. В дальнейшем строится график скоростей, коэффициентов безопасности и план участка дороги. Чем выше коэффициент безопасности на участке, тем безопаснее будет являться и сам участок.

Одним из основных недостатков данного метода является необходимость наличия реально существующего объекта. Именно по этой причине не может использоваться для прогнозирования уровня безопасности на проектируемом объекте. Кроме того получить достоверные сведения возможно только на дорогах с низкой интенсивностью движения, поскольку при средней и высокой интенсивности не учитываются такие виды опасности как: риск столкновения, риск наезда на впереди идущий автомобиль или стоящее транспортное средство. Данные обстоятельства существенно сужают сферу его применения.

Изложенное позволяет заключить, что методы коэффициентов аварийности и безопасности в большей степени подходят для оценки уровня аварийности на протяженных участках загородных дорог. При этом, данные методы взаимно дополняют друг друга, а следовательно, для получения более точных результатов целесообразно их совместное применение. К сожалению, попытки ученых применить их к городским конфликтным объектам не дали положительных результатов [3].

Метод конфликтных ситуаций, предложенный К. Хайденом, основан на предположении, что практически каждому ДТП предшествует множество различных ситуаций, характеризующихся риском их возникновения. В подавляющем большинстве случаев ДТП предотвращаются благодаря активным действиям участников дорожного движения. И лишь малое количество таких ситуаций в силу различных причин приводит к совершению ДТП. Индикаторами наличия конфликтной ситуации на дороге является изменение скорости или траектории автомобилей. Степень опасности ситуации характеризуется величиной отрицательных продольных ускорений или поперечных ускорений. При этом все конфликтные ситуации делятся на три группы: легкие, средние и критические.

Таким образом, посредством наблюдения за участком дороги по вышеуказанным индикаторам определяется количество конфликтных ситуаций различного рода за определенный промежуток времени. Далее количество конфликтных ситуаций разной опасности приводят к критическим, с учетом коэффициентов приведения 0,44 для легких конфликтных ситуаций и 0,83 для средних конфликтных ситуаций. В дальнейшем степень опасности участка дороги определяется по относительному количеству конфликтных ситуаций по формуле.

$$K = \frac{K_{\text{пр.кр.}} \times 10^6}{N \times L},$$

где $K_{\text{пр.кр.}}$ – количество приведенных критических ситуаций;

N – интенсивность движения,

L – длина исследуемого участка.

Рассматриваемый метод пригоден только для реально существующего объекта, что не позволяет использовать его при проектировании автомобильных дорог. Также метод не учитывает ряд факторов связанных с аварийностью, а именно: изменение интенсивности движения в течение суток, сезонные изменения и др. Кроме того, результат исследования напрямую зависит от уровня подготовки водителя автолаборатории и его манеры вождения. Несмотря на то, что данный метод неоднократно совершенствовался посредством введения в его расчетную модель таких факторов как степень опасности конфликтных ситуаций, тяже-

сти последствий аварий, порога чувствительности конфликта и др. [4], его точность остается крайне низкой, а развитие систем интеллектуальной обработки информации, которая непосредственно автоматизирует процесс сбора данных, может существенно повысить точность прогнозирования. Одной из положительных сторон указанного метода является его «универсальность» (*курсив мой. – Д. Джурук*), которая позволяет применять метод для различных объектов.

Анализ аварийности на дорогах показывает, что значительная часть ДТП происходит в местах пересечения траекторий движения транспорта друг с другом или с пешеходами в так называемых конфликтных точках. Указанные пересечения встречаются в основном на перекрестках и пешеходных переходах. Поэтому метод конфликтных точек в большей степени подходит для прогнозирования аварийности именно на вышеуказанных пересечениях. Так, на исследуемом объекте определяются точки возможного столкновения участников дорожного движения. Далее конфликтные точки подразделяются на три группы: отклонения, слияния и пересечения. После этого общая сложность (степень опасности) объекта определяется по формуле:

$$m = n_o + 3 \times n_c + 5 \times n_n$$

где n_o , n_c , n_n - число точек соответственно отклонения, слияния и пересечения.

Безусловно, данный способ позволяет сравнить между собой перекрестки разной конфигурации с разными схемами проезда, при этом он не отличается высокой точностью, но прогнозирование аварийности по данному методу может быть осуществлено как на существующем, так и проектируемом объекте.

Одним из наиболее распространенных методов прогнозирования является статистический анализ данных о ДТП, заключающийся в анализе имеющихся статистических данных аварийности, позволяющих осуществлять прогнозы и оценивать степень влияния различных факторов на аварийность. ГИБДД МВД России в основном пользуются именно этим методом, поскольку обладают наиболее полной информацией обо всех характеристиках происшествий.

По мнению Клинковштейна Г.И. выделяются следующие методы подобного анализа: количественный, топографический и качественный [5].

Количественный анализ данных позволяет выявлять тенденции изменения показателей, а также сравнивать между собой различные регионы, города, районы и даже автотранспортные предприятия. Как правило, при таком анализе в большей степени пользуются абсолютными показателями, к которым относятся количество совершенных ДТП, число погибших и раненых в них людей.

Топографический анализ представляет собой нанесение мест совершения ДТП на карту местности с целью последующего выявления очагов аварийности. Как правило, подобный анализ может быть выполнен в виде карты, линейного графика и масштабной схемы ДТП.

Качественный анализ позволяет выявить причины и условий совершения ДТП и степень влияния каждого из них на аварийность. Подобный анализ может проводиться методом многофакторного корреляционного анализа. Данный метод применим как для дорог расположенных в схожих условиях рельефа и климата, так и при близких интенсивностях движения.

Подводя итог, следует отметить, что глубокий анализ статистических данных (при их наличии) является наиболее точным методом оценки и прогнозирования безопасности дорожного движения, но вместе с тем и самым «дорогим», поскольку ценой являются не только материальные потери, но и человеческие

жизни.

Список использованной литературы:

1. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах (утв. Распоряжением Минтранса РФ от 24.06.2002 N ОС-557-р)
2. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов.— М.: Транспорт, 1993.—271 с.
3. Прогнозирование аварийности по потенциальной опасности: направления совершенствования Д.В. Капский Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2012. № 11. С. 67-73.
4. Методика оперативной оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности движения Д.В. Капский Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2011. № 11. С. 17-24.
5. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов.— 5-е изд., перераб. и доп. — М: Транспорт, 2001 — 247 с.

УДК 623.3

**Экспресс метод оценки транспортного спроса городских территорий /
транспортных расчетных районов**

А.В. Зедгенизов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается возможность экспресс оценки транспортного спроса к городским территориям / ЦМТ разной функциональной направленности. Приведен экспресс метод, позволяющий оценивать транспортный спрос к основным функциональным территориям / транспортным расчетным районам. Приведен пример расчета по предлагаемому экспресс-методу. Вынесены рекомендации практического применения и диапазоны допустимых интервалов.

Ключевые слова: *емкость транспортного расчетного района; удельная генерация корреспонденций; транспортный спрос; экспресс-метод.*

В транспортном планировании для прогнозирования объемов движения часто приходится пользоваться весьма громоздкими и при этом не всегда точными эмпирическими зависимостями относительно уже сформировавшихся городских территорий / ЦМТ. Как правило, к таким территориям относят транспортные расчетные районы, в состав которых входят жилые микрорайоны (районы), промышленные объекты, складские зоны, кампусы, торгово-развлекательные центры и т.п. Задача такого экспресс метода заключается в разработке взаимосвязи между фактической площадью транспортного расчетного района и средней или средне-взвешенной способностью генерировать корреспонденции.

На первом этапе определяется преобладание типа территории / ЦМТ в расчетном транспортном районе. Например, жилые микрорайоны преимущественно состоят из жилья средней или высокой этажности, однако, существуют и гибридные микрорайоны, состоящие из жилья разной этажности. В таких случаях важно

определить приблизительную долю застройки одного и другого типа с целью вычисления средневзвешенной этажности, рассматриваемого транспортного расчетного района. Важно отметить, что почти любой транспортный расчетный район, за исключением промышленных зон, будет сочетать в себе сопутствующие типы территорий / ЦТМ, например, жилые районы будут совмещены с торговлей товарами первой необходимости, детскими садами, спортивными площадками, гаражами и т.п., Студенческие городки (кампусы) в обязательном порядке будут иметь учебные и производственные корпуса, физкультурно-оздоровительные комплексы и др. Таким образом, для применения экспресс методики важно определить преобладающие типы территории / ЦМТ (одну или две позиции, максимум три), в противном случае, рассматриваемый транспортный расчетный район можно причислить к городской территории – конгломерату, и, следовательно, расчет транспортного спроса с достаточно высокой точностью будет возможен только с использованием полноразмерных эмпирических моделей [2], учитывающих достаточно большое число территорий (факторов), влияющих на объем транспортного спроса. Средневзвешенное значение этажности транспортного расчетного района можно записать в виде:

$$L = \sum_{i=1}^{n=3} (l_i \cdot d_i) = (l_1 \cdot d_1) + (l_2 \cdot d_2) + (l_3 \cdot d_3),$$

где, l_i – этажность i -го типа территории / ЦМТ, d_i – доля i -й территории / ЦМТ в площади, занятой под застройкой. Важно отметить, что доли территорий / ЦМТ определяются субъективно и, поэтому, их количество должно быть минимальным.

Второй этап неразрывно связан с установлением зависимости между площадью транспортного расчетного района и площадью застройки. В градостроительстве такая связь получила название «коэффициент использования территории» (КИТ) – это один из основных показателей, широко используемых в градостроительной практике (в генеральных планах, правилах землепользования и застройки, проектах застройки земельных участков и пр.), характеризующий интенсивность использования территорий. Фактически, это отношение площади, находящейся под застройкой (суммарная проекция всех зданий и сооружений) к площади транспортного расчетного района. Чисто физически КИТ не может быть больше единицы, и, следовательно, его легко интерпретировать:

$$K_{\text{ИТ}} = \frac{F_z}{F_{\text{трп}}},$$

где, F_z – площадь занятая под застройкой, м^2 ; $F_{\text{трп}}$ – площадь территории в границах транспортного расчетного района, Га. Коэффициент использования территории является весьма распространенным показателем и широко изучен для основных территорий городского пространства, его значение лежит в диапазоне от 0,2 до 0,8 в зависимости от типа территории. Например, для жилых территорий с высокой этажностью застройки, с учетом дворов, спортивных площадок, газонов и т.п. данный коэффициент равен 0,4, причем этажность тоже будет влиять на придомовую площадь, равно как и на КИТ. В таблице 1 представлены значения КИТ в зависимости от типа территории и этажности застройки.

Таблица 1

КИТ в зависимости от типа территории и этажности застройки [4]

Территориальные зоны	КИТ
Жилая зона:	
Застройка многоквартирными многоэтажными жилыми домами	0,4
То же - реконструируемая	0,6
Застройка многоквартирными жилыми домами малой и средней этажности	0,4
Застройка блокированными жилыми домами с приквартирными земельными участками	0,3
Застройка одно-двухквартирными жилыми домами с приусадебными земельными участками	0,2
Общественно-деловая зона:	
Многофункциональная застройка	1,0
Специализированная общественная застройка	0,8
Производственная зона	
Промышленная	0,8
Научно - производственная*	0,6
Коммунально-складская	0,6

* без учета опытных полей и полигонов, резервных территорий и санитарно-защитных зон.

Примечания к таблице 1:

1. Для жилых, общественно-деловых зон КИТ приведены с учетом необходимых по расчету учреждений и предприятий обслуживания, гаражей; стоянок для автомобилей, зеленых насаждений, площадок и других объектов благоустройства.

Для производственных зон указанные коэффициенты приведены для кварталов производственной застройки, включающей один или несколько объектов.

2. При подсчете КИТ площадь определяется по внешним размерам здания. Учитываются только надземные этажи, включая мансардные. Подземные этажи зданий и сооружений не учитываются. Подземное сооружение не учитывается, если поверхность земли (надземная территория) над ним используется под озеленение, организацию площадок, автостоянок и другие виды благоустройства.

3. Границами кварталов являются красные линии.

4. При реконструкции сложившихся кварталов жилых, общественно-деловых зон (включая надстройку этажей, мансард) необходимо предусматривать требуемый по расчету объем учреждений и предприятий обслуживания для проживающего в этих кварталах населения. Допускается учитывать имеющиеся в соседних кварталах учреждения обслуживания - при соблюдении нормативных радиусов их доступности (кроме дошкольных учреждений и начальных школ). В условиях реконструкции существующей застройки плотность застройки допускается повышать, но не более, чем на 30% при соблюдении санитарно - гигиенических и противопожарных норм.

На третьем этапе необходимо воспользоваться табличными данными о удельной генерации корреспонденций к данному типу территории / ЦМТ. Для жилых районов значение данного показателя лежит в диапазоне от 0,03 до 0,06 чел./м², для лучшего восприятия, удельную генерацию корреспонденций лучше представлять в виде числа корреспонденций, приходящуюся на каждые 100 м²

территории / ЦМТ. Таким образом, генерирующая способность жилых территорий будет лежать в диапазоне от 3 до 6 чел./м². Более точные данные по удельной генерации корреспонденций в соответствии с типом территории / ЦМТ опубликованы в других работах автора.

Площадь транспортного расчетного района, как правило, известна из технического задания на транспортное проектирование, или же может быть получена на основе геоинформационных систем (2GIS, GoogleEarth и др.). Несмотря на отсутствие достаточно тесной корреляции между площадью и удаленностью от центра города, такая взаимосвязь все же существует и, следовательно, можно пользоваться весьма приближенными значениям: при удалении на каждые 1000 м от центра города площадь транспортного расчетного района может увеличиваться в среднем на 18-20 Га. при следующих ограничениях: площадь ТРР от 12 до 524 Га; удаленность ТРР от центра города от 100 до 15000 м. Таким образом, приблизительное значение объема генерирующей способности ТРР может быть определено по выражению:

$$E = 100 \cdot L \cdot K_{\text{ИТ}} \cdot F_{\text{ТРР}} \cdot G,$$

где, 100 коэффициент размерности; L – средневзвешенная этажность ТРР; $K_{\text{ИТ}}$ – коэффициент использования территории (выбирается на основании табл. 1); G – средневзвешенная удельная генерация корреспонденций (выбирается на основании исследований или справочных данных, приведенных в других публикациях автора), чел./100 м². Даже предварительные расчеты показывают, что каждый гектар площади жилого микрорайона высокой этажности застройки генерирует примерно 1500 человек в сутки, следовательно, жилой микрорайон (микрорайон «Топкинский» г. Иркутск) площадью 5,2 Га. будет генерировать примерно 7800 чел./сут. В таблице 2 приведены данные натурных замеров прибытия и убытия посетителей рассматриваемого микрорайона.

Таблица 2

Число корреспонденций микрорайона «Топкинский» г. Иркутск

Часы су- ток	Прибытие	Отправление
7:00	313	876
8:00	459	1231
9:00	427	772
10:00	463	330
11:00	413	402
12:00	481	422
13:00	581	581
14:00	456	537
15:00	408	574
16:00	656	525
17:00	894	551
18:00	900	591
19:00	832	539
20:00	643	427
21:00	493	355
22:00	55	32
Итого	8476	8743

Из таблицы 2 видно, что суммарная генерирующая способность, рассматриваемого микрорайона примерно равна 8500 корр./сутки, погрешность замеров составляет 4 % относительно прибытия/убытия, одновременно с этим, погрешность вычисления генерирующей способности микрорайона «Топкинский» с использование экспресс-метода составила не более 10% относительно фактического значения, что вполне удовлетворяет запросам при экспресс анализе.

Список использованной литературы:

1. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.
2. Зедгенизова А.Н. Совершенствование методов оценки спроса на услуги автомобильного транспорта на основе характеристик использования городских территорий: дис. ... к-та тех. наук: 05.22.10. – Иркутск, 2013. – 189 с.
3. Лагерева Р.Ю. Лагерева С.Ю. К вопросу соблюдения функционального назначения автомобильных дорог и методы повышения эффективности их функционирования. Вестник ИрГТУ, 2015. №5 (100). С. 113–118.
4. Михалев Ю.А. Основы градостроительства и планировки населенных пунктов. Учебное пособие / Красноярский государственный аграрный университет - Красноярск, 2012 - 237 с.

УДК 656.02

**Анализ предоставления услуг по пассажирским перевозкам
населению Иркутского района**

О.С. Ковальчук, А.А. Лыткина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074,
г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассмотрены основные вопросы, связанные с организацией пассажирских перевозок между районами и районным центром.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, пассажиропоток, подвижной состав, обслуживание населения.

Пассажирские перевозки между районами и районным центром всегда были затруднены множеством факторов, которые доставляли дискомфорт и излишние затраты как для населения, так и для самих перевозчиков. Основной их особенностью является неравномерность пассажиропотоков по часам суток и дням недели, устаревший подвижной состав и состояние дорог общего пользования.

Существует достаточно большое количество показателей оценки качества функционирования общественного пассажирского транспорта [4], но в основном они относятся к работе городского транспорта и не в полной мере учитывают специфику пригородных перевозок. Важную роль при организации движения пассажирского транспорта рассматриваемого вида перевозок играет неравномерность распределения пассажиропотоков во времени и по отдельным участкам действующих маршрутов. Поэтому для формирования оптимальной и рациональной маршрутной сети, равно как и для эффективного использования подвиж-

ного состава и обеспечения высокого уровня обслуживания пассажиров, необходимо знать направления, размеры и степень неравномерности пассажиропотоков. В соответствии с этим был проведен анализ транспортного обслуживания городского и пригородного сообщения на примере Иркутского района.

Согласно закону Иркутской области № 94-оз от 16 декабря 2004 года «О статусе и границах муниципальных образований Иркутского района Иркутской области» в состав территории Иркутского районного муниципального образования входят территории 21 муниципальных образований (18 сельских поселений и 3 городских поселения) [1]. Количество жителей и расстояние от муниципального образования до районного центра (г. Иркутск), представлены в таблице 1.

Маршрутная сеть Иркутского района сформирована таким образом, чтобы максимально охватить все муниципальные образования и обеспечить сообщение с основными центрами тяготения. Услуги по перевозке пассажиров и багажа осуществляются на регулярных и сезонных автобусных маршрутах, а также службами такси.

В большинстве случаев расписание движения на маршрутах соблюдаются за исключением случаев эксплуатации пассажирского автотранспорта в зимнее время года, так как часть подвижного состава не рассчитана к эксплуатации в условиях низких температур. Также одним из существенных недостатков работы транспорта при обслуживании пассажиров в пригородном сообщении относится его низкая регулярность. Зачастую интервалы движения автобусов на подобных маршрутах не учитывают колебания пассажиропотоков [3]. Это во многом объясняется нехваткой подвижного состава. Существуют маршруты, на которых в течение всего дня работает один-два автобуса. В такой ситуации учет изменения пассажиропотоков по времени представляется затруднительным. Однако, общие тенденции изменения пассажиропотока по часам суток следующие.

Таблица 1

Муниципальные образования Иркутского района

Муниципальное образование	Население, тыс. чел.	Расстояние от районного центра, км
Голоустненское	2053	70
Гороховское	1628	61
Дзержинское	2662	6
Карлукское	2573	13
Максимовское	1682	10
Мамонское	4963	15
Молодёжное	7170	12
Никольское	2139	53
Оёкское	3470	39
Ревякинское	735	41
Смоленское	3214	10
Сосновоборское	1778	45

Уриковское	2184	18
Усть-Балейское	979	44
Усть-Кудинское	2254	20
Ушаковское	7753	5
Хомутовское	16116	19,5
Ширяевское	2312	30
Большереченское	3102	55
Листвянское	2206	64
Марковское	19775	17

В часы пик вместимость автобусов используется полностью или же превышает нормативные показатели, в остальное время наполняемость автобуса составляет лишь четвертую часть от номинальной вместимости. При резком снижении пассажиропотока в дневные часы перевозчики вынуждены нести финансовые потери в связи с низким спросом на транспортные услуги. В связи с организацией дополнительных маршрутов в отдаленные районы и недополученными доходами перевозчиков вследствие резкого колебания спроса на пассажирские перевозки в течение суток, из местного бюджета выделяются субсидии на покрытие данных расходов. Также отмечена неравномерность пассажиропотоков по дням недели. Большая активность пассажиров отмечена в выходные дни, что связано с культурно-бытовыми поездками населения. Кроме того, отмечается массовых характер перевозок пассажиров с пятницы по воскресенье с целью отдыха городских жителей в пригородных зонах. В будние дни жители муниципальных образований Иркутского района посещают районный центр преимущественно в трудовых целях.

Предоставление перевозочных услуг пассажирам Иркутского района осложняется состоянием автомобильных дорог. Значительная доля автомобильных дорог представлена грунтовыми дорогами IV категории с щебеночными и гравийными покрытиями, которые в зависимости от сезона могут представлять проблему для прохождения по ним подвижного состава. Грунтовые дороги быстро размокают под влиянием дождя или снега, что оказывает негативное влияние как на безопасность движения, так и на состояние подвижного состава [2]. Необходимо приобретать подвижной состав с более высоким дорожным просветом и прочной ходовой частью, а также учитывать требования к комфортабельности салона. Новый подвижной состав позволит сократить затраты на обслуживание и поддержание его исправности, сократится время следования по маршруту, а также повысится регулярность движения.

На сегодняшний день маршрутная сеть Иркутского сформирована таким образом, чтобы максимально удовлетворить основные транспортные потребности населения, однако требует решения вопросы приобретения транспорта для перевозки людей с ограниченными возможностями, а также обновления парка подвижного состава в целом. Работа пассажирского автомобильного транспорта постоянно корректируется с учетом изменения мобильности населения и изменения спроса на пассажирские перевозки, а систематическое взаимодействие органов

местного самоуправления с перевозчиками дает ясное представление о состоянии работы пассажирского транспорта.

Список использованной литературы:

1. Закон Иркутской области от 16 декабря 2004 года п 94-оз о статусе и границах муниципальных образований Иркутского района Иркутской области (с изменениями и дополнениями).
2. Анализ состояния безопасности дорожного движения в Иркутской области / Фадеев Д.С. // Вестник ИрГТУ №3(50) 2011г. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2011г.- С.67 -70.
3. Исследование удовлетворенности пассажиров качеством транспортного обслуживания в пригородном сообщении / С. А. Ширяев, О. В. Устинова, В. А. Гудков // Известия Волгоградского государственного технического университета, выпуск № 4, т.12, 2011. - с. 107- 108.
4. К вопросу развития современной системы критериев оценки качества функционирования общественного пассажирского транспорта / А. Ю. Михайлов, М. И. Шаров // Известия Волгоградского государственного технического университета, выпуск №19, т.9, 2014. – с. 64 – 66.

УДК 625.712

Применение кольцевых пересечений в зарубежной практике, как один из самых эффективных приемов снижения аварийности

А.С. Кольган, Д.А. Чичикин

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены результаты исследования зарубежной литературы, нормативных документов при применении кольцевых пересечений для эффективной организации дорожного движения.

Ключевые слова: организация дорожного движения; кольцевые пересечения; снижение аварийности.

В зарубежной практике организации движения одним из самых эффективных приемов снижения аварийности считаются кольцевые пересечения, обозначаемые термином **roundabout**[1]. Во многих странах Западной Европы, Северной Америке и Австралии эффективность применения кольцевых пересечений данного типа убедительно подтверждается снижением всех показателей аварийности, особенно снижением тяжести ДТП и уменьшением количества ДТП с погибшими. Это объясняют:

- значительным уменьшением числа конфликтных точек;
- геометрическими параметрами, вызывающими снижение скорости при движении на пересечениях типа **roundabout**;
- улучшением условий движения пешеходов - сокращается протяженность переходов через проезжие части пересечения.

В современной специальной литературе и периодике кольцевые пересечения **roundabouts** относят к широкому классу круговых транспортных развязок

(**circularintersections**). Но при этом не всякая круговая транспортная развязка рассматривается как кольцевое пересечение типа **roundabout**. Различают три типа круговых транспортных развязок:

Rotaries – старый тип круговых развязок, характеризующихся большим диаметром, превышающим иногда 100 метров. Большой диаметр обусловлен высокими расчетными скоростями движения, величина которых превышает 50 км/ч. Такие развязки обеспечивают небольшое отклонение от прямолинейного движения и могут функционировать по правилу «уступи дорогу справа» (в странах с правосторонним движением), т.е. транспортный поток, входящий на кольцо имеет приоритет перед транспортным потоком, движущимся по кольцу. В некоторых публикациях развязки тип **rotaries** называют терминам **trafficcircles**.

Первое кольцевое пересечение в США было построено в Нью-Йорке в 1905 году, первое кольцевое пересечение во Франции было построено в Париже 1907 году, Позднее в период с 1925 по 1926 гг. в Великобритании было построено несколько кольцевых пересечений в различных частях Лондона. В это время при проектировании перекрестков руководствовались лишь накопленным опытом и интуицией. Изначально не существовало строгих правил, регламентирующих поведение водителей на кольцевых пересечениях. Позже появилось правило «уступи дорогу тому, кто справа» ”give-way-to-the-right”[4].

В США первое руководство по проектированию кольцевых транспортных развязок было опубликовано в 1942 году американской ассоциацией скоростных шоссе (AASHO). К кольцевой развязке относили перекресток с центральным островком большого радиуса, обеспечивающего высокую скорость движения и пропускную способность. Планировка развязок должна была обеспечивать скорость движения потока не менее 40 км/ч., при радиусе центрального островка не менее 23 метра. Въезжающие на кольцо транспортные средства имели приоритет перед кольцевым. Максимальную скорость движения по кольцу приняли равной 64 км/ч, при радиусе островка 82 метра и более. В руководстве AASHO 1942 регламентировались условия целесообразности ввода кольцевого пересечения, одним из которых являлось наличие суммарной интенсивности движения 5000 авт./час.

Кольцевые пересечения проектировались в расчете на высокую скорость движения, при этом стремились максимально увеличить протяженность участков переплетения потоков. Часто примыкание въездов на кольцевую проезжую часть устраивались по касательной. Основным недостатком этой практики было то, что даже при больших размерах центральных островков и пересечений в целом, скопления транспортных средств возникали непосредственно на самом кольце.

В США примеры малых кольцевых пересечений, классифицируемых как **neighborhood trafficcircle** [10,13]. Пересечения данного типа применяются как со знаками и разметкой, указывающими приоритет движения, так и без них. Область применения этого типа пересечений – успокоение движения на местных улицах жилых территорий.

Примерно с 50-х годов прошлого столетия из-за проблем связанных с возникновением очередей на кольцевых проезжих частях, постоянного повышения количества ДТП, которые происходили из-за несоблюдения водителями правил проезда кольцевых перекрестков, интерес к типу кольцевых пересечений **rotaries** упал. Кроме того, улучшение работы

светофорной сигнализации, внедрение координированного и адаптивного управления транспортными потоками на пересечениях сделали кольцевые развязки еще менее привлекательными.

Neighborhood traffic circles – круговые развязки размещаемые, как правило, на улицах местного значения в жилых районах для успокоения дорожного движения. Подходы на таких пересечениях могут как нерегулируемыми, так и сопровождаться знаками и разметкой yield, указывающими на приоритет движения на кольце. Обычно такие пересечения не сопровождаются канализированием потоков. На некоторых видах разрешен поворот налево, проезд через центральный островок, фактически образуя конфликт с основным кольцевым потоком. В последнее время этот вид кольцевых пересечений получает все большее распространение, прежде всего, как средство успокоения движения.

Roundabouts – круговые развязки с определенными геометрическими параметрами и формой организации пропуска транспортных потоков, к которым относят [2,5]:

- дорожные знаки «уступи дорогу» на входах на кольцо;
- геометрию пересечения в плане – радиусы кольцевой проезжей части, непосредственных входов на кольцевую проезжую часть и выходов с нее, походов к пересечению, не позволяющие развивать скорость более 50 км/ч.
- обязательное канализирование транспортных потоков на подходах к кольцу, при этом разделительные островки на подходах используются как островки безопасности для пешеходов [3].

Фактически в 1966 году в Великобритании приняли новое правило приоритета - основной поток, движущийся по кольцу, имеет приоритет перед входящим. С вводом данного нововведения значительно повысилась пропускная способность и уровень безопасности движения на кольцевых пересечениях. Успех внедрения современных колец возродил интерес к данному типу пересечений во всем мире, прежде всего в Европе.

Вместе с тем в Европе и в США достоинства кольцевых пересечений еще долго подвергались сомнениям. В 1982 году институт транспортных инженеров США (ITE) в своем известном издании *Traffic Engineering Handbook* кольцевым пересечениям посвятил лишь одну страницу. Даже спустя 12 лет, в руководстве HCM 1994 не было уделено данному типу пересечений [9].

Интерес к круговым пересечениям в США после длительного перерыва проявили первыми департаменты транспорта штата Флорида и Мериленд. Опыт внедрения новых кольцевых пересечений был очень успешным и в очередной редакции руководства по пропускной способности HCM 1997 опубликовали формулы по оценке пропускной способности кольцевых развязок.

В последние полтора десятилетия кольцевые пересечения типа **roundabout** переоборудуются различные транспортные пересечения, в том числе «традиционные» кольцевые. Приведем два контрастных примера из американской практики (только улучшение схемы движения и полная реконструкция).

Первый пример - проектные предложения по изменению организации движения на кольцевом пересечении Bogue St.-Shaw Lane в районе кампуса университета Мичигана [6].

За период 1993 – 1998 гг. на рассматриваемом пересечении произошло 76 ДТП (17 из них с ранениями), в среднем 13,4 ДТП в год. Показатель относитель-

ной аварийности составил 1,52 ДТП на 10^7 транспортных средств, прошедших пересечение. При существующей организации движения преобладали два типа ДТП (каждый приблизительно 20% от общего количества): rightanglecrashes – боковое столкновение транспортных средств, входящих на перекресток с движущимися по кольцу; sideswipecrashes – касательные столкновения транспортных средств, движущихся по кольцу. Проектное решение включало:

- меры по упорядочению движения на кольцевой проезжей части краевой разметкой;
- нанесение разметки на входах на кольцо, означающей стоп-линии;
- нанесение разметки пешеходных переходов.

Другой пример – реконструкция кольцевого пересечения в городе Кингстон (штат Нью-Йорк) [1,3,7,8,10,11].

Проектом предусматривается полное изменение планировки пересечения в плане:

- устройство кольцевой двухполосной проезжей части с значительно меньшим внешним диаметром;
- устройство отдельных правоповоротных съездов;
- приоритет движения на кольцевой проезжей части.

Список использованной литературы:

1. Зедгенизов А.В., Лагерева Р.Ю., Левашев А.Г., Липницкий А.С., Михайлов А.Ю., Шаров М.И. Современные кольцевые пересечения, депонированная рукопись №823-B200924.12.2009– С. 1 – 2.
2. Михайлов А.Ю., Левашев А.Г., Шаров М.И. Современные методы оценки качества организации дорожного движения в городах, депонированная рукопись №64-B201531.03.2015, С.-1.
3. Левашев А.Г., Современные программные продукты в области организации дорожного движения, Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2014. Т.1. С.201-203. С.-3.
4. Kansas Roundabout Guide. Chapter 1 – Introduction to Roundabouts//The State of Kansas. The Kansas Department of Transportation. October 2003, 16 p.
5. NCHRP Report 572. Roundabouts in the United States//Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C. 2007, 125
6. p.Redington, T., The Modern Roundabout Arrives in Vermont.//AASHTO Quarterly Magazine, 1995, Vol. 75, No. 1, pp. 11-12.
7. Roundabouts: An Informational Guide// Federal Highway Administration. Publication No FHWA–RD-00-67. June 2000, 277 p.
8. Roundabouts/ Design informational bulletin number 80-01// California Department of transport. October 3, 2003, 14 p
9. Taekratok T. Modern roundabouts for Oregon//Oregon. Oregon Department of Transportation, 1998. - 124 p
10. Waddell E. Evolution of Roundabout Technology: A History-Based Literature Review//Michigan Department of Transportation, 1998, 34 p.
11. What roundabout design provides the highest possible safety? //Nordic Road & Transport Research, 2000, No 2, p. 17- 21.
12. NCHRP Report 572. Roundabouts in the United States//Transportation Research Board. National Research Council. Washington, D.C. 2007, 125 p.

УДК 625.712

Оценка спроса на парковку в центральной части г. Иркутска

Р.А. Комин, А.Г. Левашев, Ю.В. Тарасюк

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Статья посвящена проблемам ОДД в центре Иркутска и в частности проблемам паркования. Приводится перечень мероприятий, необходимых для повышения уровня обслуживания движения в центре города.

Ключевые слова: транспортно-градостроительное планирование, оценка спроса на парковку, уровень обслуживания паркования.

Последнее десятилетие в городе Иркутск быстро развивался так называемый третичный сектор (торговля, бытовые услуги, различные формы коммерции). Таким образом, сложился "торгово-офисный сектор" – функционально насыщенная территория площадью примерно 12–15 га, ставшая причиной массового тяготения пользователей индивидуального транспорта. Следует отметить, что сложившиеся в настоящее время транспортные потоки в центральной части города превышают спрогнозированные по генеральному плану значения на некоторых участках на 300%. Это объясняется тем, что территория «торгово-офисного центра» постепенно разрастается и все более насыщается новыми объектами.



Рис. 1. Количество паркуемых автомобилей
в центральной части г. Иркутска на 2007 г.

Результаты обследований распределения паркуемых автомобилей на территории центра города в зоне главного торгового-офисного ядра показали, что количество одновременно паркуемых автомобилей в 2007 г. [6, 7, 8] (1696 автомобилей) увеличилось в два раза и уже в марте 2016 г. составило около 3337 автомобилей (рис. 2). При этом установлено, что на некоторых улицах количество паркуемых автомобилей практически не изменилось. Это связано с тем, что пропускная способность существующих уличных стоянок уже исчерпана.

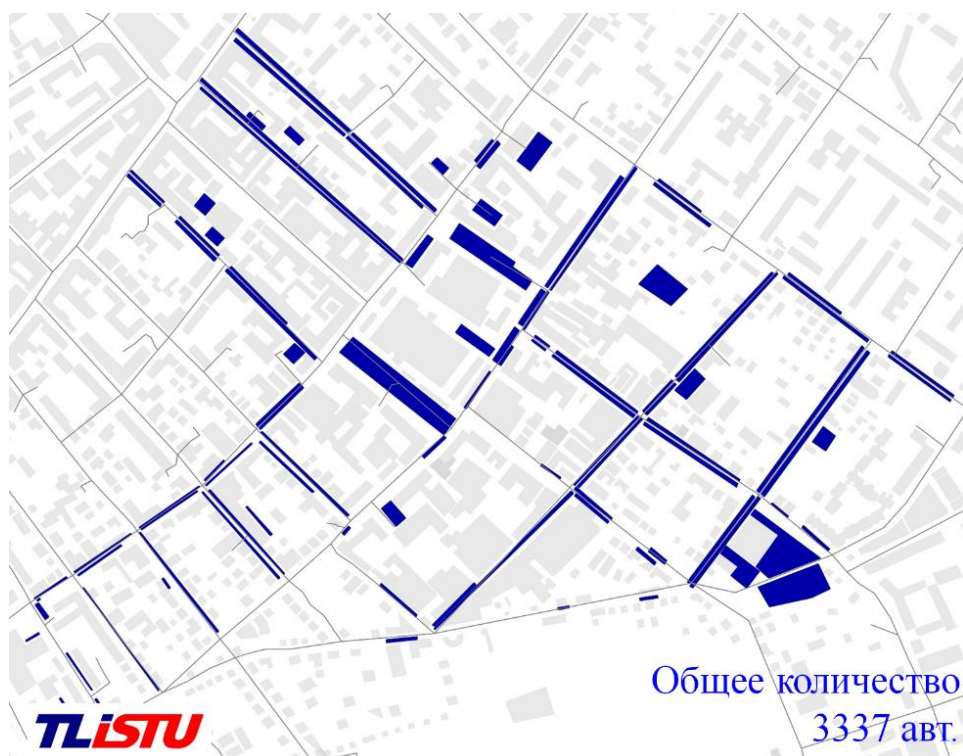


Рис. 2. Расположение паркуемых автомобилей в центральной части г. Иркутска на 2016 г.

Наибольший прирост по количеству паркуемых автомобилей наблюдается на улицах: Горная (прирост на 2730%), Софьи Перовской (прирост на 23%), Партизанская (прирост на 116%), Дзержинского (прирост 148%), Тимирязева (прирост на 38%), Фурье (прирост на 76%), Чехова (прирост на 113%). Данный прирост обусловлен возникновением за последние 9 лет новых объектов массового тяготения на исследуемой территории, в частности торговый центр «Карамель», бизнес-центр «На Горной», торговый центр «Цветной Парк» и т.д.

Для того, чтобы иметь возможность воздействовать на спрос на паркование, повышать плату за паркование или обустраивать территорию стоянками необходима полноценная разносторонняя статистика. Проблема недостаточной информации в области проектирования стоянок является актуальной не только в Иркутске.

Таким образом, для того, чтобы качественно выполнять проекты организации движения и паркования в городе в целом и в его центре в частности, принимать решение о строительстве дополнительных стоянок необходимо выполнить целый ряд исследований, которые позволят определить такие характеристики, как:

- оборачиваемость одного места на стоянке;

- продолжительность парковки с разделением по целям прибытия;
- количество посещений различных видов объектов владельцами автомобилей в течение отдельных периодов дня, и др.

Наличие такой информации позволит: разрабатывать и обновлять нормативы потребности мест парковки [1] в расчете на один метр квадратный торговли (на один кассовый аппарат в супермаркете, на одного работающего в сфере услуг), нормы. Кроме того, такие статистические данные могут использоваться в качестве исходных при моделировании транспортной системы города, что даст решения по формированию системы тарифов на парковку.

Представляется, что и для российской практики следует разрабатывать систему показателей, характеризующих качество обслуживания парковками. Для разработки проектов организации дорожного движения и парковки необходимо: выбрать критерии, определяющие уровень обслуживания парковки (разработать градацию), а также накапливать и систематизировать статистические данные, описывающих процессы парковки. Решение этих двух задач в сочетании с инструментами транспортного моделирования позволят определять оптимальные решения по организации дорожного движения и парковки в соответствии с транспортной политикой города [2 - 5].

Список использованной литературы

1. СП 42.13330.2011. Свод правил. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89» (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 № 820) – М.: ОАО "ЦПП", 2011. – 109 с.
2. Левашев А.Г. Измерение генерации посещений объектов массового обслуживания населения // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. - № 3(130). – (Сер. Наземные транспортные системы. Вып. 8). - 2014. – стр. 75-78.
3. Левашев А.Г. Моделирование транспортных коридоров в городах и агломерациях. Материалы Международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения основателя уральской архитектурной школы, профессора К.Т. Бабыкина. под ред. С.П. Постникова, Ю.С. Янковской, Е.Ю. Витюк ; ФГБОУ ВПО «Уральская государственная архитектурно-художественная академия», ОАО. Современные тенденции развития городских систем. «РЖД» Свердловская железная дорога. Екатеринбург, 2015. С. 221-223.
4. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. - 267 с.
5. Шаров М.И. Методика оценки транспортного спроса для проектов организации дорожного движения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2007. Т. 32. № 4. С. 151-154.
6. Levashev A., Mikhailov A., Golovnykh I. Modelling parking based trips // Proceedings of the VIII-th international conference on «the Sustainable City VIII», WIT Press, UK, 2013. – vol. 2. – pp. 1067 – 1076.
7. Левашев А.Г. Оценка спроса на парковку на стоянках различных объектов массового обслуживания // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 11 (82). С. 211-216.

8. Левашев А.Г. К вопросу об исследовании характеристик парковки в районе крупных центров обслуживания // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 3 (50). С. 55-59.

УДК 656.032:311.215

Проведение социологического опроса пассажиров о возможном уровне тарифа на перевозки автобусами-экспрессами

О.Г. Коптелов

ЗАО «Фита» 127051, г. Москва, Неглинная улица, дом 17, строение 1.

Приведен пример проведения опроса пассажиров для дальнейшего определения величины тарифа на перевозки автобусами-экспрессами.

Ключевые слова: пассажирские перевозки; тариф; оценка транспортного спроса; опрос пассажиров; определение величины тарифа.

При установлении тарифа на пассажирские перевозки возникает противоречие. Пассажирские автотранспортные предприятия (ПАТП) стремятся максимизировать доход, одновременно пассажиры желают заплатить за услугу ту цену, которую считают справедливой.

Другая проблема заключается в том, что пассажирские перевозки транспортом общего пользования имеют большую социальную значимость и это ведет к необходимости максимального удовлетворения транспортных потребностей населения, в то время, как при росте тарифов происходит сокращение платежеспособного спроса. Эти проблемы могут быть эффективно решены в результате согласования обеими сторонами транспортного процесса взаимоприемлемой величины тарифа.

Примером определения величины тарифа с учетом мнения пассажиров может служить работа, проведенная автором некоторое время назад в Ярославле, где была реализована система специализированных перевозок автобусами-экспрессами с железнодорожного вокзала в отдаленные районы города пассажиров поезда Москва - Ярославль, прибывавшего в город поздно вечером. Данные перевозки пользовались большой популярностью, их годовой объем достигал 250 тыс. человек.

Пассажирам эти виды транспортных услуг давали следующие преимущества в виде повышения качества перевозок:

- экономию времени; движение автобусов в режиме «экспресс» увеличило скорость сообщения на 20% по сравнению с обычными перевозками по городским автобусным маршрутам;
- сокращение количества пересадок; пассажиров девяти специализированных маршрутов перевозили в прямом сообщении, таким образом, они не затрачивали время на пересадки, экономия времени составляла при этом от 10 до 15 минут;
- гарантию того, что автобус не отправится на маршрут до прибытия поезда;
- повышение комфортабельности поездки; одновременная подача 14 автобусов снижала показатель наполняемости в 2-2,5 раза по сравнению с аналогичным

показателем для автобусов, осуществляющих перевозки на обычных городских автобусных маршрутах.

Что давали эти перевозки ПАТП г. Ярославля? Повышенные ежегодные убытки, связанные с эксплуатацией указанных автобусов-экспрессов. В первую очередь это было связано с тем, что себестоимость перевозок в 3-5 раз превышала установленные на них тарифы.

Для того, чтобы предотвратить повторение подобных ситуаций, необходимо чтобы ПАТП более точно определяло величину тарифа, которая приведет к безубыточной работе и, чтобы пассажиры были согласны с этим. Установление тарифов при внедрении новых видов транспортного обслуживания предполагает меры согласования с местными органами власти, представляющими в данном случае интересы населения. Согласие населения на предлагаемую величину тарифов может быть определено в результате социологического обследования методом опроса потенциальных пассажиров.

В социологических обследованиях используются только бесповторные выборочные опросы, поэтому респондентов опрашивают однократно. Проведение выборочного опроса должно обеспечить точность соответствующей вероятности 0,95 в интервале $\pm 5\%$, что достаточно для обоснования принимаемых решений [1]. Предварительно было осуществлено обоснование численности выборочной совокупности для бесповторной выборки:

$$n = \frac{t^2 \alpha^2 N}{\Delta^2 N + t^2 \alpha^2} ,$$

где t - кратность средней ошибки выборки;

α - дисперсия генеральной совокупности;

N - генеральная совокупность;

Δ - предельная ошибка выборки.

Вместо неизвестного параметра α^2 подставляется его оценка S^2 (при $S^2 = 0,25$ численность выборки определяется с запасом). Значение предельной ошибки Δ выбирается не более 5% (или в долях $\Delta = 0,05$). Для $n > 30$ $t \approx 2$, что соответствует вероятности $\gamma = 0,95$.

В работе [2] предлагается несколько иной способ определения численности выборочной совокупности при проведении опроса пассажиров, но сопоставление показывает близость вычисляемых результатов.

В рассматриваемом случае опрос производился в поезде Москва-Ярославль во время его движения, до прибытия в пункт назначения. В анонимной анкете предлагалось ответить на 2 вопроса:

1. Воспользуетесь ли Вы сегодня для поездки от железнодорожного вокзала до места Вашего жительства специально поданными автобусами-экспрессами?

2. Воспользуетесь ли Вы этими автобусами в будущем, если качество перевозок улучшится, а плата за проезд увеличится и составит X рублей (было роздано равное количество анкет с четырьмя различными вариантами величины тарифа).

Поскольку опрос происходил несколько лет назад, абсолютные значения предлагаемых в анкетах тарифов в связи с инфляционными процессами уместно заменить в данной работе их условными значениями: A, B, C, D рублей. При этом на момент проведения опроса значение A превышало действующий тариф в 2 раза, а значения B, C, D также превышали каждое предыдущее на ту же величину в абсолютном выражении в арифметической прогрессии.

Всего было роздано 380 анкет (с 20% запасом от рассчитанной выборочной совокупности). Возвращено 92% розданных анкет – 350 ед.

Полученные на поставленные вопросы ответы были проанализированы. На вопрос о желании воспользоваться автобусами-экспрессами после прихода поезда в г. Ярославль положительно ответили 68,3% опрошенных. Эта доля примерно соответствует удельному весу населения Ярославля, проживающего в четырех отдаленных районах города (73%). Именно для этой категории населения и были организованы рейсы автобусов-экспрессов.

При анализе ответов на второй вопрос о готовности платить повышенный тариф за повышенное качество обслуживания были исключены анкеты с отрицательным ответом на первый вопрос, как искажающие уровень спроса со стороны реальных пассажиров автобусов-экспрессов.

В зависимости от изменения величины тарифов были получены следующие значения уровня спроса: *A* рублей – 90,8%, *B* рублей – 89,4%, *C* рублей – 77,8%, *D* рублей – 68,7%. При этом спрос на перевозки при действовавшем в тот момент времени тарифе не может быть принят за 100%, так как по результатам опроса было видно, что существовавшее качество перевозок автобусами-экспрессами не удовлетворяло 5-8% опрошенных – это те пассажиры, которые для поездки воспользовались автомобилями-такси или личными автомобилями встречающих. Исходя из этих результатов, была построена кривая изменения спроса на транспортную услугу (рисунок).

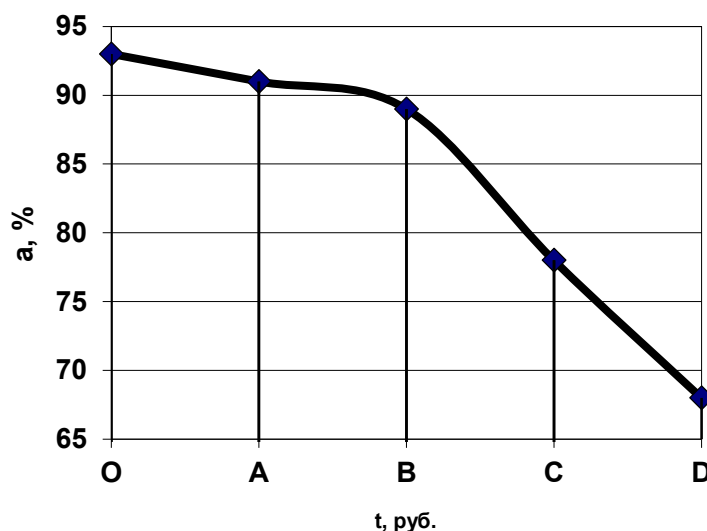


Рис. 1. Изменение спроса на транспортную услугу в зависимости от предлагаемого тарифа (*a* – удельный вес потенциальных пассажиров, согласных совершить поездку с тарифом *t*).

Дифференциация результатов опроса по маршрутам (респонденты по желанию проставляли в анкетах номера необходимых им маршрутов) не принесла желаемого результата – выявления изменения показателей спроса в зависимости от длины маршрута. Фактически из 75 пассажиров, перевезенных в день опроса автобусами-экспрессами по маршруту № 20, было опрошено только 39 человек, при минимально необходимой величине 63 человека. Поэтому уровень спроса был определен в целом по всей системе экспрессных маршрутов.

Результаты опроса показали что, несмотря на значительное сокращение платежеспособного спроса на перевозки, максимальный доход для ПАТП принес бы вариант с тарифом *D* рублей. Однако то обстоятельство, что изменение тарифа с *A* до *B* рублей за поездку практически не повлияло на сокращение спроса (-1,4%), а при переходе от тарифа *B* рублей к тарифу *C* рублей происходило значительное сокращение спроса (-13%) и послужило основанием для рекомендации об установлении тарифа на поездку на автобусе-экспрессе в размере *B* рублей.

Список использованной литературы:

1. Цыба В.Т. Математико-статистические основы социологических исследований. - М.: Финансы и статистика, 1981. - 255 с.
2. Михайлов А.Ю., Тарханова Н.В., Яценко С.А. Методические рекомендации по проведению обследования транспортной подвижности льготных категорий населения анкетным методом // Вестник ИрГТУ. - 2013. - №12 (83). - С. 190-193.

УДК 629.7

Опыт зарубежных стран в организации авиатранспортного обслуживания северных регионов

А.В. Кравченко

Сибирский государственный аэрокосмический университет, 660014,
г. Красноярск, пр. имени газеты «Красноярский рабочий», 31

Проведен краткий анализ проблем авиационных перевозок в России и опыта авиатранспортного обслуживания северных районов США и Канады.

Ключевые слова: север, ресурсы, удаленность, воздушный транспорт, авиация, аэродром, маршруты, тарифы, программа.

Ряд особенностей развития северных районов таких стран, как США на Аляске, северной части Канады и Гренландии, похожи с северными районами России по природно-климатическим условиям, дефицитности трудовых ресурсов, рассредоточенности населенных пунктов и их удаленности от экономически развитых районов, а также слабому развитию транспортной сети. Такое положение объясняет некоторую схожесть структур перевозок в этих районах. Поэтому опыт транспортного обслуживания на севере США и Канады представляет интерес и для северных регионов России.

Там и там существуют проблемы обеспечения авиационных перевозок. Так например в России субсидирование приобретения региональной авиационной техники, а также выполнения региональных рейсов хоть и позволило российским перевозчикам возобновить маршруты не только в европейской части страны, но также в Сибири и на Дальнем Востоке, где в силу меньшей распространенности наземного транспорта авиационные перевозки более актуальны, однако законодательная база, которая обеспечивает субсидирование, несовершенна, в результате и перевозчики, и региональные власти сталкиваются с дополнительными проблемами. Это прежде всего разные правила по предоставлению субсидий в разных регионах. А значит необходимо в субъектах унифицировать правила выделения

субсидий на межрегиональные маршруты. Процедура софинансирования оказывается очень непростой, поскольку решение необходимо проводить через законодательное собрание субъектов федерации РФ.

Еще одной проблемой является не всегда однозначный выбор маршрутов субсидирования со стороны региональных властей., на которых авиакомпаниям предоставляются субсидии. Порой субсидируются маршруты, по которым не летали и не будут, т.к. существует возможность перемещаться автомобильным и железнодорожным транспортом.[1]

Так, например, в Канаде предприятия, обеспечивающие строительство индустриальными конструкциями, расположены в районах южного и среднего поясов страны на расстоянии 800 - 3500 км от строительных площадок, как и в России. Так при строительстве промышленного комплекса Шеффервил, вдоль трассы дороги было построено 14 взлетно-посадочных полос, и легкомоторные самолеты регулярно осуществляли перевозки людей, строительных материалов, оборудования и продовольствия: за 27 месяцев было перевезено 139 тыс. пассажиров и 85 тыс. т груза и выполнено строительство железной дороги протяженностью 580 км.[2] Даже с учетом того что, определенное количество взлетно-посадочных полос демонтируется после окончания строительства, оставшиеся дооборудуются и функционируют постоянно. Людские ресурсы для работы на объектах разделяются на две категории. Первая – это те кто приезжает на вахту. Вторая – это те кто живет в образованных населенных пунктах постоянно. Таким образом образуются условия для создания коммерческих маршрутов.

В расчете на территорию на Аляске аэродромов в 5-6 раз больше, чем в остальных районах США (52 на 100 тыс. км). На канадском Севере, только в пределах Юкона и Северо-Западных территорий, насчитывается 106 аэродромов и посадочных площадок. Большинство нефтяных компаний строит ВПП своими силами, затрачивая на зимние временные площадки до 400 тыс. долларов и на гражданские, действующие круглый год, до 700 тыс. долларов.

Таким образом высокая насыщенность северных территорий посадочными площадками и аэродромами дает возможность создания новых маршрутов.

Развитие воздушного транспорта идет в направлении усовершенствования аэродромов и аэронавигационной службы. Так аэропорты Анкоридж и Фэрбенкс, имеющие международное значение, оборудуются новейшими средствами автоматического привода, обеспечивающими более 100 каналов одновременной посадки и взлета самолетов.

Еще одним положительным опытом является создание упаковочных центров, где грузы комплектуются в поддоны и контейнеры для последующей отправки авиатранспортом на Север. Примером является аэропорт Фэрбенкс использующейся в качестве базового.[3]

Учитывая всю уникальную организацию авиатранспортного обслуживания северных районов, канадское правительство от реализации фрагментарных региональных мероприятий перешло к выработке «тотальных» региональных программ (таких как «Лицом к Северу», «Дорога к ресурсам» и др.), относящихся ко всем северным территориям. Были предложены конкретные меры по экономическому стимулированию частного капитала.

В рамках общенациональных программ развития Севера особое значение приобрела идея создания и развития северных городов.

Опыт США в вопросах авиационного обслуживания "малых" населенных пунктов отображенный на рисунке 1. [4]

Цель обеспечить свободу передвижений, чтобы каждый житель страны мог добраться в любую точку мира по приемлемой цене. Суть опыта состоит в том, что составляется список «малых» населенных пунктов, выбирается минимальный стандарт обслуживания, делается постоянный мониторинг эффективности. На Аляске 82% пунктов вообще не имеют доступа к дорогам и поэтому малая авиация для населения жизненно важна, включая доставку грузов по воздуху. Люди летают в 8 раз чаще, чем в остальной Америке и перевозят по воздуху около 1 тонны грузов в год, что в 39 раз больше чем в среднем по стране на 1 жителя. В настоящее время 45 аэропортов Аляски обслуживаются программой EAS(субсидирования). Анализ показал, что почти половина пунктов из списка имеют в радиусе 125 миль (200 км) аэропорт-ХАБ, который обслуживается низко-бюджетными перевозчиками. Это следует учитывать, так как имеют место значительные "утечки" пассажиров через такие аэропорты минуя местные аэропорты по программе EAS (программы федерального субсидирования США). На рисунке точками показаны "местные" аэропорты континентальной Америки. Крупные аэропорты (звездочки) и аэропорты, обслуживаемые низко-бюджетными авиакомпаниями (плюсы) очерчены зоной в 100 миль (160 км). Из рисунка видны местные аэропорты, которые не попадают в зоны притяжения крупных аэропортов ХАБ (звездочки) и низко-бюджетных (плюсы). Именно такие аэропорты могут субсидироваться по программе EAS действующей в США.

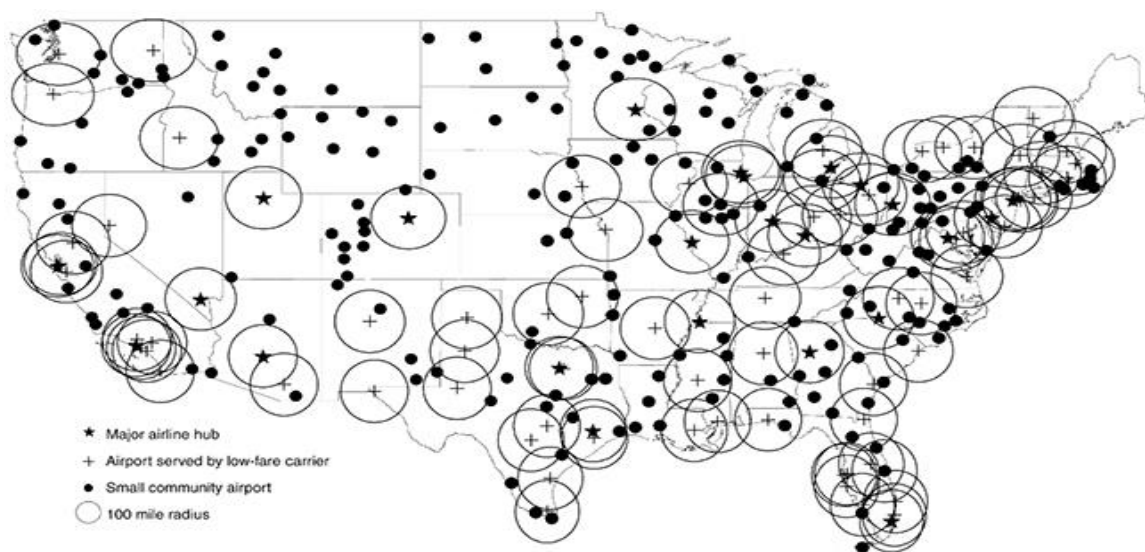


Рис.1 - Структура перевозок в США

В США был определен Базовый уровень сервиса который, по сути явился "минимальным стандартом обслуживания", представляет:

- Наличие одной регулярной авиалинии из близлежащего местного аэропорта до среднего или крупного аэропорта ХАБ в классификации FAA. На Аляске минимум частоты рейсов равен 2-м рейсам в неделю.
- Рейсы выполняются одним перевозчиком
- Рейсы должны быть не более чем с одной промежуточной посадкой.
- Расписание полетов должно быть удобным для стыковок в аэропорту ХАБ с рейсами других авиакомпаний.

- Тарифы должны быть на уровне, принятом перевозчиками в данном регионе. Также должны быть тарифные соглашения с крупными перевозчиками для организации пересадок в аэропортах ХАБ по сквозным тарифам и возможностями резервирования сложных маршрутов в системах резервирования.

В связи с более низкими тарифами малобюджетных перевозчиков и удобными стыковками в аэропортах ХАБ, пассажиры стали часто уходить на другие виды транспорта. Они едут в такие аэропорты ХАБ на ж.д. или авто даже на расстояния более 200 км, особенно на современных автомобилях по хорошим дорогам с увеличенными лимитами скоростей. Использование мультимодальных маршрутов снижает стоимость путешествий и пассажиры ими охотно пользуются. Для повышения эффективности EAS, необходимо обслуживание должно производиться самолетами с 2-мя двигателями и с 2 -мя членами экипажа, высота полетов не менее 8000 футов (5000 метров) с герметизированной кабиной. Авиаперевозчик должен иметь воздушные суда для полетов на малые расстояния, наличие интерлайн-соглашений с крупными авиакомпаниями для полетов пассажиров на одном билете через аэропорты ХАБ. В настоящее время большинство местных маршрутов EAS обслуживаются самолетами:

- реактивными самолетами CRJ-200, Bombardier, 50 мест
- поршневыми C-402, Cessna, 9 мест,
- турбовинтовые SAAB-340, 34 мест.

Налицо еще одна реальная проблема DOT (DOT (Department Of Transportation), аналог МинТранса).

- нехватка перевозчиков для программы EAS. Некоторые авиакомпании не хотят заниматься этим рынком даже с субсидиями, так как многие условия не стабильны. Поэтому положительный опыт предусматривает стабильность условий предоставления услуги учитывающий сроки лизинговых контрактов.

Еще одним из путей повышения эффективности гражданской авиации в настоящее время является использование конвертируемых самолетов, т. е. таких, которые в процессе эксплуатации легко переоборудуются из пассажирского варианта в грузовой или пассажиро-грузовой. Таким образом для успешного осуществления авиатранспортного обслуживания северных территорий необходима продуманная политика государства.

Список использованной литературы:

1. Опыты над региональными авиаперевозками 28 октября 2014 Полина Звезева АТО №153, октябрь 2014
2. Зарубежный опыт авиатранспортного обслуживания северных районов В. А. Серова <http://pandia.ru/text/77/306/14909.php>
3. Региональная политика Канады. http://psyera.ru/regionalnaya-politika-kanady_8215.htm
4. Опыт США в обслуживании населенных пунктов. <http://www.ato.ru/content/opyt-ssha-v-aviacionnom-obsluzhivanii-malyh-naselennyh-punktov>

УДК 656

**К вопросу о сетевых критериях оценки качества функционирования
улично-дорожной сети городов***А.Ю. Михайлов, М.И. Шаров, Н.И. Карелин*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В данной статье представлен обзор критериев оценки качества организации дорожного движения (ОДД) и методик оценки качества. Рассмотрен обзор понятия «транспортная конгестия».

Ключевые слова: Оценка качества, транспортное планирование

Оценка качества и надежности функционирования дорожных сетей, городских улично-дорожных сетей (УДС) тесно связаны с другим понятием – транспортной конгестией (Traffic Congestion или просто Congestion) [4,7-14].

Термин Congestion широко используется в современной международной специальной литературе и периодике, посвященной транспортным проблемам функционирования дорожных сетей, транспортных систем городов и агломераций. При этом он распространяется на разные виды транспорта и элементы транспортной инфраструктуры (например, пешеходные коммуникации или наполнение подвижного состава общественного пассажирского транспорта).

Перевод Congestion как транспортного термина представляет определенную сложность, поскольку им обобщенно обозначается целая совокупность характеристик состояния УДС и городских транспортных систем. Различные формулировки понятия Traffic Congestion приводятся как в профессиональных изданиях, так и в популярных публикациях, электронных словарях и энциклопедиях (например, <http://www.wordiq.com>). Рассмотрим несколько примеров из профессиональной литературы.

Например, департамент транспорта штата Миннесота (MnDOT) [7] определяет Traffic Congestion как состояние транспортного потока, которое может возникать при его движении со скоростью меньше 45 миль/ч и указывает, что «...это определение не распространяется на задержки, возникающие при скорости более 45 миль/ч...». Далее поясняется причина выбора скорости 45 миль/ч. Ударные волны, возникающие при этой и меньшей скорости, по своему негативному воздействию на поток транспортных средств отличаются от ударных волн, возникающих при скорости большей, чем указанная.

Существуют и более обобщенные определения рассматриваемого термина. Международный центр транспортных исследований (Joint Transport Research Centre), созданный в 2004 г. Организацией экономического сотрудничества и развития (OECD) и Европейской конференцией министров транспорта (ECMT), в своем методическом документе Managing Urban Traffic Congestion [12] констатирует отсутствие общепринятого определения и приводит следующие формулировки: ситуация, когда спрос на дорожное пространство превышает предложение; помехи, оказываемые транспортными средствами друг на друга, в соответствии с

зависимостью «скорость-интенсивность» в условиях, когда нагрузка на УДС приближается к величине ее пропускной способности; различие между ожидаемым пользователями качеством функционирования УДС и реальным ее состоянием.

Последняя из представленных выше формулировок может стать основой универсальной оценки качества функционирования транспортных дорожных сетей, транспортных систем и УДС городов.

Учитывая чрезвычайно широкий контекст, в котором рассматривается и применяется термин *Traffic Congestion* (снижение скорости сообщения, исчерпание пропускной способности, рост задержек транспортных средств, образование очередей и ударных волн), представляется возможным переводить его как состояние высокой загрузки УДС, при котором объемы дорожного движения приближаются к пропускной способности или превышают ее. В соответствии с этим можно дать определения целому ряду терминов: *Congestion Management* – управление транспортной системой и транспортным спросом с целью снижения нагрузок на УДС и предупреждению транспортных заторов; *Alleviating Traffic Congestion*, *Traffic Congestion Reduction*, *Traffic Congestion Mitigation* – методы, средства (инструментарий) снижения нагрузок на УДС и уменьшения вероятности возникновения транспортных заторов.

Наиболее важным является, то, что различают два принципиально разных вида конгестии: *нерекуррентную* (*nonrecurrent congestion*) – возникающую в результате случайных событий (аварий, погодных условий, стихийных бедствий, строительных работ и т.д.); *рекуррентную* (*recurrent congestion*) – систематически повторяющиеся (как по времени, так и по месту возникновения) высокие транспортные нагрузки, снижающие качество функционирования транспортной системы города)

Нерекуррентная и рекуррентная конгестии; оцениваются разными количественными показателями; отличаются мерами их снижения; относятся к компетенции совершенно разных специалистов.

Примечательно, что факт существования нерекуррентной конгестии (т.е. случайно возникающей и потому не поддающейся прогнозу) вызвал очень взвешенное и аккуратное формулирование профессиональных задач: снижение конгестии (*Congestion Reduction*); смягчение конгестии (*Congestion Alleviating*).

Количественное измерение конгестии стало предметом многочисленных исследований, в результате которых предложен широкий перечень критериев, указанных в таблице 1.

Нерекуррентную конгестию, как результат воздействия случайных факторов, оценивают, например, средней продолжительностью передвижения и ее стандартным отклонением.

Рекуррентная конгестия характеризуется другими показателями, например, временным индексом – отношением затрат времени на передвижение в пиковый период времени к затратам во внепиковый период.

В многочисленных зарубежных источниках приводят наблюдаемое в последнее десятилетие соотношение двух видов конгестии: в США (рис. 1) нерекуррентная – 60% (дорожные инциденты – 25%; погодные условия – 15%; строительные работы – 10%; неэффективное регулирование движения – 5%; специальные мероприятия – 5%); рекуррентная (нехватка пропускной способности) – 40%; в Германии наблюдается достаточно похожее соотношение: нерекуррентная – 64%

(дорожные инциденты – 33%, дорожно-строительные работы – 31%); рекуррентная – 36%.

Таблица 1

Количественные характеристики конгестии [11]

Критерий	Описание критерия
Уровень обслуживания	Отношение интенсивности к пропускной способности (перегона, пересечения, развязки)
Уровень продолжительности передвижения	Отношение продолжительности поездки в пиковый период к продолжительности поездки в условиях свободного потока (оценивается влияние постоянных факторов)
Индекс продолжительности передвижения	Отношение продолжительности поездки в пиковый период к продолжительности поездки в условиях свободного потока (оценивается влияние постоянных и случайных факторов)
Доля продолжительности поездок в условиях высокой загрузки транспортной системы	Доля транспортных средств или людей, передвигающихся в пиковые загрузки транспортной системы города
Доля участков с высокой загрузкой	Доля участков с высокой загрузкой от общей протяженности УДС
Доля полос движения	Доля полос движения с высокой загрузкой от суммарной протяженности всех полос движения УДС
Годовая задержка	Суммарная дополнительная задержка, вызванная высокой загрузкой транспортной системы города
Средняя годовая задержка	Средняя дополнительная задержка, вызванная высокой загрузкой транспортной системы города, в расчете на одного человека в год
Суммарный дополнительный расход топлива	Суммарный дополнительный расход топлива, вызванный высокой загрузкой транспортной системы города
Душевой расход топлива	Средний дополнительный расход топлива, вызванный высокой загрузкой транспортной системы города, в расчете на одного человека в год
Суммарный ущерб	Суммарный ущерб за год, вызванный высокой загрузкой транспортной системы города
Ущерб в расчете на жителя	Средний ущерб, вызванный высокой загрузкой транспортной системы города, в расчете на одного человека в год
Ущерб в расчете на пользователя УДС	Средний ущерб, вызванный высокой загрузкой транспортной системы города, в расчете на одного водителя в год
Средняя скорость движения	Средняя скорость движения транспортных потоков в пиковые периоды
Среднее время передвижений по трудовым целям	Среднее время маятниковых передвижений к месту работы и обратно в расчете на одного человека в год

Критерий	Описание критерия
Среднее время передвижений	Среднее суммарное время передвижений в расчете на одного человека в год

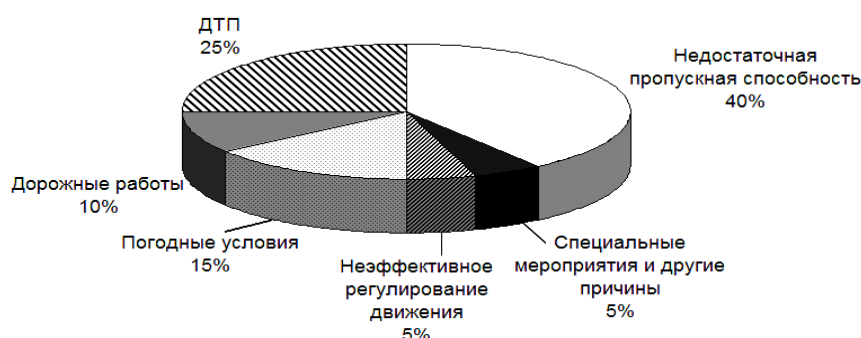


Рис. 1. Соотношение между постоянными и случайными факторами, обуславливающими высокую загрузку УДС, снижения скоростей движения и возникновения заторов в США [12]

В современных условиях особый интерес представляют методы оценки условий дорожного движения, которые могут рассчитываться на данных мониторинга текущего состояния транспортных потоков. Использование данных GPS и ГЛОНАСС-треков навигационного оборудования транспортных средств позволяет осуществлять оценку и контроль качества организации дорожного движения в режиме реального времени и при этом значительно снижать их трудоемкость. Транспортная лаборатория ИрГТУ выполняет исследования по разработке оценке качества и надежности функционирования городских транспортных систем и УДС на основе следующих критериев: временной индекс; критерий Германа-Пригожина [15].

Список использованной литературы:

1. Блинкин М.Я., Ткаченко Б.А. Системная оценка условий движения на базе модели Германа-Пригожина // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния, Екатеринбург: Изд-во АБМ, 2009. – С.135–143.
2. Румянцев, Е.А. Об эффективности критериев для оценки условий движения транспортных потоков // Сб. докл. девятой междунар. конф. Организация безопасности дорожного движения. – Санкт-Петербург, сент. 2010. – С. 121–123.
3. Румянцев Е.А. Оценка условий дорожного движения на основе критерия Германа // Всероссийская научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. «Наука. Технологии. Инновации». – г. Новосибирск, издательский центр ФГБОУ ВПО НГТУ, ноябрь 2012. С.-321-325.
4. A toolbox for alleviating traffic congestion and enhancing mobility//Institute of Transportation Engineers, Publication No. IR- 054B, 1997. – 119 p.
5. Herman R., Ardekani S.A. “Characterizing traffic conditions in urban areas,” Transportation 45 Science 18 (2), 1984, pp. 101-140.
6. Herman R., Prigogine I. A two-fluid approach to town traffic//Science, Vol. 204, 1979, pp. 41 148-151.
7. <http://www.dot.state.mn.us/rtmc/reports/congestionreport2013.pdf>

8. http://www.easts.info/publications/journal_proceedings/journal2010/100398.pdf
9. <http://www.mlit.go.jp/english/white-paper/nyu-whitepaper/1998/1998010302.html>
10. http://www.ops.fhwa.dot.gov/perf_measurement/ucr/documentation
11. http://www.vtpi.org/cong_relief.pdf
12. Managing urban traffic congestion//OECD Publications, 2007. – 294 p.
13. Smeed R.J., Traffic studies and urban congestion// Journal of Transport Economics and Policy, 31 Vol. 2 (1), 1968, pp. 33-70.
14. Susilawati S., Taylor M. Travel Time Reliability Measurement for Selected Corridors in the Adelaide Metropolitan/ http://www.easts.info/publications/journal_proceedings/journal2010/100398.pdf
15. Яценко С.А. К вопросу повышения качества услуг в системе городского пассажирского транспорта общего пользования / Вестник ИРГТУ, № 12 (107) 2015 – Иркутск: изд-во ИРГТУ, 2015г.- С.307 -311.

УДК 693

Техника безопасности при производстве строительно-монтажных работ башенными кранами

Т.В. Мулланурова, Н.И. Баранчикова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматриваются вопросы техники безопасности производства строительно-монтажных работ башенными кранами при сборке конструкций и элементов зданий и сооружений и их возведении и монтаже.

Ключевые слова: *Производство строительно-монтажных работ; техника безопасности.*

Производство строительно-монтажных работ требует соблюдения правил техники безопасности, которые представлены в соответствующей нормативной документации, в частности, в СНиП 12-03-2001(часть I) и СНиП 12-04-2002 (часть II) "Безопасность труда в строительстве". Еще на стадии разработки проекта строительных работ должны предусматриваться устройство подъездных путей и внутриплощадочных дорог и проездов, ограждение площадки забором, отвод поверхностных вод, складское пространство и резервирование территории под работу подъемного крана в зависимости от вылета его стрелы.

Рабочие должны быть защищены от обрушения незакрепленных элементов конструкций зданий и сооружений; от падения вышерасположенных материалов или инструментов; от опрокидывания машин и так далее. Рабочие места должны быть удалены от передвигающихся конструкций и грузов. Также опасным является повышенное напряжение в электрических цепях, которые должны быть тщательно изолированы и заземлены.

Среди решений по охране труда должны быть предусмотрены такие мероприятия, как определение последовательности установки конструкций; обеспе-

чение безопасности рабочих мест при работе на высоте; обеспечение устойчивости устанавливаемых конструкций и частей здания в процессе сборки. Желательно предусмотреть предварительную укрупнённую сборку элементов конструкций на земле, для чего в рамках строительной площадки должна отводиться соответствующая территория.

При производстве монтажных работ запрещается одновременное выполнение других работ и нахождение посторонних лиц в зоне действия подъёмного крана и передвижаемых конструкций. На промежуточных этапах сборки необходимо соблюдать предусмотренное нормативами временное закрепление элементов сборных конструкций и оборудования. Одновременное выполнение монтажных и других строительных работ на разных этажах монтируемого сооружения нежелательно и возможно только, если это заранее предусмотрено планом производства работ и подтверждено соответствующим расчетом на действие ударных нагрузок и при наличии междуэтажных перекрытий [1].

Прикреплять к уже установленным конструкциям грузовые полиспасты, отводные блоки и другие монтажные приспособления можно только в том случае, если это предусмотрено проектом производства работ.

Начинают монтаж конструкций с наиболее устойчивой части здания или сооружения, иногда называемой ядром жесткости. Монтаж близлежащих конструкций и конструкций каждого вышележащего этажа можно производить только после предусмотренного проектом закрепления всех установленных монтажных элементов, а также только после затвердения и достижения бетонным раствором проектной прочности, заявленной в проекте производства работ [2].

Окраска и антикоррозионная защита конструкций и оборудования при выполнении её на строительной площадке, должна производиться до подъема этих конструкций на проектную отметку. На высоте окраска или антикоррозионная защита конструкций производится только в местах стыков и соединений элементов конструкции.

При монтаже конструкций зданий или сооружений монтажники должны находиться на ранее установленных и надежно закрепленных конструкциях или средствах подрачивания подъёмной установки. Последующий этаж каркаса разрешается собирать только после монтажа ограждающих конструкций на предыдущем этаже.

Одновременно с монтажом конструкций здания производится монтаж лестничных маршей и площадок, строительных подъемников, санитарно-технических блоков, а также установка ограждения. Навесное монтажное оборудование, как то: лестницы площадки и приспособления, необходимые для производства монтажниками работ на высоте, должно устанавливаться на монтируемых конструкциях до начала производства монтажных работ. Также запрещено перемещение людей на подымаемых элементах конструкций и оборудования. Переход монтажников с одной конструкции на другую осуществляется при помощи переходных мостиков, трапов и лестниц, с предварительно установленным ограждением. Если невозможно обеспечить требуемую ширину прохода при установленных ограждениях, то перемещение монтажников по установленным конструкциям, таким как фермы и ригели без применения специальных предохранительных приспособлений запрещено. К предохранительным приспособлениям относятся натянутый вдоль фермы или ригеля канат и закреплённый на нём карабином предохранительный пояс. Способ и место крепления канатов также должны

указываться в проекте производства работ. Предохранительный пояс должен применяться и при монтаже ограждающих панелей, но и при этом людям запрещено находиться под монтируемыми элементами до установки их в проектное положение.

Временное закрепление монтируемых конструкций производят при помощи расчалок. Их количество, сечение, способы натяжения и места закрепления также должен устанавливать проект производства работ. Расчалки располагаются за пределами габаритов движения транспорта и других конструкций [3].

При перемещении монтируемые конструкции также должны быть закреплены от раскачивания и вращения. Стропы должны удовлетворять требованиям СНиП 12-03 и обеспечивать возможность дистанционной расстроповки, если до замка грузозахвата больше двух метров. Строповка монтируемых элементов производится при помощи монтажных петель в местах, указанных в рабочих чертежах, и должна обеспечить подъем элементов и подачу к месту установки в положении, близком к проектному. Для проверки надежности строповки конструкции сначала поднимают на небольшую высоту, и лишь затем производят дальнейший подъем.

На время перерыва в работе оставлять поднятые элементы конструкций и оборудования на весу не разрешается. Также не разрешается установка вышерасположенных конструкций до окончательной выверки и закрепления установленных элементов.

В заключение отметим, что монтаж строительных конструкций, являются наиболее сложным и опасным процессом при производстве строительно-монтажных работ, поэтому для улучшения условий безопасности труда на современных строительных площадках стараются внедрять крупноблочный, конвейерный и безвыверочный методы монтажа. При высокоэтажном строительстве широко используется метод подрачивания как строительных конструкций, так и обслуживающего строительство башенного крана.

Список использованной литературы:

1. Теличенко В.И. Технология возведения зданий и сооружений. – М.: Высшая школа, 2004.-446с.
2. ЕНиР Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций.– М.: Стройиздат, 1988.
3. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. – М., 2003.

УДК 656.97

Пассажирский конвейер – эффективное средство обеспечения мобильности населения

Д.С. Неклева, Н.А. Елфимова, А.А. Лыткина

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Статья посвящена вопросам использования пассажирских конвейеров (траволаторов). Приведена история их использования, перечислены основные элементы и характеристики, рассмотрена область применения пассажирских конвейеров.

Ключевые слова: мобильность населения, пассажирский конвейер, движущийся тротуар, траволатор.

Пассажирский конвейер (движущийся тротуар, траволатор) представляет собой бесступенчатую движущуюся ленту, предназначенную для перемещения людей, небольших грузов и багажа на короткие и средние расстояния. Пассажирские конвейеры часто устанавливаются парами (по одному для каждого направления). Они могут перемещаться в горизонтальной и наклонной плоскости с небольшим уклоном. Одно из важных преимуществ траволатора перед эскалатором – возможность обслуживать людей с ограниченными возможностями.

Первый пассажирский конвейер был продемонстрирован на Всемирной Колумбийской выставке в Чикаго (США). Он состоял из двух секций: в одной пассажиры могли перемещаться сидя, в другой они могли стоять или идти. В Европе первый пассажирский конвейер был продемонстрирован на Всемирной выставке в Париже в 1900 году (рис. 1). Данный пассажирский конвейер состоял из трех приподнятых платформ: одна из них была неподвижна, другая имела скорость 5 км/ч, третья перемещалась со скоростью около 10 км/ч. Предполагалось, что человек сначала вступает на первую полосу и далее попеременно переходит на вторую и третью полосы. Ступить на нее прямо с неподвижной улицы было бы опасно, но перейти на нее с первой полосы не представлялось затруднительным.

Первый действующий пассажирский конвейер был установлен в 1954 году в Джерси-Сити (Нью-Джерси, США) на одной из железнодорожных станций. Данный траволатор составлял 84,5 м в длину и перемещался со скоростью 2,4 км/ч. Одним из важных вопросов, который возник у инженеров при проектировании пассажирских конвейеров, стала скорость их движения.

Например, в 2002 году экспериментальный траволатор был установлен на станции метро Монпарнас – Бьенвеню. Сначала он работал со скоростью 12 км/ч, но в связи с участившимися жалобами на падение пассажиров, его скорость была уменьшена до 9 км/ч.

В общем виде пассажирский конвейер состоит из следующих элементов [1]:

- привода конвейера;
- тормозной системы;
- пластинчатого полотна конвейера (грузонесущего элемента пластинчатого пассажирского конвейера, состоящего из пластин, объединенных тяговыми цепями) либо ленты;
- входной площадки;

- поручневого устройства;
- балюстрады (совокупности щитов, карнизов и других элементов, которые отделяют пассажиров от механизмов и металлоконструкций с целью обеспечения их безопасности и служат для создания интерьера);
- системы безопасности.

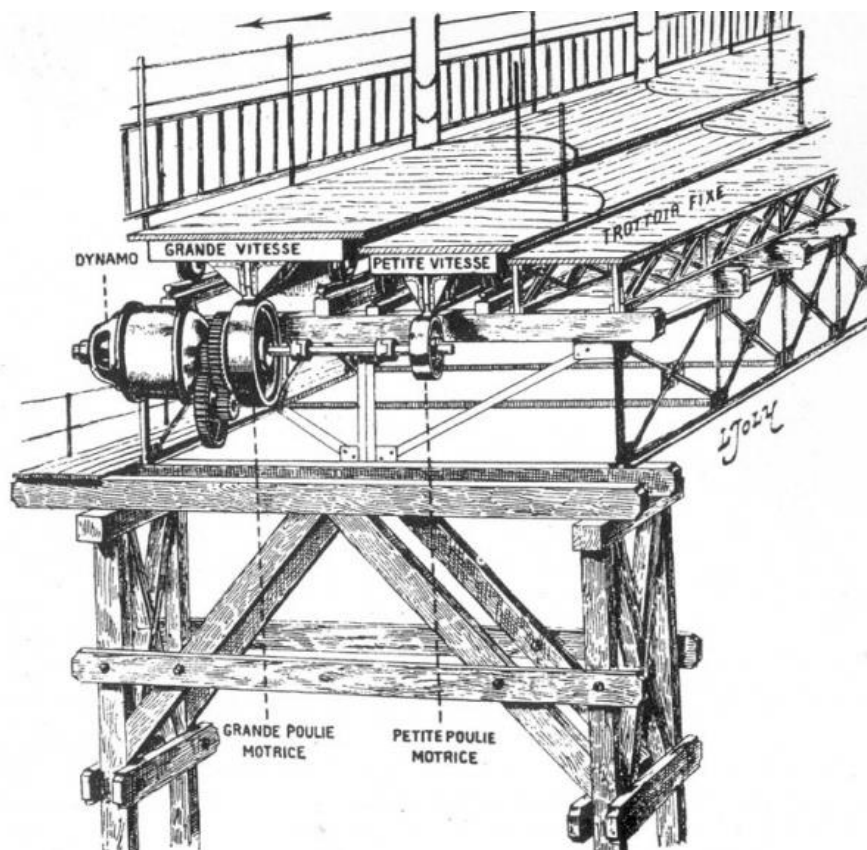


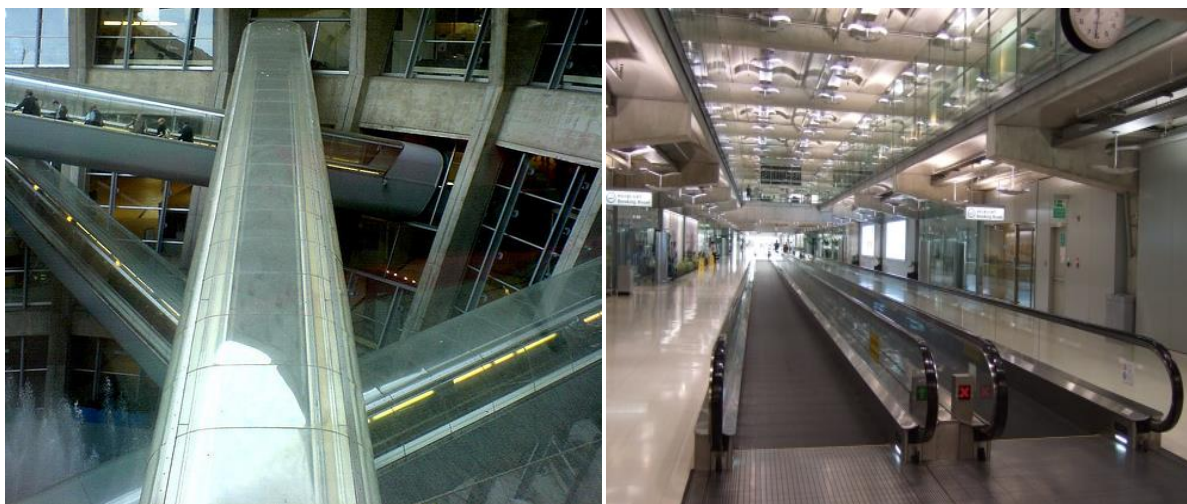
Рис. 1. Пассажирский конвейер, представленный на Всемирной выставке в Париже в 1900 году

Область применения пассажирских конвейеров достаточно обширна:

1. Пассажирские конвейеры успешно работают в аэропортах и крупных транспортных терминалах (рис.2). Здесь применение траволаторов целесообразно в связи с тем, что пассажирам с багажом или багажными тележками необходимо в короткие сроки преодолевать значительные расстояния. В аэропортах траволаторы применяются в проходах между терминалами и залами; в крупных залах; для доступа к парковкам и линиям наземного и подземного общественного транспорта [2].

2. Пассажирские конвейеры применяют на станциях метрополитена. В 2015 году в г. Санкт-Петербурге появился 300-метровый траволатор, соединяющий станцию метро «Спортивная» с вестибюлем «Спортивная – 2», находящимся на Васильевском острове.

3. Пассажирские конвейеры используются в тематических парках и парках аттракционов для облегчения передвижения, посадки на горки и аттракционы.



а) траволаторы, расположенные внутри подвесных труб, в аэропорту Шарля де Голля (Париж, Франция) б) траволатор в аэропорту Суварнабхуми (Бангкок, Таиланд)

Рис. 2. Траволаторы в аэропортах

4. В зоопарках траволаторы применяют для того, чтобы посетители могли увидеть животных в их среде обитания, для облегчения передвижения по большой территории, а также в целях обеспечения безопасности (с помощью балюстрады создается дополнительное ограждение людей от животных).

5. В музеях и на выставках траволаторы применяют в следующих целях (рис. 3):

- для просмотра экспонатов в определенной последовательности;
- для обеспечения ожидаемого эстетического эффекта;
- для обеспечения безопасности посетителей (в случае большого скопления людей).



Рис. 3. Траволатор в Национальной галерее искусств в Вашингтоне (Округ Колумбия, США)

6. В гипермаркетах и супермаркетах траволаторы используют для перемещения между этажами, что очень удобно при использовании торговых покупательских тележек.

7. В некоторых странах движущиеся тротуары помогают пешеходам перемещаться вдоль улиц, между торговыми центрами. В Сингапуре ряд траволаторов

помогает пешеходам сократить время, затрачиваемое на дорогу к острову Сентоза, который располагается на расстоянии 0,5 км от материковой части государства (рис. 4).

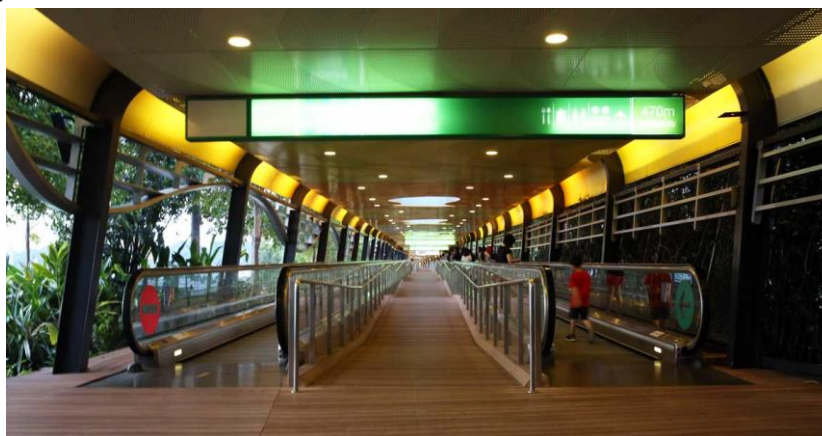


Рис. 4. Траволатор, соединяющий материковую часть Сингапура с островом Сентоза

8. Траволаторы, известные как «волшебные ковры», активно применяют на горнолыжных курортах (рис. 5). Поскольку пассажирские конвейеры не могут работать под большим уклоном, а также в силу того, что их скорость уступает фуникулерам, их используют специально для перемещения начинающих лыжников или для перевозки людей на короткие расстояния (например, в кафе, рестораны, отели).



Рис. 5. Применение траволаторов на горнолыжных курортах

Приведем основные требования к обеспечению безопасности при эксплуатации пассажирских конвейеров (в соответствии с ГОСТ Р 54765-2011) [1]:

1. Номинальная скорость движения несущего полотна пассажирского конвейера должна быть не более 0,75 м/с. Допускается увеличение номинальной скорости пассажирских конвейеров до 0,90 м/с при условии, что ширина пластин или ленты не превышает 1,10 м, а у входных площадок пластины или лента движутся горизонтально на участке не менее 1,60 м.

2. Скорость движения поручня не должна отличаться от скорости движения полотна более чем на 2%.

3. Угол наклона пассажирского конвейера не должен превышать 12°.

4. Ширина несущего полотна пассажирского конвейера должна лежать в пределах от 0,58 м до 1,1 м. Для пассажирских конвейеров с углом наклона до 6° допускается увеличение ширины до 1,65 м.

Максимальная пропускная способность пассажирских конвейеров определяется по формуле [1]:

$$\Pi = 8800 \cdot (2,1 - V) \cdot z_1 \cdot V$$

где Π – пропускная способность пассажирского конвейера, чел./ч; V – номинальная скорость, м/с; z_1 – номинальная ширина несущего полотна (пластины или ленты), м.

График зависимости пропускной способности траволатора от скорости и ширины несущего полотна представлен на рис 6.

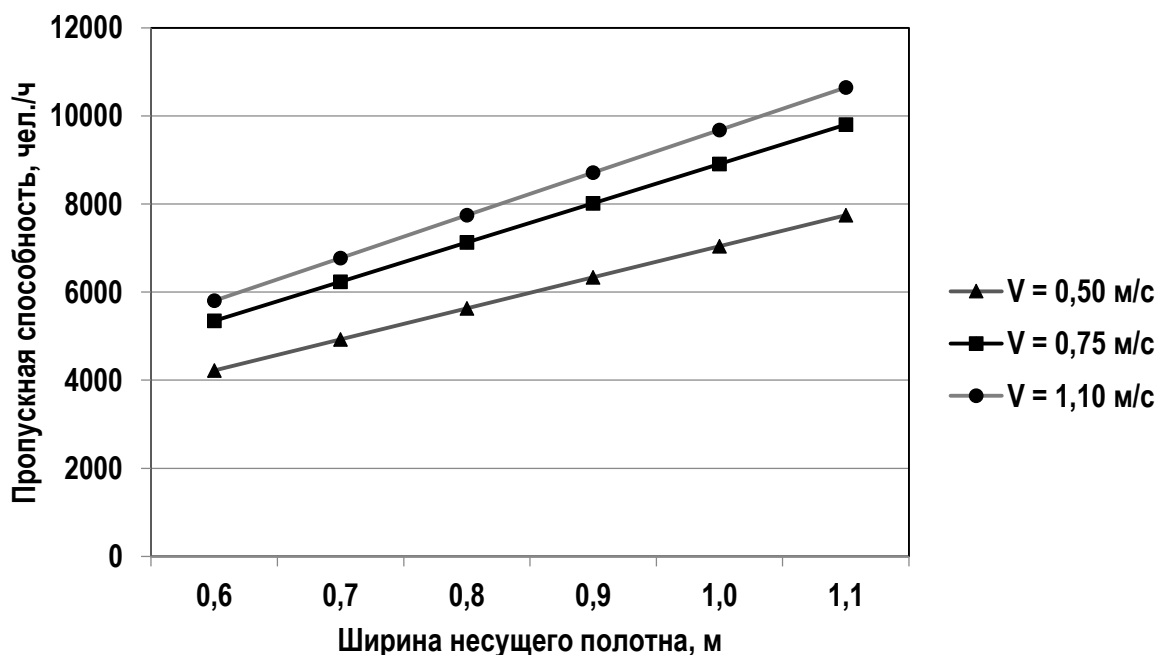


Рис. 6 – Пропускная способность пассажирского конвейера

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что пассажирские конвейеры являются эффективным средством обеспечения мобильности населения.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ Р 54765-2011 (ЕН 115-1:2010). Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Требования безопасности к устройству и установке.
2. Airport Escalators and Moving Walkways - Cost-Savings and Energy Reduction Technologies / Ashly Spevacek, Cathy Elrod etc. Transportation research board, Washington, D.C., 2014. - 53 p.
3. Kauffmann, Peter D. Traffic Flow on Escalators and Moving Walkways: Quantifying and Modeling Pedestrian Behavior in a Continuously Moving System. Virginia Polytechnic Institute, 2011. - P.91
4. К вопросу оценки спроса на пешеходную и велосипедную мобильности в крупных городах / Н.И. Карелин, М.И. Шаров // Сборник статей Международной научно-практической конференции. - Уфа, 2014. – с. 68 – 72.

Перспективы применения газового топлива в условиях Крайнего Севера

В. Нестеренко, Т. Исмагиллаев, А.А. Кузьмин

ГБПОУ «Муравленковский многопрофильный колледж»,
629602, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Муравленко, ул. Муравленко, 14.

Приведены результаты исследовательской работы студентов на тему: «Перспективы применения газового топлива в условиях Крайнего Севера»

Ключевые слова: газобаллонное оборудование; Крайний Север; показатели качества топлива; пожаробезопасность, экономичность, экологичность, долговечность.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разрешения следующих противоречий: псевдо экономичностью газобаллонного оборудования; уменьшением ресурса; потеря мощности; пожаровзрывоопасность газового топлива по сравнению с традиционными жидкими топливами; уменьшение полезного объема салона автомобиля и увеличение массы автомобиля; невозможность применения газобаллонного оборудования в условиях низких температур.

Разрешение данных противоречий позволяет определить проблему применения или отказа от газобаллонного оборудования и поиска новых альтернативных топлив.

Достижения газовой промышленности последних лет открывают большие возможности для развития газобаллонного оборудования и использования газа в качестве топлива. Природный газ может стать тем средством, который будет способствовать достижению энергетической безопасности, росту промышленного производства, развитию инноваций, улучшению экологической ситуации. Причем именно экологические характеристики природного газа как топлива являются одними из главных аргументов в пользу того, чтобы он стал играть ключевую роль для мировой энергетики в текущем столетии. По сравнению с другими видами ископаемого топлива природный газ выделяет весьма значительное количество тепла на единицу веса, однако при этом в гораздо меньшей степени загрязняет воздух продуктами сгорания.

Термин «Крайний Север» употребляется как официальный в законодательных актах, когда обозначается территория России севернее Полярного круга. По площади Север занимает 50% территории страны.

Характеристика Крайнего Севера: сверхнизкие температуры воздуха; число дней с минусовой температурой составляет около 200, в том числе до 85 дней с температурой ниже -30°C . Исходя из характеристики климата Крайнего Севера, следует, что при выборе топлива для автомобилей необходимо уделить значительное внимание их эксплуатационным свойствам при низких температурах.

Основные эксплуатационные характеристики автомобильных топлив. Рассмотрев такие показатели топлив как: бесперебойная подача в систему питания; образование и сгорание топливовоздушной смеси; пуск двигателя при низких температурах окружающего воздуха; отсутствие коррозии и коррозионных износов; минимальное образование отложений; стоимость производства и транспортирования, можно утверждать, что все топлива имеют свои достоинства и недостатки, так жидкие и газовые топлива могут эксплуатироваться как летом,

так и зимой, что является плюсом для всех топлив, однако для этого необходима определенная подготовка топлива, для жидких топлив требуется повышение легких фракций углеводородов и введение дополнительных присадок-депрессаторов, что в свою очередь влияет на их стоимость и экологичность. Газовые топлива лишены таких недостатков, особенно в части увеличения вредных выбросов.

Также стоит подчеркнуть повышенные требования к жидким топливам в части механических примесей, при наличии которых топливная система подвергается повышенному износу и в следствии дорогостоящему ремонту. Необходимо отметить высокие требования к октановому числу для бензинов и цетановому числу для дизельных топлив, их значения непосредственно влияют на эффективность, а также на «жесткость» работы двигателя, а следовательно, на ресурс эксплуатации, по этим показателям газовые топлива «обходят» своих жидких «конкурентов».

Если сравнить между собой сжиженные и сжатые газовые топлива, то с лёгкостью можно определить лидера, и так:

1. Пропан сжижается всего лишь при $+20^{\circ}\text{C}$, а хранятся под давлением 1,6 МПа, напротив сжатый метан сжижается при температуре -82°C и требуют постоянного охлаждения в связи с этим хранятся в сжатом состоянии при давлении 19,6 МПа, что влияет на конструкцию баллона, а точнее на толщину его стенки так для сжиженных нефтяных газов толщина стенки баллона составляет 3-4мм., а у сжатых природных газов в зависимости от расчетного рабочего давления от 30 - до 60мм, что в значительной степени увеличивает вес оборудования и уменьшение грузоподъемности автомобиля (так, батарея из 8 50-литровых баллонов весит более 0,5т.).

2. Из-за того, что метан хранится в сжатом состоянии, дальность ездки значительно уменьшается, в 2-2,5 раза по сравнению сжиженными газами при равных объемах баллонов.

3. Не развитая сеть АГЗС с метаном окончательно ставит «точку» в выборе лидера нашего рейтинга.

И так газовые топлива имеют ряд преимуществ перед жидкими топливами, это экологичность, увеличение ресурса двигателя на 30-40%, меньшая стоимость самого топлива и тд., однако между собой газовые топлива тоже различаются из-за значительного увеличения веса автомобиля, габаритов оборудования, уменьшенного пробега между заправками СПГ (метан) в большей степени подойдет для автомобилей с небольшим суточным пробегом, находящихся вблизи АГЗС с метаном, например это городской маршрутный транспорт (автобусы), так очевидное уменьшение вредных выбросов в отработавших газах становится явным преимуществом перед традиционными топливами.

Газобаллонное оборудование использующее в качестве топлива пропан-бутан, является наиболее перспективным при эксплуатации автомобилей.

Используемые в автомобиле, газотопливные системы различаются по принципу работы. Обычно их разделяют на пять поколений.

Бесспорно, газобаллонного оборудования V поколения имеет ряд технических преимуществ в частности возможность запуска двигателя на газе при любых отрицательных температурах, однако имеется и большой минус, это повышенное требование к качеству газового топлива. Современные производители «голубого» топлив не обеспечивают качество согласно международным стандартам, поэтому

мы остановимся внимание на газобаллонном оборудовании IV поколения. Газобаллонное оборудование IV поколения занимает немного места в подкапотном пространстве автомобиля, для не профессионала его наличие практически не заметно, при использовании тороидального баллона его наличие тоже не заметно обывателю, что делает автомобиль с газобаллонным оборудованием IV поколения не отличимым от заводского экземпляра, однако объем тороидального баллона не велик в среднем 40-50 литров, что уменьшает межзаправочный пробег, в связи с этим многие автолюбители устанавливают стандартный цилиндрический баллон, так как его объем больше, он позволяет оставить место для стандартной запаски и его цена на порядок дешевле тороидального. Какой баллон установить это зависит от целей, пожеланий и предпочтений автолюбителя.

Экономическое обоснование. Окупаемость газобаллонного оборудования при пробеге автомобиля 15 000км. в год составит менее двух лет, при расчетном сроке службы газобаллонного оборудования 5 лет, экономия на лицо. Также необходимо отметить высокое октановое число пропана и увеличение ресурса двигателя до 40% от номинального, что само по себе уменьшает издержки на проведение капитального ремонта двигателя.

Экологичность газового топлива. Выхлопные (отработанные) газы – это отработанное в двигателе рабочее тело, являющиеся продуктом окисления и последующего не полного сгорания топлива из углеводорода. Иначе говоря, отработанные газы является главным движущим элементом всех двигателей внутреннего сгорания.

Не смотря на всеобщую заблужденность наибольшую опасность в выхлопных газов несет отнюдь не угарный газ, выбрасываемый в огромных количествах, а оксид азота, чья доля в общей массе токсичных выхлопов не превышает 1%, но при этом его влияние на организм в десятки раз опаснее, чем всех остальных вместе взятых.

Меньший вред для окружающей среды — главное достоинство газового топлива по сравнению с бензином и дизелем, хотя это не определяющий пункт для автовладельцев. Выбросы двигателей, работающих на природном газе, содержат низкие уровни вредных веществ: в среднем на 65% меньше выбросов оксидов азота и на 80% меньше выбросов твердых частиц, чем дизельный двигатель, оборудованный окисляющим каталитическим нейтрализатором.

Безопасность применения газового топлива. Газ в качестве моторного топлива используется в нашей стране с 1934 г. Однако, несмотря на столь значительный опыт их эксплуатации, отношение к газовому топливу остается несколько предвзятым. В первую очередь это касается представлений о пожарной опасности газобаллонных АТС.

Анализ непосредственных причин возникновения пожаров показал, что основная из них - негерметичность газовой топливной системы (63 %). Значительно меньше (9,2 %) связано с нарушениями техники безопасности при эксплуатации и ремонте газобаллонного оборудования. В 5,8 % случаев причиной стала неисправность газового редуктора; 3 % - утечка газа на заправке; по 2 % приходится на неисправности бензинового клапана, негерметичность, вызванную механическими повреждениями, а также повреждения вследствие ДТП. При переключении с газового топлива на бензин возникло 2,5 % пожаров, а с бензина на газ - 1,5 %; столько же - во время пуска двигателя при отрицательных температурах. Кроме

того, в 0,5 % случаев пожар произошел из-за неисправностей запорочного оборудования, а в 3 % причины выявить не удалось.

По данным Академией ГПС МЧС России, ГУГПС МЧС России и Московского государственного строительного университета в 2003г., в России было зарегистрировано 400 тыс. газобаллонных автомобилей и зафиксирован 91 пожар. То есть вероятность пожара $P_{ГБА} = 91/4 \cdot 10^5 = 3 \cdot 10^{-4}$. Число АТС на жидком топливе составляло - 22 млн. ед., и на них произошло 19 184 пожара. Соответственно вероятность возникновения пожара на "жидкотопливном" автомобиле составляет $P_{АЖТ} = 19\,184/22 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^{-4}$. Цифры сами говорят за себя, отношение вероятности пожара газового топлива к жидкому, развенчивают слухи об опасности газового топлива и ставят под вопрос безопасность традиционных топлив.

Анализируя возникновения пожаров на газобаллонных автомобилях можно утверждать о следующих причинах происшествий:

- не своевременное проведение технического обслуживания газобаллонного оборудования;
- проведение технического обслуживания и ремонта своими руками или у автомехаников не соответствующей квалификации (кустарщиков);
- нарушения технологии монтажа газового оборудования.

Все эти причины легко устранить, следуя простым правилам эксплуатации газобаллонных автомобилей.

Таким образом, природный газ может быть использован в автомобильном транспорте для сокращения загрязнения от сжигания нефтяного моторного топлива. По сравнению с традиционным транспортом автомобили, использующие сжиженный природный газ, выделяют СО на 90-97% меньше, СО₂ – на 25%, оксидов азота на 80%, других неметановых углеводородных выбросов – по меньшей мере на 50-75%. Кроме того, из-за относительно простого состава природного газа по сравнению с традиционным моторным топливом происходит меньший выброс токсичных и канцерогенных веществ и практически отсутствуют выбросы твердых частиц. Помимо высокой экологичности, преимущество использования природного газа в качестве моторного топлива заключается в его дешевизне по сравнению с бензином, а также в повышении срока службы двигателя и высокая пожаробезопасность оборудования.

Исходя из анализа проведенного исследования, можно рекомендовать автолюбителям применение газового топлива как достойную альтернативу традиционному жидкому топливу, обладающему ряду неоспоримых преимуществ, однако необходимо правильно выбирать газобаллонного оборудования, конечно же, это:

- газобаллонного оборудования IV поколения;
- лицензированные установщики оборудования;
- своевременное техническое обслуживание и ремонт оборудования.

Эти три простых правила сделают эксплуатацию автомобиля более долговечной, экологичной, пожаробезопасной и экономически выгодной.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ Р 54942-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. Газобаллонные автомобили с искровыми двигателями выбросы вредных (загрязняющих) веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.

2. ГОСТ П.2.2.06—99 «Охрана природы».
3. ГОСТ 25828-83 Гептан нормальный эталонный. Технические условия.
4. На наш век хватит/Взгляд деловая газета. Режим доступа к газете. URL <http://vz.ru/economy/2012/11/2/605487.html> (дата обращения: 01.02.2016).
5. С бензина на газ: плюсы и минусы. Режим доступа. URL <http://zscxxx.narod.ru/tex/2.htm> (дата обращения: 03.12.2015).
6. PRO-GAS/Газ и экология/Газ и экология. Режим доступа. URL http://www.pro-gas.ru/ecolog/ecol_full/ (дата обращения: 11.03.2016).
7. PRO-GAS/Газ и экология/Газ как топливо. Режим доступа. URL <http://www.pro-gas.ru/fuel/> (дата обращения: 11.03.2016).
8. Плюсы и минусы использования газового топлива в автомобилях/ Газета Аргументы и Факты. Режим доступа к газете. URL <http://www.aif.ru/auto/support/44311> (дата обращения: 09.02.2016).
9. Состав выхлопных газов/livejournal Режим доступа к журналу. URL <http://nkps.livejournal.com/4774.html> (дата обращения: 01.02.2016)
10. Выхлопные газы состав/Экологический справочник. Режим доступа к справочнику. URL <http://ru-ecology.info/term/15440/> (дата обращения: 01.02.2016).
11. Выхлопные газы/ Материал из Википедии — свободной энциклопедии. Режим доступа к энциклопедии. https://ru.wikipedia.org/wiki/Выхлопные_газы (дата обращения: 26.02.2016)
12. Виды и типы газобаллонного оборудования, их классификация. Режим доступа. <http://prosedan.ru/vidy-i-tipy-gazoballonogo-oborudovaniya-ih-klassifikaciya> (дата обращения: 12.03.2016).
13. Пожарная безопасность газобаллонных автомобилей/ Журнал "Автомобильная промышленность", 2006 год, № 2/ Г.В. Васюков, д-р техн. наук А.Я. Корольченко, канд. техн. наук В.В. Рубцов, Академия ГПС МЧС России. Режим доступа к журналу. <http://www.avtomash.ru/guravto/2006/20060222.htm> (дата обращения: 09.02.2016).
14. Вы всё ещё ездите на газу? Ставить не ставить?/Главная дорога. Режим доступа к телевизионной программе.

УДК 629.113

Исследование влияния температуры на параметры гидропневматических подвесок

А.Г. Осипов, И.Т. Поддубный

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, Лермонтова, 83.

Дан анализ преимуществ и недостатков гидропневматических подвесок гусеничных и колесных машин. Приведены результаты исследования влияния температуры на

параметры гидропневматических подвесок. Рассмотрены возможные пути стабилизации характеристик упругости гидропневматических подвесок в эксплуатационных условиях. Предложена система компенсации влияния температуры на параметры гидропневматических подвесок при помощи устройства, регулирующего в пневматической камере объем газа при постоянной его массе.

Ключевые слова: гусеничные и колесные машины, гидропневматические подвески, преимущества гидропневматических подвесок, недостатки гидропневматических подвесок, влияние температуры на параметры подвески, стабилизация характеристик упругости, устройство для регулирования объема газа в пневматической камере.

Появившиеся на гусеничных и колесных машинах в 30-х годах двадцатого столетия гидропневматические подвески (ГПП) находят в настоящее время широкое применение и продолжают конструктивно совершенствоваться [1].

Распространение этого типа подвесок на гусеничных и колесных машинах обуславливается целым рядом их достоинств, к которым, прежде всего, следует отнести прогрессивные характеристики упругости, возможность объединения в одном агрегате упругого и демпфирующего элементов, унификацию, удобство компоновки, возможность использования системы управления положением корпуса (СУПК) и отдельных колес [2].

Оценивая значение СУПК, необходимо в первую очередь отметить возможность ручного изменения высоты корпуса машины и положения ее колес в зависимости от макронеровностей опорной поверхности, что способствует преодолению дорожных препятствий, обеспечивает удобство парковки возле бордюра, облегчает погрузо-разгрузочные операции транспортного средства.

Особое значение имеет применение ГПП на боевых гусеничных машинах, так как изменение положения корпуса этих машин позволяет в 2-3 раза уменьшить видимую площадь поражения боевой техники (рис. 1).



Рис. 1. Управление положением корпуса боевой машины при работе системы управления положением корпуса

Способность СУПК при движении гусеничной машины с ГПП учитывать макронеровности опорной поверхности позволяет повышать плавность хода, а следовательно, эффективнее применять вооружение при стрельбе, а также обеспечивать комфортные условия для боевой работы экипажа.

Кроме этого, монтаж узлов ГПП снаружи боевой машины позволяет высвободить пространство внутри корпуса машины, а также облегчить замену подвески в случае выхода ее из строя при поражении (рис. 2).

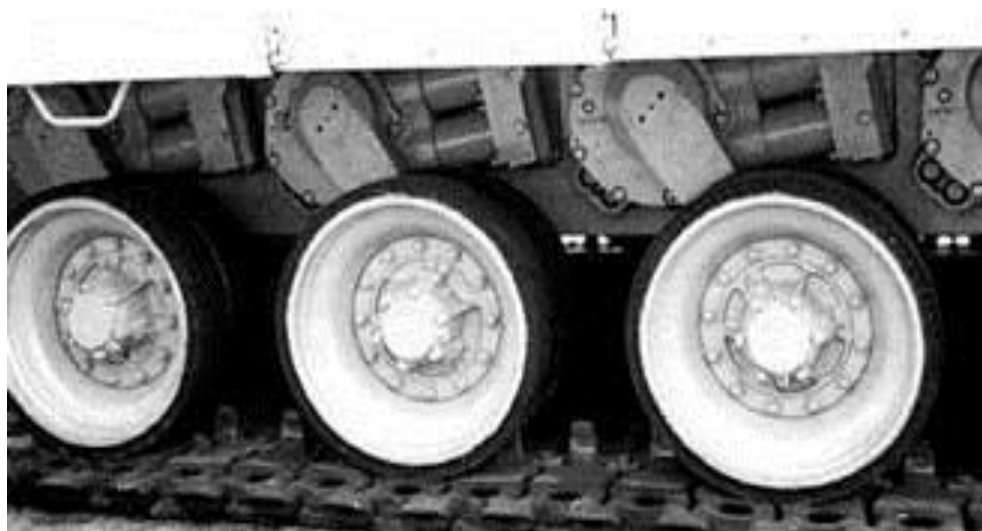


Рис. 2. Монтаж узлов ГПП снаружи боевой машины

Однако опыт эксплуатации гусеничных и колесных машин, оборудованных ГПП, а также результаты специальных экспериментальных исследований показали, что характеристики упругости ГПП в эксплуатационных условиях изменяются в зависимости от температуры и некоторых других внешних факторов. Нестабильность характеристик упругости ГПП является наиболее серьезным недостатком последних, поскольку нагрев и охлаждение подвески вызывает нарушение функционирования всей системы поддрессоривания, а следовательно, и ухудшение эксплуатационных свойств машин в целом [3, 4].

Для установления возможности устранения отмеченного недостатка были проведены исследования влияния температуры на параметры ГПП. Объектом исследований являлась гидропневматическая подвеска (рис. 2) с неподвижным силовым гидроцилиндром и пневматической камерой объемом порядка 2500 см^3 при заправочном давлении 7 МПа.

В результате этих исследований был получен диапазон изменения давления в пневматической камере ГПП при изменении температуры рабочего тела (газа) (рис. 3) [5, 6].

Как видно на рис. 3, при охлаждении ГПП на 20 градусов давление газа в пневматической камере снижается не более чем на 0,5 МПа. При этом, чем ниже температура газа, тем меньше ее влияние на темп снижения давления.

При нагреве ГПП наблюдается противоположная динамика изменения давления газа в пневматической камере. Если в среднем диапазоне температур от 20 до 80°C давление газа в пневматической камере на каждые 20 градусов повышается на 1 МПа, то при более высоких температурах газа приращение давления составляет более 2 МПа.

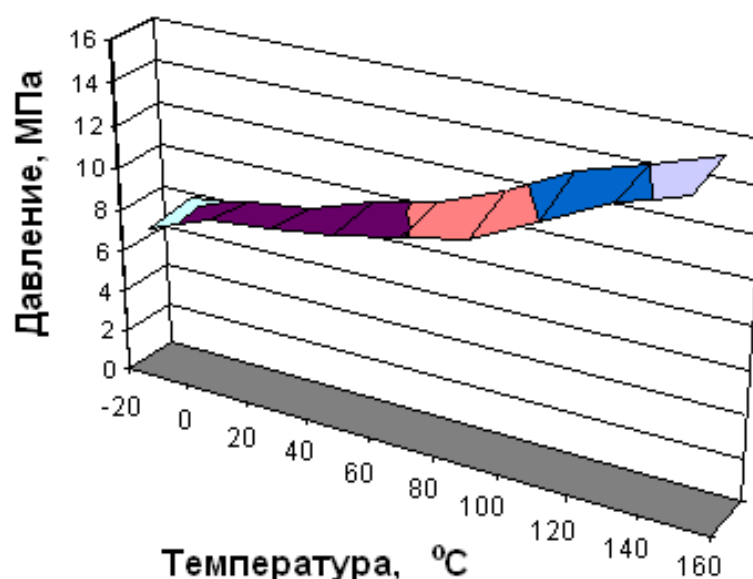


Рис. 3. Изменение давления в пневматической камере гидропневматической подвески в зависимости от температуры газа

Проведенные исследования показали, что для сохранения нормативных ходовых качеств гусеничных и колесных машин во всем диапазоне эксплуатационных температур необходимо компенсировать влияние последних на характеристики упругости ГПП и стабилизировать их заданные значения.

Из возможных способов стабилизации характеристик упругости ГПП нами рассмотрено три основных способа, первый из которых основывается на изменении конструкции подвески, второй базируется на улучшение условий естественного теплообмена, а третий сводится к искусственному регулированию теплообмена подвески.

При первом способе возможно изменение конструкции ГПП и выполнение раздельно ее упругих и демпфирующих компонентов или установка последних вне подвески. Однако такой подход к решению вопроса не является рациональным из-за компоновочных соображений, ухудшения объемно-массовых показателей, усложнения конструкции подвески и снижения ее надежности.

Улучшение условий естественного теплообмена при втором способе связано с увеличением теплорассеивающей поверхности ГПП, что не всегда является целесообразным для колесных транспортных машин и не приемлемо для боевых гусеничных машин.

Не всегда рационально и искусственное регулирование теплообмена ГПП при третьем способе, так как принудительное охлаждение подвески связано с дополнительными затратами мощности и компоновочными площадями.

Не решают проблему и известные устройства, ограничивающие температуру ГПП за счет выключения амортизаторов, регулирования их сопротивления или их принудительного охлаждения.

Трудности в реализации вышерассмотренных способов оптимизации теплового состояния ГПП послужили причиной поиска новых путей решения про-

блемы, в частности, разработки систем компенсации влияния температуры на значения параметров подвески, а следовательно, на стабильность показателей характеристик упругости ГПП и эффективность работы СУПК.

Наиболее рациональным решением данной проблемы является, на наш взгляд, разработка системы компенсации, работа которой основана на регулировании в зависимости от температуры объема газа в пневматической камере подвески.

Для реализации данной системы была исследована зависимость от температуры требуемого приращения или сокращения объема газа в пневматической камере подвески, необходимого для удержания заданной величины давления в пневматической камере и стабилизации характеристик упругости подвески (рис. 4).

На рис. 4 видно, что при изменении температуры газа в пневматической камере требуемое для стабилизации характеристик упругости ГПП приращение или сокращение объема газа не остается постоянным. Если в среднем диапазоне температур для компенсации ее влияния на давление газа в пневматической камере достаточно изменение объема газа на 150 см^3 , то при температуре выше 100°C необходимое приращение объема составляет более 200 см^3 на каждые 20 градусов.

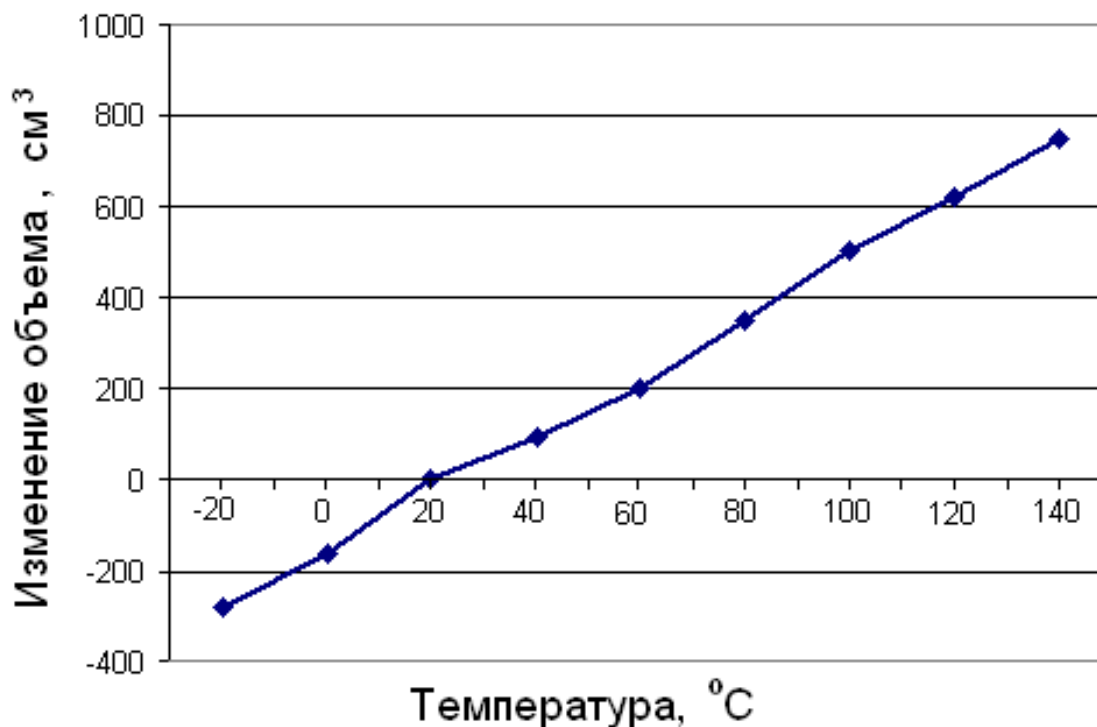


Рис. 4. Изменение требуемого приращения или сокращения объема газа в пневматической камере гидропневматической подвески в зависимости от температуры газа

Зная требуемое приращение или сокращение объема газа в пневматической камере при изменении температуры газа, можно сконструировать устройство, которое в зависимости от температуры будет автоматически изменять объем газа в пневматической камере при постоянной его массе. При этом объем рабочей жидкости и ее масса в гидравлической камере подвески будут оставаться постоянными.

Список использованной литературы:

1. Подвеска автомобилей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://autotestdrive.ru/stati/podveska-avtomobilja/gidropnevmaticheskaja-podveska-333.html>
2. Осипов, А.Г. Анализ применения гидропневматических подвесок на колесных и гусеничных машинах / А.Г. Осипов, И.Т. Поддубный // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей VI заочной Всероссийской науч. техн. конф. (Россия, г. Иркутск, 26 февраля, 2016 г.) – Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2016. – С. 268–272.
3. Волков Ю.П., Дроздов В.П., Осипов А.Г., Цветков В.А. Повышение работоспособности гидропневматических подвесок // Динамика виброактивных систем и конструкций: Сборник научных трудов. – Иркутск: ИПИ, 1990. – С. 120–126.
4. Волков Ю.П., Дроздов В.П., Осипов А.Г., Решетов В.А., Соловьев В.М. Исследование на ЭВМ стабильности характеристик гидропневматических подвесок // Динамика виброактивных систем и конструкций: сборник научных трудов. – Иркутск: ИПИ, 1990. – С. 138–143.
5. Осипов А.Г. Метод расчетной оценки влияния температуры на изменение характеристик ГПП и плавность хода гусеничных машин // Механика и процессы управления в технологических процессах: сборник научных трудов. – Новосибирск: Наука, 1992. – С. 122–130.
6. Осипов А.Г. Программное изделие для расчета характеристик гидропневматических подвесок // Сборник тезисов научных работ Иркутских вузов. – Иркутск: ИОКРСМ, 1993. – С. 128–129.

УДК 656.025.4

**Особенности применения систем спутникового мониторинга
транспорта в крупных компаниях**

О.А. Паршинова, А.А. Лыткина

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Статья посвящена вопросам контроля над работой подвижного состава, который можно организовать с помощью систем спутникового мониторинга транспорта. Рассмотрены задачи, решаемые с помощью систем спутникового мониторинга транспорта, приведены результаты внедрения данных систем в транспортной компании.

Ключевые слова: *система спутникового мониторинга транспорта; автоматизированные системы; оценка качества вождения.*

Актуальными задачами, стоящими перед транспортными компаниями в условиях сложной экономической ситуации, является снижение себестоимости перевозок, контроль над работой подвижного состава на линии, повышение безопасности работы автомобилей. Одним из наиболее эффективных путей решения данных задач является применение систем спутникового мониторинга транспорта.

Спутниковый мониторинг транспорта — система мониторинга подвижного состава, которая строится на основе систем спутниковой навигации (GPS/ ГЛОНАСС), оборудования и технологий сотовой связи, средств вычислительной техники и цифровых карт местности [3]. В настоящее время системы спутникового мониторинга транспорта обладают не только функциями мониторинга, но и возможностью управления транспортными средствами. Для этого на транспортном средстве открытым или скрытым способом устанавливается специальный модуль мониторинга транспорта (трекер, контроллер), который содержит приемник спутникового сигнала, микропроцессорный модуль, блок памяти для хранения данных, передатчик данных на сервер и источник автономного питания. Передача данных с автомобиля на сервер компании осуществляется либо с помощью сети мобильной связи, либо посредством Wi-Fi сигнала или спутниковой связи (рис.1). Использование мобильных сетей для передачи данных на сервер является наиболее предпочтительным в силу своей экономичности.



Рис. 1. Принцип работы спутникового мониторинга транспорта

Приведем перечень основных задач, которые позволяет решить применение систем спутникового мониторинга транспорта [4]:

- контроль над передвижением транспортных средств по маршрутам в режиме реального времени;
- отслеживание таких характеристик, как расход топлива, скорость движения транспортных средств;
- контроль нагрузки на ось и массы перевозимого груза;
- повышение производственной дисциплины водителей;
- снижение уровня аварийности;
- контроль над нецелевым использованием транспортных средств.

В российской и зарубежной практике применяется большое количество систем спутникового мониторинга транспорта, которые отличаются рядом особенностей.

ООО «Системы Консалтинга и Аутсорсинга» («СКА») является крупной развивающейся транспортной компанией, парк подвижного состава которой состав-

ляет более 5 тысяч единиц техники. Вплоть до 2015 года организация осуществляла свою деятельность на территории Иркутской области и республики Бурятия, в настоящее время ООО «СКА» занимается автомобильными перевозками в пределах действия Северо-Кавказской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Дальневосточной железной дорог [2]. До января 2016 года в качестве основной платформы спутникового мониторинга компания использовала аппаратно-программный комплекс «АвтоГРАФ», но в связи с возросшим количеством подвижного состава, расширением географии работ и увеличением количества пользователей, применять данное программное обеспечение стало нецелесообразным на большинстве объектов. В сложившихся условиях анализ работы ПО «Автограф» выявил следующие недостатки:

- отсутствие единой базы транспортных средств;
- возможность работы программного обеспечения исключительно с бортовыми контроллерами «АвтоГРАФ»;
- несовершенные механизмы фильтрации недостоверных данных;
- сложность интеграции с другими системами учета;
- отсутствие системы учета и анализа поведения водителей;
- сложность регистрации событий (въезд в геозону, выполнение задач, превышение скорости и т.д.)

В начале 2016 года ООО «СКА» осуществило переход на серверную версию «Wialon», которая является многофункциональной системой GPS и ГЛОНАСС мониторинга транспорта мобильных и стационарных объектов с web-интерфейсом.

Рассмотрим основные преимущества, которые отметили специалисты ООО «СКА» при работе с системой «Wialon».

1. Возможность применения различных персональных трекеров и бортовых контроллеров, что является актуальным в силу географии работы предприятия.
2. Работа через браузер с любого устройства, подключенного к сети Internet.
3. Интеграция с конфигурациями 1С.
4. Наличие приложения «Wialon Logistics», позволяющего организовать размещение заявок, оптимизацию маршрутов, отслеживание процесса доставки.
5. Удобное ведение общей базы транспортных средств и логически понятный интерфейс программы даже для неопытного пользователя.
6. Четкая иерархия распределения прав на доступ по различным группам пользователей и критериям.
7. Наличие подсистемы «Eco driving» (оценка качества вождения). Данный функционал позволяет оценить качество обращения водителя с вверенным ему транспортным средством, что позволяет повысить безопасность вождения, сократить расходы на топливо, а также гарантировать сохранность груза. В целях оценки качества вождения оценивается 3 вида нарушений: сильное ускорение, сильное торможение и превышение скорости. Каждое нарушение оценивается по тяжести, после чего за него начисляются штрафные баллы [1]. По результатам оценки нарушений формируется отчет (рис. 2). После формирования отчета, ведется пересчет усредненных штрафов в шестибалльную систему оценки.
8. Поддержка внешних цифровых карт местности, среди которых Яндекс.Карты, OpenStreetMap, карты Google.

Анализируя достигнутые результаты перехода ООО «СКА» на систему мониторинга транспорта «Wialon», можно отметить следующее:

- на 35% сократились затраты на автомобильное топливо;

- на 30% сократился общий пробег подвижного состава;
- повысилось качество вождения.

Группировка	Оценка	Штраф	Начало	Конец	Значение	Макс. скорость	Количество
Торможение: опасное	3.3	168	2015-08-21 05:52:48	2015-08-21 14:22:18	----	78 км/ч	1
2015-08-21 12:41:00	----	10000	2015-08-21 12:41:00	2015-08-21 12:43:48	0.25 g	78 км/ч	1
Торможение: сильное	2.7	285	2015-08-21 05:52:48	2015-08-21 14:22:18	----	90 км/ч	17
Ускорение: сильное	4.9	50	2015-08-21 05:52:48	2015-08-21 14:22:18	----	86 км/ч	3
2015-08-21 09:39:38	----	1000	2015-08-21 09:39:38	2015-08-21 09:40:58	0.15 g	66 км/ч	1
2015-08-21 12:22:38	----	1000	2015-08-21 12:22:38	2015-08-21 12:25:18	0.15 g	86 км/ч	1
2015-08-21 12:39:44	----	1000	2015-08-21 12:39:44	2015-08-21 12:41:00	0.15 g	78 км/ч	1
Итого	4.5	72	2015-08-21 05:52:48	2015-08-21 14:22:18	----	90 км/ч	21

Рис. 2. Отчет по оценке качества вождения

В заключение хотелось бы отметить, что системы спутниковой навигации являются эффективным инструментом оптимизации деятельности транспортных компаний, который позволяет вывести управление парком подвижного состава на новый уровень. Данные системы позволяют значительно сократить затраты предприятия и повысить качество транспортного обслуживания потребителей.

Список использованной литературы:

1. Официальный сайт фирмы Wialon [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wialon-service.ru>
2. Официальный сайт фирмы ООО «Системы Консалтинга и Аутсорсинга» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ska-irk.ru>
3. К вопросу о мониторинге процесса пассажирских перевозок с помощью спутниковой навигации / А.Б. Бутузова, Н.А. Елфимова // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей VI научно-практической конференции. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2016. – с. 140 – 144.
4. Спутниковые системы мониторинга транспорта: проблемы внедрения / Якушев В. Н. // Вестник ГЛОНАСС № 2(12), 2013. – с. 58 – 66.

УДК 656.13.08

Анализ методов фиксации обстановки на месте ДТП

В.А. Печкин, М.В. Петраковский

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Проанализированы методы фиксации ДТП с использованием фотограмметрического метода. Изложены основные характеристики современных технических средств и программного обеспечения, таких как оптические дальномеры, универсальный однокамерный фотограмметрический (моно фотограмметрический) комплекс ФОМП-К, GPS устройства, лазерный дальномер Stabila LD 300, позволяющие решать стоящие задачи перед Государственной инспекцией безопасности дорожного движения (ГИБДД) на более качественном уровне.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, метод фиксации, фотogramметрический метод, GPS устройство, лазерный дальномер, совершенствования методики.

Важнейшими структурными элементами процесса расследования дорожно-транспортного происшествия (ДТП) является схема ДТП на которой зафиксирована обстановка на месте. Осмотр места происшествия заключается в непосредственном обнаружении и исследовании инспектором ГИБДД объектов, их свойств, состояния, взаиморасположения и взаимосвязей. Относя установление взаимосвязей между событием происшествия и процессом следообразования к основной задаче осмотра, необходимо подчеркнуть, что относительно ДТП эта взаимосвязь может быть установлена не по отдельным следам, а только по их комплексу, включающему количественные и качественные характеристики [2].

Работа со следами на месте ДТП — исходный и наиболее важный момент расследования. Разумеется, что заранее нельзя с абсолютной точностью предположить, какие именно следы на месте ДТП и в каких следственных ситуациях будут использованы при расследовании, тем не менее, специалист должен иметь четкое представление о перспективах их использования в указанных целях [1].

Фиксация размеров и расстояний в криминалистическом понимании связано с определенными методами исследования.

Метод - это своего рода способ подхода к познанию действительности, исследования явлений природы, общества, способ достижения цели, способ объяснения и обоснования теоретических посылок, взглядов.

Принцип работы оптического дальномера основан на решении прямоугольного и равнобедренного треугольника по двум элементам — острому углу и противолежащей ему стороне. Противолежащая сторона (базис) имеет постоянное значение, т.е. две оптические оси, вынесенные на определенное расстояние - 0,3...-1,0 метра. При измерении через монокуляр дальномера наблюдается выбранный объект. Этот объект наблюдается в круге, разделенном по вертикали на две части. Первоначально объект наблюдается разделенным по вертикали и «раздваивается». Путем вращения рейки наблюдатель добивается совмещения двух половинок объекта, после чего считывает по шкале показания дальномера. Дальномер саперный перископический марки ДСП - 30 позволяет производить измерение дальности до 2000 метров с точностью 0, 5 % от дальности[4].

Физические дальномеры представляют собой оптико-электронные приборы. Принцип их работы основан на измерении интервалов времени, за которое импульс света проходит до объекта и обратно (квантовый дальномер), или разности фаз излученного и отраженного от объекта света (фазовый дальномер). Передатчик дальномера излучает мощный монохроматический импульс к объекту, расстояние до которого надо измерить. Часть излучаемой энергии отводится к приемнику и запускает схему измерения времени - измеритель временных интервалов. Импульс, пришедший в приемник после отражения от объекта, останавливает измеритель временных интервалов и на табло счетчика высвечивается измеренное расстояние в метрах. Точность измерения составляет 0,01 % от дальности.

Одним из методов измерений на месте происшествия выступает измерительная фотосъемка. Фотоснимки, выполненные измерительным методом, несут повышенную информацию: они позволяют получить количественные данные о свойствах и признаках заснятых объектов. Анализируя снимки, можно составить

масштабный план места происшествия, определить расстояния между объектами, вычислить размеры любого зафиксированного на снимке предмета. Практически измерительным методом можно выполнить любой вид съемки, однако чаще всего его применяют при обзорной, узловой и детальной съемках на открытой местности и в помещениях. Измерительные снимки, приложенные к протоколу следственного действия, являются надежным источником доказательственной информации, особенно при расследовании дорожно-транспортных происшествий и др. совершенных с применением технических средств [5].

В качестве технических средств применяются: фотоаппарат, штатив-тренога, струбцина и глубинный масштаб. Последний представляет собой измерительную ленту длиной 6—10 м с делениями в 10 либо 20 см. Для удобства выполнения расчетов по фотоснимкам желательно, чтобы лента имела ширину 10, 15, 20 см и деления, равные главному фокусному расстоянию объектива используемого аппарата[1].

Фотограмметрический метод, позволяющим проводить исследование объектов бесконтактным, другими словами дистанционным способом. Фотограмметрия определяет формы, размеры и положение объектов по их фотографическим изображениям. Этот метод применяется в различных областях науки и техники. Широкое использование фотограмметрии обуславливают следующие ее достоинства.

1. Высокая точность измерений, так как снимки объектов получаются прецизионными фотокамерами, а обработка их выполняется строгими методами на точных приборах и электронных цифровых вычислительных машинах.

2. Большая производительность, достигаемая благодаря тому, что измеряются не сами объекты, а их изображения.

3. Полная объективность и достоверность результатов измерений, так как изображения объектов получаются фотографическим способом.

4. Возможность получения в короткий срок информации о состоянии всего объекта и отдельных его частей. Например, снимки всей поверхности земного шара можно получить с искусственного спутника Земли за несколько суток.

5. Возможность изучения неподвижных и быстро или медленно движущихся объектов, а также скоротечных или медленно проходящих процессов, например деформации колеса автомобиля в момент движения, интенсивности движения городского транспорта и т. д.[3]

Развитие цифровой фото-, видеотехники и методов компьютерной обработки изображений позволило значительно усовершенствовать методы измерительной фотографии и автоматизировать процесс получения информации. Съёмочной системой, разработанной специально для правоохранительных органов на базе цифровых фотокамер, является ФОМП-К универсальный однокамерный фотограмметрический (моно фотограмметрический) комплекс, предназначенный для фиксации обстановки на местах дорожно-транспортных происшествий. Функционально ФОМП-К состоит из двух блоков: съёмочного и измерительного. В съёмочный блок входят цифровая фотокамера, штатив, мерный объект и специальные маркеры. Измерительный блок представлен персональным компьютером типа «Notebook» со специальным программным обеспечением и принтером[2].

Данные, получаемые с помощью ФОМП-К, можно использовать для обработки в других программных средствах. Например, система трёхмерного графиче-

ческого моделирования «ИНЦИДЕНТ» может использовать эти сведения как исходные для построения объёмных изображений места происшествия и моделирования событий, протекающих во времени, в виде анимации. Таким образом, применение методов геометрии позволяет по измерительным фотоснимкам и даже обычным (если в кадре есть объект с известными стандартными линейными размерами) восстановить обстановку на месте происшествия[4].

С использованием фотограмметрических методов появляется возможность работать не только со снимками фотоаппаратов, но и с видеозаписью, где в качестве объектов исследования выступают отдельные кадры видеоматериала. Результат фотограмметрической обработки составного изображения, полученного способом суммирования длины транспортного средства и длины пути, пройденного за промежутки времени $t = 1/25$ с. приведен на (Рис. 1).

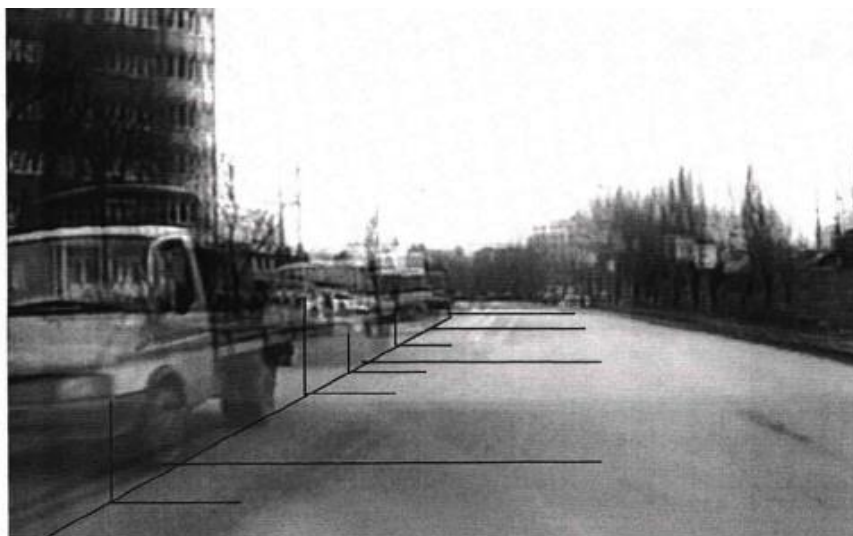


Рис. 1. Результат фотограмметрической обработки составного изображения

Еще одним средством фиксации схемы ДТП является GPS устройства. GPS – это глобальная система, позволяющая определять графические координаты и высоту положения объекта, а также расстояние между двумя точками (объекта). Система состоит из 24 спутников, принадлежащих США. С каждого спутника подается радиосигнал с очень высокой точностью, позволяющий определить координаты и расстояние до данного объекта. Для данного метода требуется GPS навигатор (в телефон или другое оборудование), компьютер с программным обеспечением.

Фиксация расстояний на месте ДТП при помощи лазерных дальномеров позволяет существенно увеличить точность измерений.

Лазерный дальномер Stabila LD300 - новинка конца 2008 года с расширенным кругом возможностей, улучшенной защитой корпуса, усовершенствованным дизайном. Эта лазерная рулетка прекрасно и долго послужит для оперативного определения расстояний до 30 м, вычисления площади, объема (по двум и трём замерам соответственно), расчёта по теореме Пифагора малодоступных отрезков, непрерывного измерения. Резиновая рубашка предохранит корпус от механических повреждений при падении. А функция автоматического отключения позволит экономить заряд батарей при отсутствии активности[3].

Малый размер и отличная эргономика делает этот лазерный дальномер отличным помощником в быту и на работе. Снять замеры стен, провести замер при составлении схемы при ДТП, или просто замерять - нет ничего проще!

Актуальность проблемы совершенствования методики оформления дорожно-транспортных происшествий обусловлена следующими причинами:

- необходимостью внедрения в оперативно-служебную деятельность Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД) современных технических средств и программного обеспечения, позволяющие решать стоящие задачи на более качественном уровне;

- необходимостью комплексного фиксирования обстановки на местах ДТП с дальнейшей возможностью производства любых детализированных и достоверных измерений;

- снижением трудозатрат и сокращением времени, затрачиваемых инспекторским составом дорожно-патрульной службы на подготовку схем ДТП[2].

Список использованной литературы:

1. Бедрин В. С. Использование компьютерных технологий при расследовании дорожно-транспортного преступления : учебное пособие/ В.С. Бедрин.- Волгоград: 2003.-76с

2. Бобин Н.Я., Лобанов А.Н. Федорук Г.Д. Фотометрия. М.: 1974.- 261 с.

3. Василевский К.А. Новиков С.И. Методические пособия по исследованию места дорожно-транспортного происшествия. Одесса, 1971. - 98 с.

4. Онучин А.П. Методика расследования дорожно-транспортных происшествий. Свердловск, 1996. - 99 с.

5. Вестник ИрГТУ №3(50) 2011г. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2011г.- С.67 -70.

УДК 629.7.067

Применение аварийных насосных станций с приводом от воздушной турбины

А.П. Полонский, Д.А. Ишенин

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены аварийные источники питания гидросистемы на воздушном судне. Описана возможность применения аксиально-поршневых насосов в качестве аварийного источника питания воздушного судна, с возможностью вырабатывания как электрического тока, так и давления для гидросистемы, при отказе двигателя на воздушном судне.

Ключевые слова: аварийные источники питания воздушного судна, аварийные насосные станции, воздушная турбина, аксиально-поршневой насос, гидросистема воздушного судна.

Для приведения в действие систем управления самолетом и двигателем, других систем и агрегатов на самолете используют различные виды энергии со значительными потребителями мощности. В зависимости от вида используемой энергии системы бывают гидравлические и электрические.

Каждая энергосистема обладает специфическими свойствами и имеет те или иные преимущества.

На современных самолетах важное значение имеет гидравлическая система, быстрое развитие и резкий рост мощностей которой объясняется широким использованием гидроприводов рулевых поверхностей.

Гидравлическая система самолета обеспечивает управление системами и механизмами, определяющими безопасность полета. Надежность, живучесть и долговечность гидросистемы достигается совершенством конструкции агрегатов, многократным резервированием, как источника энергии, так и гидроприводов, автоматизацией управления, контроля работы и информации экипажа. Применение гидравлических приводов на самолете вызвано сравнительно малыми массой и габаритами, большим быстродействием и малой инерционностью частей исполнительных механизмов (в отличие от электродвигателей). Масса и габариты гидравлического агрегата составляют примерно 10-20 процентов массы и габаритов электрического агрегата подобного назначения и той же мощности. Приводы гидравлической системы позволяют развивать значительные усилия при большом быстродействии, обеспечивают простую фиксацию промежуточных положений исполнительных механизмов. Гидравлические системы применяют для управления стабилизатором и рулями, для уборки и выпуска шасси, взлетно-посадочной механизации и других потребителей.

К недостаткам гидравлической системы можно отнести сравнительно большую массу агрегатов, трубопроводов и рабочего тела, зависимость работы агрегатов от окружающей температуры. Повреждения агрегатов и трубопроводов, связанные с потерей герметичности, могут привести к выбросу жидкости из гидросистемы, что приведет к отказам гидросистемы.

В гидросистеме, для повышения надёжности, кроме основных насосов предусмотрены резервные источники питания.

Аварийные источники питают только жизненно важные системы ЛА (потребители первой категории), без которых невозможно безопасное завершение полёта.

В качестве аварийных источников питания на самолетах используются насосы как постоянной, так и переменной подачи, причем последние применяются чаще.

Анализ применяемых на сегодня автономных насосных станциях (АНС) позволяет сделать следующие выводы:

- использование электродвигателей постоянного тока для привода аварийного насоса целесообразно при небольших мощностях АНС (до 2 кВт). Кроме того, при этом необходимо устанавливать дополнительный гидроаккумулятор в бустерную систему.
- применение ветродвигателя в качестве привода аварийного насоса становится все более распространенным, однако следует учитывать некоторые ограничения при малых скоростях полета. Так мощность воздушной турбины падает с уменьшением скорости полета, что снижает мощность приводимого ею аварийного насоса за счет уменьшения его подачи или давления. Очевидно, что рационально уменьшать давление и стремиться сохранить подачу АНС (так как шарнирные моменты при посадке самолета на рулях падают, а потребные скорости перекладки рулей растут).

- заслуживают внимания блоки питания, размещаемые на автономных коробках приводов, связанных с двумя двигателями и турбостартером.

Наиболее распространенным приводом аварийных насосов является электрический.

Это позволяет совместить основную функцию электроприводных аварийных насосов с функцией аэродромных гидроустановок для проверки гидросистем на земле (с неработающими двигателями и ВСУ). Встречается реализация турбопривода аварийных насосов от ВСУ и применение привода от воздушных турбин. В этом случае до выхода воздушной турбины на рабочий режим (в течение не более 10 секунд после выпуска), аварийным источником переменного тока является однофазный статический преобразователь, преобразующий постоянный ток от аккумуляторных батарей в переменный. Однако, наиболее предпочтительными в плане обеспечения надёжности, являются, аварийные блоки питания, содержащие два насоса: с электроприводом и, приводимый воздушной турбиной. Таким образом, даже при остановке всех двигателей сохраняется возможность выполнения всех нормальных маневров для окончания полета, включая посадку.

Общий принцип работы аварийной воздушной турбины. В случае отказа двигателей в полёте или гидравлического насоса, аварийная турбина выпускается из специального отсека в корпусе за счёт цилиндра выпуска, который приводит в рабочее положение поворотную штангу. Поворотная штанга во время выпуска поворачивается вместе с приводом на 90° (Рисунок 1. Б). Далее воздушный привод раскручивается набегающим потоком воздуха и за счёт этого приводит в движение вал насоса. В свою очередь АНС подаёт гидравлическую жидкость и создаёт давление в гидросистеме для питания критически важных систем летательного аппарата. Весь процесс происходит автоматически. Автоматический выпуск производится с помощью замка убранного положения в случае отказа двигателей в полёте. Однако, для повышения надёжности в систему обычно устанавливают рукоятку для принудительного открытия замка. В этом случае, выпуск с замка убранного положения производится вытягиванием рычага троса ручного выпуска, находящегося в кабине экипажа.

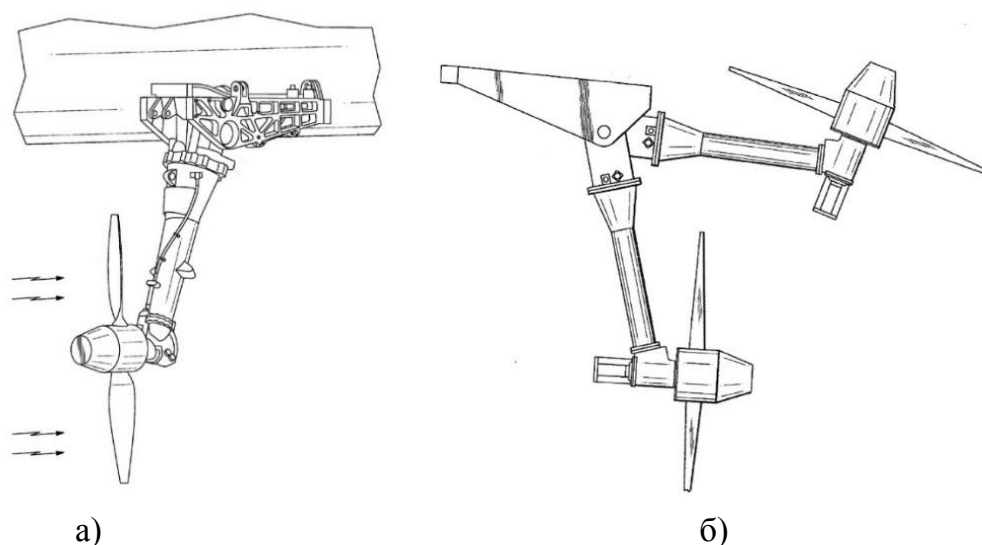


Рис.1. Воздушная турбина

Тип АНС и основные требования к ним. Схемы подключения аварийных источников питания достаточно разнообразны и группируются в основном следующим образом:

- АНС имеется в каждой из гидросистем;
- АНС установлена только в некоторых гидросистемах;
- АНС установлена в отдельной аварийной гидросистеме и обслуживает лишь часть потребителей;
- АНС установлена только в части гидросистем, но имеется возможность передачи мощности из них во все другие гидросистемы;
- АНС образует резервный блок питания, который может быть подключен к любой гидросистеме (по последним требованиям – без «общих точек»).

Ручные насосы в качестве аварийных источников питания применяются крайне редко и лишь в совокупности с другими АНС для осуществления ограниченного числа рабочих операций при полностью отказавшей (или отключенной) энергетике самолета.

Применение в качестве АНС, аксиально-поршневых насосов наиболее оправдано, т.к. они имеют более высокий полный КПД, по сравнению с КПД шестерённых и пластинчатых насосов. В то время как, объёмный КПД аксиально-поршневых насосов начинает заметно снижаться только при вязкости рабочей жидкости менее $10 \text{ мм}^2/\text{с}$, а для пластинчатых насосов этот предел вязкости составляет $50\text{--}80 \text{ мм}^2/\text{с}$, для шестерённых – $80 \text{ мм}^2/\text{с}$.

В результате анализа современных конструкций аксиально-поршневых насосов установлено следующее:

- основным направлением совершенствования конструкций аксиально-поршневых гидронасосов является улучшение энергитических показателей, главным образом, путём увеличения номинального давления, частоты вращения и угла наклона блока цилиндров;
- аксиально-поршневые насосы с наклонным блоком цилиндров получили наиболее широкое применение в объёмных гидроприводах машин, работающих в средних и тяжёлых режимах внешних нагрузок с большой частотой включения. Их следует предпочитать при выборе перспективного типа гидромашин. Такая схема позволяет использовать номинальное рабочее давление до 35 МПа .

Аксиально-поршневые насосы с шатунной кинематикой имеют следующие преимущества:

- возможность работы в насосном и моторном режимах в открытой и замкнутой гидросистемах;
- высокая всасывающая способность, обеспечивающая удовлетворительное заполнение рабочего объёма при широком диапазоне изменения вязкости рабочей жидкости, что особенно важно для гидроприводов мобильных машин, эксплуатируемых на открытом воздухе при широком диапазоне изменения температуры;
- относительно меньшая чувствительность к чистоте рабочей жидкости;
- возможность встраивания регуляторов давления и расхода, а также вспомогательного насоса для питания системы управления и подпитки.

Аксиально-поршневые насосы с приводом от воздушной турбины, применяются в качестве аварийных источников питания гидросистемы на самолёте Су-30.

Потребная подача аварийной насосной станции зависит не только от взлетной массы самолета, но и от его центровки или запаса устойчивости, наличия или отсутствия активной системы управления, принятой стратегии посадки и т.п.

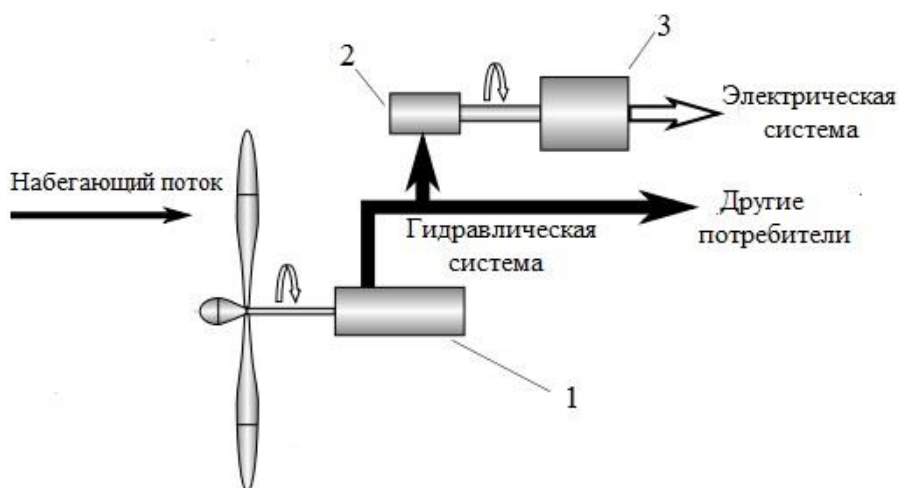


Рис. 2. Общая схема подключения аварийной турбины к АНС.
1-гидронасос, 2-гидромотор, 3-генератор

Применение турбонасосной установки для выработки электроэнергии. На современном самолёте существует тенденция к электризации и общему увеличению числа электрических потребителей, в том числе и влияющих на безопасность полёта. вырабатывающему электрический ток (рис. 2).

Так как при отключении двигателя в полёте для совершения безопасной посадки необходимы аварийные источники питания и для этих электрических потребителей.

В таком случае наиболее оптимальным является совместное подключение АНС, вырабатывающей давление в гидросистему, с гидромотором, подключенным к генератору. Таким образом на современном летательном аппарате, наиболее оправдано применение в качестве аварийных источников питания турбонасосных установок, предназначенных как для создания давления жидкости в гидросистеме при отказе двигателя, так и для работы электрических потребителей. Такая турбонасосная установка представляет собой гидравлический насос с приводом от воздушной турбины. Применение подобных систем положительно скажется на безопасности полёта.

Список использованной литературы:

1. Свербилов В.Я. Гидропривод и гидравлические средства автоматики. / В. Я. Свербилов, А. Б. Прокофьев - Изд-во СГАУ - 2006
2. Некрасов, Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах / Б.Б. Некрасов. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1967. – 368 с.
3. Подружин Е.Т. Агрегаты и системы летательных аппаратов/ Е. Г. Подружин, С. И. Снисаренко, В. М. Степанов - Новосибирский гос. техн. ун-т - 2008. - 90, 2 с.
4. Системы оборудования летательных аппаратов: Учебник для студентов высших технических учебных заведений / М.Г. Акопов, В.И. Бекасов, А.С. Евсеев и др.; Под ред. А.М. Матвеевко и В.И. Бекасова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1995. – 496 с.
5. Самолет Ту-204-100. Руководство по летной эксплуатации. Книга 2. Гидравлическое оборудование. Издание второе, 1998.

6. Системы электроснабжения самолетов В-757, В-767, В-777: учеб. пособие, 1997.

7. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://superjet.wikidot.com/wiki:hydro>

УДК 629.7.067.5

Совершенствование противообледенительных систем самолёта

А.П. Полонский, А.С. Федотова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

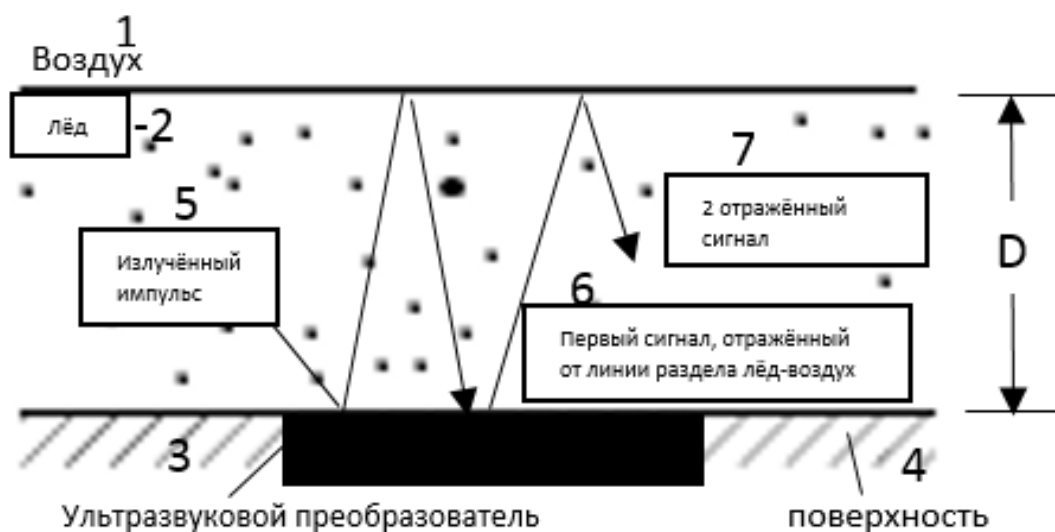
В статье рассматривается применение ультразвуковых датчиков, для обеспечения информацией лётного состава. Используя данную систему УЗП, у персонала появляется возможность не только узнать о зоне обледенения на поверхности летательного аппарата, но и определить толщину льда, увидеть график зависимости изменения профиля льда от времени.

Ключевые слова: обледенение; ультразвуковой датчик; метод измерения с помощью УЗП; «Топливное обледенение».

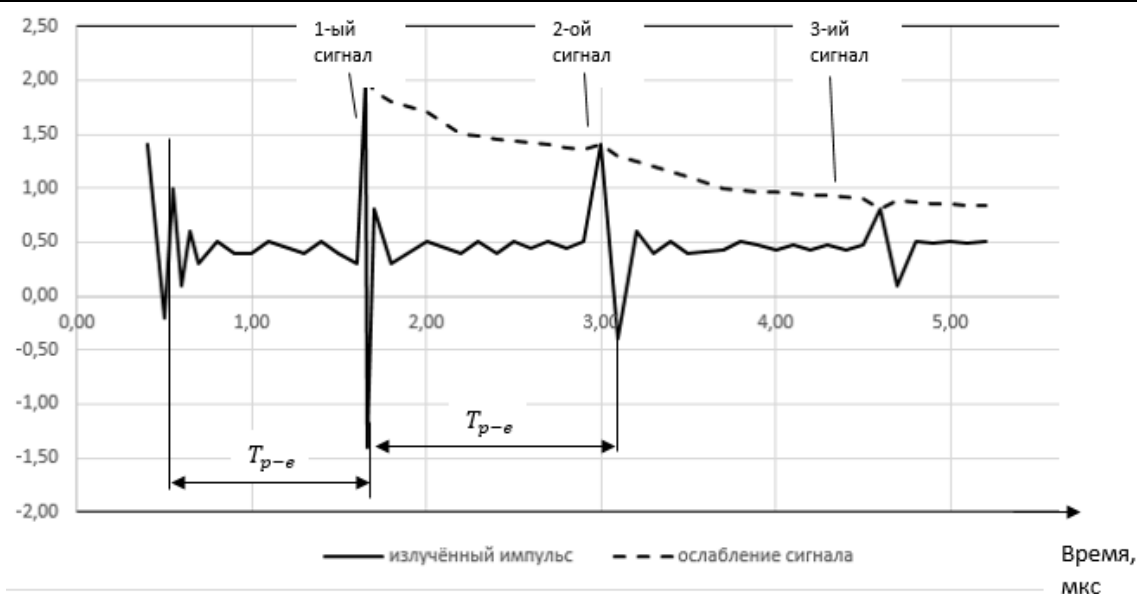
Актуальной задачей на сегодняшний день является создание эффективных и надёжных бортовых средств, своевременно обеспечивающих экипаж информацией о степени обледенения самолёта [1].

Возможность применения ультразвуковых датчиков (УЗП), для обнаружения обледенения на поверхности самолёта, а также для определения толщины слоя льда, была рассмотрена в работе [2]. Данный метод измерения, с помощью УЗП, основан на излучении импульсов и приёме отражённых ото льда сигналов, с замером времени прохождения импульсов и сигналов.

Ультразвуковой метод измерения толщины льда иллюстрируется на рисунке 1 (а, б).



а)



б)

Рис. 1(а, б) – ультразвуковой метод измерения толщины льда:

1 – воздух; 2 – лёд; 3 – ультразвуковой преобразователь (УЗП); 4 – поверхность; 5 – излучённый импульс; 6 – первый сигнал, отражённый от линии раздела лёд-воздух; 7 – второй отражённый сигнал (ОС); 8 – третий ОС; 9 – ослабление сигналов; 10 – время (мкс); T_{p-e} – время, прошедшее с момента излучения импульса до приёма ОС

Толщина льда D определяется по формуле: $D = \frac{C \cdot T_{p-e}}{2}$, где C – скорость прохождения импульса и отражённого сигнала (ОС) в толще льда, принимаемая равной 3,8 мм/мкс.

По измерениям времени прохождения импульсов и ОС, регистрируемым при использовании ультразвукового метода, можно определить наличие или отсутствие воды в жидком состоянии на обледеневшей поверхности ЛА, а также различать характер образования льда – в условиях сухой или влажной атмосферы [2].

В NASA были выполнены девять исследовательских полётов с системой УЗП в феврале и марте. Ниже рассматриваются результаты трёх полётов: 86-31, 86-32, 86-33 (номера полётов).

Таблица 1

Осреднённые условия обледенения

Номер полёта	86-31	86-32	86-33
Продолжительность полёта, мин	66	58	57
Высота, м	2319	1322	1241
Приборная скорость, км/ч	256	248	239
Статическая температура, °C	–10	–6,3	–5,8
Водность, г/м ³	0,06	0,16	0,26

Данные всех трёх видов согласуются в пределах 0,5 мм при умеренной толщине льда (порядка 9 мм). Вследствие малой водности интенсивность обледенения была небольшой.

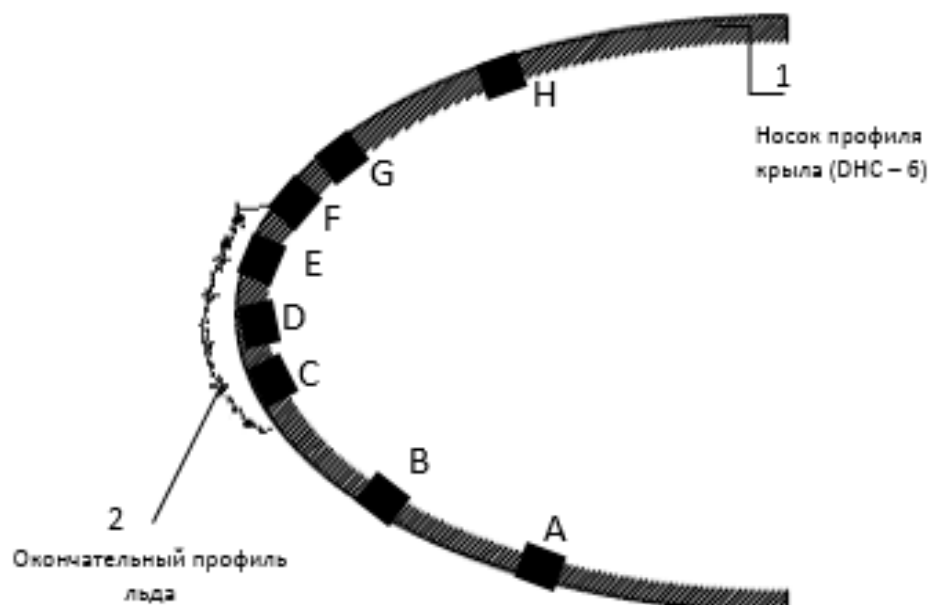
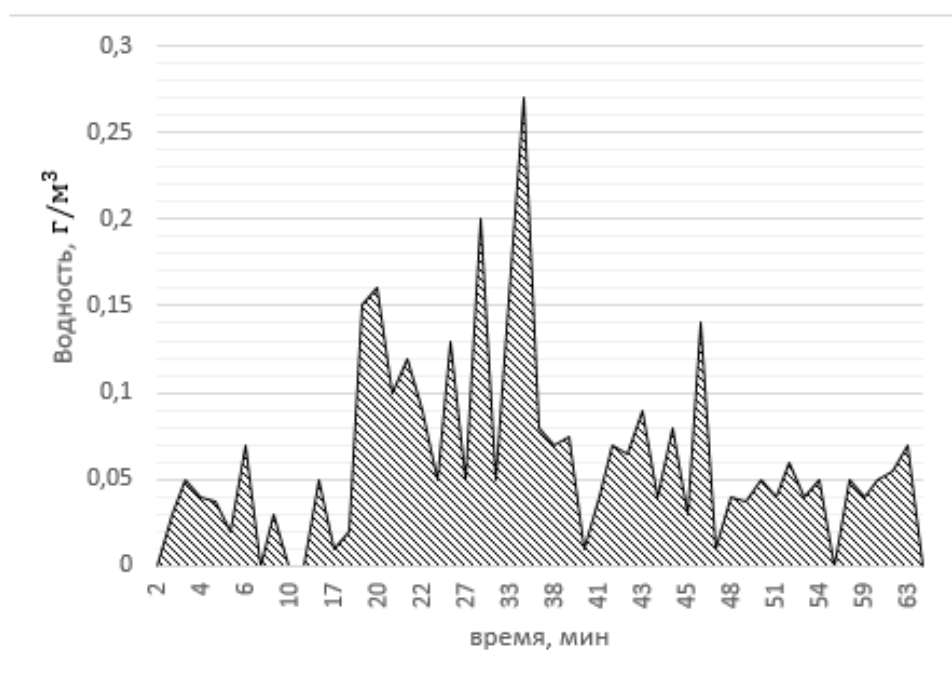


Рис. 2. Окончательная форма ледяного нароста на крыльевой манжете по завершении полёта: 1 – носок профиля крыла самолёта DHC – 6; 2-окончательный профиль льда; А-Н- ультразвуковые преобразователи.

На рисунке 3 приводятся данные УЗП о толщине льда по водности облака, построенные в функции времени (водность облаков измерялась термоанеометрическим способом).



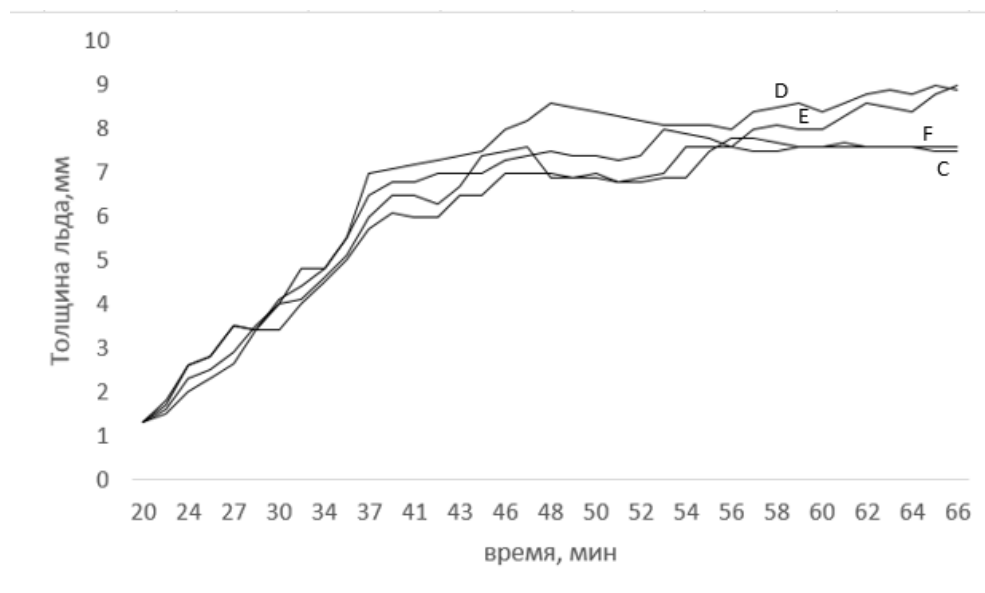


Рис. 3 (а, б) – взаимосвязь между флуктуациями водности облака и изменениями интенсивности обледенения:

1 – толщина льда в мм; 2 – водность (г/м^3); 3 – время в минутах.

На рисунке 3 видна взаимосвязь между флуктуациями водности облака и изменениями интенсивности обледенения. Разброс данных о толщине льда между отдельными УЗП объясняется тем, что центральная зона носка манжеты (УЗП D и E) обледеневае сильнее периферийных зон (УЗП C и F).

Анализ трёх полётов свидетельствует о том, что возможно измерение ультразвуковым методом толщины льда с точностью до 0,5 мм на небольших участках поверхности тела. Изменения профиля льда по времени обнаруживаются путём опроса группы УЗП. На кромках участка обледенения сигналы от УЗП становятся слабыми и недостоверными [2].

Наиболее широкое применение в авиации получили радиоизотопные и пневмоэлектрические сигнализаторы.

Существенным недостатком пневмоэлектрических сигнализаторов является возможность ложного срабатывания в случае засорения отверстий приемника давлений. Главным недостатком радиоизотопных сигнализаторов является высокая токсичность.

Альтернативным решением данной проблемы может являться ультразвуковой метод измерения процесса обледенения на самолёте. Как видно из примера исследовательских полётов, с помощью УЗП системы можно не только узнать о наличии обледенения на обтекаемом участке самолёта, но и узнать о толщине льда с точностью 0.5%.

Поэтому, УЗП датчики могут стать заменой сигнализаторов обледенения, которые используются сейчас на самолётах. Группа датчиков располагается по профилю обшивки (пример рисунок 2), в той зоне, где необходима информация об обледенении для лётного состава. Размер одного датчика – около 7 мм.

Проблема обледенения может коснуться не только критических поверхностей самолёта, она так же может коснуться зоны баков. Примером может служить самолёт ИЛ-62, выполнявший рейс 2.04.86 рейс Домодедово-Алма-Ата. После посадки на верхней поверхности крыла в районе баков №1, №2, №4 были обнаружены отложения льда. Из-за частичного сброса льда были повреждены лопа

компрессора у двигателей №2 и №4. «Топливное обледенение», иногда сохраняется даже после проведённой противообледенительной обработки. Поэтому, эта зона также нуждается в постоянном контроле лётного состава. УЗП систему можно расположить, рядом с топливными баками, обеспечив контроль за «Топливным обледенением»[3].

Дальнейшая работа, по данному направлению, позволит более детально изучить систему УЗП, разработать схему присоединения датчиков к планеру, а также разработать систему УЗП для вертолётa.

Список использованной литературы:

1. Трунов О.К. Защита авиации от опасных воздействий внешней среды//Всесоюзный институт научной и технической информации: сб. проблемы безопасности полётов – Москва: Изд-во ВИНТИ, 1982 –64с.С.42-52.
2. Мурашкевич А.М. Ультразвуковой метод измерений для тётных исследований процессов обледенения// Всесоюзный институт научной и технической информации: сб. Авиастроение - Москва: Изд-во ВИНТИ, 1990 – 27с.С.14-25.
3. Трунов О.К. Безопасность взлёта в условиях обледенения// Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации России – Москва: Изд-во АФЕС, 1995-70с. С. 15-25.

УДК 711:625.712

**Городская мобильность: современные подходы
проектирования УДС городов**

Е.С. Преловская

Статья носит обзорный характер и рассматривает вопросы формирования городской мобильности. Освящены исторические этапы формирования понятия городской мобильности и подхода к организации транспортного обслуживания городов. Представлен сравнительный анализ ведущих классификационных систем городских улиц, выявлены присущие всем классы: городские бульвары и улицы смешанного движения. Произведена оценка классификаций с точки зрения их формирования во взаимосвязи с типом и функцией прилегающей к улице застройки.

Ключевые слова: транспортно-градостроительное планирование, городская мобильность, классификация городских улиц.

Общее понятие городской мобильности, как и подхода к классификации и проектированию городских улиц более чем за последние 80 лет кардинально изменились. Обращаясь к истории, первая функциональная классификация городских улиц, базировалась на взаимосвязи между обслуживанием транспортных потоков и обеспечением доступа к территории, при этом улица рассматривалась только с позиции обеспечения мобильности на личном автомобиле. Последующие предложения по совершенствованию классификации были обобщены в работах ARTIST, Smart Code, Street Manual UK [6,8,11], при этом постепенно усиливалась значимость городских улиц как общественного пространства.

С появлением концепций устойчивого развития, устойчивого города, удобного города (livable city), умного развития (smart development), которые стали основой философии движения «новый урбанизм», произошло изменение парадигмы городской мобильности: «возможность быстро и удобно передвигаться, но при этом все под рукой» – доступность, комфорт, удобство передвижения для всех пользователей городской среды вне зависимости от социального статуса, возраста, достатка, физиологических особенностей населения и выбираемого способа передвижения.

Вместе с тем было радикально пересмотрено отношение к организации транспортного обслуживания городов – обеспечение первостепенного приоритета пешеходам, велосипедистам и общественному транспорту – провозглашение «green mobility» (устойчивой городской мобильности). Как следствие всего этого был сформулирован новый подход к формированию городских улиц – улица – это общественное пространство и мультимодальная коммуникация [2-6].

В актуальное время 2010-2014 гг. мультимодальное транспортное планирование, призвано обеспечивать баланс функций градостроительного контекста территории и уровня транспортного обслуживания всех пользователей городской среды. Современные классификации городских улиц [4,8-13] находятся в тесной взаимосвязи с типом и функцией прилегающей застройки, так как эти показатели напрямую влияют на характер использования улицы, определяющий требования к дизайну уличного пространства.

Несмотря на отличительные особенности зарубежных классификаций городских улиц, в зависимости от принятой транспортной политики, исторических факторов формирования УДС и конкретных климатических условий региона, преобладающее большинство в классификации занимают улицы удобные для жизни и местная сеть городских улиц.

Следует отметить что во всех анализируемых зарубежных классификациях [8-12] фигурирует два специальных класса городских улиц: улицы смешанного движения и городские бульвары. Современные городские бульвары представляют улицу, обслуживающую значительные транспортные потоки (до 100 000 авт./сутки), но имеющую незначительную разрешенную скорость движения [4]. В отличие от городских дорог бульвар интегрирован в городскую среду, и предназначен для интенсивного движения всех пользователей уличного пространства, насыщенного разнообразными по назначению объектами, включая офисы, деловые учреждения, зоны отдыха, торговли и досуга. Дизайн и архитектурные решения должны подчеркивать приоритет ландшафта улицы над ее транспортными функциями, что будет влиять на поведение водителей и способствовать снижению скорости движения.

Улицы смешанного движения характеризует новый подход к дизайну уличного пространства, цель которого свести к минимуму разграничения между движением транспортных средств, велосипедистов и пешеходов, с помощью исключения атрибутов, присущих автомобильному движению: бордюры, изолированные тротуары, разметка, светофоры, знаки, пешеходные переходы, при этом единое нередко мощеное уличное пространство становится общественным местом гармоничного взаимодействия всех участников дорожного движения.

Объединяющим фактором является принцип классификации городских улиц в зависимости от типа градостроительного контекста и интенсивности использования объектов по фронту застройки всеми способами передвижений с учетом

принятого плана городской мобильности. В соответствии с типом и функциями прилегающей к улице застройки формируются классы улиц по типу градостроительного контекста: жилые, торговые, коммерческие, смешанного использования, промышленные и т.п. Название типа градостроительного контекста, формирующего застройкой вдоль улицы, в ряде случаев входит в название классов улиц, поскольку является ключевым фактором в определении ее функций. На рис. 1 обобщены наиболее распространенные типы застройки, их характеристики и функции уличного пространства для каждого из соответствующих типов.

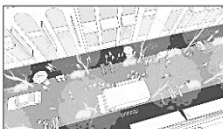
Тип застройки	Пример дизайна улицы	Характеристика застройки	Функции уличного пространства
Смешанная		высокая плотность застройки смешанного использования (многофункциональные кварталы)	создать комфортную жилую среду для всех пользователей (работники, жильцы всех возрастов, посетители)
Коммерческая: офисная		эпицентр деловой активности города: офисы, бизнес центры, банковские структуры, страховые компании и пр., исключая объекты жилья	обеспечить высокую мобильность особенно в часы-пик для работников, предусмотреть широкие тротуары для пешеходов и велосодорожки
Коммерческая: общественно-деловая		административные объекты, объекты здравоохранения, образования и социального обеспечения, могут присутствовать объекты жилья	обеспечить баланс интересов при высоких интенсивностях движения всех пользователей, предусмотреть уличную парковку
Торгово-развлекательная		сердце культурно-досуговой активности города: различные объекты торговли, услуг и развлечений	обеспечить высокий уровень мобильности пользователей общественного транспорта, пешеходов, велосипедистов
Торговая		многообразие различных объектов торговли и услуг, расположены в основном в центральной части города	обеспечить комфортную среду для потребителей услуг, предусмотреть зоны отдыха и досуга
Жилая-смешанная		общественный центр жилого района: нижние этажи - объекты торговли, услуг, офисы; верхние этажи - жилые помещения	предусмотреть уличную парковку, общественные пространства для социального взаимодействия жителей района
Жилая		разнообразные типы жилья, плотность застройки варьируется от частных домов до многоквартирных жилых зданий	обеспечить безопасную и комфортную среду для жителей, низкие скорости движения, исключение транзитных потоков транспорта
Промышленная		промышленные и производственные предприятия, склады, погрузочно-разгрузочные терминалы	обеспечить удобство доступа к территории грузового транспорта (радиусы поворотов на перекрестках), обеспечить связанность со скоростными дорогами

Рис. 1. Типы прилегающей к улице застройки, примеры дизайна уличного пространства представлены с использованием зарубежных руководств по проектированию городских улиц [9].

Для уличного пространства в специфических торговой и торгово-развлекательной типах застройки предложены следующие варианты дизайна: улица для приоритетного движения пользователей общественного транспорта и пешеходов (transit friendly street) и улицы смешанного движения (shared space), – что наиболее

соответствуют их функциям и способны обслужить соответствующий транспортный спрос при соблюдении высокого уровня обслуживания пользователей.

Несмотря на значительное разнообразие классов улиц, в т.ч. и по типам застройки в различных странах, их дизайн направлен на создание благоприятной городской среды с экологической точки зрения, а также способствует оживлению экономической активности и увеличению социального взаимодействия населения. На сегодняшний день многие зарубежные города и страны разработали, реализовали и продолжают совершенствовать концепции устойчивой городской мобильности «green mobility», согласно современным тенденциям выдвигаются все новые требования к экологичности и интеллектуальности городских транспортных систем.

Действующий в России СНиП «Градостроительство» [1] фактически унаследовал классификацию городских улиц, которая не содержит такие категории улиц, как городской бульвар (urban boulevard), улица для преимущественного движения общественного транспорта и пешеходов («transit friendly street») и улица смешанного движения («shared space»), что значительно ограничивает возможности проектирования УДС российских городов, отвечающих современным градостроительным требованиям сбалансированного развития территории и формированию устойчивой городской мобильности.

В этой связи предлагается выполнить исследование, направленное на разработку современной классификации городских улиц и формирование предложений плана городской мобильности на примере центральной части города Иркутска.

Список использованной литературы:

1. СП 42.13330.2011. Свод правил. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89» (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 № 820) – М.: ОАО "ЦПП", 2011. – 109 с.
2. Левашев А.Г. Измерение генерации посещений объектов массового обслуживания населения // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. - № 3(130). – (Сер. Наземные транспортные системы. Вып. 8). - 2014. – стр. 75-78.
3. Левашев А.Г. Моделирование транспортных коридоров в городах и агломерациях. Материалы Международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения основателя уральской архитектурной школы, профессора К.Т. Бабыкина. под ред. С.П. Постникова, Ю.С. Янковской, Е.Ю. Витюк ; ФГБОУ ВПО «Уральская государственная архитектурно-художественная академия», ОАО. Современные тенденции развития городских систем. «РЖД» Свердловская железная дорога. Екатеринбург, 2015. С. 221-223.
4. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. - 267 с.
5. Шаров М.И. Методика оценки транспортного спроса для проектов организации дорожного движения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2007. Т. 32. № 4. С. 151-154.
6. Levashev A., Mikhailov A., Golovnykh I. Modelling parking based trips // Proceedings of the VIII-th international conference on «the Sustainable City VIII», WIT Press, UK, 2013. – vol. 2. – pp. 1067 – 1076.

7. Highway Capacity Manual 2010 // Transportation Research Board. [Электронный ресурс]. URL: <http://hcm.trb.org/?qr=1> (дата обращения: 01.04.2015).
8. NACTO - National Association of City Transportation Officials. [Электронный ресурс]. URL. : <http://nacto.org/> (дата обращения: 24.11.2014).
9. Abu Dhabi Urban Planning Council (UPC). Urban Street Design Manual. [http://www.upc.gov.ae/template/upc/pdf/Street%20Design%20Manual%20English%20\(small\)%20FINAL.pdf](http://www.upc.gov.ae/template/upc/pdf/Street%20Design%20Manual%20English%20(small)%20FINAL.pdf).
10. Complete Streets Chicago - City of Chicago <https://www.cityofchicago.org/content/dam/city/depts/cdot/Complete%20Streets/CompleteStreetsGuidelines.pdf>.
11. Boston complete streets manual http://bostoncompletestreets.org/pdf/2013/4_3_MultimodalIntersections.pdf.
12. England Manual for streets https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/341513/pdfmanforstreets.pdf
13. Cleveland complete and green streets http://www.city.cleveland.oh.us/sites/default/files/forms_publications/ClevelandCGSTypologies-Plan2013.pdf?id=3364

УДК 658.7

Автоматизированные системы склада

О.С. Прокофьева, К.С. Гавриченко, И.М. Елфимова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

В данной статье речь идет об автоматизированных системах склада, представляющих комбинацию оборудования и управляющих систем для хранения, перемещения и обработки грузов с высокой точностью и скоростью. На таких складах достигается максимально эффективное управление потоками грузов и использование площади.

Ключевые слова: Автоматизированный склад, конвейерные системы для комплектации заказа, гравитационные стеллажи, система управления конвейером.

В настоящее время под понятием «склад» понимается не просто место для хранения запасов продукции, но объект инфраструктуры, обеспечивающий эффективную обработку и движение материальных ресурсов. Функции, выполняемые складским комплексом, определяют и требования к управлению системой складирования, под которой понимают определенным образом организованную совокупность взаимосвязанных элементов, обеспечивающих оптимальное размещение материального потока на складе и рациональное управление им.

Сегодня в России, по признанию многих специалистов, отмечается высокий спрос на складские и логистические услуги и соответственно бурное развитие этого сектора рынка: ежегодный рост, по данным DHL Russia, составляет 18—23%, а по оценкам экспертов РБК — более 30%. А пока складов катастрофически не хватает даже там, где их больше всего строят, 95% складских площадей сдается в аренду логистическим компаниям еще на стадии строительства. Кроме того, существует ряд факторов, негативно влияющих на развитие складской инфраструк-

туры. Например, таких, как увеличение стоимости строительства, усиление контроля над оформлением разрешающей документации на строительство, снижение доступности кредитных средств для строительных фирм вследствие мирового финансового кризиса и т. д. Всё это сдерживает развитие предложения при постоянно возрастающем спросе на складские услуги, существенно продлевая стадию насыщения рынка.

Высшая точка эволюции складской механизации на сегодняшний день - это автоматические склады. Они представляют собой комбинацию оборудования и управляющих систем для хранения, перемещения и обработки грузов с высокой точностью и скоростью. Полностью интегрированные в производственный процесс автоматизированные системы могут включать в себя автоматическое или полуавтоматическое оборудование, использовать автоматическое или ручное управление. На таких складах достигается максимально эффективное управление потоками грузов и использование площади.

Конвейерные системы для комплектации заказов позволяют существенно увеличить производительность и снизить процент ошибок. Системы строятся как комбинация конвейерного и гравитационного и полочного стеллажного оборудования.

Линия комплектации заказов может включать в себя автоматические системы комплектации заказов, системы «Товар к человеку», системы компьютерного управления складом [1].



Рис. 1. Конвейерные системы для комплектации заказов

Линия комплектации заказов, как правило, состоит из следующих основных компонентов:

1. Конвейер для коробок. По конвейеру происходит перемещение комплектующей тары, в которую происходит сборка заказов. Это может быть картонная коробка или пластиковый ящик (оборотная складская или транспортная тара).



Рис. 2. Конвейер для коробок

Применяются конвейеры двух видов: роликовые и ленточные. Современные конвейеры позволяют перемещать грузы с очень большой скоростью - до 2 м/с. Стандартная скорость составляет 1 м/с. Для перестановки комплекточной тары между ветками конвейера используются передаточные элементы (стрелки)[1].

2. Гравитационные стеллажи. Этот тип стеллажного оборудования широко используется для комплектации заказов, особенно для быстро оборотных товаров. Гравитационные стеллажи позволяют, благодаря своим преимуществам, существенно увеличить производительность комплектовщика. Для товаров средне и низко оборотных используются полочные стеллажи.



Рис.3. Гравитационные стеллажи

3. Система управления конвейером. Для высокоэффективной работы конвейера при больших объемах заказов на конвейере для его быстрой и слаженной

надежной работы требуется высокопроизводительная система управления конвейером, связанная с WMS склада и работающая под управлением WMS. Наша компания разработала собственную систему управления на базе самых современных компонентов, которая позволяет добиться самых высоких показателей производительности.

4. Информационные системы. Это могут быть как система Pick to Light, так и мобильные терминалы, и прочие решения.

Безбумажный отбор заказов стал возможен с появлением операции pick-by-light. Эта технология позволяет значительно увеличить продуктивность работы систем, управляющих складскими операциями. На смену бумажным заказам пришли электронные системы слежения за всеми передвижениями внутри склада. Всеми перемещениями на складе управляет WMS-система. То есть каждая торговая позиция размещается в собственной ячейке хранения, к которому проведена электронная система световых модулей. Информация для комплектовщика подается непосредственно на эти световые носители. Сбор заявки к заказу производится без бумажного носителя, но при этом собирается очень быстро и досконально точно. Световые модули не просто показывают, какой товар нужно брать, но и какое количество его необходимо. А остатки, как и поступление каждой товарной позиции, контролируются автоматически [3].

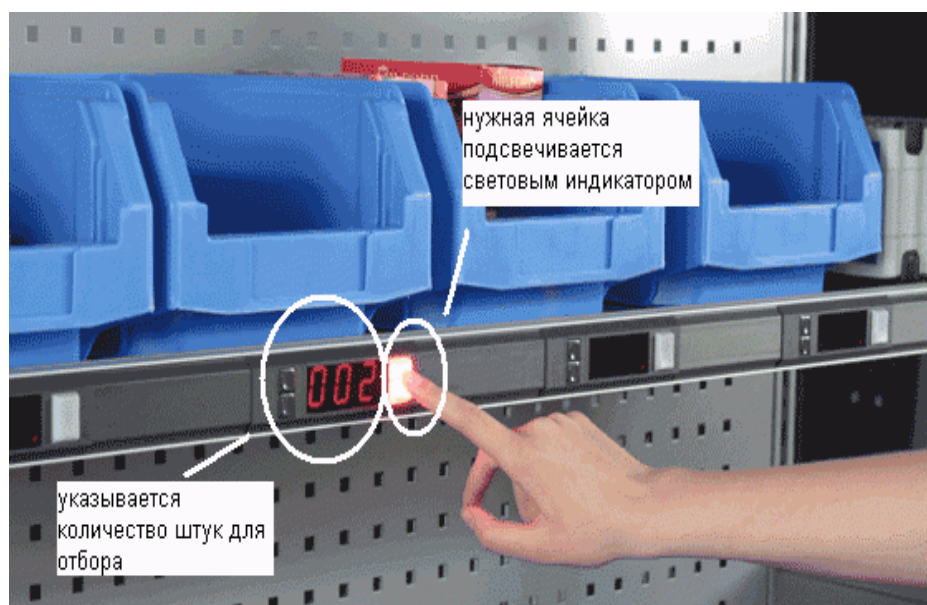


Рис.4. Система Pick to Light

Преимущества Pick-by-Light или отбора по свету:

- производительность логистического центра «без бумаги» повышается на половину сразу, а при достижении определенных навыков и в 200%;
- на 90% снижается самая возможность допустить ошибку, откуда показатель точности и корректности подготовки груза к отправке достигает 99,9%;
- ускорение проводимых манипуляций без потери точности, надежности и гибкости проводимых действий;
- снижение общей рабочей нагрузки и облегченная обучаемость. То есть повышается уровень доступности понимания работы данной операции у работника даже не имеющего специального образования или базового опыта;

Но главное возможность отследить остатки каждой торговой позиции в реальном временном промежутке. Что и сегодня остается важным моментом в работе складствующих компаний.

5. Интегрированные машины. Весы для контроля, обвязочные машины, заклеивающие коробки, формователи коробов и т.д. - все эти машины позволяют добиться высокой производительности всей линии комплектации заказов в целом.

Производительность комплектовщика в результате достигает величины 180-200 строк в час, а при использовании системы Pick to Light или мобильных терминалов - до 250 строк в час и более[2].

Сейчас разработано решение с использованием на конвейере мобильных терминалов. Это решение позволяет получить мощный синергетический эффект от использования конвейера, гравитационных стеллажей и безбумажной системы комплектации на базе различных информационных систем.

Таким образом, преимущество автоматизированных складов заключается в следующем:

- значительно сокращается время на все складские операции (экономия времени более чем в 3 раза);
- существенно сокращается потребность в увеличении складских площадей и необходимость строительства новых складских комплексов;
- сокращается необходимость содержания большого штата сотрудников. Автоматическим складом без организации зон штучной комплектации может управлять всего один человек;
- практически полностью исключаются ошибки при комплектации заказов и пересортица.

Список использованной литературы:

1. ФАБС Логистик [Электронный ресурс]: Комплектация заказов клиентов на складе; Конвейерные системы для комплектации заказов.: Режим доступа: <http://www.fabslog.ru>, - свободный. – Дата обращения 10.11.2015.
2. Складоискатель [Электронный ресурс]: Складские технологии; Операция Pick-by-Light.: Режим доступа <http://www.skladoiskatel.ru>, - свободный. – Дата обращения 10.11.2015.
3. Склад и техника [Электронный ресурс]: Оптимизация технологического процесса на складе; Размещение товаров на хранение; ред. Демин В.А.: Режим доступа: <http://www.sitmag.ru>, - свободный. – Дата обращения 10.10.2015.
4. Формирование и обслуживание заказов многономенклатурных предприятий. Аналитический отчет. – М.: Центр логистического мониторинга, 2005.

УДК 656.13:658 (075.8)

Обзор существующих методов восстановления грузовых матриц корреспонденций

Н.В. Тарханова, Д.В. Антонов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье произведен обзор существующих методов восстановления грузовых матриц корреспонденций. Обобщенный метод наименьших квадратов (Generalized Least Squares). Математическая модель расчета грузовых матриц корреспонденций позволяет значительно повысить эффективность и информативность грузопотоков с применением реальных данных, а также улучшить качество и усовершенствовать точность планирования транспортных систем городов.

Ключевые слова: целевая матрица; дисперсионная матрица; метод оценки максимума энтропии; GLS подход; транспортные потоки.

На сегодня для определения потоков и загрузки элементов сети существует много математических моделей, и важной проблемой в большинстве данных моделей является необходимость наличия информации о передвигающихся по городу индивидуумах [1, 2]. Эта информация представляется в виде матрицы корреспонденций.

Целевая матрица $\hat{g}$ может быть получена из оценки «истинной» матрицы g , с вероятностью допущения ошибок [3]. Таким же образом, транспортные потоки можно рассматривать из стохастического уравнения:

$$\begin{aligned}\hat{g} &= g + \eta \\ \hat{v} &= v(g) + \epsilon\end{aligned}\tag{1}$$

где η - является вероятностной ошибкой, что касается $\hat{g}$ с g и принадлежности ϵ , которая относится к наблюдаемым транспортным потокам и насчитывает $\hat{v}$ и $v(g)$. Часто предполагается, что оба показателя η и ϵ равны нулю $E(\eta) = 0$ and $E(\epsilon) = 0$.

При оценки обобщенного метода наименьших квадратов (GLS) отсутствие вероятностных распределений не должно быть учтено для случайных величин η и ϵ в формуле (1). Существует только условие о наличии дисперсионных матриц [4]. При отсутствии точных дисперсионных матриц часто используются матрицы с диагональными элементами, равными 1. Также известны несколько работ посвященных чувствительности модели GLS к использованию не точных матриц дисперсии. В работе Cascetta (1984) сделан вывод, что оценки и даже «приближения» матрицы рассеяния дают лучшие результаты, чем метод оценки максимума энтропии. Предположение независимости распределения является одним из важных особенностей GLS подхода. Существует мнение, что модели GLS являются гораздо более чувствительными к изменениям и неточностям в данных транспортных потоков и целевых матриц, чем к значениям параметров, примером является, Cascetta (1984) или Bierlaire и Toint (1994). Параметры включают в себя дисперсионные матрицы и W , используемый в постановке задачи (2). Как и в ML подходе

к вопросу оценки матриц корреспонденций наблюдаемые транспортные потоки предполагаются как взаимно независимые. Если целевая матрица g имеет ошибку с ковариационной матрицей Z и дисперсионной матрицей графов W , оценки GLS могут быть получены как:

$$\min \frac{1}{2}(\hat{g} - g)' Z^{-1}(\hat{g} - g) + \frac{1}{2}(\hat{v} - v(g))' W^{-1}(\hat{v} - v(g)) \quad (2)$$

$$\text{s.t. } g_{ij} \geq 0$$

По оценкам матрица g должна иметь ограничения, чтобы быть неотрицательной. Cascetta (1984) разрабатывает решение для среднего значения и дисперсной оценки GLS, когда ограничения неотрицательности не действуют. Важным свойством GLS подхода является то, что два источника информации, наблюдаемых транспортных потоков и целевой матрицы, легко комбинировать. Например, если один из параметров дисперсии матрицы близок к нулю, то достигается большая точность, и повышается вероятность того, что матрица обратная. Это означает, что вес на соответствующих отклонениях больше и, следовательно, когда достигается минимум, эта часть информации восстанавливается с помощью модели.

Дисперсия матрицы Z может быть аппроксимирована различными способами. Если изначально будет принято приближение на основе простой случайной выборки то могут быть применены редко используемые на практике модели (Cascetta и Nguyen (1988)). Матрица рассеяния W часто считается диагональной и, следовательно, между различными пунктами не предполагается ковариация. Bell (1991) предлагает алгоритм, который решает задачу (3). Этот алгоритм учитывает ограничения неотрицательности на восстановленной матрице g . Bell (1991) и Cascetta (1984) предполагают пропорциональное распределение. Bell предлагает следующее решение (2):

$$g = \hat{g} + ZP'(PZP' + W)^{-1}(\hat{v} - P\hat{g}) + (Z - ZP'(PZP' + W)^{-1}PZ)\mu \quad (3)$$

где P – матрица; μ – множители Лагранжа, связанные с неотрицательностью ограничений на матрице g . Из (3) видно, что целевая матрица калибруется и подвергается изменениям в виде двух слагаемых. Первое слагаемое связано с отклонением наблюдаемых транспортных потоков и рассчитывается, путем получения целевой матрицы. Второе слагаемое связано с активными ограничениями неотрицательности, то есть ограничениями с ненулевыми множителями Лагранжа, на соответствующие элементы g_{ij} равные нулю.

Если транспортные потоки и целевая матрица (с учетом условий $\eta, u \in$), предполагает, что распределения MVN, GLS оценок может совпадать с оценкой ML [5]. Такой же результат, может быть получен с использованием байесовского подхода (Maher 1983) в предположении MVN распределения транспортных потоков и целевой матрицы [5]. В работе Bell (1984) предположил, что подход Van Zuylen и Willumsen (1980) с учетом минимальной информации аппроксимирует GLS подход, в случае, если подсчет транспортных потоков выполнен с высокой точностью.

Yang (1992) оптимизировал модель GLS путем интеграции равновесного распределения. Проблема оценки матрицы сформулирована, как двухуровневая

обобщенная задача наименьших квадратов на верхнем уровне и задача о равновесном распределении на более низком уровне. Полученная задача становится трудно решаемой. Эвристический алгоритм применяется к простым случаям (для других двухуровневых задач применяются иные методы решения).

Данные транспортных потоков равновесного типа доступны для всех графов матрицы, которые восстанавливают транспортные потоки, и могут быть получены в качестве решения с учетом конкретной системы уравнений. Трудно определить наблюдаемые транспортные потоки равновесного типа. Если с учетом конкретных систем уравнений является возможным, модель Yang (1994) учитывает транспортные потоки равновесного типа. Корректировка наблюдаемых транспортных потоков равновесного типа является сложной и трудновыполнимой задачей, так как для решения этой задачи не были разработаны определенные процедуры.

Список использованной литературы:

1. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных путей городов. Новосибирск: Наука, 2004 г. – 267 с.
2. Пример оценки транспортной доступности с использованием программного продукта PTV «VISUM» Шаров М.И., Михайлов А.Ю., Дученкова А.В. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2013. № 1 (4). С. 133-138.
3. Abrahamsson T. Estimation of Origin destination Matrices Using Traffic Counts // A Literature Survey. NASA Interim Report IR-98-021, May, 1998. P. 27.
4. Boyce D.E. A Discrete Transportation Network Design Problem with Combined Trip Distribution and Assignment / D.E. Boyce, B.N. Janson. / Transportation Research. 1980. –Vol.14B. – P.147–154.
5. Erlander S. On estimation of trip matrices in the case of missing and uncertain data, Transportation Research, 1985, vol. 19, P. 123–141.

УДК 656.13:658 (075.8)

Организация мультимодальной перевозки внешнеторговых грузов

Н.В. Тарханова, М.В. Петраковский

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассмотрены этапы организации мультимодальной перевозки внешнеторговых грузов, проанализирована эффективность использования указанной системы доставки груза. Изложен порядок формирования цены товара в зависимости от условий поставки. Рассмотрена экономическая эффективность системы позволяющей существенно сократить простои подвижного состава, более эффективно использовать перегрузочную технику, снизить затраты труда работников, занятых в этих перевозках.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, внешнеторговая деятельность, экспедитор, этапы организации перевозки, транспортно-технологические системы, экономическая эффективность.

Мультимодальные внешнеторговые перевозки очень актуальны в наше время, так как без перевозки груза не обойтись никак. На автомобильном транспорте в последнее время каждое предприятие устанавливает собственные тарифы и договорные ставки за перевозку грузов, которые учитывают затраты предприятия и заданный уровень рентабельности. Преимуществом экспедиторских фирм при организации мультимодальных перевозок является то, что они действуют на большом количестве направлений, у них шире набор логистических операций, они имеют широкую сеть агентов в транспортных узлах и градообразующих центрах. Доставка грузов по единому транспортному документу мультимодальной перевозки создает ряд преимуществ для грузоотправителя, поскольку он имеет дело только с оператором мультимодальных перевозок [3].

В практике внешнеторговой деятельности мультимодальными называются перевозки с использованием нескольких видов транспорта, выполняемые под ответственностью одного перевозчика по единому транспортному документу и по единой сквозной ставке. Такой формой доставки охвачено свыше 1/3 внешнеторговых грузов [1].

В качестве операторов мультимодальных перевозок (ОМП) могут выступать сами транспортные компании (судоходные, железнодорожные, автотранспортные) или специализированные экспедиторские фирмы. Лишь немногие фирмы выполняют мультимодальные перевозки самостоятельно, через свои дочерние компании и филиалы, чаще всего они действуют на основе договора с другими специализированными компаниями: транспортными предприятиями, компаниями - владельцами или арендаторами портовых и железнодорожных терминалов, портовыми и складскими фирмами, обеспечивающими таможенную очистку, хранение груза и его подработку (ремонт и замену тары, маркировку, упаковку, комплектование отправок) [4].

Магистрально-фидерные перевозки с высокой эффективностью осуществляются в США и Западной Европе. В США имеется более 40 транспортных коридоров из основных экономических районов морскими речным портам. По этим коридорам курсируют двухъярусные контейнерные поезда, обеспечивающие каждый транспортировку до 500 контейнеров в 20-футовом исчислении (20 т). В Западной Европе действует около 30 железнодорожных коридоров, соединяющих крупные градообразующие центры с основными морскими портами. В роли операторов терминальных систем все чаще выступают крупнейшие линейные компании-перевозчики, например, «American President Lines», «Sea Land» (США), «Maersk» (Дания), создавшие многоотраслевые транспортные объединения [2].

Организация мультимодальной перевозки внешнеторговых грузов начинается с получения коммерческого предложения грузоотправителя с указанием объемов и сроков отправок, среднего размера партий, количества отправок в месяц, пунктов отправления и назначения и включает в себя следующие этапы:

1. Формирование вариантов доставки груза. Они различаются по маршруту, технологии перевозки и перевалки, видам транспорта. По каждой мультимодальной перевозке рассматриваются все возможные варианты транспортировки и перевалки, особенности технологии, организации и коммерческих условий доставки груза.

2. Выбор перевозчиков на магистральных и фидерных линиях мультимодальной доставки. Для выбора используется информация линейных агентов

фирмы, специальных изданий, буклетов, отчетов и т.д. По каждой компании определяются порты перевалки и такие параметры, как регулярность и время следования подвижного состава, расходы в портах и т.д.

3. Калькуляция сквозной ставки тарифа. По каждой схеме определяется сумма расходов на магистральных и фидерных линиях мультимодальной перевозки с учетом действующих тарифов.

4. Обоснование рекомендаций клиенту по выбору оптимального варианта доставки груза. По всем вариантам мультимодальной перевозки ОМП предоставляет клиенту калькуляцию сквозной ставки, а также оценку качества транспортных услуг по каждому варианту доставки. На основе полного анализа оператор делает обоснованный вывод об оптимальном варианте доставки.

5. Организация и контроль мультимодальной перевозки. По условиям договора ОМП принимает на себя [5]:

- заказ подвижного состава;
- прием груза;
- перетарку, погрузку и документальное оформление;
- таможенное оформление грузов; страхование;
- информирование клиента о движении груза.

Внешнеторговые перевозки грузов осуществляются на основе международных соглашений и на каждом виде транспорта регулируются соответствующими законодательными и нормативными актами. Так, отношения, возникающие при международных морских перевозках, регулируются Кодексом торгового мореплавания (КТМ); при железнодорожных перевозках - Уставом железных дорог; на автомобильном транспорте - Конвенцией о договоре международной дорожной перевозки грузов; на воздушном транспорте - Конвенцией о международной гражданской авиации; при смешанных перевозках - Нью-Йоркской конвенцией [3].

Из смешанных перевозок в России получили распространение прямые смешанные железнодорожно-водные (паромные) перевозки, обеспечивающие доставку грузов в вагонах и контейнерах [1].

Высокие темпы развития внешней торговли усиливают воздействие транспортного фактора на эффективность внешнеэкономической деятельности. Транспортные услуги в цене отдельных видов товаров во внешней торговле достигают 40% и более. Поэтому рациональное использование транспортной системы страны, внедрение прогрессивных видов перевозок способствуют сокращению транспортных затрат и повышению экономической эффективности внешней торговли [2].

Экономическая эффективность транспортного обслуживания внешнеэкономических связей, как правило, рассчитывается при выборе направлений перевозок, видов транспорта, способа перевозки, выборе наиболее эффективных вариантов развития международных сообщений, при оценке эффективности деятельности транспортных и внешнеторговых организаций. Величина транспортной составляющей в цене экспортного или импортного товара зависит от базиса поставки [5].

В странах с развитой транспортной системой, работающей в условиях здоровой конкуренции между видами транспорта, экономический эффект транспортного обеспечения внешнеэкономических связей предприятия отдельно не рассчитывается. Транспортное обеспечение является одной из составляющих общей эф-

фективности внешнеэкономических связей предприятия или фирмы. В этом случае в расчеты обязательно включать вариант перевозки с минимальными затратами на транспорт, поскольку дополнительные затраты на передвижение товара могут окупиться за счет снижения расходов предприятия по другим элементам сферы обращения [4].

Выбор типа подвижного состава, способа перевозки определяется предприятием на основе минимизации влияния тарифов, фрахта и других транспортных и нетранспортных расходов на величину прибыли предприятия от конкретной торговой сделки при доставке товара от «двери» отправителя до «двери» получателя.

В общем виде в транспортную составляющую цены внешнеторгового товара необходимо включать затраты, связанные со следующими операциями:

- подготовка товара к транспортировке на складе отправителя, его упаковка и хранение;
- погрузка товара на транспортное средство первого перевозчика;
- транспортировка груза со склада отправителя в пункт передачи товара второму перевозчику;
- транспортно-экспедиторское обслуживание на первом этапе перевозки;
- аренда транспортного оборудования на первом этапе перевозки (контейнеры, средства пакетирования и др.);
- выгрузка товара в пункте перевалки;
- хранение товара в пункте перевалки;
- погрузка товара на транспортное средство второго перевозчика;
- оплата таможенных пошлин и сборов;
- страхование груза на случай его порчи или утраты;
- транспортно-экспедиторское обслуживание и другие виды услуг;
- транспортировка товара вторым перевозчиком;
- аренда транспортного оборудования на втором этапе перевозки;
- выгрузка товара из транспортного средства второго перевозчика;
- хранение товара в пункте перегрузки и перегрузка на транспортное средство следующего перевозчика [1].

Для привлечения грузопотоков перевозчикам при оценке эффективности необходимо исходить, прежде всего, из интересов клиента и получать дополнительную прибыль за счет предложения гибких схем обслуживания и повышения эффективности собственной деятельности. В условиях рыночной экономики эффективность того или иного варианта перевозки является важнейшим принципом при выборе основного перевозчика [4].

При выборе варианта доставки недостаточно сравнивать только затраты на перевозку, необходимо учитывать также качество транспортного обслуживания (срочность доставки, надежность, сохранность, доставка «точно в срок», комплексность транспортного обслуживания по схеме «от двери до двери»), эффективность работы экспедиторских фирм, уровень безопасности и экологичности транспорта, и т.п. [5].

Повышение эффективности и качества внешнеторговых перевозок во многом определяется объемом внедрения прогрессивных транспортно-технологических систем (ТТС) в транспортный процесс и их разнообразием.

При формировании ТТС можно выделить следующие направления их развития [1]:

- комбинирование разных видов транспорта, позволяющее ликвидировать лишние перегрузки груза;
- разделение на стоянке основных частей транспортного средства, чтобы на стоянке под грузовыми операциями отвлекалась только грузовая часть и расходы по ее содержанию были бы минимальными;
- укрупнение грузовых мест для повышения интенсивности грузовых операций в пунктах перевалки товара с одного вида транспорта на другой при наименьших материальных и трудовых затратах (контейнеризация, применение поддонов и др.);
- применение новых принципов перемещения с целью резкого повышения скоростей доставки ценных грузов.

Внедрение прогрессивных ТТС требует создания специализированного подвижного состава, перегрузочных механизмов, изменений в технологических процессах, создания новых форм взаимоотношений между смежными видами транспорта. Однако основное звено прогрессивных ТТС - комплексы специализированных технических средств [2].

Эффективность работы экспедиторов мультимодальных перевозок в России во многом зависит от того, насколько грамотно и последовательно они будут следовать современным логистическим принципам и направлениям работы по расширению спектра услуг, созданию собственной производственной базы доставки грузов, внедрению технологий по системе just-in-time, гарантии сохранности грузов, стимулирующей роли тарифов на мультимодальную перевозку, изучению рынка товаров и услуг [1].

Список использованной литературы:

1. Транспортная логистика и мультимодальные перевозки. Сб. трудов по проблемам транспортных коридоров РФ и материалы российско-голландской конференции “Морское и мультимодальное образование в XXI веке”. СПб, 1988. — 120 с.
2. Никифоров Н.А. Мультимодальные перевозки внешнеторговых грузов М.: Транспорт, 2001. - 556 с
3. Мультимодальные перевозки / Под общ. редакцией И.Н. Петрова. - М: Транспорт, 1998. - 610 с.
4. Прокофьева О.С. Транспортные терминалы и логистические центры как элементы товаропроводящей сети/ О.С. Прокофьева // Вестник ИрГТУ. - 2011, №11, Иркутск, с. 141-146
5. Яценко С.А. Качество логистики с позиций обслуживания клиентуры в транспортно-логистических компаниях / С.А. Яценко // Известия Волгоградского государственного технического университета. - №19 (146). - Вып.9. - 2014. - с.88-91.

Малое инновационное предпринимательство в России

Н.В. Тарханова, С.А. Рабиевская, И.М. Елфимова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье кратко освещено настоящее положение инновационного бизнеса в России, проведен анализ различных показателей работы на примере кейсов российских компаний, сделаны выводы и даны рекомендации по укреплению совместных действий представителей малого инновационного бизнеса и государственных структур.

Ключевые слова: инновационная деятельность, малое предпринимательство, научно-техническая политика.

Сегодня в промышленно развитых странах от 70 до 100 % прироста ВВП осуществляется за счёт использования достижений науки. Успех инновационной составляющей отечественной экономики во многом зависит от состояния и развития малого предпринимательства, которое, несомненно, является источником инноваций, а также каналом трансферта знаний, технологий [6].

Малый бизнес выступает важнейшим субъектом инновационной деятельности, может внести существенный вклад в развитие производства в технически передовых областях и направлениях. Он служит основным источником нововведений, генератором новых идей, создаёт предпосылки к инновационному развитию экономики страны в целом [6].

«Инновации не роскошь, а средство достижения цели». И цели у каждого разные: от государственных до местных, районных. И вот как раз районный предприниматель-новатор и является той основной фигурой, цели которого и отражают реальную государственную политику в сфере инновационных технологий.

Кто в России занимается инновационным предпринимательством? Кто эти люди? Какие цели они ставят перед собой? Чего ждут от общества и государства?

Для ответа на эти и подобные вопросы было проведено исследование на тему «Социальный портрет современного российского инновационного предпринимателя». Оно было попыткой описать российских инноваторов: их мотивы, ценности, отношение к жизни и делу, особенности ведения бизнеса и т.д. В ходе исследования был проведен формализованный опрос 235 человек, сделано 30 углубленных интервью и проведены 2 фокус-группы [6].

Есть очень много описаний того, какими должны быть инновационные компании, что и как они должны делать, чтобы стать успешными. И очень мало описаний реальных примеров того, как та или иная российская инновационная компания достигла успеха или наоборот. За каждой компанией стоит фигура предпринимателя – человека, в чьей голове возник замысел создать инновационный бизнес и компанию, чьими каждодневными усилиями этот замысел воплощается в жизнь.

В России есть две параллельные инновационные реальности. Одна реальность – это выстроенные государством инновационные институты, политическая риторика и статьи расходов на развитие инновационной деятельности в государ-

ственном бюджете. Эта сторона проявляет себя в выступлениях политиков и ученых на многочисленных международных форумах и конференциях, в речах и посланиях первых лиц государства и в отчетах следственных органов по проверке расходования бюджетных средств. Другая реальность – это реальный мир, в котором живут и работают люди, создающие те самые инновации, о смысле и назначении которых ломают копья политики и экономисты. И зачастую при пересечении они не признают «родственных» отношений: слишком разный фокус зрения у тех, кто говорит про инновации и тех, кто их делает [3].

Как показало проведенное исследование, большая часть инновационных предпринимателей имела опыт научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности (72,8%), что еще раз подтверждает типичный для современного российского инновационного предпринимателя путь – «из науки в бизнес».

Средний российский инновационный предприниматель – это совладелец (соучредитель) предприятия. Как следует из исследования, для одних предпринимателей обладание контрольным пакетом приоритетно с точки зрения решения проблем организационного характера и осуществления текущего управления, для других является обязательным условием: им необходима уверенность в том, что без их ведома никаких изменений на предприятии не произойдет.

Не менее важную, чем жизненная траектория, характеристику предпринимателей дает их собственное определение своих мотивов и ценностей. В отличие от традиционного бизнеса, в выборке приоритетов желание разбогатеть – последний из оных.

В числе причин, побудивших к началу предпринимательской деятельности инновационные предприниматели указали намерение реализовать свои идеи и разработки (75,3%). На втором месте идет стремление к независимости (48,1), и лишь на третьем – необходимость зарабатывать на жизнь. Ориентация не на прибыль, а на самореализацию и самоутверждение подтверждается ответами респондентов на вопрос, в котором те же по смыслу суждения относительно роли бизнеса в жизни предпринимателя необходимо оценить в качестве действующих ценностей, которыми предприниматели руководствуются в повседневной деятельности. Наибольший вес снова имеет суждения «бизнес для меня – способ научной и творческой реализации (66,4%). Таким образом, для инновационных предпринимателей ориентация на бизнес как источник научной и творческой самореализации выступает и как основной мотив начала деятельности, и сохраняется как базовая ценность впоследствии [3].

Малое предпринимательство уже по своей природе, инновационно, а в условиях экономики знаний это его качество усиливается и превращается в ключевой фактор трансформационных изменений.

Во-первых, малое предпринимательство выступает в качестве такой институциональной структуры, которая обеспечивает подвижность и динамизм экономической системе в целом, способствует быстрой коммерциализации результатов исследований и разработок, а также адаптации к изменению условий во всех сферах деятельности, что оказывает значительное влияние на ускоренные темпы инновационного развития.

Во-вторых, благодаря современным информационным технологиям, которые существенным образом меняют саму модель функционирования различных

структур, обеспечивается доступ малых предприятий к новым видам деятельности и увеличивается доля малого предпринимательства на мировом рынке товаров и услуг [4].

Основой развития инновационной деятельности является государственная научно-техническая политика. Целью инновационной политики страны является создание инновационных институтов. В настоящее время создана достаточно мощная система «производства идей» в виде академических, отраслевых и учебных заведений, а также научных грантовых фондов (Российский фонд фундаментальных исследований, Российский гуманитарный научный фонд, ряд фондов, основанных на корпоративном и частном спонсорстве). Есть государственные научные центры и инновационно-технологические центры и наукограды (Троицк, Пущино, Черноголовск), ряд технопарков и бизнес-инкубаторов, которые уже добились определенных успехов в инновационной деятельности. Работает государственный бюджетный Фонд развития малых инновационных предприятий. Создано три центра трансфера технологий: на базе Научного центра РАН в Черноголовске, на базе Сибирского отделения РАН и Института металлургии Уральского отделения РАН в Екатеринбурге. Приступили к работе шесть особых экономических зон, одной из главных задач которых является стимулирование инновационных проектов и программ [5].

Вот что публикуется со стороны государственных структур, афишируется СМИ и доносится до нас политиками. Если же спросить самих собственников малого инновационного предпринимательства об их отношении к поддержке государства инновационной деятельности, мы получим совершенно другую картину. Результаты исследования показывают, что статистическое большинство инновационных предпринимателей, с одной стороны, не чувствуют заинтересованность государства в инновациях (68% ответивших «скорее не востребованы» и «совсем не востребованы»), но при этом уверены в собственной востребованности, в востребованности в своих продуктов/услуги.

На сегодняшний день Россия переживает глубокий инновационный кризис. Главным противоречием, порождающим этот кризис, является то, что, с одной стороны, переход к свободному предпринимательству, создание конкурентной среды, ориентация на запросы потребителей должны стимулировать инновационную деятельность, технологические новшества, реализацию научно-технических и других инноваций. С другой стороны, экономическая нестабильность, резкое снижение инвестиционной активности, социальная напряженность в обществе дезорганизуют инновационный процесс, ликвидируют естественные стимулы к инновационной деятельности.

Необходимо отметить, что в России имеются значительные фундаментальные и технологические заделы, уникальная научно-производственная база и высококвалифицированные кадры, но при этом имеет место крайне слабая ориентация инновационного потенциала на реализацию научных достижений в производстве и других сферах деятельности. Инновационный кризис проявляется в резком снижении уровня управляемости процессом создания и реализации новшеств, отсутствии в ряде случаев источников его финансирования, свертывании деятельности исследовательских коллективов. За последнее время поток иностранных технологий подавляет развитие национальной инновационной политики и прикладной науки, создает реальную опасность возникновения технологической зависимости от зарубежных разработок.

Обобщая опыт малого инновационного бизнеса в экономике высокоразвитых стран, для России можно сделать ряд выводов:

- 1) довести удельный вес малых предприятий в объеме ВВП с 17% до 60%;
- 2) уделять особое значение созданию и развитию малого бизнеса в сфере инноваций (в России только 2,5% малых предприятий заняты инновационными разработками);
- 3) усилить роль малого бизнеса в инновационных процессах при его объединении с крупными фирмами и с научными учреждениями, где он выступает структурным подразделением;
- 4) найти применение используемых в развитых странах методов государственной поддержки: реализация масштабных программ партнерства малого инновационного бизнеса с крупным бизнесом, с государственными структурами, финансирование НИОКР, передача технологий, кооперация, обеспечение льготами (налоговые, кредитные, возмещение определенных затрат), создание инновационной инфраструктуры (технопарки, венчурные фонды, бизнес-инкубаторы).

Сам по себе малый бизнес рискован, а тот, что связан с наукой и инновациями, рискован вдвойне. Во всем мире инновационное предпринимательство имеет серьезную поддержку со стороны государства. На фоне осмысления хода и результатов экономических процессов в России, в ходе реализации программы импортозамещаемой экономики, все больше приходит осознание необходимости перезагрузки национальной инновационной повестки и даже создание новой. Все главные игроки данной сферы – государство, бизнес, наука и образование – кивают друг на друга и на фоне взаимных заверений в дружбе и любви однако не идут друг другу на встречу и не хотят работать в тандеме.

Нерешёнными вопросами в развитии малого инновационного бизнеса остаются нестабильная экономическая и политическая ситуация в стране, несовершенство нормативно-правовой базы, проблемы защиты прав на интеллектуальную собственность, неразвитость инфраструктуры в сфере коммерциализации инноваций и др. Хотя в настоящий момент инновационное предпринимательство в РФ не определяет общий климат в малом бизнесе. Однако малый бизнес обладает огромным потенциалом, чтобы стать источником экономического роста в условиях жёсткой конкуренции на рынке инноваций.

Список использованной литературы:

1. Методология исследования маркетинговой среды функционирования транспортной компании/ С.А. Яценко. Вестник ИРГТУ, № 15 (100)2 2015 – Иркутск: изд-во ИРГТУ, 2015г.- С.135 - 140.
2. Малое инновационное предпринимательство / А.Н. Асаул, Б.М. Капаров; под ред. засл. строителя РФ, д-ра экон. наук, проф. А.Н. Асаула. -СПб.СПбГАСУ. - 2008. - 128с.
3. Малое инновационное предпринимательство. Кейсы российских компаний/ Д.С. Андреюк и Под ред. Д.С. Медовникова. - М.:МАКС Пресс, 2013.-196с.
4. Официальный сайт Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота» ФГБОУ ВПО «КГТУ». [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://bffa.com/science/innovations/nauka_mip.aspx
5. Официальный сайт ВНИИИМТ. История. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.ekran-vniiimt.ru/index.pl?x=history>

6. Черенков, В.И. Информационно-коммуникативная проблема глобализации бизнеса / В.И. Черенков // Проблемы современной экономики [Электронный ресурс]. – 2008. – № 3(7) (4/8). – URL : <http://www.m-economy.ru/art.php3?artid=1834>

Измерительный комплекс с гироскопами для диагностирования элементов подвески в дорожных условиях

А.И. Федотов, Н.Ю. Кузнецов, А.В. Лысенко, Д.А. Тихов-Тинников

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье приведено подробное описание измерительного комплекса с гироскопами, предназначенного для диагностирования элементов подвески в дорожных условиях методом движения автомобиля по окружности с переездом его колес через единичную неровность.

Ключевые слова: *Дорожный метод диагностирования, измерительный комплекс с гироскопами.*

Автомобиль был и остается одним из самых опасных транспортных средств современности. Только за три дня на автодорогах нашей страны гибнет людей больше, чем в течение года на всех других видах транспорта. При этом большая часть дорожно-транспортных происшествий сопровождается потерей устойчивости и управляемости автомобилей вследствие потери бокового сцепления. В свою очередь, как продольное, так и боковое сцепление колес во многом зависит от стабильности их контакта с дорогой, которая обеспечивается работой амортизаторов и элементов подвески [1].

Стремление ученых и конструкторов создать эффективные дорожные методы контроля амортизаторов, вступает в противоречие с недостатком знаний о закономерностях влияния их технического состояния на стабильность пятна контакта и величину бокового сцепления колес. В связи с вышеизложенным, задача повышения активной безопасности автомобилей, на основе дорожного метода контроля технического состояния амортизаторов, учитывающего стабильность пятна контакта и величину бокового сцепления колес, актуальна и имеет важное народнохозяйственное значение [3].

Ученые Иркутского национального исследовательского технического университета совместно с учеными Восточного Сибирского государственного университета приняли решение - контроль технического состояния подвески с позиции влияния на устойчивость автомобиля необходимо проводить на ровном, горизонтальном участке с покрытием, обеспечивающим заданный коэффициент сцепления φ .

Контролируемыми параметрами, позволяющими весьма информативно оценивать устойчивость автомобиля при переезде через единичное препятствие, могут быть характеристики изменения углов поворота, крена и деферента автомобиля.

С целью измерения и регистрации этих характеристик была разработана система измерения углов поворота, крена и деферента автомобиля, выполненная на

базе авиационных гироскопических приборов ЦГВ-4К и Г-3М, которые были использованы в измерительном комплексе для диагностирования пневматического тормозного привода [4, 5]. Блок схема измерительного комплекса изображена на рис. 1.



Рис.1. Блок схема измерительного комплекса

Гироскоп угла поворота автомобиля установлен в гироскопе Г-3М (рис.2). Для съема информации используется потенциометр-датчик 6, установленный на вертикальной оси внешней рамы. Двигатель 9 и жидкостный маятник 11 образуют систему горизонтальной коррекции гироскопа.

При нажатии кнопки 1 электродвигатель 2 начинает вращаться, передавая крутящий момент с помощью редуктора 3 на шестерню с щетками 7 потенциометра-датчика 6. Это сделано с целью начальной ориентации.

За обеспечение сигналами углов крена и дифферента отвечает центральная гировертикаль ЦГВ-4К. При запуске ЦГВ, платформа с гироскопами может находиться в любом положении. Более точное установление платформы по вертикали осуществляется с помощью жидкостного маятника и коррекционных электродвигателей, которые работают аналогично гироскопу Г-3М, при нажатии кнопки, замыкающей цепь. Кинематическая схема гировертикали представлена на рисунке 3 [6].

Переменное напряжение для питания гироскопических приборов 36 В 400 Гц, вырабатывается преобразователем ПТ-125Ц использующим энергию аккумуляторных батарей 24 В. Полного заряда аккумуляторных батарей хватает на 4 часа работы измерительного комплекса.

Питание (+5В) потенциометров гироскопов подается через USB-порт компьютера (Notebook). Общий вид компьютерного измерительного комплекса изображен на рис. 4.

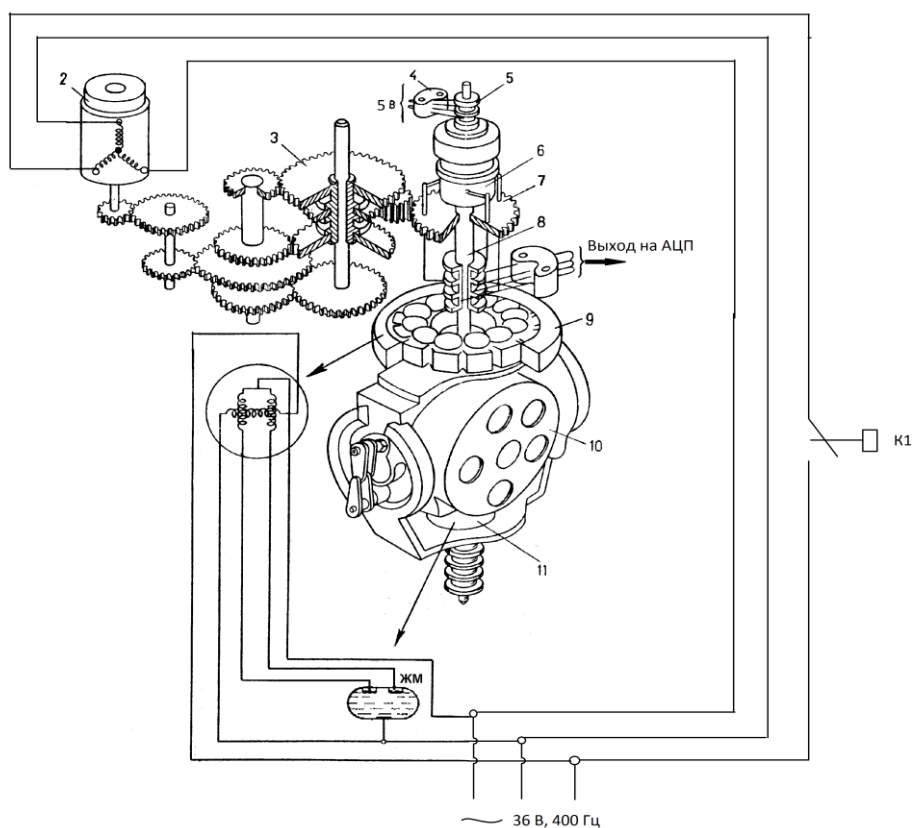


Рис. 2. Гирискон угла поворота

Для регистрации записи сигнала в виде графиков, применяется модуль аналого-цифрового преобразования ZET 210 и программное обеспечение ZETLAB, позволяющее работать компьютеру в режиме 16-канального осциллографа.

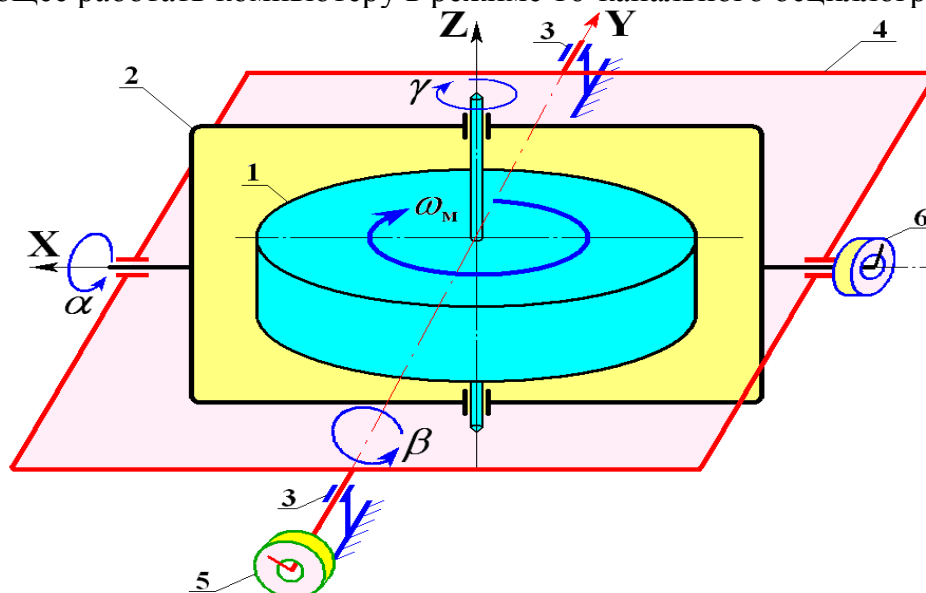


Рис.3. Кинематическая схема центральной гировертикали 1 – вращающийся маховик гироскопа; 2 – рамка с опорными подшипниками вертикальная; 3 – опорные подшипники горизонтальной рамки; 4 – рамка с опорными подшипниками горизонтальная; 5 – потенциометр, регистрирующий поворот относительно оси OY; 6 – потенциометр, регистрирующий поворот относительно оси OX [6].



Рис. 4. Внешний вид компьютерного измерительного комплекса:
1 – преобразователь напряжения ПТ-125Ц; 2 – Центральная гировертикаль ЦГВ-4К; 3 – Гирокомпас Г-3М; 4 – Аналого-цифровой преобразователь ZET 210; Компьютер Notebook

Для проверки способности разработанного комплекса выполнять контроль устойчивости АТС в движении, были выполнены экспериментальные заезды автомобиля *Ford - Focus* по окружности радиусом 8 метров, со скоростью 40 км/час с поворотом на 180° (без препятствия).

В процессе движения по окружности выполняли измерения углов поворота, крена и деферента автомобиля. Осциллограмма заезда автомобиля *Ford - Focus* по окружности представлена на рис. 5.

Представленная на рис. 4. осциллограмма процесса движения автомобиля *Ford - Focus* по окружности убедительно показывает способность разработанного измерительного гироскопического комплекса выполнять контроль устойчивости АТС в движении с достаточной для экспериментальных исследований точностью. В дальнейшем, планируется использование данного комплекса для диагностирования элементов подвески в дорожных условиях методом движения автомобиля по окружности с переездом его колес через единичную неровность.

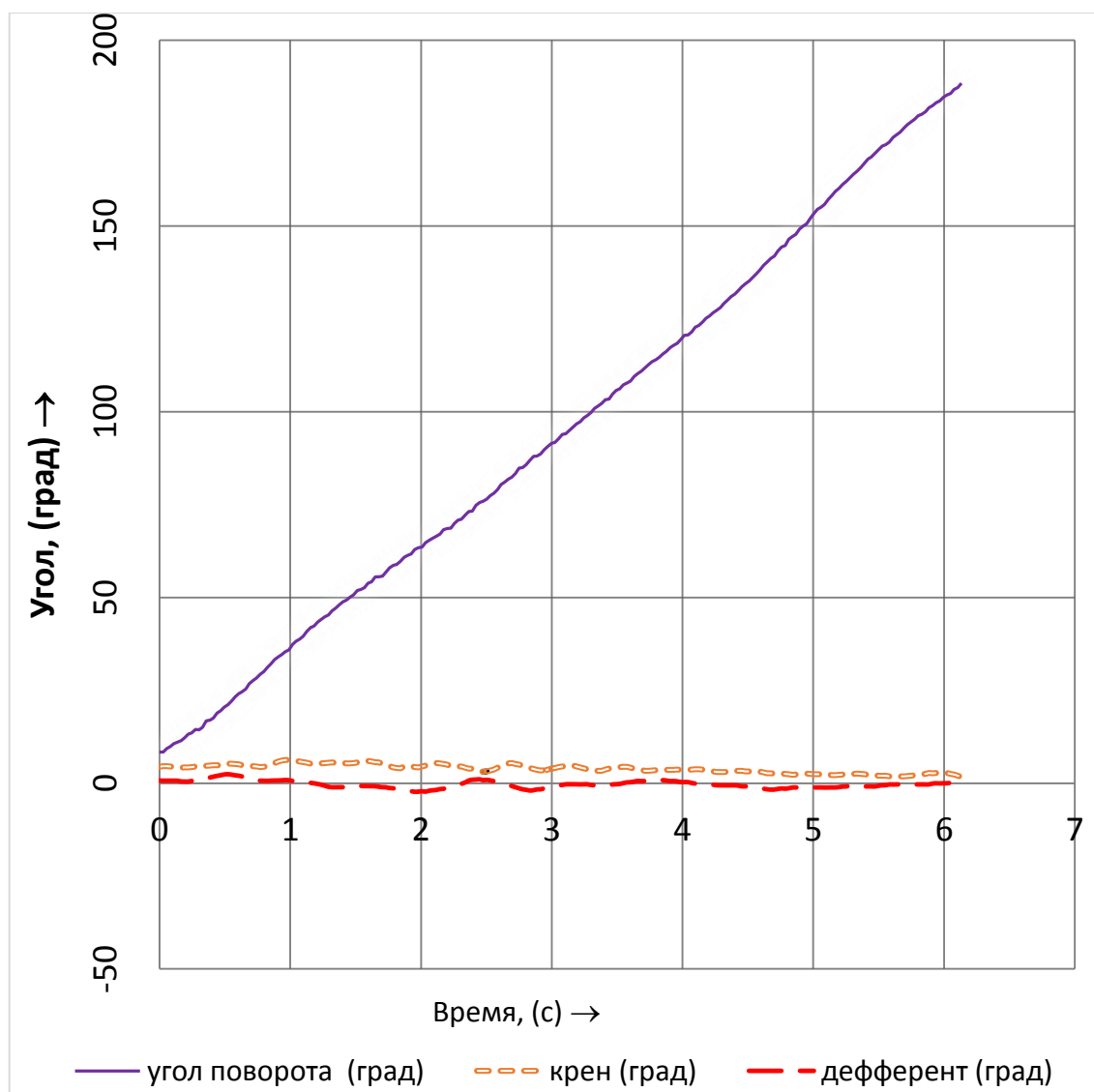


Рис.5. Осциллограмма заезда автомобиля *Ford - Focus* по окружности радиусом 8 метров, со скоростью 40 км/час с поворотом на 180 град, (без препятствия)

Список использованной литературы:

1. Тормозное управление автомобиля // Гуревич Л.В., Меламуд Р.А. / М.: Транспорт, 1976. – 193 с.
2. Нгуен, В.Н. Математическая модель процесса изменения нормальной реакции колеса диагностируемой оси автомобиля на вибростендах // Федотов А.И., Нгуен В.Н. / Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. Т. 68. № 9. С. 163-168.
3. А.И. Федотов, А.В. Лысенко, Д.А. Тихов-Тинников // Контроль технического состояния подвески автомобилей в условиях эксплуатации методом движения по окружности // Автомобиль для Сибири и крайнего севера конструкция, эксплуатация, экономика. Материалы 90-й Международной научно-технической конференции / Иркутск, 2015 / С. 232-238
4. Диагностика пневматического тормозного привода автомобилей на основе компьютерных технологий / Федотов А.И. диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03 / Иркутск, 1999

5. Динамический метод диагностики пневматического тормозного привода автомобиля в условиях эксплуатации / Федотов А.И. // Монография - Иркутск: Издательство ИрННТУ, 2015 – 512 с.

6. Основы научного исследования /Федотов А.И.// Учебно-методическое пособие: Издательство ИрГТУ, 2012 – 63 с.

УДК 656.11

Повышение безопасности движения малозащищенных групп населения

С.Л. Чикалина, А.С.Вечер

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В результате дорожно-транспортных происшествий наиболее часто погибают или тяжело страдают пешеходы, и особенно велика эта вероятность среди детей и пожилых людей. В настоящее время организация дорожного движения невозможна без технических средств, применяемых для безопасности дорожного движения и обустройства автомобильных дорог.

Ключевые слова: безопасность, пешеход, травматизм, дорожно-транспортное происшествие.

Наиболее подверженными риску погибнуть или тяжело пострадать в дорожном движении являются самые незащищенные его участники - пешеходы, и особенно велика эта вероятность у детей и пожилых людей. Пешеход это тот, кто перемещается по дорогам общего пользования и является участником дорожного движения со своими правами и обязанностями, также как автомобилисты и велосипедисты. Среди пешеходов встречаются все возрастные группы: от мала до велика. Особо уязвимы и больше всего страдают дети в возрасте до 14 лет и пожилые люди старше 65 лет.

Ежегодно большое количество пешеходов в России получают травмы или погибают в дорожном движении [1]. Дорожно-транспортные происшествия для детей в возрасте от 5 до 14 лет являются частой причиной смерти. Это объясняется особенностями возрастного развития ребенка. На самом деле, дети слишком малы, чтобы увидеть и оценить ситуацию на дороге. У них возникают затруднения с оценкой расстояния и скорости транспортных средств. Они импульсивны и часто непредсказуемы. В целях профилактики травматизма детей необходимо информировать об опасностях, связанных с дорожным движением.

Для повышения своей безопасности пешеходы должны придерживаться следующих советов:

- планировать достаточное время для передвижения;
- повысить свою видимость светлыми тонами одежды (особенно актуально в темноте);
- показывать свое четкое намерение пересечения проезжей части, четко позиционировать себя на обочине дороги, и по возможности, устанавливать зрительный контакт с водителем транспортного средства;
- помнить, что преимущество права пешехода на пешеходном переходе не является абсолютным;

- не переходить улицу вне пешеходных переходов;
- не носить наушники (в последнее время они становятся все более частой причиной несчастных случаев);
- не разговаривать по телефону при пересечении проезжей части;
- выходить на пешеходный переход только тогда, когда автомобиль остановился;
- никогда не переходить проезжую часть непосредственно «перед» или «за» автобусами, трамваями или другими препятствиями.
- учитывать, что каждое транспортное средство имеет определенный тормозной путь (тормозной путь автомобиля, который движется со скоростью 50 км / ч может составлять 35 м и более).

Но дисциплинированности участников дорожного движения недостаточно. Для повышения безопасности дорожного движения необходимо применять технические средства организации движения.

Поэтому в зарубежной практике широко применяются мероприятия по успокоению движения транспорта, которые можно разделить на три основных категории: вертикальные мероприятия, горизонтальные мероприятия и физические мероприятия [4].

Вертикальные мероприятия по ограничению движения автотранспорта обеспечивают преграду таким образом, что транспортные средства в состоянии преодолеть их, но при этом изменение высоты проезжей части (и иногда материалов) может вызвать дискомфорт пассажиров транспортных средств, в случае если скорость движения транспорта превышает расчетную скорость.

Горизонтальные мероприятия по успокоению движения автотранспорта предназначены препятствовать движению транспортных средств по прямой линии на чрезмерных скоростях.

К физическим мероприятиям относят полное или частичное закрытие дороги.

При этом спектр технических приемов и средств успокоения движения чрезвычайно широк:

- speed humps- «лежачие полицейские»;
- speed tables - возвышения дорожного полотна с изменением текстуры;
- on-street parking- организация парковочных зон;
- channelization- канализирование, разделение полос;
- chicanes -применение крутых поворотов-чикэнс;
- gateway treatments- ограничение доступа;
- intersection diverters -отклонение траектории на перекрестке;
- street design alterations – перепланировка улиц;
- roundabouts- применение кольцевых пересечений;
- street closures- применение тупиковых улиц;
- street narrowing- сужение улиц;
- traffic controls -применение элементов управления движением;
- vehicle size restrictions- применение ограничений на размеры транспортных средств [2].

Перечисленные мероприятия широко применяются на пешеходных переходах около школ, детских садов, поликлиник, в местах массового скопления населения, а также в местах размещения нерегулируемых пешеходных переходов в жилых районах.

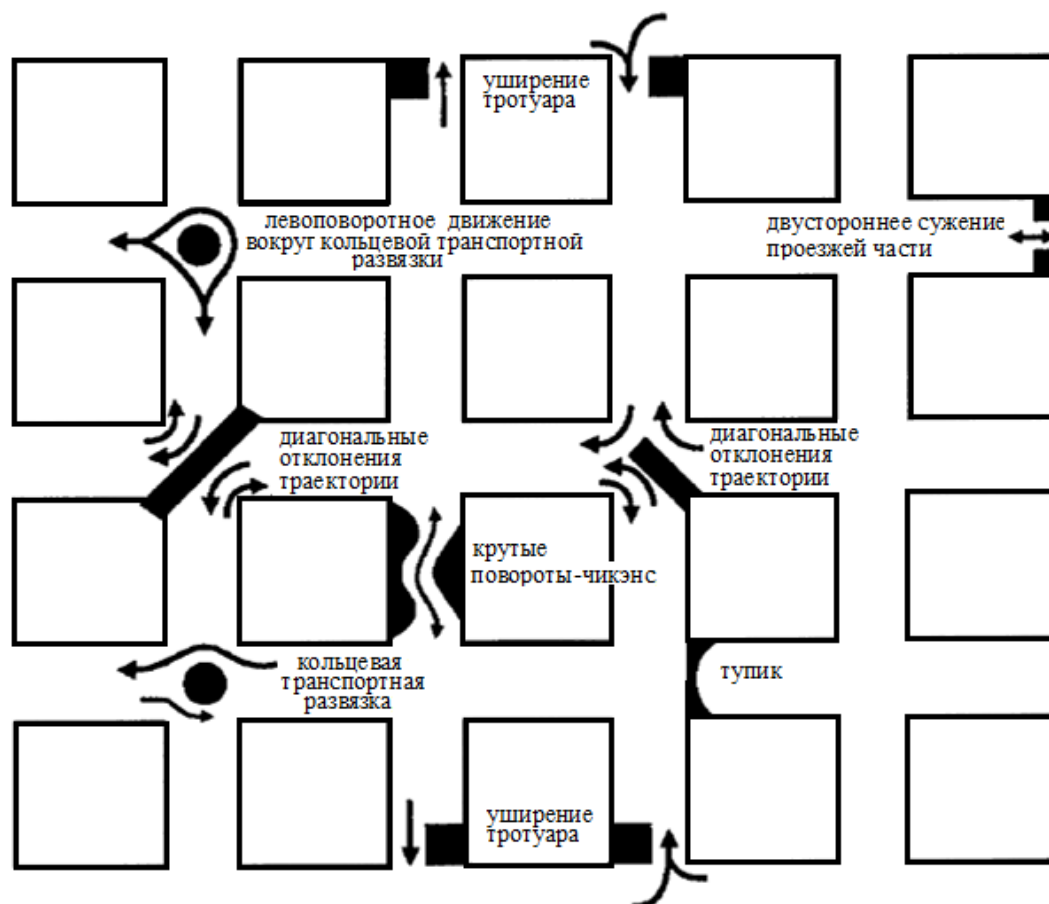


Рис. 1. Типовые приемы по успокоению движения автотранспорта [3]

Основная масса мер по успокоению движения дает положительные результаты и позволяет снизить аварийность с участием пешеходов, но они очень редко рассматриваются и применяются в российской градостроительной практике.

Список использованной литературы:

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/>
2. Технические и планировочные приемы успокоения движения / Бутузова (Куприянова) А.Б., Лыткина А.А. // Вестник иркутского государственного технического университета. 2014. № 6 (89). С. 138-142.
3. Traffic Calming, Auto-Restricted Zones and Other Traffic Management Techniques / National Bicycling and Walking Study FHWA Case Study No. 19 / Publication No. FHWA-PD-93-028
4. U.S. Traffic Calming Manual // Reid H. Ewing, Steven J. Brown // American Planning Association, 2009 - S: 236.

История развития железнодорожного оборудования

Е.А. Шигвалеева, Н.Л. Дорофеева

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматривается развитие вагонного оборудования русских железных дорог в XIX веке и вопросы его обновления.

Ключевые слова: конструктивное решение первых железнодорожных вагонов; вагоностроение.

Первой железнодорожной веткой в России была Царскосельская линия, которая обслуживала царскую семью и ее нужды. Но в основном рассчитывалась на перевозку пассажиров. Пассажирские вагоны были без спальных мест, туалетов и буфетов. Первые вагоны Царскосельской линии имели две оси, деревянные раму и кузов. Они соединялись сцепкой в виде цепей. Для предохранения вагонов от столкновения при ручном торможении, к вагонной раме крепился буфер. На буксы через листовые рессоры передавалась нагрузка от массы вагона, за исключением вагонов 4-го класса, у которых не было рессор. Интересное решение было придумано в первое время на случай столкновения поездов. Между локомотивом и открытым вагоном, где ехали пассажиры, ставилась платформа, на пол которой стелилась солома. В случае столкновения поездов пассажиры должны были падать на солому [1].

При дальнейшем развитии железных дорог одним из приоритетных вопросов стал вопрос обеспечения безопасности движения. Прибытие первых составов оповещалось колоколом, поскольку дальность действия этих акустических сигналов была невелика, впоследствии стали использовать паровозные свистки, но они пугали пассажиров. И тогда закупили шарманки (органы), чье музыкальное сопровождение предупреждало о подходе поезда. Когда люди привыкли к паровозам, необходимость в таких сигналах отпала.

Поскольку дорога была в одну колею, то сначала разграничили время передвижения поездов. Поезда отправлялись в строго назначенное время. Кондукторам выдали часы, которые полагалось еженедельно сверять с контрольными, но 11 августа 1841 г. на станции Шушары Царскосельской дороги столкнулись два встречных поезда. Были убитые и раненые. После этого трагического случая поезда стали отправлять только после прибытия встречного поезда, то есть разграничивать стали не время, а пространство.

Первые вагоны изготавливались из деревянных деталей. Они быстро изнашивались, теряли прочность, были легко воспламеняемы и очень пожароопасны. Тогда основные несущие элементы кузова и рамы было предложено изготавливать из металла. Тогда же чугунные колёса заменялись железными. Но выплавки стали с Демидовских заводов шли на военные нужды: высококачественный стальной лист поставлялся на судостроительные верфи, поэтому для железной дороги металла не хватало, что явилось одной из причин перехода на выпуск преимуще-

ственно двухосных вагонов. Двухосные платформы и полувагоны без крыши использовались для перевозки грузов, не боящихся атмосферных осадков. Они имели боковые буфера и центральные тягово-сцепные устройства. Одновременно вагонный парк пополнялся двухосными товарными вагонами с колёсами на спицах с бандажами, приобретёнными за рубежом [2].

Попытки поставлять оборудование из-за границы привели к трудоемкости технического обслуживания иностранных механизмов, к тому же, Российские железные дороги отличались шириной колеи. Возникла потребность в стандартизации. И не только конструкций и типоразмеров вагонов, но и внешнего оформления железнодорожных составов, дорог и сопутствующих сооружений: шлагбаумов, разъездов, вокзалов, ремонтных депо. Так, к примеру, длину крытых вагонов установили 6,4 метра, ширину 2,743 метра, устанавливались единые размеры и для других однотипных вагонов. Вводились единые замковые устройства дверей, крыши крылись кровельным железом, вагоны окрашивались в красный цвет.

Строительство первой магистральной железной дороги между Москвой и Петербургом началось в 1843 году и продолжалось восемь лет. Чтобы избавиться от необходимости покупать железнодорожное оборудование за границей одновременно со строительством железных дорог Россия начала собственное производство первых вагонеток, предназначенных для перевозок пассажиров. Их начали строить на Александровском заводе в 1846 г., который до этого выпускал разнообразную продукцию по заказам министерства финансов, военного и морского ведомств. Эти вагонетки уже представляли собой крытые, четырехосные вагоны, с деревянными кузовами, центральной сцепкой, без боковых буферов и были снабжены тормозным устройством ручного привода. Конструкция вагонов была рациональной и просуществовала долгое время без изменений. Для увеличения грузоподъемности вагонов усиливались оси колёсных пар и рессорное подвешивание.

Плавность хода первых пассажирских вагонов обеспечивало устройство рессорного подвешивания. В 1850 г. Александровский завод построил два восьмиосных вагона усовершенствованной конструкции, с комфортными условиями для пассажиров. Отечественный пассажирский вагон характеризовался наличием сквозного прохода посередине кузова, устройством закрытых тамбуров, хорошей теплоизоляцией, имел окна с двойными рамами. С 1863 г. вагоны стали оборудоваться умывальниками, печами сухого отопления и другими удобствами. К 1880-м годам относится введение водяного отопления в пассажирских вагонах. Улучшались устройства вентиляции, свечное освещение заменялось газовым, а позднее, по возможности, электрическим.

В самых первых поездах для регулирования скорости движения применялись простейшие тормозные устройства. Ручной привод посредством тяг, рычагов и винта, преобразующего вращательное движение в поступательное, прижимал тормозные колодки к колёсам экипажа. По звуковому сигналу машиниста паровоза, проводники отключали ручной привод. В 1855–1890 гг. пассажирские вагоны стали переводить на механический автоматический тормоз, управлявшийся машинистом с помощью троса, натянутого вдоль поезда над крышами вагонов. Натянутый трос удерживал рычаг со шкивом и отключал тормозную систему. При ослаблении натяжения троса машинистом или аварии рычаг опускался, тормоза срабатывали автоматически.

В 1876 г. проводились испытания воздушных автотормозов. С 80-х годов пассажирские вагоны стали оборудовать автоматическими тормозами с быстродействующим клапаном системы Вестингауза. В 1878 г. отечественные учёные поставили вопрос о необходимости перевода и товарных поездов на автоматическое торможение. Но только после крушения воинского эшелона в 1898 г. Государственный совет высказался за применение автотормозов в товарных поездах. Разумеется, реализация этого нововведения потребовала дополнительных средств и времени [2].

В заключение отметим, что в царской России много средств и сил тратилось на строительство железных дорог и улучшение конструкций железнодорожных вагонов. В Советской России эти вопросам так же уделялось большое внимание, но это мы рассмотрим в следующий раз.

Список использованной литературы:

1. Мокршицкий Е.И. История вагонного парка железных дорог СССР. –М.: Трансжелдориздат, 1946. - 204 с.
2. Большая энциклопедия транспорта: в 8 т. т.4/ Гл. ред. Н. С. Конарев.- М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. - 1039 с.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В АВИАМАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.9.01

Мониторинг динамического состояния обрабатывающих центров*Д.П. Алейников, А.В. Лукьянов*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассмотрена разработка и апробация системы вибро-ударозащиты обрабатывающих центров, позволяющей выполнять мониторинг состояния технологического оборудования по параметрам вибрации и силы действующей на шпиндель обрабатывающего центра.

Ключевые слова: *вибрация оборудования, вибродиагностика, адаптивный контроль, мониторинг.*

Одной из проблем производства является недостаточный контроль уровней вибраций при работе металлообрабатывающего оборудования. В результате имеется вероятность работы оборудования с вибрацией превышающей нормы, установленные предприятиями-изготовителями. Превышение предельных уровней вибрации приводит к преждевременному износу, ухудшению качества выпускаемой продукции и отказам дорогостоящего станочного оборудования. К основным источникам высокой вибрации относят изношенные узлы станка, сбой управляющих программ, неверный подбор режимов резания, ошибки операторов, критический износ и поломка инструмента. Применение систем диагностики и мониторинга динамических процессов позволяет предотвратить работу оборудования в зоне высоких динамических нагрузок [1]. Изменение контролируемых вибраций и превышение их заданных уровней сигнализирует о необходимости принятия соответствующих мер в ходе обработки деталей или об изменении технического состояния станка и инструмента, влияющего на качество обработки деталей и на допустимые режимы резания. Эти данные позволяют корректировать режимы обработки на границе возникновения высоких вибраций и разрушающих сил, а также определять техническое состояние станка в реальном времени, а значит и реализовать эффективную стратегию обслуживания и ремонта станков с учетом фактического состояния [2].

Поставленные задачи позволяет решить разработанная в ИРНТУ «Система вибро-ударозащиты обрабатывающих центров» (СВУЗ).

СВУЗ предназначена для измерения и регистрации уровней вибрации мотор-шпинделей по трем каналам измерения виброускорения, одному каналу измерения силы, отключения станка при ударах и уровнях вибраций, превышающих заданное значение в заданной полосе частот. Система позволяет осуществлять диагностику станка и оптимизацию процесса обработки в режиме реального времени с использованием каналов обратной связи по уровням вибрации и силовым воздействиям на рабочий орган станка.

Система СВУЗ ДМШ состоит из следующих основных компонентов: Блок СВУЗ, Датчик вибрации, Датчик силы, Стойка управления (рисунок 1).

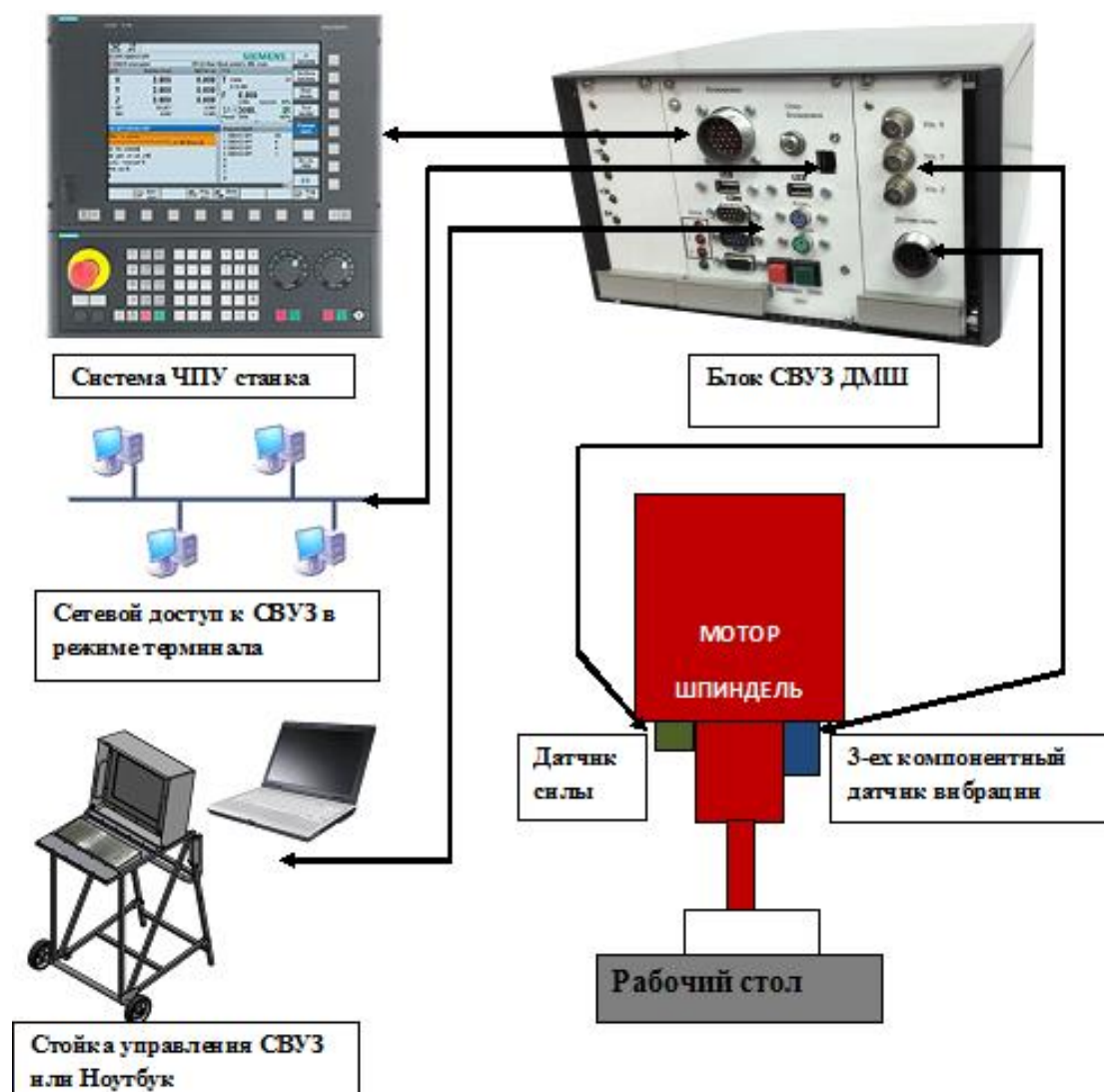


Рис.1 Составляющие системы СВУЗ ДМШ

Система вибро-ударозащиты использует следующий алгоритм работы:

1. При ударах, вибрациях или силовых нагрузках на рабочий орган станка превышающих установленные значения, система управления станком получает цифровой сигнал.
 2. Специализированная асинхронная управляющая программа станка запускает процедуру адаптивного контроля.
 3. Система управления станком автоматически корректирует режимы обработки (Занижение подачи или оборотов шпинделя)
- В случае превышения первого уровня защиты происходит снижение подачи на 30% от уровня предусмотренного управляющей программой.
- При превышении второго и третьего уровня происходит остановка подачи или аварийный останов станка.
5. Сохранение данных по каналам вибрации и силы предшествующим срабатыванию уровней защиты.
 6. Составление тренда изменения динамических нагрузок.

Одной из полезных функций системы является составление тренда изменения динамических нагрузок. Система непрерывно фиксирует параметры средне-квадратических значений СКЗ (1) параметров вибрации и силовых воздействий на шпинделе станка.

$$\text{СКЗ} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \quad (1);$$

где T - период, $x(t)$ – измеряемая величина;

Накопление информации о динамическом состоянии станка за длительный период является полезной при выявлении причин аварий оборудования и выявления режимов резания, требующих оптимизации.

Пример тренда изменений одного из контролируемых параметров обрабатывающего центра DMF 500 представлен на рисунке 2.

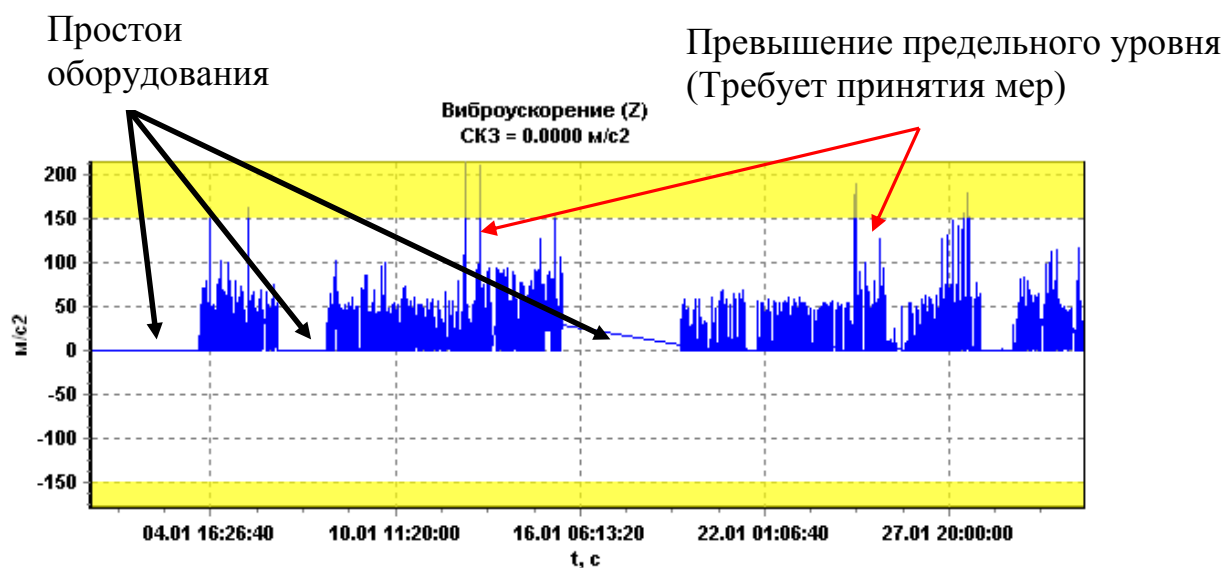


Рис. 2. Тренд изменения контролируемых параметров обрабатывающего центра на производстве за 31 день.

Комплекс не имеет аналогов. Три опытных экземпляра установлены на станках DMF-500, DMU-50ev, FFQ-100 Иркутского авиационного завода, филиала ПАО «Корпорация «Иркут» и находятся в эксплуатации.

Список использованной литературы:

1. Петрухин, В.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации/В.В. Петрухин, С.В. Петрухин. М.: Инфра-Инженерия, 2010.-176 с.
2. Савилов А.В., Пярых А.С. Влияние вибраций на точность и качество поверхности отверстий при сверлении // Вестник ИрГТУ.- Иркутск, 2013. №12.

УДК 624.138.231.3

Устройство шнекового типа для укрепления откосов выемок и насыпей*М.В. Бабков, А.В. Захаренко*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены устройство шнекового типа для укрепления откосов выемок и насыпей и технология укладки торфо-песчаной смеси.

Ключевые слова: укрепление откосов выемок и насыпей; торфо-песчаная смесь; устройство шнекового типа для укрепления откосов выемок и насыпей.

При проектировании и строительстве автомобильных дорог большое внимание уделяют вопросам устойчивости откосов, крутизну которых назначают с учетом механических свойств грунта. Практика показывает, что в тех случаях, когда вопросам обеспечения устойчивости откосов и их защите от размыва не уделяется должного внимания, возникают деформации земляного полотна, на устранение которых требуются немалые затраты. Из этого следует, что защитные покрытия для укрепления должны быть устойчивыми, долговечными и экономичными в строительстве и эксплуатации.

Для обеспечения эрозионной устойчивости разработано более 20 видов укреплений, которые выполняются частично вручную, частично механизированным способом [1]. В некоторых регионах России используется метод укрепления торфо-песчаной смесью.

Торфо-песчаная смесь с последующим засевом травами применяется при укреплении откосов земляного полотна в районах, где растительный грунт в биологическом отношении малопригоден для произрастания трав, или там, где растительный грунт дефицитен [2].

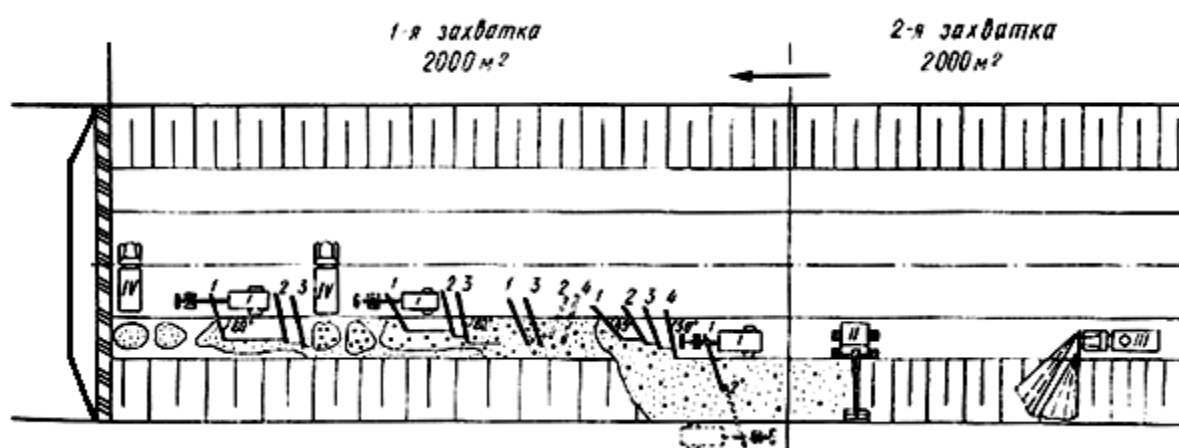


Рис.1. Схема организации и производства работ.

Операции, выполняемые на захватках [2]:

1-я захватка.

- выгрузка песка из автосамосвала IV на обочину;
- разравнивание песка на обочине автогрейдером I за три прохода;

- выгрузка торфа из автосамосвала IV на слой песка;
- разравнивание торфа по слою песка автогрейдером I за три прохода;
- перемешивание торфа с песком автогрейдером I за четыре прохода; передвижка торфо-песчаной смеси на откос автогрейдером I за четыре прохода;
- разравнивание торфо-песчаной смеси на откосе автогрейдером I, оборудованным откосником, за два прохода.

2-я захватка.

- посев семян трав с одновременным внесением удобрений агрегатом ЦНИИС на экскаваторе II;
- орошение засеянных участков водой с помощью поливочно-моечной машины III.

1 - 4 - последовательность проходов механизмов.

Этот метод дает хороший результат, но в нем есть весомый недостаток – укрепление откосов, длина которых превышает максимальный вылет рабочего оборудования машины (экскаватор, автогрейдер) производится вручную. При этом имеют место негативные последствия ручного труда: уплотнение, сегрегация торфо-песчаной смеси и повышенный травматизм рабочих.

Автогрейдер и экскаватор – это основные машины, которые используются в процессе укрепления откосов, длина которых не превышает максимальный вылет рабочего оборудования. Для откосов большей длины предложена принципиально новая конструкция машины.

На базовой машине 1 (рис.2,3) установлено устройство 2 для укрепления откосов выемок и насыпей, состоящее из шнека 3, закрепленного в перевернутом же-лобе 4 U-образного поперечного сечения, в передней части которого имеется вырез для подачи торфо-песчаной смеси. Шнек приводится в движение гидромотором 5 и установлен на подшипниках 6. Устройство подвешено на подвижной раме 7, на которой расположен гидроцилиндр 8 для изменения угла установки устройства. Гидроцилиндр 9 предназначен для изменения высоты подвижной рамы относительно направляющей рамы 10. Длина устройства 3 м. Для откосов большей длины используется несколько секций желоба с шнеком. На соединенные фланцами 11 дополнительные секции 12 монтируются опорные колеса 13, необходимые для устойчивости машины и её прямолинейного движения вдоль откоса.

Такая конструкция машины позволяет укреплять откосы дорог большой длины и крутизны, рационально использовать торфо-песчаную смесь, а также исключает процесс сегрегации, что, в свою очередь, очень важно для предотвращения очагов эрозии поверхности откоса.

Технология укрепления откосов выемок и насыпей устройством на базе трактора следующая (рис.3). На поверхность откоса дороги высыпают заранее перемешанную (несегрегированную) торфо-песчаную смесь полосой шириной до 1,5 метров вдоль всего укрепляемого откоса.

Ходовую часть базовой машины 1 располагают параллельно откосу. Маши-нист с помощью гидроцилиндра 9 опускает на необходимую высоту подвижную раму 7 и гидроцилиндром 8 направляет устройство 2 к полосе торфо-песчаной смеси, при этом устройство находится в подвешенном состоянии на требуемом рас-стоянии от поверхности откоса.

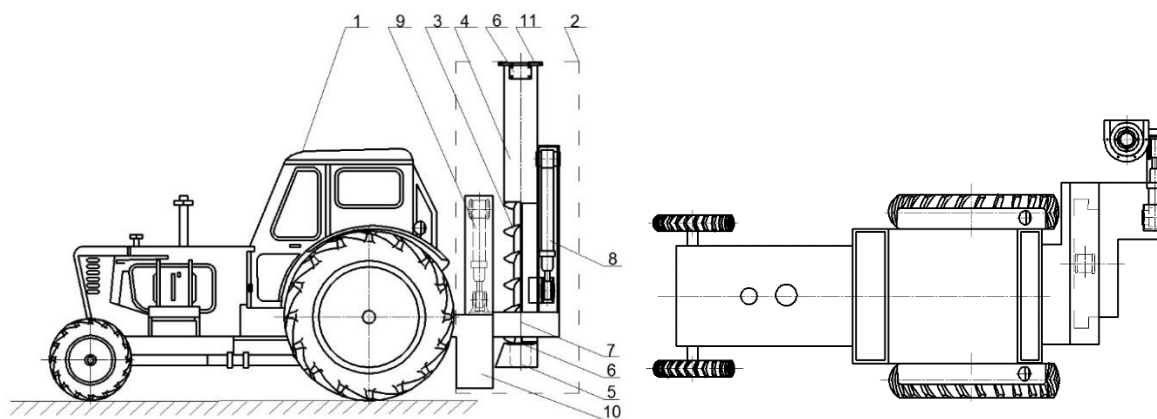


Рис.2. Устройство для укрепления откосов выемок и насыпей на базе трактора

Гидромотор 5 приводит во вращение шнек 3, который захватывает торфо-песчаную смесь и укладывает на поверхность откоса. Если длина укрепляемого откоса превышает длину устройства, то монтируются дополнительные секции 12 желоба 4 с шнеком 3. По мере заполнения поверхности, базовая машина 1 движется и планирует откос желобом 4. В результате получается ровный и однородный слой торфо-песчаной смеси. Затем вручную разматываются геосинтетические маты по поверхности откоса и по ним укладывают еще один слой торфо-песчаной смеси с добавлением семян трав для достижения наилучшего укрепления и эстетичного вида откоса.

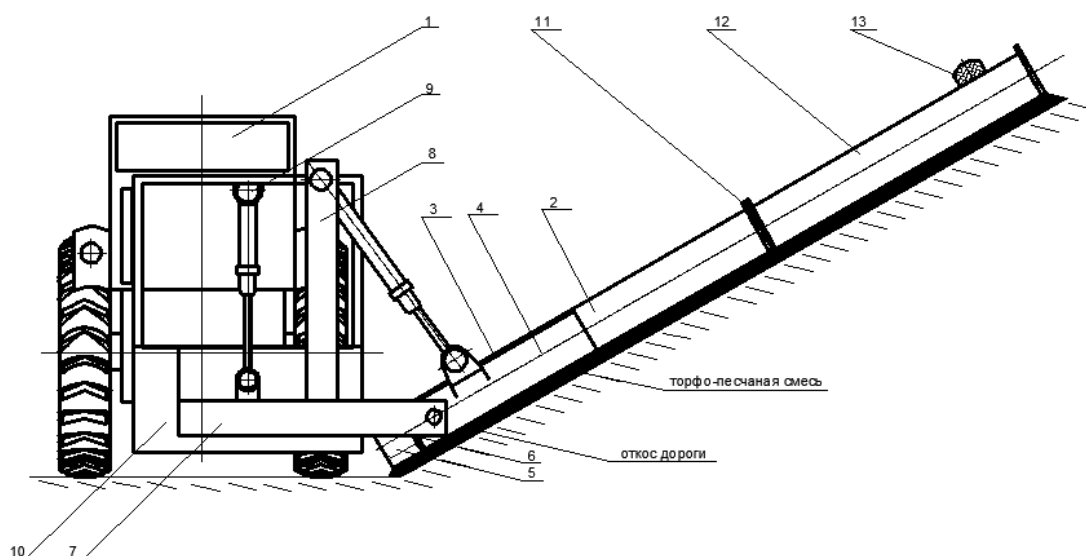


Рис.3. Схема к технологии укрепления откосов устройством на базе трактора

Производительность устройства шнекового типа определяется, $m/ч$:

$$Q = 3600 \left(\frac{\pi D^2}{8} + D \left(\frac{D}{2} + h \right) \right) \frac{\pi n}{60} \rho \psi c, \quad (1)$$

где D – диаметр шнека (выбирается из стандартного ряда диаметров), m ; s – шаг шнека, m ; n – частота вращения шнека, $об/мин$; ψ – коэффициент заполнения желоба; ρ – плотность смеси, $т/м^3$; c – поправочный коэффициент, зависящий от угла установки устройства; h – расстояние от нижней точки шнека до нижней точки стенки жёлоба, m .

Наибольшую допускаемую частоту вращения шнека [3] можно определить по эмпирической формуле, *об/мин*:

$$n_{\max} = \frac{A}{\sqrt{D}}. \quad (2)$$

Максимальная длина транспортирования [3] торфо-песчаной смеси будет зависеть от мощности на валу шнека. Мощность, *кВт*:

$$P_{\text{ш}} = \frac{Q(H+L\omega)}{360}, \quad (3)$$

где Q – производительность устройства шнекового типа, *т/ч*; L – длина транспортирования, *м*; H – высота транспортирования, *м*; ω – общий коэффициент сопротивления движению торфо-песчаной смеси.

Крутящий момент на валу [3] шнека, *Н*м*:

$$M_0 = 1000 \frac{60P_{\text{ш}}\eta}{2\pi}, \quad (4)$$

где $P_{\text{ш}}$ – мощность на валу шнека, *кВт*; η – КПД механизма привода;

n – частота вращения шнека, *об/мин*.

Проведенные экспериментальные исследования на физической модели устройства шнекового типа позволяют сделать вывод об эффективности укладки и отсутствии процесса сегрегации торфо-песчаной смеси.

Для определения рациональных параметров устройства шнекового типа необходимо определить закономерности изменения производительности, коэффициента заполнения желоба от влажности смеси, крутизны откоса, рабочих параметров машины. Это задача решается с помощью математического моделирования и экспериментальных исследований, что позволит рассчитывать основные параметры устройства и оптимизировать рабочий процесс.

Список использованной литературы:

1. Львович Ю.М. Укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог / Ю.М. Львович, Ю.Л. Мотылев – М.: Транспорт, 1979. – 159 с.
2. Кравченко И.М. Укрепление откосов насыпей и выемок при строительстве автомобильных дорог. Технологические карты / И.М. Кравченко, Е.Н. Суходуб – Киев: Будивельник, 1990.
3. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроительных вузов / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

УДК 621.923

Методика определения обрабатываемости материалов при глубинном шлифовании

И.Е. Базулин, Д.И. Волков

Рассматривается методика проведения экспериментов и применяемое оборудование при глубинном шлифовании. Проведены исследования по обрабатываемости материалов, т.е. определению τ_p , применительно к процессу глубинного шлифования.

Ключевые слова: глубинное шлифование, сопротивляемость сдвигу, коэффициент трения, силы шлифования, режимы шлифования.

Обрабатываемость – это комплексное физико-технологическое свойство материала. Оно зависит от химического состава, структуры и физико-механических свойств материала, с одной стороны, вида режущего инструмента и условий резания, с другой.

Сопротивление обрабатываемого материала пластическому сдвигу τ_δ может быть определена непосредственно из опытов по резанию металлов, когда при условиях обработки с оптимальной температурой резания одновременно измеряется тангенциальная составляющая силы резания $P_z \min$ и усадка стружки h_a , тогда:

$$\tau_p = \frac{P_z \min}{St(1 + \frac{1}{B_0} + 0,625EM \sqrt{\frac{B_0}{\sin \alpha} \cos \alpha})}. \quad (1)$$

где E_m – модуль упругости, Н/м²; $P_z \min$ – тангенциальная сила резания.

Исходя из гипотезы равенства удельных работ в условиях одинаковых деформаций при пластическом сжатии:

$$\tau_p = \frac{\sigma_0}{n_0 EM} (e^{\frac{n_0 \varepsilon}{1,5}} - 1), \quad (2)$$

где σ_0 – условный предел текучести обрабатываемого материала, Н/м²; E_m – модуль упругости, Н/м²; n_0 – показатель политропы напряжений, который должен иметь постоянное значение для данных температурно-скоростных условий деформации; ε – относительный сдвиг.

В научной и справочной литературе имеются экспериментально определенные характеристики τ_p для многих материалов применительно к обычным способам шлифования. Вместе с тем процесс глубинного шлифования имеет некоторые особенности физики процесса деформирования материала и стружкоотделения. В связи с этим проведены исследования по обрабатываемости материалов, т.е. определению τ_p , применительно к процессу глубинного шлифования.

На основе анализа вопроса обрабатываемости обосновать:

1. Приемлемость применения характеристики сопротивляемости материалов резанию τ_δ для оценки обрабатываемости.
2. С учетом совокупности математической модели резания единичным зерном и экспериментальных исследований получить числовые значения τ_δ .
3. Разработать методику расчета тангенциальной составляющей силы резания P_z .

Математическая модель определения сил резания единичного зерна.

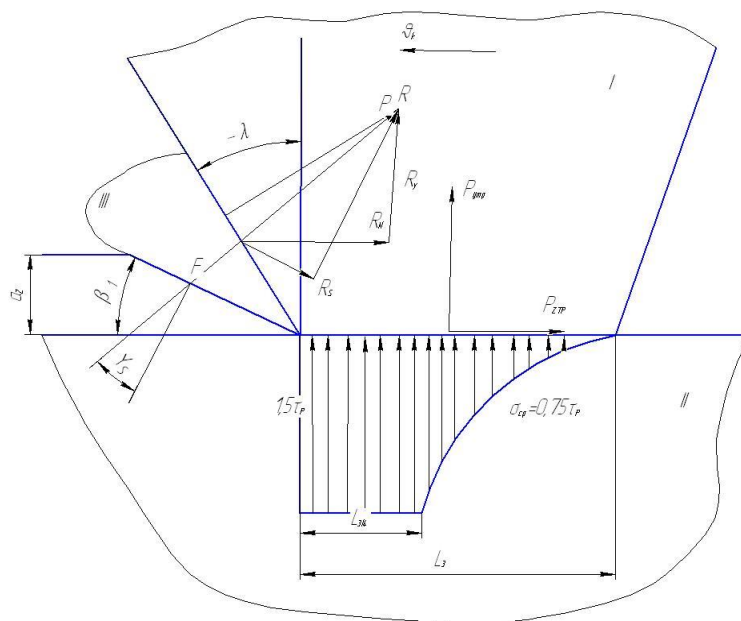


Рис. 1 схема расчета усилий резания для единичного абразивного зерна.

Схема представляет собой сечение контактирующих тел плоскостью, проходящей через ось усеченной пирамиды в направлении ее движения.

Цифрами обозначены:

- I. Сечение усеченной пирамиды;
- II. Сечение обрабатываемого материала;
- III. Сечение отделяемой стружки.

Сила вдоль плоскости сдвига равна:

$$R_s = \tau_p \frac{a_z (B_3 + a_z t_g \lambda')}{\sin \beta_1} \quad (3)$$

где τ_p -сопротивление обрабатываемого материала пластическому сдвигу;

a_z - толщина среза; B_3 - ширина среза;

Сила в направлении нормали к плоскости сдвига равна:

$$R_N = \tau_p \frac{a_z (B_3 + a_z t_g \lambda')}{M_s \sin \beta_1} \quad (4)$$

где $M_s = t_g \cdot Y_s$. Угол Y_s -представляет собой угол трения в плоскости сдвига.

Исследования проводились следующим образом. Образцы из исследуемого материала длиной

$L=80$ мм и шириной $B=15$ мм шлифовались на станке модели 3E711ВФ1, модернизированном для глубинного шлифования на следующих режимах: скорость круга $v_e = 27$ м/с, глубина шлифования

$t=1$ мм; скорость детали $v_d = 120$ м/мин.

Шлифование осуществлялось кругом (24AF80G16V). В качестве СОЖ использовался 1,5%водный раствор Аквол-2, подаваемый в зону резания под давлением в 2,5-2,8 кгс/см².

После получения мгновенной контактной поверхности (рис.2) подсчитывалось общее количество зерен, участвующих в резании и их плотность по площади контакта круга с деталью. Так при шлифовании на исследуемых режимах $t=1$ мм;

$v_a = 120$ мм/мин при диаметре круга $D_k = 350$ мм длина дуги контакта круга с деталью составило 18,7 мм. При ширине образца, $B = 15$ мм площадь контакта круга с деталью составляет 280 мм². Плотность режущих зерен исходя из их подсчета по фотографии мгновенной контактной поверхности круга с деталью составляет 0,7 шт/мм². При глубинном шлифовании на ряду с увеличением с общего количества зерен, участвующих в резании, что объясняется значительно большей длиной контакта круга с деталью, плотность зерен, приходящих на единицу площади несколько меньше.

Затем на полученной мгновенной контактной поверхности круга с деталью по каждому отпечатку зерна при помощи микроскопа Линника измерялись глубины всех имеющихся рисок. После анализа полученных замеров, включающего расстановку всех измеренных глубин рисок в вариационный ряд и под счет вероятности появления риски данной глубина, определялась наиболее вероятные отпечатки, т.е. чаще всего встречающиеся отпечатки. Установлено, что ширина риски соответствует примерно одной трети от величины зерна.



Рис.2 Мгновенная контактная поверхность увеличено в 450 раз

По отпечаткам, соответствующем наиболее вероятным значением толщин срезов стружек выполнялись микрошлифы корней с последующем травлением в 4% растворе HNO_3 . Причем главная секущая плоскость корня стружки выполнялась по середине отпечатка вдоль направления движущего зерна. Исследования микрошлифа производилось по фотографиям с микроскопа при увеличении 450 раз. Определялась толщина среза a_z , т.е. глубина резания на каждую режущую кромку, передний угол λ и угол сдвига β_1 .

Из анализа фотографий микрошлифов корней стружек при шлифовании на данных режимах установлены наиболее вероятные углы: передний $\lambda = -45^\circ$; сдвига $\beta_1 = 9,5^\circ$, толщина среза $a_z = 0,0015$ мм, ширина среза для кругов данной зернистости $l_3 = 0,033$ мм.

Исходя из полученных данных по геометрии среза и силам шлифования, осуществлялось определение параметров среднего коэффициента трения $\mu_{\text{по}}$ и сопротивление пластическому сдвигу τ_p . Для этого решалась система уравнений:

$$\mu_{\tilde{n}\delta} = \frac{P_z}{P_y} - \frac{(1 - \frac{a_z}{B_3} \operatorname{tg} \lambda')[(\operatorname{ctg} Y_3 + \operatorname{ctg} \beta_1) - \frac{P_z}{P_y} (\operatorname{ctg} Y_s \cdot \operatorname{ctg} \beta_1 - 1)]}{0,75[\frac{l_3}{a_3} + \frac{1}{\cos \lambda'} (\frac{l_3}{B_3} + \frac{a_z}{B_3} \operatorname{tg} |\lambda|)]}, \quad (5)$$

$$\tau_\rho = \frac{P_z}{a_z B_3 \{ (1 + \frac{a_z}{B_3} \operatorname{tg} \lambda') (\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} Y_3) + 0,75 \mu_{\tilde{n}\delta} [\frac{l_3}{a_z} + \frac{1}{\cos \lambda'} (\frac{l_3}{B_3} + \frac{a_z}{B_3} \operatorname{tg} |\lambda|)] \}}. \quad (6)$$

где a_z - толщина среза; B_3 - ширина среза; $\mu_{\tilde{n}\delta}$ - коэффициента трения; сила резания P_z ; λ - передний угол; β_1 - угол сдвига.

Результаты экспериментального определения сил шлифования для различных материалов.

Приведены экспериментальные зависимости измерения составляющих сил резания P_z и P_y :

$$P_z, P_y = f(t, v_d). \quad (7)$$

Получены экспериментальные зависимости вида:

$$\begin{aligned} P_z &= C_z t^a v_c^b; \\ P_y &= C_y t^c v_c^d. \end{aligned} \quad (8)$$

где C_z ; C_y ; a ; b ; c ; d – константы, полученные экспериментальным путем.

Таблица 1

Коэффициенты зависимостей составляющих силы резания P_z , и P_y .

Материал	C_z	a	b	C_y	c	d
20	0,2	0,75	0,486	0,643	0,646	0,5
45	0,284	0,797	0,415	1,352	0,5	0,302
У10А	0,164	0,84	0,647	0,173	0,796	0,884
У8А	0,891	0,851	0,275	0,311	0,793	0,724
18ХН2ВА	0,0807	0,603	0,596	0,21	0,525	0,625
12Х18Н9Т	0,223	0,65	0,5	0,424	0,5	0,484
9ХС	0,206	0,655	0,522	0,397	0,288	0,524
Р12Ф2К5М3-Ш	0,086	0,693	0,747	0,639	0,731	0,529
ХН73МБТЮ	0,306	0,684	0,621	0,435	0,547	0,716
ЭХТ2М	0,379	0,673	0,515	1,986	0,769	0,523
Р9М4К6С	0,551	0,621	0,466	1,82	0,568	0,476
Р18	0,574	0,689	0,5	1,822	0,731	0,553
Р8К10Ф	0,349	0,617	0,541	2,573	0,648	0,424
Р6М5Ф3МП	0,349	0,769	0,629	1,057	0,884	0,707
Р9К5	0,274	0,836	0,659	0,879	0,918	0,732
Р6М5К5	0,672	0,723	0,486	1,641	0,98	0,629

Таблица 2

Сопrotивляемость материалов пластическому сдвигу при
глубинном шлифовании

Материал	β_1	P_z , Н	P_y , Н	P_z/P_y	Y_s	μ_{cp}	τ_p , МПа	$\sigma_{\bar{I}}$, МПа	S_K , МПа	τ_p по Си- лину С.С.[6].	τ_p по Зореву Н.Н.[9].	τ_p по Коно- нову Ю.Е.[10].
20	9,1	52,5	110	0,48	45	0,294	182	260	585	450	500	-
45	9,2	70,75	195	0,36	40	0,161	315	236	830	485	580	514
У10А	9,6	93	295	0,32	33	0,129	442	286	690	510	466	-
У8А	9,5	80	245	0,33	35	0,137	375	-	-	-	-	-
18ХН2ВА	9,2	37,75	110	0,34	40	0,136	178	-	-	-	-	-
12Х18Н9Т	9,5	60	105	0,57	50	0,392	182	193	925	775	811	-
9ХС	9,3	63,5	142,5	0,45	45	0,261	236	-	-	-	-	-
P12Ф2К5МЗ-III	10,2	80	220	0,36	37	0,18	356	-	-	-	-	-
ХН73МБТЮ	10,5	100	337,5	0,47	35	0,326	540	800	1680	1375	-	1225
ЭХТ2М	11,5	111,7	520	0,21	22	0,012	742	-	-	-	-	-
P9M4K6C	10,4	130	450	0,29	30	0,104	675	-	-	-	-	-
P18	10,6	161	642,5	0,25	28	0,055	953	446	890	588	557	867
P8K10Ф	10,7	118,2	472,5	0,25	28	0,056	702	-	-	-	-	-
P6M5Ф3МП	10,8	175	755	0,23	27	0,03	1122	-	-	-	-	-
P9K5	11	161	722	0,22	25	0,021	1051	-	-	-	-	-
P6M5K5	10,9	170,2	750	0,23	27	0,032	1091	-	-	-	-	-

В результате работы получены следующие выводы:

1. Разработана методика проведения экспериментов и применяемое оборудование.
2. Проведены исследования по обрабатываемости материалов, т.е. определению τ_p , применительно к процессу глубинного шлифования.

Список использованной литературы:

1. Лобанов А.В., Полетаев В.А. Устройство для получения корней стружки. а.с. № 3653573/08.
2. Резников А.Н., Щипанов В.В. Исследование мгновенных контактных поверхностей при шлифовании - вестник машиностроения, 1973, №9
3. Сухов Е.И. Кинематика и термомеханические явления при глубинном шлифовании деталей газотурбинных двигателей.- Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.т.н., Горький, 1983.
4. Лоладзе Т.Н., Докучаева Г.В. Износ алмазов и алмазных кругов. Машиностроение, 1967, 111с.
5. Макаров А.Д., Вевнин Г.А. Проблемы обрабатываемости жаропрочных сплавов резанием.-Уфа,1975
6. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. Машиностроение, 1979-152 с.

7. Лурье Г.Б. Шлифование металлов. Машиностроение, 1969.-174 с.
8. Резников А.Н., Щипалов В.В. Исследование мгновенных контактных поверхностей при шлифовании - вестник машиностроения, 1973, №9.
9. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания. Машгиз, 1956.- с.
10. Кононов Ю. Е., Якушев Я.С. К вопросу определения касательных напряжений в условной плоскости сдвига расчетным методом.-Труды АнАТИ.- Ярославль, 1983, с. 134-139.

УДК 621.91.01

Разработка алгоритма для технологической подготовки финишной обработки авиационных деталей на робототехническом комплексе

Е.Н. Бакшеева

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье приводится алгоритм для оценки и управления надежностью технологического процесса финишной обработки авиационных деталей с помощью робота Kuka KR210 R2700 extra.

Ключевые слова: *промышленный робот; финишная обработка; технологическая подготовка производства.*

Для повышения качества авиационных деталей при серийном производстве применяется финишная обработка поверхностей, которая подразумевает удаление заусенцев и скругление острых кромок изделий.

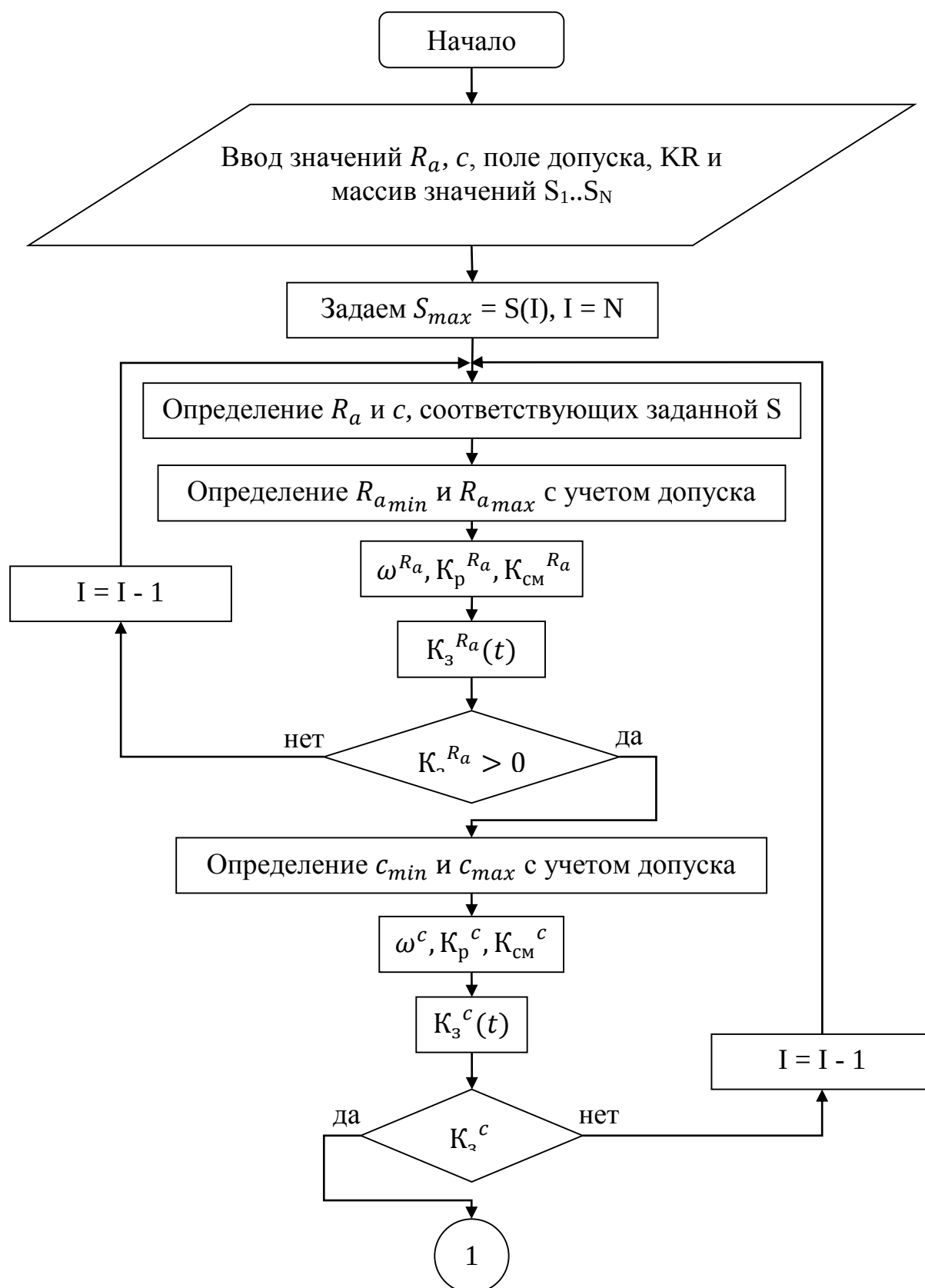
Традиционно для выполнения этих задач применяются виброабразивная обработка, галтовка. В настоящее время в авиастроении данные операции выполняются вручную, что отрицательно сказывается на выходных показателях качества, производительности и стабильности обработки.

На кафедре технологии и оборудования машиностроительных производств проводится активная работа по автоматизации данного процесса [6-11]. Разработан робототехнический комплекс на основе манипулятора Kuka KR210 R2700 extra, оснащенный высокоскоростным шпинделем и силомоментным датчиком. Однако результаты предварительных исследований демонстрируют значительный разброс выходных показателей, связанных с позиционными ошибками и нестабильностью работы [2-5].

Данная работа базируется на теории надежности технологических процессов [1] и ориентирована на разработку интерактивного алгоритма управления режимными параметрами РТК, обеспечивающего получение требуемых показателей точности и качества обработки. При этом важнейшими критериями эффективности технологической подготовки производства должны стать производительность и стабильность процесса. В работе представлен алгоритм решения описанной выше «прямой» задачи.

При разработке управляющей программы для финишной обработки промышленным роботом используются два параметра: подача S и коэффициент усиления обратной связи силомоментного датчика KR. Неизменяемыми факторами

являются: геометрия инструмента, частота вращения шпинделя, материал детали, конфигурация робота.



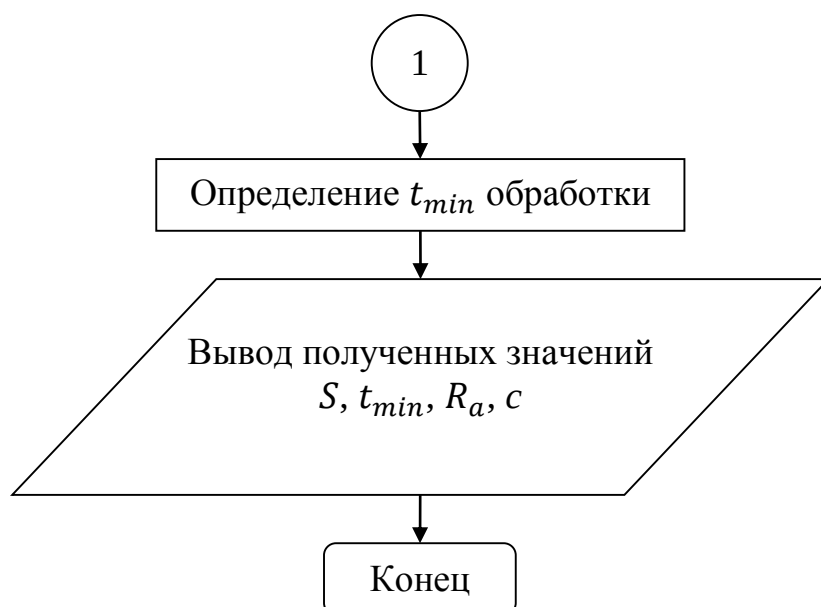


Рис. 1. Алгоритм технологической подготовки финишной обработки деталей на РТК

В пределах экспериментального поля определяются значение шероховатости поверхности R_a и размер фаски c , соответствующие максимальному значению подачи S . После этого рассчитываются минимальное и максимальные значения шероховатости поверхности R_a с учетом допуска T на качество поверхности. Далее определяется поле рассеяния ω^{Ra} , которое равно разности максимального и минимального значений R_a . Затем рассчитывается коэффициент мгновенного рассеяния K_p^{Ra} и коэффициент смещения контролируемого параметра K_c^{Ra} :

$$K_p(t) = \frac{\omega(t)}{T},$$

где $\omega(t)$ - поле рассеяния контролируемого параметра в момент времени t .

$$K_c(t) = \frac{\bar{\Delta}(t)}{T},$$

где $\bar{\Delta}(t)$ - среднее значение отклонения контролируемого параметра относительно середины поля допуска в момент времени t .

$$\bar{\Delta}(t) = |\bar{x}(t) - x_0|,$$

где $\bar{x}(t)$ - среднее значение контролируемого параметра, x_0 - значение параметра, соответствующее середине поля допуска. И коэффициент запаса точности по контролируемому параметру $K_3^{Ra}(t)$:

$$K_3(t) = 0,5 - K_c(t) - 0,5K_p(t).$$

При контроле точности должно выполняться условие: коэффициент запаса точности $K_3^{Ra}(t)$ должен быть больше нуля. Если условие не выполняется, что говорит о ненадежности технологического процесса, то нужно изменить целевые показатели (значение S и (или) поле допуска на качество поверхности), если же условие соблюдается, то определяется минимальный и максимальный размеры фаски с учетом допуска T на размер фаски. Далее определяется поле рассеяния ω^c . Затем рассчитывается коэффициент мгновенного рассеяния K_p^c , коэффициент смещения контролируемого параметра K_c^c и коэффициент запаса точности по контролируемому параметру $K_3^c(t)$.

Если выполняется условие положительности коэффициента запаса точности $K_z^c(t)$, то надежность технологического процесса обеспечена. Если условие не выполняется, что говорит о ненадежности, то необходимо изменить целевые показатели (значение S и (или) поле допуска на размер фаски).

При выполнении всех условий определяется минимальное время обработки. Окончательный алгоритм приведен на рис.1.

Полагая известными технологические допуски на целевые показатели обработки с помощью данной методики можно оценивать надежность технологического процесса финишной обработки деталей на РТК, что позволит на начальном этапе определить рациональные режимные параметры процесса с учетом требований к его производительности.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 27.202 – 83 Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. 35 с.
2. Исследование влияния коэффициента усиления в канале управления скоростью движения робота на технологические свойства робототехнического комплекса механической обработки кромок деталей / А.В. Иванова [и др.] // Вестник ИрГТУ. 2015 № 7. С. 39 – 46.
3. Эффективное зонирование рабочего пространства промышленного робота Kuka KR210 R2700 extra / А.В. Сидорова [и др.] // Вестник ИрГТУ. 2015 № 12. с. 86 – 95.
4. Alena Ivanova, Alexander Belomestnyh, Evgeniy Semenov, Boris Ponomarev. Manufacturing capability of the robotic complex machining edge details. International Journal of Engineering and Technology (IJET). Vol 7 No 5 Oct-Nov 2015, p.1774-1780.
5. E.N. Semyonov , A.V. Sidorova , A.E. Pashkov , A.S. Belomestnykh. Accuracy Assessment of Kuka KR210 R2700 Extra Industrial Robot. International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol 16 No:1, p. 19-25.
6. Кольцов В.П., Беломестных А.С., Чильчegov А.Ю. Экспериментально-аналитическое исследование шероховатой поверхности с использованием фрактальных конструкций. — Инструмент Сибири, 2001, №2(11). С. 23 -25
7. Пашков А.Е., Чапышев А.П. Автоматизация процесса финишной обработки после дробеударного формообразования. Материалы конференции «Повышение эффективности технологических процессов в машиностроении». Иркутск: ИрГТУ, 2000, с. 28-31.
8. Беломестных А.С. Информационно- измерительный комплекс. Материалы международной научной конференции “Повышение эффективности познавательной деятельности обучающихся”. Иркутск: ИрГТУ, 1995, с. 21-24.
9. Кольцов В.П., Беломестных А.С. Математическая модель виброимпульсной обработки. Сборник трудов конференции «Повышение эффективности производства изделий машиностроения», 1995, с. 6-8.
10. Кольцов В.П., Ружников Д.А, Беломестных А.С. Активный контроль технологических операций при виброабразивной обработке. Тез. докл. российской научно- технической конференции “Научно- емкие технологии в машиностроении и приборостроении”. Рыбинск: РАТИ, 1994. с. 18-20.

11. Кольцов В.П., Беломестных А.С. Интенсификация виброимпульсной обработки деталей. Тем. сб. научн. докл.- Иркутск: Ирк. гос.техн.ун.-т, 1995. с. 10-12.

УДК621

Формообразование точных стыковочных пазов в крыле и центроплане изделия Бе-200

О.М. Балла

Ключевые слова: крыло, центроплан, сверло, зенкер, концевая фреза, стапель, станок, сверло, зенкер, паз, поле допуска, силы фрезерования, торцовый зенкер, встречное фрезерование, попутное фрезерование, поле допуска.

Стыковочные пазы крыла и центроплана приведены на рис.1.

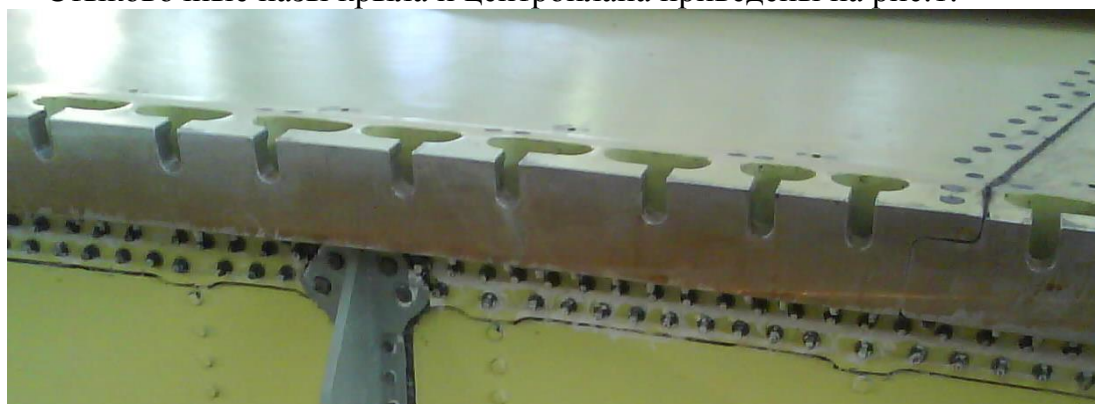


Рис.1. Стыковочные пазы

На рис.2. приведена установка болтов при стыковке центроплана и крыла.

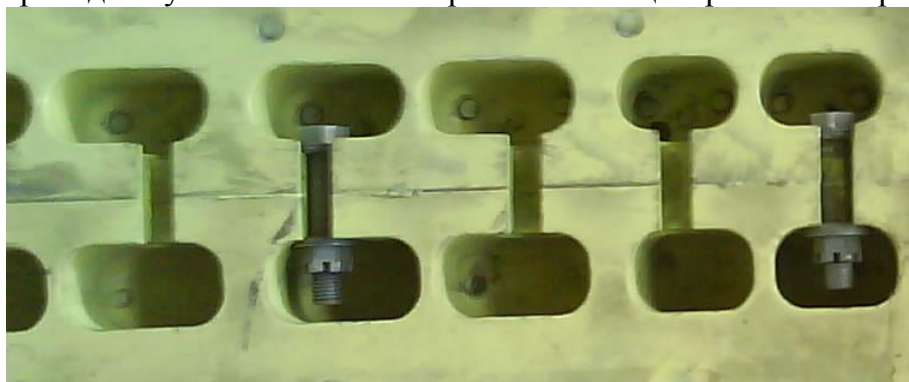


Рис.2. Стык крыла с центропланом

Болты устанавливаются в точный паз, что обеспечивает удобство сборочных работ при ограниченном размере карманов. Сложность формообразования стыковочных пазов заключается в том, что и их обработка выполняется в готовых агрегатах по кондукторным плитам, согласованным с мастер-плитами на стапеле (центроплан) или специальном станке модели ФР20 (крыло) специальными концевыми фрезами с направляющей частью постоянного размера. Фрагмент кондуктора приведен на рис.3.



Рис.4. Фрагмент рабочей части кондуктора

Обработка паза выполняется фрезами с постепенным увеличением из диаметров до размера 12,3Н11 с градацией размера их рабочей части через 0,5мм. При выполнении 1^{го} прохода врезание фрезы в заготовку характеризуется увеличением угла контакта от 0 до 180° и соответственно ростом сил резания. Схема действия сил фрезерования паза в сплошном материале приведена на рис.4.

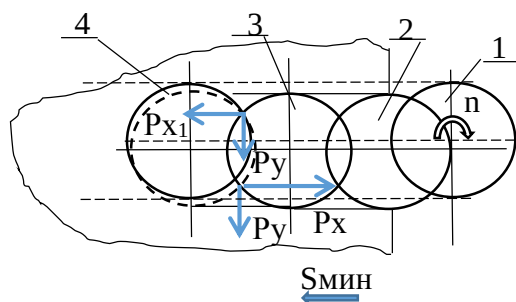


Рис.4. Схема действия сил фрезерования на фрезу и искажения формы паза при его прорезки в сплошном материале

При фрезеровании паза в сплошном материале можно выделить 3 этапа:

- врезание (поз.1,2), этот этап характеризуется увеличением глубины фрезерования до $0,5D_{фр.}$ и достижением максимальных значений составляющих сил фрезерования. Под действием составляющих сил P_y рабочая часть фрезы смещается от расчетного положения. Смещение обусловлено односторонней выборкой зазора между направляющими кондуктора и фрезы, а также упругими деформациями фрезы. Упругие деформации фрезы под действием разности составляющих сил P_x на точность обработки паза не влияют;
- фрезерование паза (поз.2...4) на рабочей подаче. Обработанный паз выделен сплошными линиями;
- поз.4. при выключении подачи происходит возвращение фрезы оси фрезы в исходное положение вследствие прекращения действия на фрезу сил резания. Следствием этого являются зарезы в конце паза по направлениям У и Х. Искажения формы в направлении У видны в плане, в направлении Х выражается непараллельностью ради-усного дна паза оси фрезы, что приводит к тому, что диаметр окружности вписанной в дно паза и его ширина не соответствует 11 качеству.

Схема действия сил на фрезу при последующих проходах и искажения формы паза приведены на рис.5.

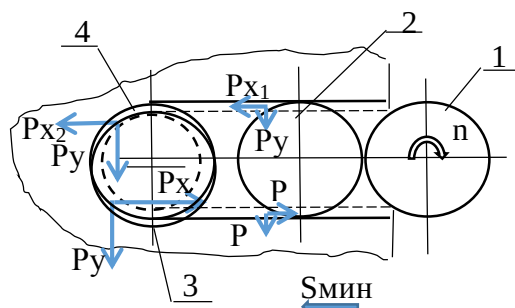


Рис.5. Схема действия сил на фрезу и искажения формы паза при 2^м и последующих проходах

При дальнейшей обработке паза фрезами увеличенного диаметра происходит уточнение расположения паза относительно теоретической оси, но в позиции 4 фреза врежется на весь диаметр, что вызывает резкое увеличение сил и ее смещение из-за упругих деформаций, и затем возвращение в исходное положение (поз.3). Увеличение числа проходов не приводит к обеспечению точности диаметра вписанной окружности, кроме того врезание зуба фрезы с нулевой толщиной среза приводит к росту высоты микронеровностей до значений недопустимых требованиями конструкторской документации, что вызывает необходимость доработки одной стороны паза в ручную методом припиловки.

Для выполнения требований чертежа была исследована новая стратегия обработки стыковочных пазов, заключающаяся в формообразовании точного отверстия и последующем фрезеровании паза от оси последнего. Для исключения повреждения окончательно обработанного отверстия были изменены исполнительные размеры применяемых конструкций зенкеров и фрез в соответствии с рис.6.

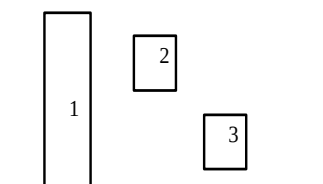


Рис.6. Схема расположения полей допусков на исполнительные размеры инструмента

На рисунке приняты следующие обозначения: 1 – поле допуска на диаметр вписанной окружности и ширину стыковочного паза, 2 – поле допуска на исполнительные размеры зенкера, 3 – поле допуска на исполнительные размеры фрезы для окончательной обработки паза.

Правильная геометрическая форма стыковочных пазов была обеспечена следующей схемой формообразования пазов:

- совместить центра окружности и шпинделя при помощи центроискателя по сменной направляющей втулке кондукторной плиты;
- центровать, сверлить отверстие диаметром 5,1мм, рассверлить до диаметра 8мм, зенкеровать набором зенкеров до диаметра 12,3Н11 в нижней части паза стыковочной поверхностей, как крыла, так и центроплана;
- цековать торец под опорные поверхности крепежных элементов;

- фрезеровать паз предварительно фрезой диаметром 11...11,5мм с переменной схемой резания в направлении от отверстия к теоретической поверхности верхней части крыла (центроплана);
- чистовое фрезерование паза в размер 12,3Н11 фрезой с углом подъема винтовой линии зуба 60° , так же в направлении от отверстия к теоретической поверхности.

Черновая прорезка паза от оси отверстия на выход фрезой с переменной схемой резания приведена на рис.7.

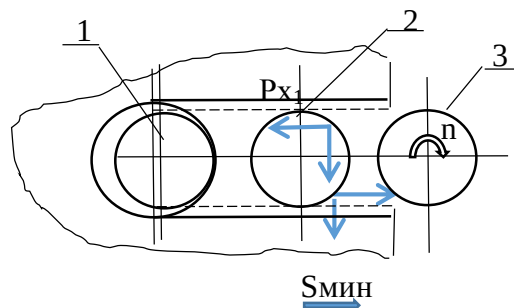


Рис.7. Схема предварительной обработки паза и действия сил на фрезу

Врезание фрезы со стороны обработанного отверстия (поз.1.) обеспечивает минимальное изменение активной длины режущих кромок при работе в сплошном материале. При дальнейшей работе предельные значения составляющих сил резания остаются практически постоянными (поз.2.), что повышает геометрическую точность паза в продольном направлении. Увеличение числа зубьев с 2 для ранее применяемых фрез до 3 с переменной схемой резания обеспечивает повышение равномерности фрезерования и жесткости фрез в 1,57 раза и увеличение минутной подачи. При выходе фрезы из работы (поз.3.) наблюдается незначительное искажение формы паза. Переменная схема резания обеспечивает срезание компактных стружек исключая пакетирование стружки в стружечных канавках и снижение составляющих сил фрезерования. Действие составляющих P_y в одном направлении предопределяет формирование различных значений припуска на правой и левой сторонах паза на чистовую обработку из-за упругих деформаций фрезы. Схема чистовой обработки приведена на рис.8.

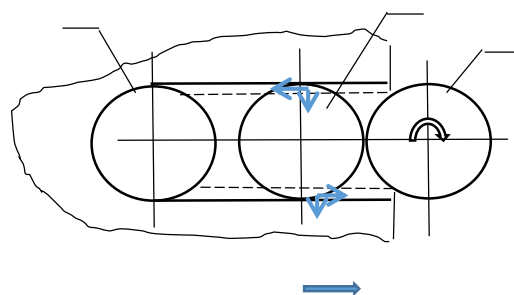


Рис.8. Схема чистовой обработки стыковочного паза и действия сил на фрезу

Применение концевой фрезы с углом наклона винтовой линии зуба 60° и фрезерование на выход от отверстия обеспечило получение шероховатости обработанной поверхности как правой, так и левой сторон паза в пределах $Ra1,25\text{мкм}$ (по чертежу $Ra2,5$). Минимальное различие в шероховатости обработанных по-

верхностей правой и левой сторон паза, обрабатываемых соответственно одновременно по попутной и встречной схемам фрезерования обеспечено минимальной активной длиной режущих кромок фрезы и псевдоротационным фрезерованием характерным для фрез с большими углами наклона винтовых линий зубьев.

Список использованной литературы:

1. Балла О.М. О выборе углов подъема винтовой линии зубьев концевых фрез. // Авиационная промышленность, – 2009. №1. – с.27...30.

УДК 533.6

Применение программного продукта FloEFD для аэродинамического проектирования вихревых установок

В.В. Бальзаминов, А.И. Демидов, И.О. Бобарика

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Выполнено численное моделирование течения в вихревой трубе классической противоточной схемы. Исследована зависимость температур горячего и холодного потоков от положения регулятора расхода воздуха на выходе горячего потока.

Ключевые слова: *вихревой эффект, эффект Ранка, вихревая труба, температурное разделение.*

Система кондиционирования воздуха – одна из бортовых систем жизнеобеспечения. СКВ предназначена для поддержания давления и температуры воздуха в гермокабине летательного аппарата на уровне, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность экипажа и пассажиров. В большинстве систем воздух отбирается от компрессоров работающих авиадвигателей. Перед подачей воздуха в кабину его необходимо охладить.

Многоцелевые вихревые трубы в качестве холодильника и теплопроизводителя применены на многих российских предприятиях. В 1970-е и 1980-е годы вихревые трубы успешно продвигались не только в машиностроительные «наземные» отрасли, но и в аэрокосмическую промышленность.

Вихревые трубы пригодны в авиации для кондиционирования воздуха на самолетах, так как они достаточно экономичны, не имеют вращающихся частей и поэтому надежны в эксплуатации, мобильны, обладают быстродействием и имеют по сравнению с применяемыми турбохолодильниками практически неограниченный ресурс работы.

Вихревой эффект, или эффект Ранка, проявляется в закрученном потоке вязкой сжимаемой жидкости и реализуется в очень простом устройстве, называемом вихревой трубой, конструкция которой изображена на рисунке 1.

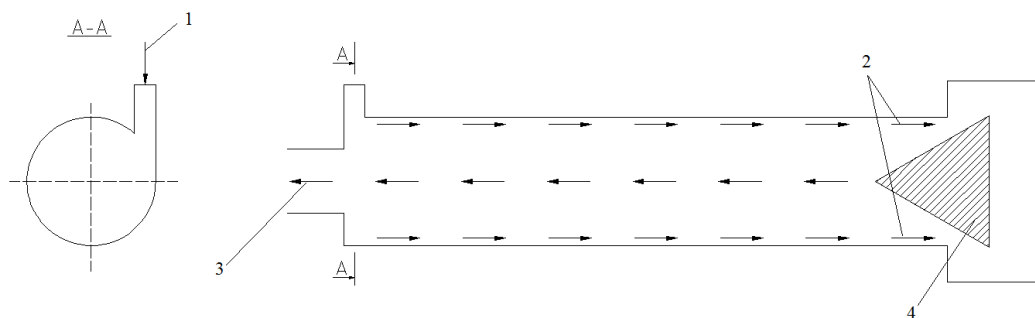


Рис. 1. Схема вихревой трубы

1 – подвод сжатого воздуха через сопло; 2 – выход горячего потока; 3 – выход холодного потока; 4 – регулятор расхода.

В сопло тангенциально трубе подводится сжатый газ, благодаря этому газовый поток формирует свободный вихрь в камере энергоразделения, причем периферийная часть данного вихря оказывается нагретой и отводится через один конец трубы. Приосевая часть вихря охлаждается и отводится через противоположный конец.

Объяснению данного эффекта посвящены сотни работ и десятки гипотез, однако единой теории, объясняющей подобное разделение потока в вихре, в настоящее время нет.

По методике, разработанной Мартыновым и Бродянским, были рассчитаны геометрические параметры вихревой трубы, по которым была построена твердотельная модель для газодинамического анализа. В качестве исходных данных для расчета были взяты результаты натурного эксперимента, проведенного сотрудниками ООО «НПО Вертекс».



Рис. 2. Модель вихревой трубы

На рисунке 3 показан вихревой поток, получившийся в результате газодинамического анализа.

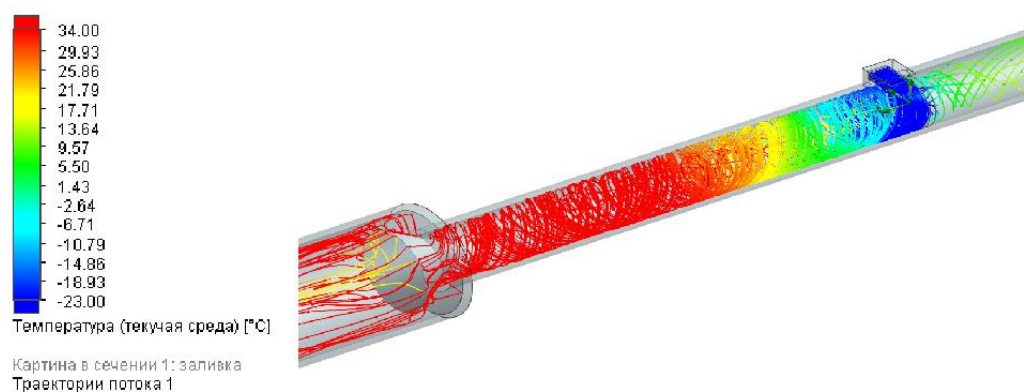
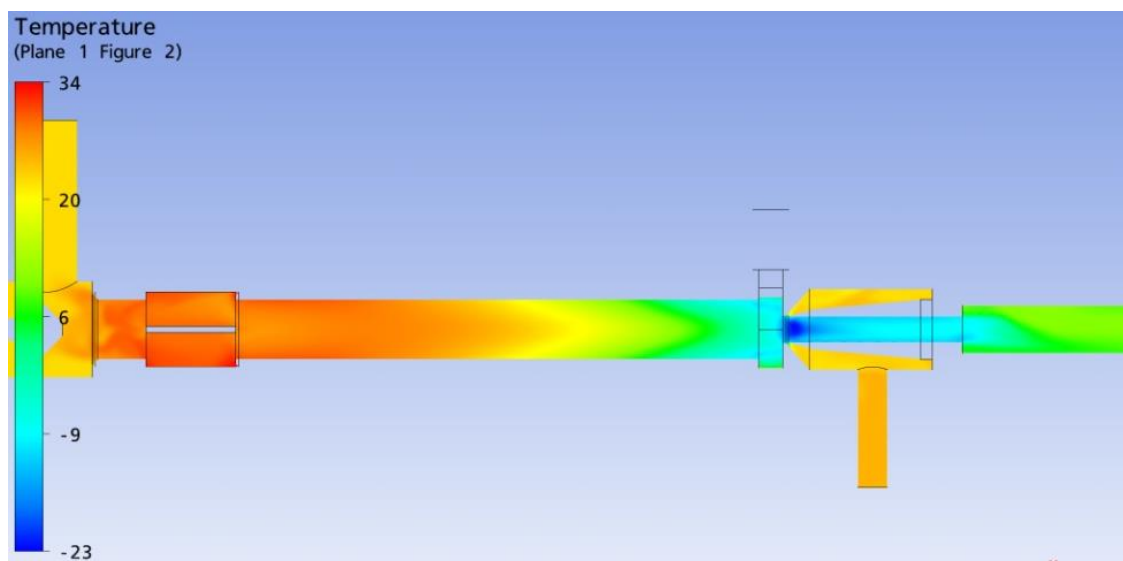
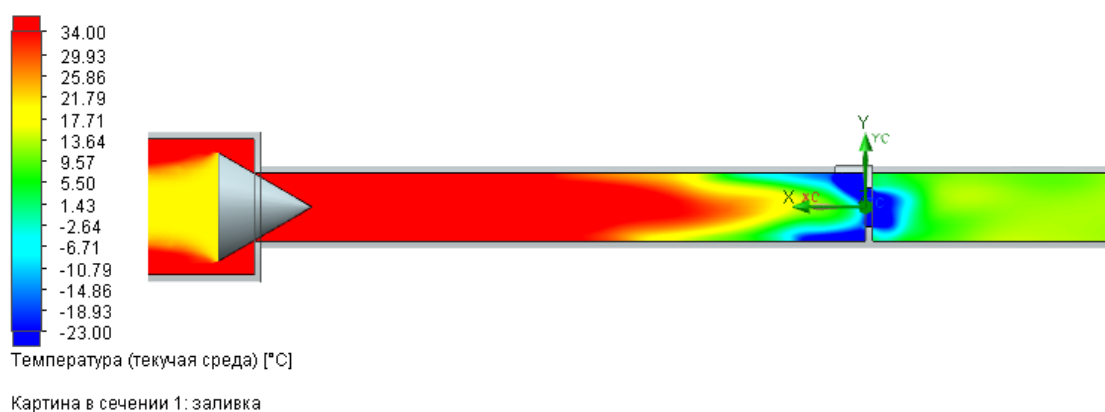


Рис. 3. Траектории потока

На рисунке 4 показаны полученные картины распределения температур в вихревой трубе в сравнении с результатами анализа ООО «НПО Вертекс».



а)



б)

а – анализ ООО «НПО Вертекс», б – анализ ИРНИТУ

Рис. 4. Картина распределения температур в сечении трубы

Распределение температур в обоих расчетах носит схожий характер: при приближении к конусному регулятору поток разогревается, часть потока в центральной части вихря, поворачивающая в обратную сторону при достижении конуса, по мере приближения к выходу постепенно охлаждается.

Таким образом, возможно применение программного продукта FloEFD для решения задач аэродинамического проектирования вихревых установок.

Список использованной литературы:

1. А.В. Мартынов, В.М. Бродянский, «Что такое вихревая труба?», Москва, 1976;
2. Ш.А. Пиралишвили, В.М. Поляев, М.Н. Сергеев, «Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения», Москва, 2000;
3. А.П. Меркулов, «Вихревой эффект и его применение в технике», Москва, 1969.

Тенденции развития гидравлических систем летательных аппаратов*Д. Д. Бейчук, В. В. Артанов*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается сравнение электромеханических, гидравлических систем их преимущества и недостатки. Также рассмотрены пути и перспективы дальнейшего развития гидросистем.

Ключевые слова: гидросистема, электромеханическая система, гидронасос, гидробак..

Системы самолета играют ключевую роль в его конструкции, особая роль отведена гидравлическим системам, они обеспечивают управление аэродинамическими поверхностями, выпуском механизации, выпуском и уборкой шасси. В настоящее время просматривается тенденция полной замены гидросистемы на электромеханическую. Но гидравлические системы также развиваются и совершенствуются, что способствует повышению их надежности.

По сравнению с гидросистемой с двукратным резервированием, электромеханическая имеет большую массу в связи с необходимостью установки редукторов, сумматоров момента, стопоров отказавшего двигателя, винтовая передача. Гидравлическая система имеет возможность частых и быстрых переключений при возвратно-поступательных и вращательных прямых и реверсивных движениях, чего лишена электромеханическая в связи с большой инертностью (имеет большое время выхода на режим и остановки привода после отключения питания). Гидросистема имеет широкий диапазон бесступенчатого регулирования скорости выходного звена (частота изменения оборотов гидромотора может меняться в пределах от 30- 40 до 2500 об/ мин), чего лишена электромеханическая, без применения дополнительных редукторов. Также в гидросистеме достаточно простая конструктивная реализация промежуточных положений исполнительных устройств, что обеспечивает большую точность позиционирования. Гидросистема имеет самосмазываемость, а механизмы электрической требуют периодического обслуживания и контроля уровня смазки. Гидросистемы имеют большую надежность, меньшую силовую напряженность и большую точность позиционирования в сравнении с электрической. Гидравлическая система имеет более жесткие нагрузочные характеристики, т.е. скорость движения выходного звена изменяется в ограниченных пределах при изменении величины нагрузки, в электромеханической же системе скорость выходного звена значительно падает при увеличении нагрузки.

Гидросистема имеет простоту осуществления различных видов движения: поступательного, вращательного, поворотного. Для осуществления поступательного движения в электромеханической необходима винтовая передача.

Гидравлические силовые приводы при передаче больших мощностей, с выходными скоростями, потребными для перемещения рулевых поверхностей, конструктивно значительно проще электромеханических.

Однако электромеханические системы имеют ряд преимуществ, которые позволяют решить проблемы связанные с эксплуатацией и монтажом гидросистем. Электромеханические системы удобны при монтаже и обслуживании, имеют самую большую скорость передачи информации, имеют большой КПД. Гидросистемы требуют передачи гидравлической энергии на большие расстояния что увеличивает массу и гидравлические потери. Имеют нестабильность характеристик рабочей жидкости при изменении температуры и механических воздействиях, сложны в обеспечении внутренней и внешней герметичности, требуют фильтрации рабочей жидкости, а также пожароопасны, при использовании минеральных масел, а синтетические масла очень токсичны.

Нельзя однозначно сказать какая из систем лучше в применении на ЛА, каждая из них обладает своими преимуществами и недостатками. Подавляющее большинство самолетов используют гидравлическую систему, но и электромеханические нашли свое применение на самолетах А-380 для отклонения предкрылков и стабилизаторов и Boeing-787 для спойлеров и тормозов шасси. Гидравлические и электромеханические системы можно комбинировать для создания комплексной системы работающей более эффективно, чем каждая по отдельности в узлах ЛА.

В нашей стране также проводится большая работа по созданию различных электромеханических приводов систем управления самолётом. В частности фирмой «Туполев». Также в настоящее время отечественные и зарубежные фирмы разрабатывают электромеханическую систему выпуска и уборки шасси.

В последнее время с развитием технологий появились новые электронные управляющие системы, электрические машины, новые материалы, что ведет к повышению эффективности электрических систем и более широкому применению их в авиационной технике. Хотя гидравлические системы применяются в авиационной технике достаточно давно их нельзя назвать устаревшими, у них имеется большой потенциал развития и совершенствования.

Направления совершенствования гидросистем

В настоящее время для уменьшения массы и размеров конструкции гидросистемы переходят на более высокие уровни рабочего давления. Оптимальными уровнями давления для минимизации массы и размера агрегатов гидросистемы находятся в диапазонах 40-50 МПа, для уменьшения массы, и 40-80 МПа, для уменьшения объемов.

В некоторых режимах полета целесообразно использовать перегрузочный режим работы силовых приводов, что подтверждено летными и стендовыми испытаниями, так как эти режимы не постоянны и допускают непродолжительную работу в данном режиме. Это позволяет снизить массу гидросистемы.

Новые разработки в области электроники (микропроцессоров, микроконтроллеры) позволяют оптимизировать работу гидронасосов и силовых элементов.

Чтобы исключить отказы гидросистем вследствие негерметичности системы из-за больших рабочих давлений, планируется создание автономных приводов с собственными гидробаками, гидронасосами и гидроаккумуляторами. Такой привод получает энергию от электросети самолета и позволяет работать без применения гидролиний проходящих через весь самолет, тем самым повысить свою надежность.

В электромеханических и гидромеханических силовых приводах целесообразно применять рекуператоры энергии, применение которых сократит нагрузку на гидронасосы.

Вследствие переменности нагрузок на управляющих поверхностях самолетов целесообразно применить рекуператор энергии в гидромеханических и электромеханических приводах, таким рекуператором может служить гидроаккумулятор.

При повышении рабочих уровней давления увеличивается вероятность появления протечек в соединениях трубопроводов, для решения этой проблемы разрабатываются новые виды соединений в том числе неразъемные соединения трубопроводов применяемые на самолете МС-21.

В настоящее время для проектирования авиационных гидросистем применяют численные методы моделирования которые упрощают процесс выбора оптимальных параметров при создании гидросистем и позволяющие оптимально их проектировать, с обеспечением минимальной массы и большей эффективности.

На основании выше изложенного можно сделать вывод что гидросистемы не потеряли свою актуальность и имеют большой потенциал модернизации [3,4] и совершенствования и будут применяться в дальнейшем на новых летательных аппаратах.

Список использованной литературы:

1. Матвеев А.М., Зверев И.И. Проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. Учебник для вузов.-М.: Машиностроение, 1982.-296 с., ил.;
2. Петров Ю.В. Системы вертолета и двигателя. Гидравлическая система вертолета: тексты лекций. - М.: МГТУ ГА, 2015. - 68 с.
3. Бобарика И. О., Молокова С. В. Влияние пульсаций давления в гидросистемах на трубопроводы тупиковых линий// Решетневские чтения Т.1.№18: Сб. науч. тр. – Красноярск, 2014- С.345-346.
4. Бобарика И. О., Яхненко М. С. Методика решения задачи поиска частного отклика сборной конструкции трубопровода с применением метода конечных элементов// Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева №2: Сб. науч. тр.- Красноярск, 2014- С.16-20.

УДК 629.7

Проект планера первоначального обучения

Д. Д. Бейчук, П.Е. Чимитов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается постановка задачи проектирования планера, основные требования и характеристики к конструкциям подобного рода. Кроме того приведены результаты первоначальной проработки конструкции разрабатываемого планера.

Ключевые слова: планер; планер первоначального обучения; проектирование летательного аппарата; расчет аэродинамики планера, компоновка планера

В настоящее время в России остро стоит вопрос о подготовке профессиональных летчиков для Российских авиакомпаний и ВВС. Для качественного обучения летному мастерству его необходимо начинать с юношеского возраста. Для первых полетов отлично подходят планера первоначального обучения. В настоящее время производство данных аппаратов налажено в Новосибирске на базе СибНИА им. Чаплыгина, на котором производят хорошо зарекомендовавший себя, планер, разработанный литовским конструктором Ошкинсом и модернизированный СибНИА, БРО-11МС (рисунок 1).

Конструкция БРО-11МС цельнодеревянная. Проанализировав конструкцию, можно сделать вывод, что планер БРО-11МС обладает рядом недостатков, наиболее критичными из которых являются [1]: деревянная конструкция планера, которая при неправильной обработке имеет тенденцию к гниению, элероны-закрылки которые работают синхронно с рулем высоты их недостаток заключается в том, что когда курсант на посадке отдает ручку от себя происходит резкая потеря подъемной силы и возможна грубая посадка, расчалочная конструкция фюзеляжа, требующая настройки при сборке что усложняет ее процесс.

Второй тип планера первоначального обучения эксплуатируемый в России ЛАК-16М (рисунок 2) [8]. Данный планер производится в Литве. Крыло этого планера сделано из композитных материалов, фюзеляжем является плоская ферма подкрепленная расчалками. Основным недостатком данного планера является невозможность использовать его при мокром (покрытым влагой) или грязном крыле, его профиль сразу теряет свои несущие свойства.



Рис. 1. Планер БРО-11МС

Перечисленные выше недостатки планера прототипа определяют необходимость разработки перспективного планера, отвечающего всем современным требованиям ЛА данного класса. При этом новая конструкция должна обладать лучшими аэродинамическими характеристиками и использовать в новые конструкционные материалы (использование полимерных композиционных материалов до 90% от массы конструкции).



Рис. 2. Планер ЛАК-16М

При разработке планера необходимо учесть его назначение: использование в юношеских планерных школах (ЮПШ) при первоначальном обучении полетам при помощи резинового амортизатора или наземного механизированного старта. Кроме того планер не должен быть слишком вялым и в особенности излишне чувствительным к отклонению рулей и элеронов. Необходимо обеспечить перед пилотом ориентир показывающий положение планера относительно горизонта, например дуга фюзеляжа.

Исходя из назначения можно сформировать основные требования, предъявляемые к конструкции планера первоначального обучения следующие:

- безопасность полета;
- простота управления;
- небольшая минимальная скорость полета;
- малый вес;
- удобство транспортировки;
- быстрота сборки и разборки;
- малая стоимость.

Непосредственно программа летной подготовки начинается с балансировки на земле при установке планера носом против ветра на специальном штыве и заканчивается полетами с разворотами на 90° .

При этом безопасность полета обеспечивается прочностью, хорошей устойчивостью, послушностью планера рулям на всех режимах полета, а так же отсутствием тенденции к самопроизвольному скольжению на крыло и переходу в штопор.

Исходя из назначения и требований к планеру можно сформировать основные летно-технические характеристики, приведенные в таблице 1.

Первый этап эскизного проекта заключался в анализе конструкции однотипных планеров и последующим определением аэродинамической схемы, обводов и геометрических данных планера.

Исходя из анализа конструкций однотипных планеров, была определена масса пустого планера в 1-м приближении и была принята $m_0=90$ кг. Из учета хороших срывных характеристик и большого коэффициента подъемной силы был

принят классический профиль Р IIIА [2] с относительной толщиной 15%. Из условий обеспечения необходимой посадочной скорости была определена площадь крыла, его удлинение и хорда, для простоты изготовления, форма крыла в плане принята прямоугольной. Для обеспечения устойчивости планера крылу был задан положительный угол поперечного $V \psi = +2$ град.

Таблица 1

Летно-технические характеристики разрабатываемого планера

Масса пустого	до 115 кг
Масса пилота минимальная	40 кг
Масса пилота максимальная	80 кг
Посадочная скорость	40-55 км/ч
Аэродинамическое качество	11-15
Максимальная вертикальная скорость	не более 1,5 м/с
Максимальная скорость буксировки	120 км/ч
Диапазон эксплуатационных перегрузок	+4g -2g

С учетом выполненного анализа конструкции существующих планеров были рассчитаны геометрические характеристики оперения, и их расположение относительно крыла. Для обеспечения хорошей управляемости площади рулей высоты и направления составляют половину площади стабилизатора и киля соответственно, элероны расположены вдоль всего размаха крыла, имеют классическую схему и занимают 0,18 площади крыла.

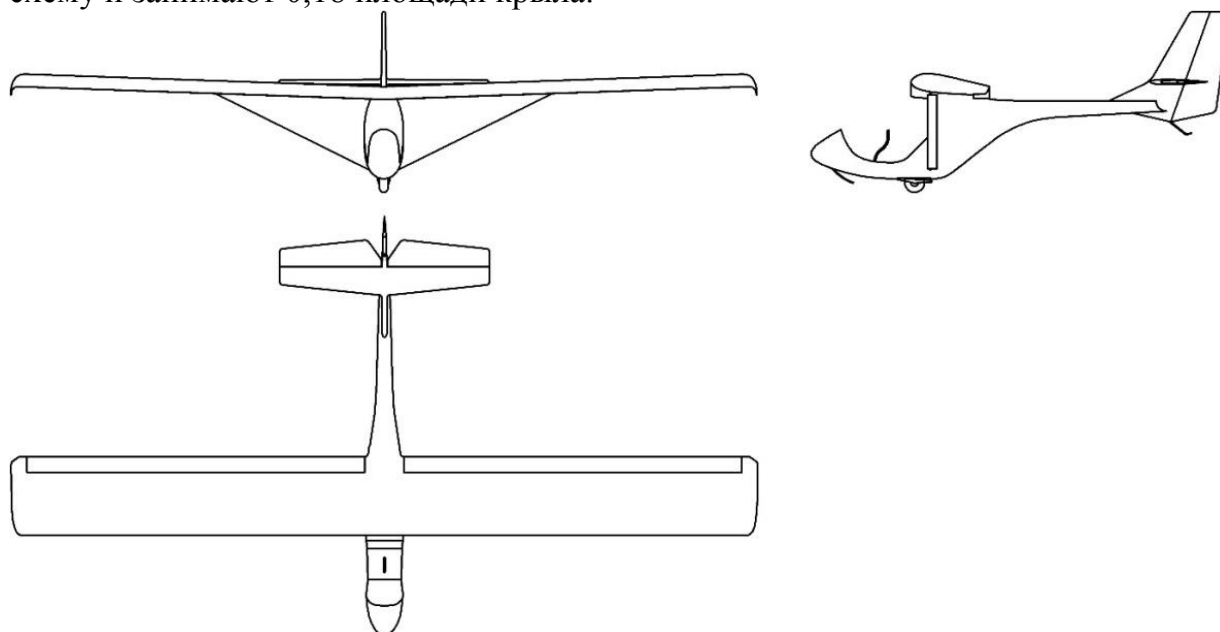


Рис. 3. Эскизный проект планера

Из учета эргономики и центровки планера было определено место посадки человека: его положение в планере, расположение рычагов управления и обеспечен необходимый обзор из кабины. Выбрана схема шасси, предварительная силовая схема крыла и фюзеляжа. Схема планера- подкосный высокоплан с прямым крылом представлена на рисунке 3, основные геометрические параметры приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сводная таблица геометрических данных планера

Площадь крыла	9,5 м ²
Размах крыла	9,5 м
Хорда крыла	1,0 м
Удлинение крыла	9,5
Сужение крыла	1
Площадь элерона	0,86 м ²
Размах элерона	4,3 м
Хорда элерона	0,2 м
Площадь горизонтального оперения	1,58 м ²
Размах горизонтального оперения	2,67 м
САХ горизонтального оперения	0,592 м
Удлинение горизонтального оперения	4,5
Сужение горизонтального оперения	1,6
Площадь руля высоты	0,79 м ²
Профиль горизонтального оперения	NACA- 0009 [4]
Плечо горизонтального оперения	3 м
Площадь вертикального оперения	1,05 м ²
Размах вертикального оперения	1,4 м
САХ вертикального оперения	0,75 м
Стреловидность по передней кромке вертикального оперения	30 град
Удлинение вертикального оперения	1,87
Сужение вертикального оперения	2,16
Площадь руля направления	0,525 м ²
Профиль вертикального оперения:	
у законцовки	NACA- 0009 [4]
у корня	NACA- 0006 [4]
Плечо вертикального оперения	3,05 м
Длина планера в стояночном положении	5,58 м
Высота планера в стояночном положении	1,51 м

Таблица 3

Таблица летных характеристик планера

максимальная скорость буксировки	120 км/ч
максимальная скорость полета	120 км/ч
минимальная скорость полета	44-50 км/ч
максимальное аэродинамическое качество	15,0

наивыгоднейшая скорость планирования	60-68 км/ч
экономическая скорость планирования	48-55 км/ч
минимальная вертикальная скорость	1-1,13 м/с
скорость посадки	45-51 км/ч
масса пустого	90 кг
максимальная полетная масса	170 кг
диапазон нагрузок на крыло	13,68- 17,89 кг/м ²

После определения внешнего облика планера были произведены аэродинамические расчеты [3, 5, 6, 7]. В ходе расчета были получены: кривые зависимости $c_{ya}=f(\alpha)$, $K=f(\alpha)$, поляры $c_{ya}=f(c_{xa})$ и поляры планирования (рисунок 4). Расчетным путем были определены: аэродинамическое качество планера $K=15$, минимальные вертикальные скорости, экономические скорости планирования, наивыгоднейшие скорости планирования и минимальные скорости полета для 2-х случаев нагрузки на крыло: 13,68 кг/м² и 17,89 кг/м² (при массе пилота 40 кг и 80 кг) значения данных параметров сведены в таблицу 3.

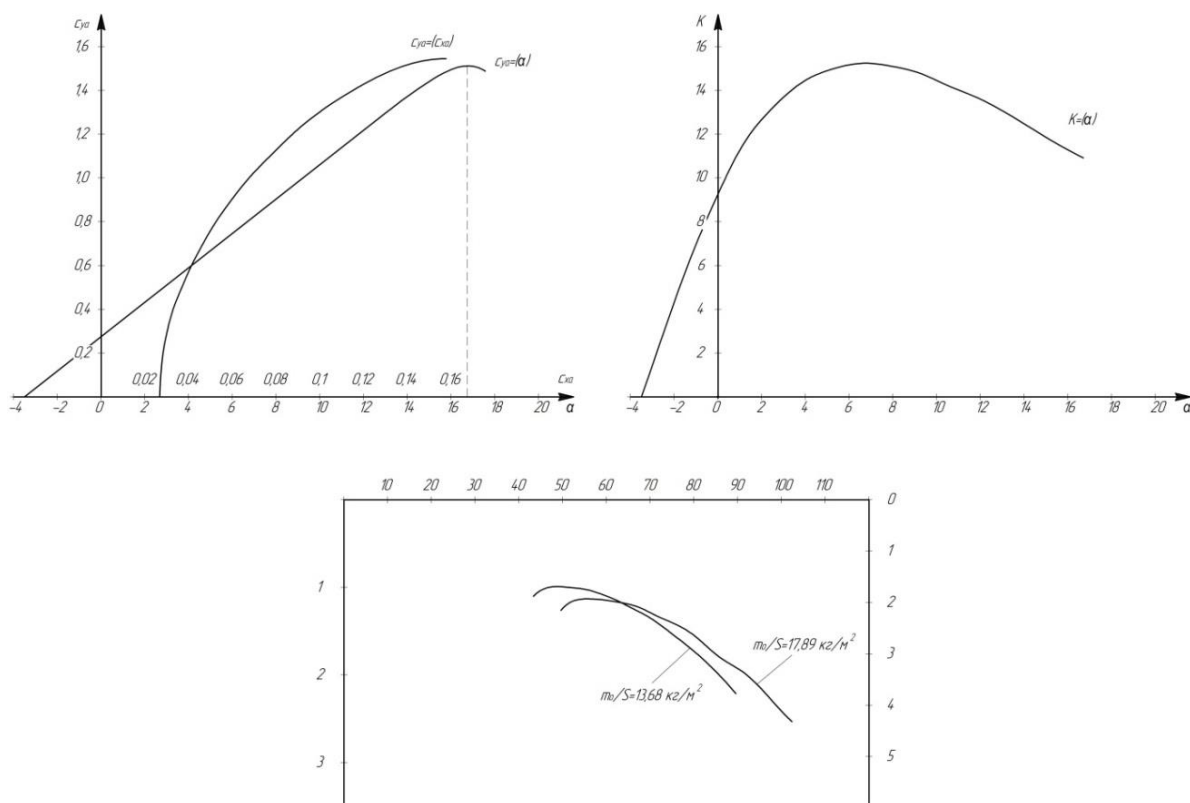


Рис. 4. Кривые, поляры

В ходе расчетов было подтверждено соответствие расчетных характеристик заданным в техническом задании.

На сегодняшний день создана трехмерная модель поверхности планера в системе Siemens NX. С использованием программной системы FLOEFD планируется выполнить ряд аэродинамических расчетов, а для подтверждения сходимости полученных результатов, будет выполнена продувка модели в реальной аэродинамической трубе с использованием объемной модели.

После завершения этапов разработки аэродинамического обвода планируется дальнейшая проработка конструкции планера:

- проработка конструкции (создание 3d моделей деталей и узлов планера);
- отработка конструкции на прочность (инженерный расчет с использование программного продукта Ansys Workbench, с проверкой сходимости результатов посредством ручного расчёта по общепринятым методикам).

По завершении конструкторских работ в дальнейшем планируется постройка полноразмерного планера с последующими летными испытаниями.

Список использованной литературы:

1. Шереметьев Б. Н. Планеры.-М.: Изд-во ДОСААФ, 1969.- 219 с.
2. Кашафутдинов С. Т. Атлас аэродинамических характеристик крыловых профилей.- Новосибирск.: СибНИА, 1994.- 74 с.
3. Кондратьев В. П. Самолет своими руками.-М.: Патриот, 1993.- 208 с.
4. Кравец А. С. Характеристики авиационных профилей.-М.:гос. Издание оборонной промышленности, 1939.-335 с.
5. Арепьев А. Н. Проектирование легких пассажирских самолетов.- М.: Изд-во МАИ, 2006.-640 с.
6. Бадягин А. А. Проектирование легких самолетов.- М.: Машиностроение, 1978.- 208 с.
7. Чумак П. И. Расчет, проектирование и постройка сверхлегких самолетов.- М.: Патриот, 1991.- 238 с.
8. Руководство по эксплуатации планера ЛАК-16М.-ЦК ДОСААФ Литовской ССР Проектно- конструкторское бюро «спортивне авиация», 1989.

УДК 621.865.8

Разработка структурной схемы системы управления мобильным робототехническим комплексом «Перевертыш»

А.В. Беляев, И.Н. Новиков

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Статья посвящена вопросам разработки структурной схемы системы управления мобильным робототехническим комплексом (МРТК) «Перевертыш».

Ключевые слова: *робототехнический комплекс, параметры движения, навигация, структурная схема, система управления, датчики, микропроцессор, программирование.*

На кафедре «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы», института авиамашиностроения и транспорта продолжают работы по совершенствованию мобильного робототехнического комплекса «Перевертыш» для выполнения специальных работ в экстремальных условиях (рис. 1).

Мобильный робот «Перевертыш» представляет собой самоходное гусеничное шасси со своим питанием, датчиками положения механических частей, ТВ-камерами, дальномерами, микроконтроллерами и ЭВМ.

Для успешной навигации в пространстве система робота должна уметь строить маршрут, управлять параметрами движения, например, задавать угол поворота колес и скорость их вращения, т.е. необходима способность МРТК передвигаться в различных ландшафтах: пересеченная местность, город и городские здания, включая лестничные марши, горную местность, завалы при чрезвычайных ситуациях и т.п.

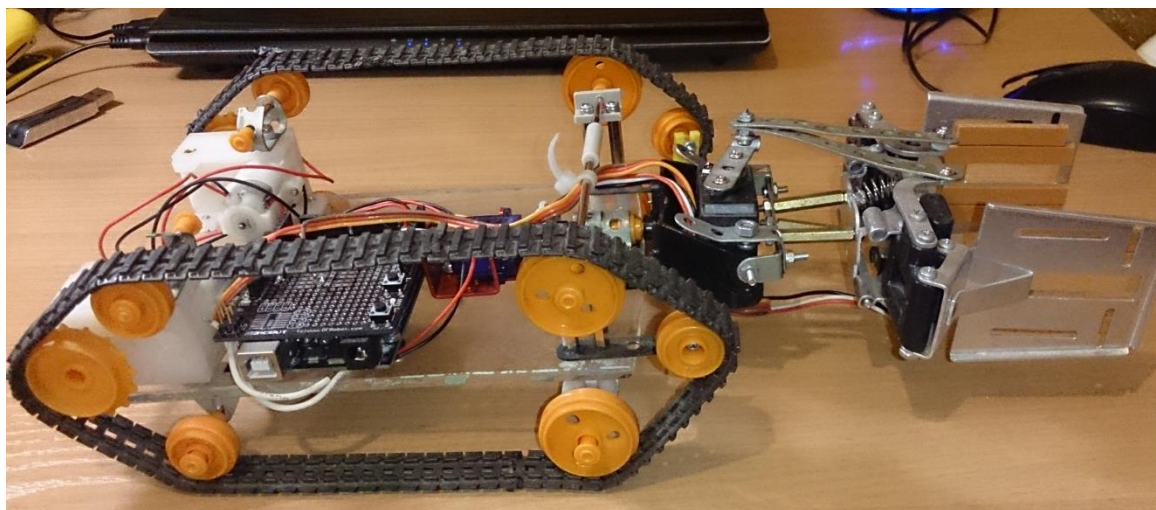


Рис. 1. Действующая модель МРТК «Перевертыш».

С этой целью МРТК должен иметь ряд сенсоров для восприятия окружающей его среды, а также ряд исполнительных устройств (эффекторов) для воздействия на среду и систему управления, которая позволяет роботу совершать целенаправленные и полезные действия (рис. 2).

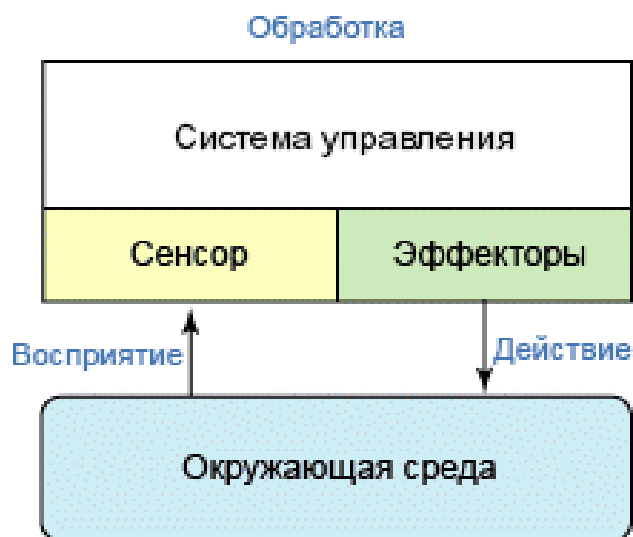


Рис. 2. Базовые элементы роботизированных систем

На МРТК могут использоваться дистанционные датчики, датчики температуры, датчики химических веществ, датчики радиации и др. для восприятия окружающей его среды, а также двигательные устройства в качестве эффекторов для воздействия на среду.

Образуется замкнутая кольцевая система, в которой сенсоры возбуждают

систему управления, в зависимости от изменений в окружающей среде (рис. 3). В другом случае действует так называемая обратная связь. Если система управления определяет действие, которое изменяет среду, сенсоры подтверждают данное изменение, отправляя информацию о новом состоянии окружающей среды в систему управления.



Рис. 3. Замкнутая кольцевая система взаимодействия робота с окружающей средой

Таким образом, актуальной является проблема создания мобильных роботов, обладающих способностями к самостоятельному передвижению и автоматическому выполнению поставленных задач. Важную роль при этом играет создание системы управления, позволяющей при участии оператора обрабатывать поступающую информацию и принимать решения в нештатных ситуациях.

Решение этой проблемы будет возможным, если система управления МРТК будет состоять из следующих аппаратных и программных подсистем:

- движения: перемещение робота, питание всех систем управления;
- управления движением: принятие и исполнение команд движения;
- дистанционного ручного управления: оператор корректирует действия робота с клавиатуры не бортовой ЭВМ;
- планирования движения: планирование и отслеживание точности выполнения команд движения механизмов робота;
- технического зрения: распознавание объектов на пути следования робота;
- датчиков и других датчиков: определение расстояний до заданных объектов, препятствий, движущихся объектов, цвета, температуры, звука, т.е. получение информации об окружающей среде.

Предлагаемая структурная схема системы управления МРТК «Перевертыш» показана на рис. 4.

Одной из особенностей построения данной системы управления является то, что она строится по иерархическому многоуровневому принципу, согласно которому с повышением иерархического ранга подсистемы повышается ее степень интеллектуальности.

Самым верхним звеном этой иерархии является система управления поведением, далее следует система управления движением, а система управления исполнительными механизмами является самым низшим звеном этой иерархии. Кроме перечисленных подсистем в структуре имеется информационно-измерительная система, которая также должна обладать некоторыми интеллектуальными возможностями, и интерфейс с оператором.

На МРТК «Перевертыш» при помощи датчиков собираются данные об окружающей среде. На схвате (рабочем орган) установлен датчик позволяющий роботу автоматически определять положение объекта при его захвате (рис. 5). Схват соединен с корпусом таким образом, что бы была возможность не только захватывать предметы, но и вращаться на 180 градусов. Это дает возможность продолжать проводить работы при опрокидывании робота. Ходовое оборудование выполнено так, чтобы при перевороте робота значение клиренса оставалось неизменным (рис. 1).

Такой подход позволяет оптимизировать выполняемые роботом функции для выполнения гарантированно безошибочных операций и позволит повысить эффективность и безопасность труда в экстремальных условиях.

Настройка системы управления на наилучшее качество осуществляется действием дополнительного контура обратной связи, образуемого синхронным детектором, интегратором, нелинейным элементом, регулятором коэффициента и сумматором, а также генератором, выход которого соединен со вторыми входами синхронного детектора и сумматора (рис 6).

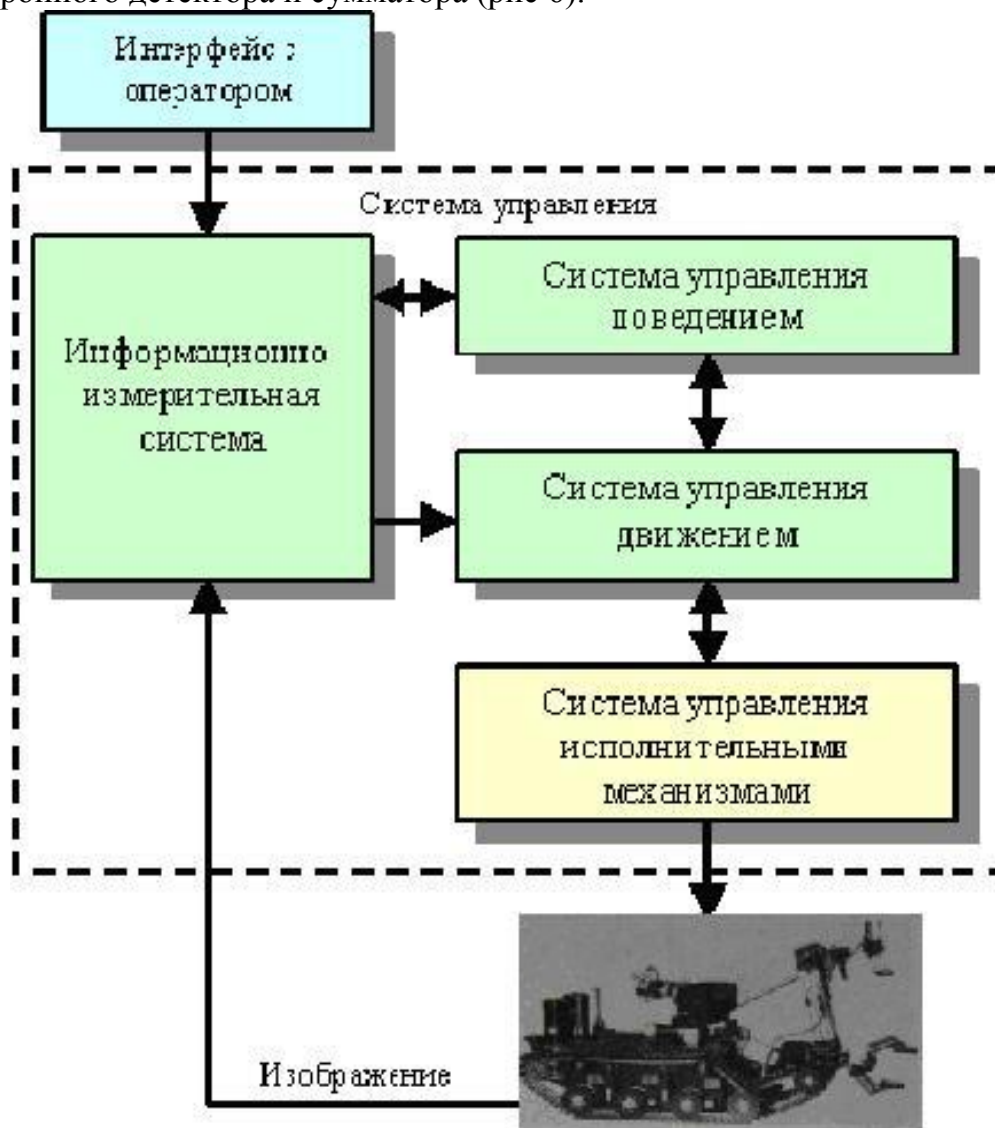


Рис. 4. Структура системы управления мобильным робототехническим комплексом «Перевертыш»

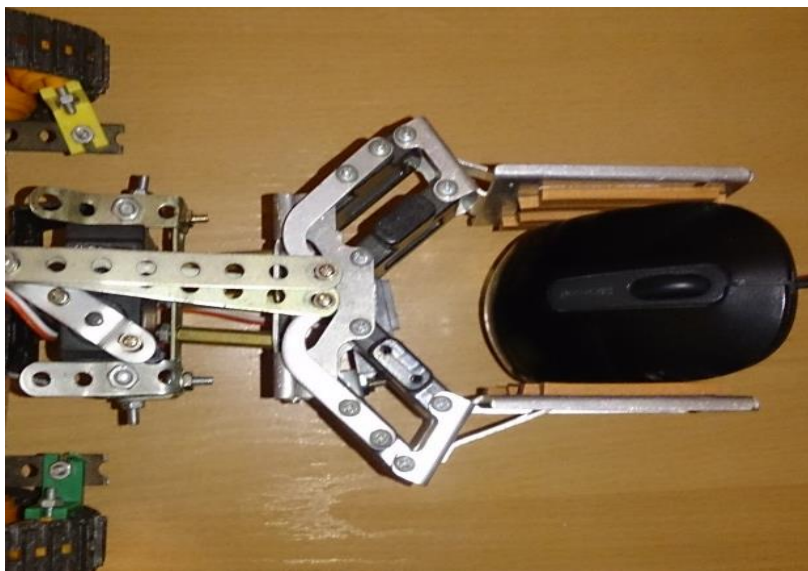


Рис. 5. Схват МРТК «Перевертыш»

Схема самонастраивающейся системы управления с повышенной эффективностью показана на рис 5.

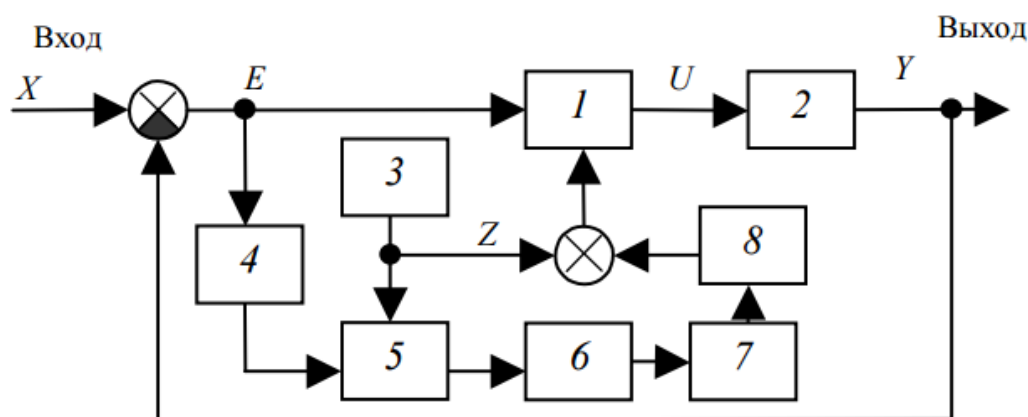


Рис.6. Самонастраивающаяся система с повышенной эффективностью:
 1 – управляемый усилитель; 2 – объект; 3 – генератор; 4 – устройство оценки качества системы; 5 – синхронный детектор; 6 – интегратор; 7 – нелинейный элемент; 8 – регулятор коэффициента

Повышение эффективности достигается применением критерия, непосредственно связанного с показателем качества замкнутой системы, который вычисляется непрерывно или периодически в ходе функционирования системы.

ВЫВОДЫ

1. Разработка структурной схемы системы управления МРТК для работы в экстремальных условиях является весьма важной и актуальной задачей.

2. Для эффективного функционирования МРТК «Перевертыш» должен быть снабжен системой восприятия внешней среды, средствами анализа ситуаций и принятия решений и осуществляют планирование движения (в том числе и построение трассы).

Список использованной литературы:

1. Атанс М., Фальб П. Оптимальное управление. – М.: Машиностроение, 1968.
2. Антонов В.Н., Пришвин А.М., Терехов В.А., Янчевский А.Э. Адаптивные системы автоматического управления: учеб. пособие / под ред. проф. В.Б. Яковлева. – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та. 1984.
3. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. СПб.: ВХБ-Петербург, 2007.

УДК 624.144.8, 625.768.6

**Анализ конструкций машин для очистки снежно-ледяных отложений
на городских территориях**

А.В. Беляев, Д.С. Пешков

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье приведены некоторые результаты анализа способов и средств удаления снежно-ледяных образований на проезжей части и тротуарах с целью создания новых машин и оборудования, позволяющих решить проблему содержания территорий в зимнее время.

Ключевые слова: дороги; тротуары; снежно-ледяные образования; скользкость; коэффициент сцепления; реагенты; фрикционные материалы; машины и оборудование; удаление.

Проблема зимнего содержания проезжей части, дворовых территорий, тротуаров, остановочных площадок общественного транспорта в городах и населенных пунктах является весьма актуальной. Основные трудности зимней уборки связаны с метаморфизмом снега, то есть способностью изменять свои свойства за достаточно короткий промежуток времени под действием как климатических условий, так и в результате движения транспортных средств и пешеходов. Под воздействием выше перечисленных факторов снег быстро уплотняется, а затем превращается в снежно-ледяной накат, прочность которого, в сочетании с прочностью образовавшихся прослоек льда, выше обычного снега в 20-30 раз.

Все это приводит к травматизму людей и авариям автотранспорта. Связано это с тем, что при низких температурах и большой толщине льда ручными способами невозможно эффективно бороться с обледенелостью. При этом скалывается верхний, толстый слой льда, а нижний, тонкий слой в виде ледяной пленки остается на дорожном покрытии. Именно этот слой наиболее опасен и практически не убирается как на автомобильных дорогах, так и в местах движения пешеходов.

Борьбу с зимней скользкостью можно вести по трем направлениям:

- улучшать сцепление с обледенелой поверхностью;
- удалять снежно-ледяные образования;
- предотвращать образование скользкости.

В соответствии с этими направлениями используются следующие способы борьбы с зимней скользкостью (рис. 1).

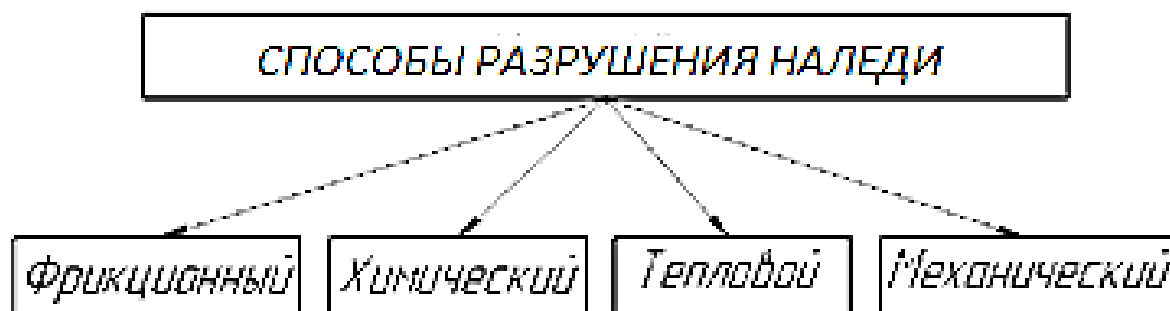


Рис. 1. Способы разрушения снежно-ледяных образований

Одним из наиболее простых является фрикционный способ. Он широко распространен на дорогах низших категорий по причине низкой стоимости материалов. Действующие нормативные документы запрещают использование фрикционных материалов на аэродромах и дорогах первой и второй категории. Основным фрикционным материалом является песок. Для улучшения работы этого способа фрикционные материалы перемешивают с химическими реагентами или предварительно нагревают. Этот материал применяется для борьбы со скользкостью на тротуарах, в городских парках, пешеходных зонах, а также для обработки опасных участков дорог, где другие способы запрещены.

При химическом способе специальные реагенты распределяются по покрытию и вступают в химическую реакцию со снегом или льдом, образуя соляной раствор, температура замерзания которого ниже температуры замерзания воды. Реагенты могут быть как жидкими, так и твердыми. Первые начинают действовать сразу после распределения, вторые могут впаиваться в толстый слой наката или льда, растворяться, образуя тонкую пленку, и тем самым разрывая связь между покрытием и снежно-ледяным образованием. Для того чтобы расширить границы использования реагента как по времени, так и по температуре, используют комбинированные реагенты (обычно твердые реагенты предварительно смачивают перед распределением).

Существует еще несколько способов борьбы со скользкостью, которые можно объединить в группу теплового воздействия.

Инфракрасная обработка основана на способности льда пропускать инфракрасные волны, которые нагревают поверхность дороги или тротуара, разрушая связь между льдом и поверхностью. В дальнейшем лед легко удаляется механическим способом. К сожалению, такой способ не эффективен, когда лед не прозрачный или имеет посторонние включения.

Похожим принципом работы обладает оборудование для борьбы со скользкостью, оснащенное микроволновыми излучателями. Пока этот способ не нашел применения, однако работы по изучению микроволн при борьбе со скользкостью ведутся. Главный недостаток этого способа в том, что микроволны разрушают связи в асфальтобетонном покрытии, что приводит к его разрушению. Поэтому микроволны можно использовать только на бетонных покрытиях, а также на различного типа мостовых.

Наиболее приемлемым в настоящее время является механический способ удаления снежно-ледяных образований. Полное удаление производится последовательной работой скалывателя льда, отвалом, металлической щеткой или вручную. При этом наиболее часто используются скалыватели в виде отвала, либо убирают лед с использованием лома или железной рукояти с наконечником в виде

заостренной пластины, которые в процессе работы повреждают несущие покрытия. При этом машины с отвалом не удаляют тонкие слои льда и легко могут повредить дорожное покрытие. Они обладают крупными габаритами, не могут обеспечить необходимую качественную уборку от снежно-ледяного образования на тротуарах и в труднодоступных местах. Ручные ударные инструменты требуют больших физических затрат от человека и неэффективны вследствие низкой производительности. Механический способ позволяет создать необходимую шероховатость на снежно-ледяном образовании, обеспечивающую безопасное движение пешеходов и автомобилей.

Главными недостатками этого способа являются большое время обработки и частые разрушения верхнего слоя дороги или тротуара из-за невозможности контролировать толщину срезаемого слоя льда или наката.

Поэтому возникает необходимость разработки таких рабочих органов для разрушения льда на дорогах и тротуарах, которые эффективно убирают лед и при этом не повреждают поверхность под ним.

Анализируя технические решения рабочих органов и оборудования (рис. 2) для механического разрушения снежно-ледяных образований на асфальтобетонных покрытиях, можно утверждать, что в новых конструкциях использованы научные и конструкторские достижения в области разрушения различных материалов во многих отраслях: горного дела, металлообработки, разрушении мерзлых грунтов и т. д.



Рис. 2. Классификация рабочих органов для разрушения снежно-ледяных образований

Для удаления уплотненного снега и слоя льда применяют скалывающе-рыхлительное оборудование. По виду воздействия на скалываемую среду различают пассивные и активные рабочие органы. В качестве пассивных применяют вращающийся металлический барабан с установленными на нем зубьями (рис. 3, а) или нож бульдозерного типа (рис. 3, б), которые сминают и отделяют уплотненные слои снега или льда с поверхности дорог и тротуаров под действием усилия при движении машины. Активным органом, может быть нож (рис. 3, в), имеющий возможность совершать возвратно-поступательные движения в сторону разрушаемого образования.

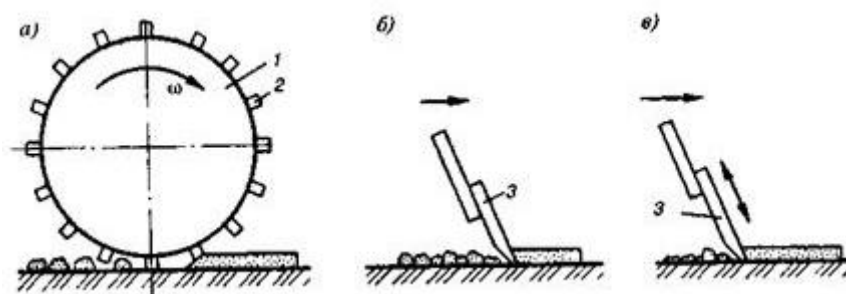


Рис.3. Виды рабочих органов для удаления уплотненного снега и льда

На основании изложенного, можно предположить, что прототипом машины, выполняющей полный цикл по удалению снежно-ледяного образования, может быть конструкция, представленная на рис.4.

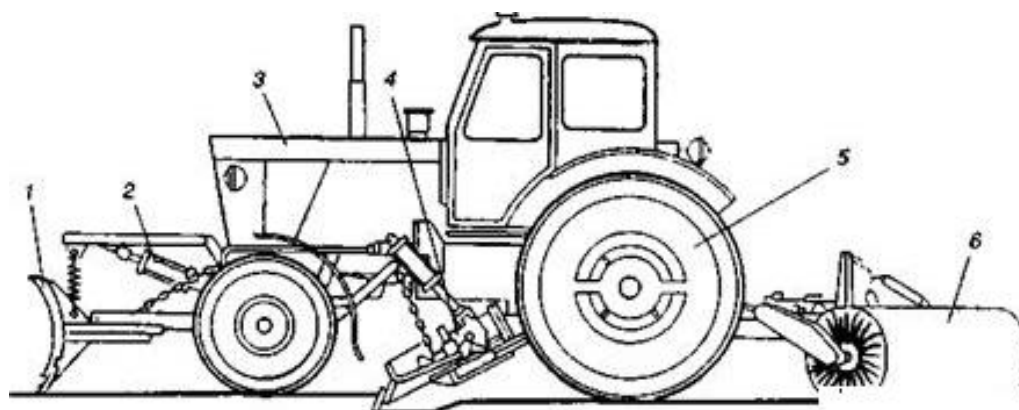


Рис.4. Снегоуборочная машина

На тракторе 3, крепятся снегоуборочный отвал 1, гидросистема 2, устройство для скалывания уплотненного снега 4, цилиндрическая подметающая щетка 6. Скалывающее оборудование смонтировано между передней и задней ходовыми осями машины на Н-образной раме коробчатого сечения и состоит из двух гребенчатых ножей с двусторонней заточкой и расстоянием между ними 500 мм. Регулировка положения ножей по толщине скалываемого снега или льда относительно основной рамы машины осуществляется винтами.

После проведенного анализа условий эксплуатации и существующих рабочих органов было принято решение разработать рабочий орган для машины, способной разрушать снежно-ледяное образование, не повредив покрытие дорог и тротуаров. При этом данная машина должна выполнять весь цикл работ по удалению снежно-ледяного образования.

Результаты проведенного анализа конструкций позволяют выбрать направление разработки машины для удаления снежно-ледяных образований.

Изучены деформационные характеристики рабочих органов, которые в дальнейшем будут использованы при модернизации существующих образцов и разработке перспективных конструкторских решений машин.

Список использованной литературы:

1. Дорожно-строительные машины и комплексы: учебник для вузов/ В.И.Баловнев[и др.]; под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд. доп. и перераб.М.; Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 528с.

2. Гурьянов Г.А., Дудкин М.В. Новое оборудование для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2013.Т.2. с.112-123.

3. Куляшов А.П., Молев Ю.И., Шапкин В.А., Щепетов А.В. Современные методы разрушения льда. - М.: Компания «Спутник», 2005. - 135 с.

УДК 625.7/.8

Струйно-инъекционная технология ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием

И.О.Бобарика, М.Р. Багаутдинов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье описана струйно-инъекционная технология ремонта дорог. Рассмотрены условия применения технологии и описаны преимущества по сравнению с другими методами в таких условиях. Описано оптимальное оборудование для осуществления ремонта по данной технологии. Отмечена актуальность развития с освоения технологии на оборудовании отечественного производства.

Ключевые слова: ремонт дорог, струйно-инъекционная технология, водно-битумная эмульсия, щебень.

От состояния дорожного покрытия зависят такие факторы, как безопасность дорожного движения, скорость транспортного потока, что приводит к перерасходу топлива и повышенным вредным выбросам в атмосферу. Кроме того, неправильное дорожное полотно является причиной повышенного шума, вибрации, приводит к излишнему утомлению водителя и способствует износу автомобиля.

В результате перегрузок покрытия, износа и старения его материалов, на покрытии с течением времени возникают всевозможные дефекты, деформации и разрушения (неровности, трещины, сколы, выбоины, ямы и т. п.). Ремонтные работы дорожного покрытия осуществляется различными методами, средствами и материалами, в совокупности определяющими качество, срок службы и стоимость, т. е. эффективность таких ремонтных работ. Главная цель этих работ – обеспечить на эксплуатируемой дороге безопасное движение автомобильного транспорта с установленным скоростным режимом. Как правило, ремонтные работы на покрытии в России планируются и выполняются чаще всего весной с наступлением устойчивой теплой (не ниже плюс 5°C) и сухой погоды, хотя порой может возникать потребность в проведении и срочного внепланового или аварийного ремонта практически в любое время года и при любых погодных условиях. При текущем ремонте покрытий, по мере надобности, могут выполняться следующие виды работ:

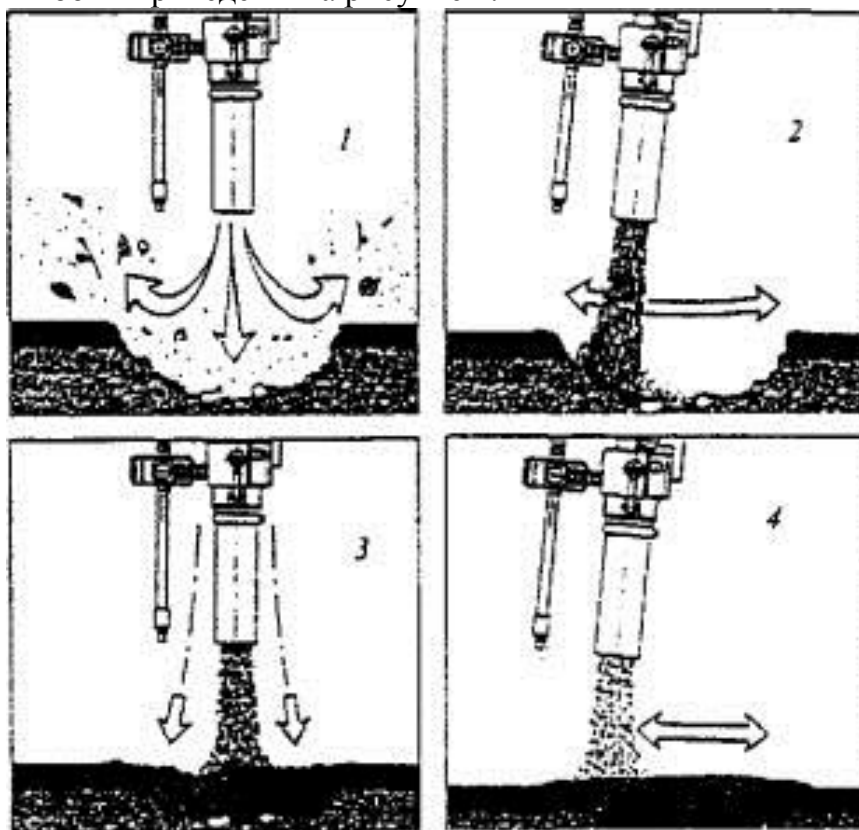
- ямочный ремонт (ликвидация ям, выбоин, сколов);
- заделка трещин;
- поверхностная обработка или укладка тонких верхних слоев покрытия (ковриков износа).

Основные виды ямочного ремонта осуществляются с применением следующих материалов и технологий:

- горячая асфальтобетонная смесь;
- холодная асфальтобетонная смесь;
- с применением литого асфальтобетона;
- по технологии рециклинга;
- по струйно-инъекционной технологии

Струйно-инъекционная технология ремонта дорог с асфальтобетонным покрытием является сейчас упрощённым способом ямочного ремонта, применяемым для устранения видимых, аварийно опасных дефектов покрытия, таких как деформации, разрушения, шелушения, неровности, раскрытые трещины, сетки трещин, сколы, выбоины, ямы, колеи. Ремонт с использованием СИТ применяется при температуре воздуха от -15 до +40 градусов позволяет проводить ремонт практически в любое время года, но не рекомендуется проводить ремонтные работы таким способом при дожде и снегопаде, когда затруднена или даже исключена очистка выбоины от влаги, пыли и мусора и ее подгрунтовка битумной эмульсией.

Последовательность выполнения операций по струйно-инъекционной технологии заделки выбоин приведены на рисунке 1.



1 - очистка выбоин продувкой сжатым воздухом; 2 - подгрунтовка битумной эмульсией; 3 - заполнение щебнем, обработанным эмульсией; 4 - нанесение тонкого слоя необработанного щебня

Рис. 1. Ямочный ремонт по СИТ

Подготовка выбоины к ремонту сводится фактически только к тщательной ее очистке от пыли, мусора и влаги путем продувки высокоскоростной струей воздуха и к обработке поверхности выбоины битумной эмульсией. Операция обрезки, разлома или фрезерования асфальтобетона вокруг выбоины в этой технологии может не производиться. Для подготовки покрытия к ремонту, ямы и трещины продуваются ручными или механизированными воздуходувками. После

очистки необходимо обработать место проведения работ водно-битумной эмульсией (ВБЭ). Это улучшает сцепление инжестируемого материала с основным слоем.

Сама заделка выбоины осуществляется посредством ее заполнения мелким щебнем, предварительно обработанным ВБЭ в камере смешения машины. При раздельной подаче щебня и ВБЭ технология допускает также смешивание компонентов непосредственно над рабочим участком после выхода щебня и ВБЭ из подающих устройств. За счет вовлечения и подачи щебня воздушной струей, его укладка в выбоину происходит с высокой скоростью, что обеспечивает хорошее уплотнение.

Битумная эмульсия необходима для защиты несущего дорожного основания от активного разрушения. Используются поверхностные дорожные обработки – битумные и модифицированные эмульсии. После устранения на дорожном покрытии трещин и ямочного ремонта по чистой поверхности разливается (разбрызгивается) дорожная эмульсия и равномерно распределяется щебень.

Отремонтированное по этой технологии покрытие выдерживает средний по интенсивности поток легковых автомобилей (не более тысячи автомобилей в час). Рекомендуются проводить уплотнение отремонтированного покрытия с применением виброплит и виброкатков для повышения прочности и надежности ремонтируемого участка.

Оптимальным является использование специализированных машин ремонтеров. Такие машины объединяют на одной базе все необходимое для проведения ямочного ремонта струйно-инъекционным методом. Операции согласно технологии (рис. 1) осуществляются в полуавтоматическом режиме одним человеком – оператором, который является и водителем. Это достигается путем использования рабочего органа, представляющего собой стрелу-манипулятор с навесным, гибким рукавом для мелкого щебня и трубопроводом с форсункой для распыления эмульсии. Весь процесс контролируется из кабины машины с помощью пульта управления. На машине установлены подогреваемые бак для щебня и бак для эмульсии.

Технологии применения эмульсий отличаются экономичностью и относительной доступностью. Эмульсии не пожароопасны и не загрязняют окружающую среду. Плюсом технологии является низкая, по сравнению с традиционными и литьевыми методами, стоимость ремонта, т.к. данная технология не требует нарезки карт, не требует приготовления смеси и позволяет проводить очень быстрый ремонт.

Струйно-инъекционная технология заделки выбоин на дорожных покрытиях с помощью битумной эмульсии является сейчас в России одной из наиболее передовых и прогрессивных, несмотря на то, что в некоторых странах Европы и в Америке она с успехом применяется уже давно. В настоящее время в России применяется оборудование зарубежного производства и изучение и освоение технологии ремонта струйно-инъекционным методом на оборудовании отечественного производства является актуальной задачей.

Список использованной литературы:

1. Зоя Зимина. А время ли асфальту? Технология холодного асфальта // Журнал «Сибирский дом» – 2009. – №10(72).

2. Костельов М.П. Современные методы и средства ямочного ремонта дорожных покрытий // Каталог-справочник «Дорожная техника – 2001». – 2001.
3. Руденский А.В. Холодный асфальтобетон. Возможности продления сезона строительных и ремонтных работ. // Новости в дорожном деле: «Научно-технический информационный сборник «Информавтодор». – 2006. – Вып. 1. – с. 11-42
4. Козлов Г.Н. Холодный асфальтобетон. Теория, практика, перспективы применения // Журнал «Федеральный строительный рынок» – 2006. – 4 (53).

УДК 629.7.062

Элементы проектирования разветвленных гидросистем с учетом динамики рабочих органов

И.О. Бобарика, А.И. Демидов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Рассмотрена возможность применения MATLAB для выбора оптимальных проектных решений при проектировании авиационных гидросистем. Проведен анализ разветвленной гидросистемы самолета с механической системой уборки опор шасси. Обосновано применение численного моделирования для сокращения количества шагов проектирования гидросистем и уточнения выбора параметров. Обосновано встраивание такого моделирования в традиционные методики комплексного проектирования гидросистем, в том числе на ранних стадиях проектирования самолета.

Ключевые слова: гидросистема, давление, расход, шасси, гидроцилиндр.

Гидравлические системы современных самолетов имеют много потребителей. Они должны обладать большой надежностью и малой массой, поэтому их проектирование представляет собой весьма сложную задачу. В проектных организациях широко используют поэтапный метод создания системы, при котором используется анализ статистических данных по эксплуатирующимся самолетам. В первом приближении параметры гидросистемы определяются на основании обобщения статистических данных и по эмпирическим зависимостям. Затем определяют необходимые мощности, геометрические данные приводов, проводится гидравлический расчет, где определяются потери и рекомендуются диаметры труб, которые позже уточняются с учетом прокладки трубопроводов в конструкции планера. Уточняют выбор гидравлических насосов. От всех этих параметров зависит масса системы. Создание гидросистемы удовлетворяющей требованиям по мощности и при этом обладающей необходимой надежностью и минимальной массой является сложной итерационной задачей.

Сегодня при создании авиационных гидросистем все больше применяются численные методы моделирования. В данной работе рассмотрена возможность применения MATLAB для выбора оптимальных проектных решений при проектировании авиационных гидросистем.

Была рассмотрена разветвленная гидросистема самолета с механической системой уборки опоры шасси. Программный продукт MATLAB Simulink позволяет

проводить междисциплинарные анализы. Механическую систему из твердотельной геометрии приводил в движение присоединенный гидропривод. При такой постановке нет необходимости отдельно определять силу, преодолеваемую гидроцилиндром, так как она была автоматически определена с учетом кинематики, масс отдельных элементов, плечей, сил и т.д. Это сокращает количество шагов при проектировании гидросистемы.

Так как рассматривалась только уборка шасси, было принято решение моделировать только те контуры гидросистемы, в которых расположены интересные потребители. Укрупненный вид полученной в Simulink схемы представлен на рисунке 1.

Каждый трубопровод смоделирован и имеет длину и диаметр, так же в модели учтены элементы трубопроводной арматуры.

При создании кинематической схемы опор была взята за основу распространенная схема уборки/выпуска шасси, использующаяся на самолетах марки Як, Ил, Ан. Общий вид опоры с такой схемой показан на рисунке 2, а. Твердотельная геометрическая модель механической системы была импортирована из CAD системы (рисунок 2, б). В системе учтены вес колес, вес амортизационной стойки и аэродинамическая сила с учетом угла атаки.

Сила, действующая на гидроцилиндр, определяется исходя из работы механической системы, которая в свою очередь приводится в движение гидросистемой. На рисунке 3 показан полученный график изменения силы от времени для носовой опоры.

По результатам моделирования автоматически создается анимация работы системы. На рисунке 4 показана условная механическая система носовой опоры в убранном положении.

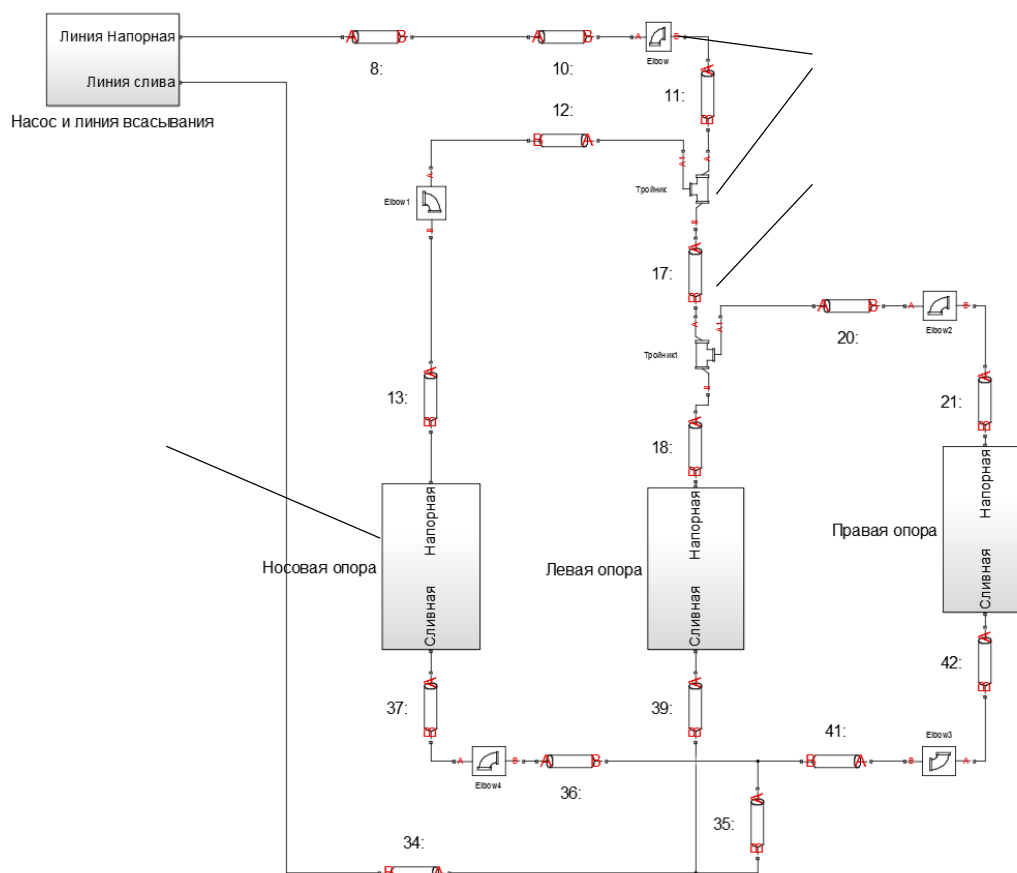
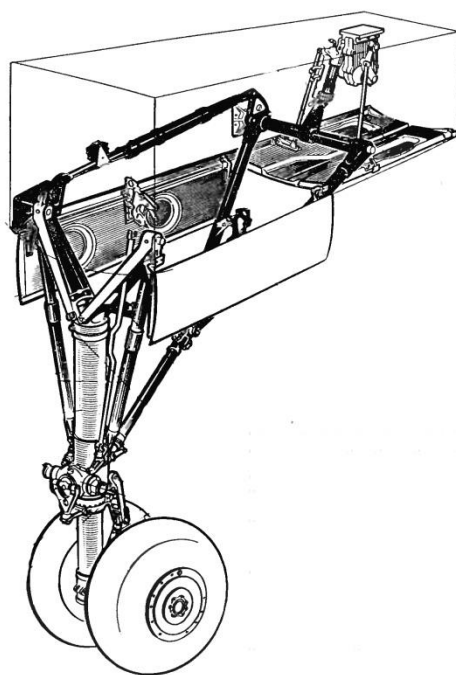
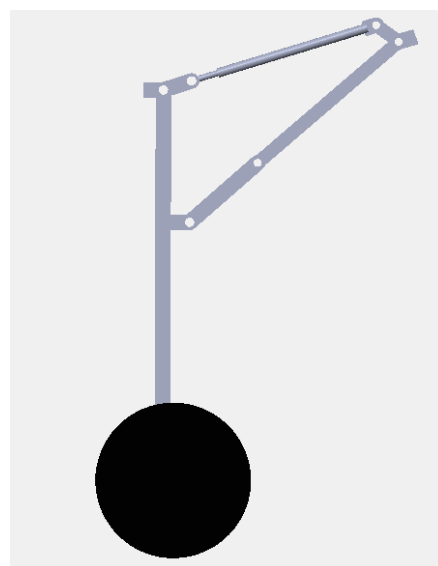


Рис. 1. Укрупненный вид схемы гидросистемы в Simulink



а)



б)

а – общий вид опоры; б – импортированная геометрическая модель

Рис. 2. Опора шасси

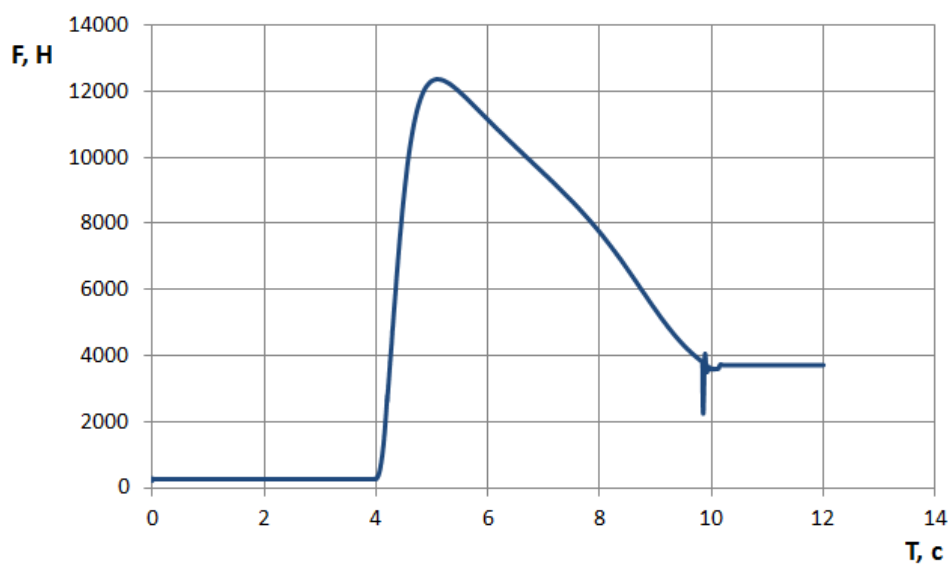


Рис. 3. График изменения силы, преодолеваемой гидроцилиндром

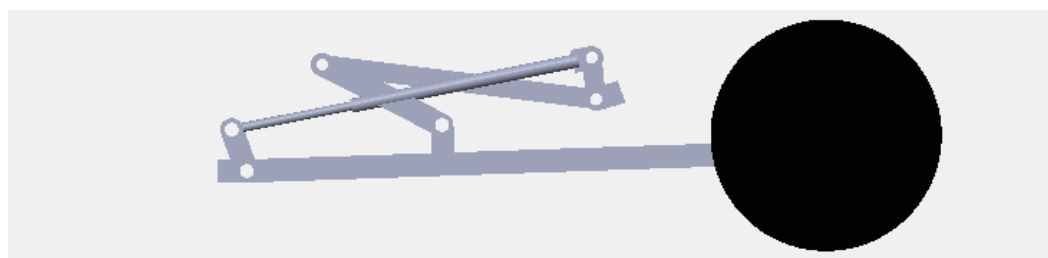


Рис. 4. Носовая опора в убранном положении

По результатам моделирования получены данные о расходах и давлениях в каждой точке гидросистемы. На рисунке 5 показан график расхода жидкости на гидронасосе при уборке шасси. Момент времени начала уборки основных опор 1 секунда, носовой – 4 секунда. Таким образом, можно определить пиковые расходы и уточнить выбор насоса.

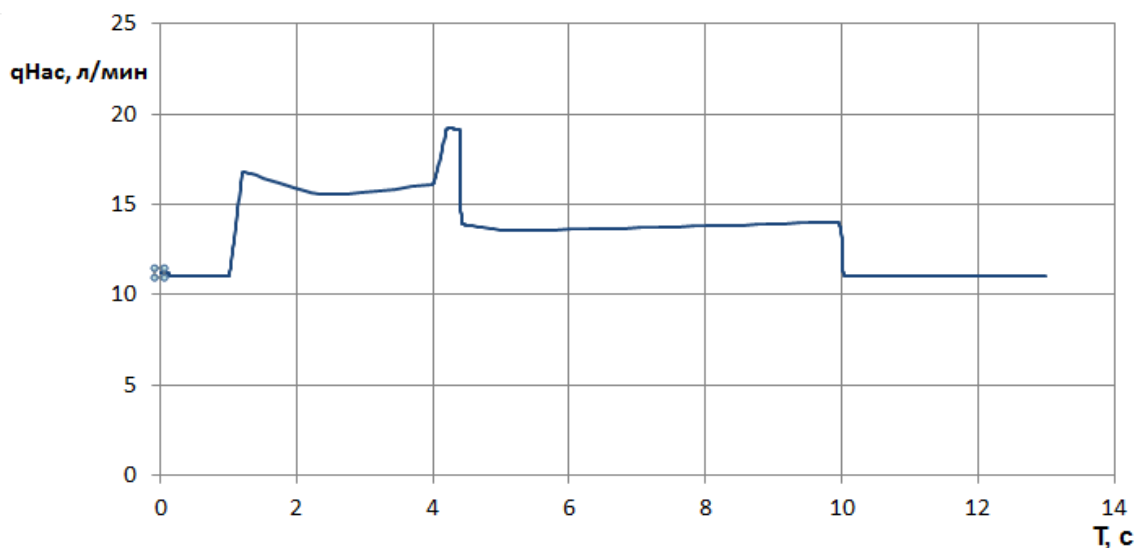


Рис. 5. График расхода жидкости

На рисунках 6 и 7 показаны графики давления перед и после гидроцилиндров основных и носовой опоры соответственно.

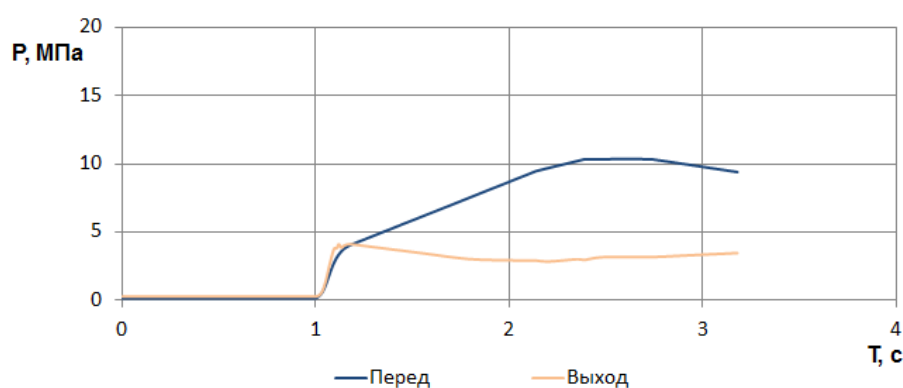


Рис. 6. Графики давления перед и после гидроцилиндра основной опоры

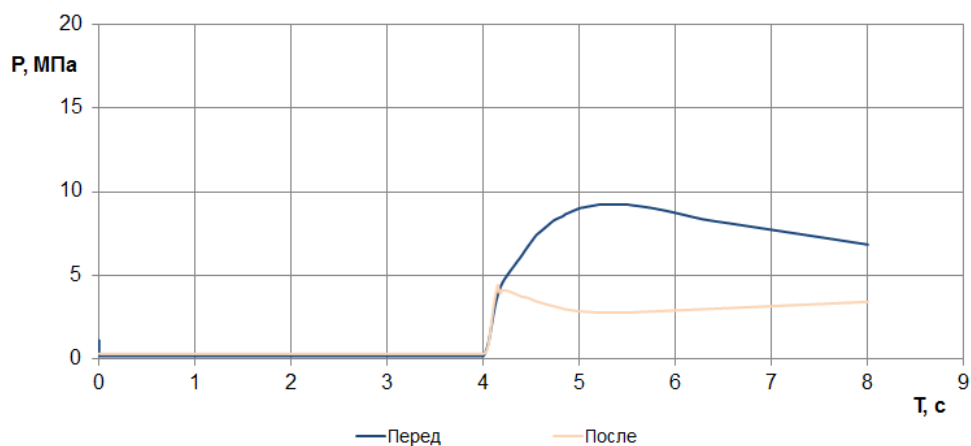
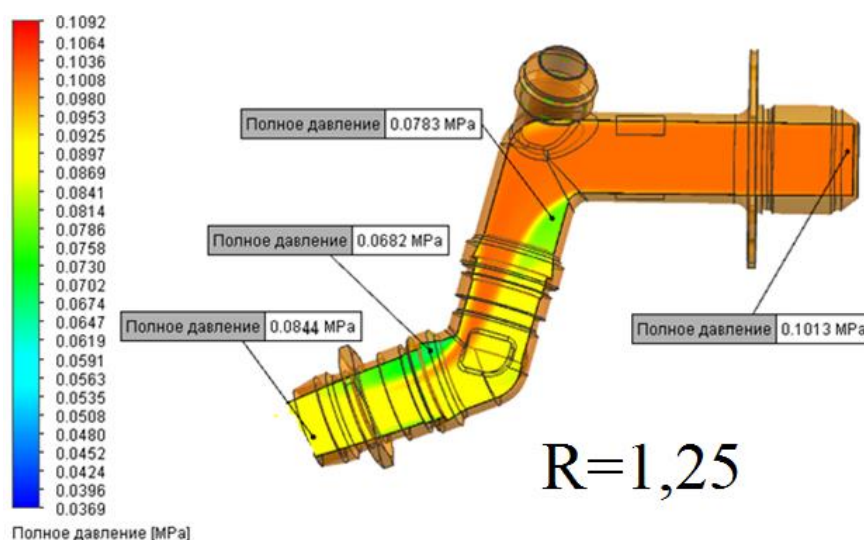


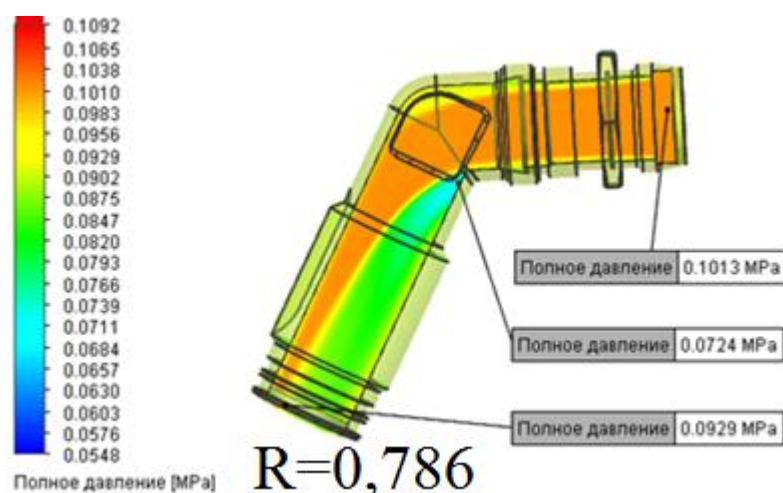
Рис. 7. Графики давления перед и после гидроцилиндра носовой опоры

Коэффициенты сопротивления блоков из библиотеки MATLAB приняты из стандартных таблиц. Для более точного моделирования гидросистемы, а именно для адекватного расчета гидравлических потерь возможно уточнение данных по коэффициентам сопротивления трубопроводной арматуры. Как известно в самолетостроении часто используются элементы трубопроводной арматуры нестандартной формы ввиду сложной пространственной конфигурации и тесного монтажа. Сопротивление отдельных элементов может быть уточнено в ходе точечных гидродинамических анализов на базе программного продукта FloEFD. На рисунке 8 показаны картины распределения давления и полученные коэффициенты сопротивления некоторых нестандартных элементов трубопроводной арматуры.

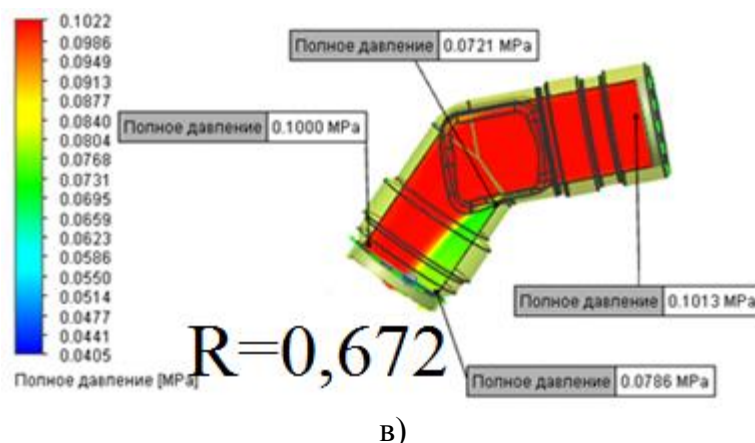
Программный продукт MATLAB Simulink является современным эффективным инструментом для проектирования гидросистем, и обладает наглядностью схемного проектирования, широкими возможностями по конфигурированию разветвлённых гидравлических систем, расчёту и обработке результатов. При этом продукт ориентирован на инженеров – проектировщиков систем, а не на программистов.



а)



б)



а – тройник; б – угольник №1; в – угольник №2
Рис. 8. Распределение давлений и коэффициенты сопротивления

Численное моделирование как путь развития существующих традиционных методик проектирования гидросистем способен сократить количество шагов при проектировании гидросистем. При этом возможно выполнение задачи комплексного проектирования гидросистемы на ранних стадиях проектирования самолета для обеспечения встраиваемости её конструкции в конструкцию планера самолёта, обеспечения правильной работы механизмов с отслеживанием пересечений, касаний деталей конструкции и т.п., а также с учетом динамики исполнительных механизмов.

Список использованной литературы:

1. Системы оборудования летательных аппаратов. Под редакцией Матвеев А.М. и Бекасова В.И., Машиностроение, 1986
2. Башта Т.М. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.:Машиностроение, 1982, 423 с.
3. Попов Д.И. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М.:Машиностроение, 1987, 464 с.
4. Емцев Б. Т. Техническая гидромеханика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987, 440 с.
5. Азизов А.Г., Рагимов А.М., Азизов М.Г. Проектирование гидро- и пневмосистем. Учебное пособие (для студентов специальности «Гидромашины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика»), Баку, АГНА, 2004, 100 с.

УДК 62-77

Мобильная система контроля качества авиационного топлива и рабочих жидкостей

И.О.Бобарика, А.О.Михеев, Л.Г.Марков

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В работе рассмотрены отказы и неисправности топливных агрегатов вертолетных двигателей, обусловленные внешними загрязнениями топлива, а также представлена разработка мобильной автоматизированной системы контроля чистоты топлива

на вертолете Ми-8/171, которая позволяет автоматизировать процесс контроля и свести к минимуму человеческий фактор при контроле чистоты топлива.

Ключевые слова: *Авиакеросин, чистота топлива, датчик свободной воды.*

Наибольшее число отказов и неисправностей топливных агрегатов вертолета и двигателей обусловлено внешними загрязнениями топлива. Имеют место авиапроисшествия с отказами двигателей и агрегатов топливной системы из-за наличия примесей в топливе. Так 16 августа 1995 г. произошло авиапроисшествие с вертолетом Ми-8Т. Комиссия по расследованию выявила наличие посторонних примесей в находившемся на борту топливе. 27 июня 2008 г. произошла катастрофа самолета Ан-2. Расследованием установлено, что заправка самолёта производилась некачественным топливом и при этом отсутствовал контроль качества топлива при его хранении, транспортировке и заправке.

Контроль чистоты топлива, заправленного в баки воздушного судна, осуществляется визуально, что имеет свои недостатки. Имеет место человеческий фактор и вероятность попадания примесей в сливную тару, что приводит к ошибочным результатам контроля. [5]

В данной статье представлена разработка мобильной автоматизированной системы контроля чистоты топлива на вертолете Ми-8/171, которая позволяет автоматизировать процесс контроля и свести к минимуму человеческий фактор при контроле чистоты топлива.

Необходимость очистки топлива, подаваемого в двигатели, от посторонних примесей вызывается наличием в карбюраторах, агрегатах непосредственного впрыска, насосах зазоров размером от десятых до тысячных долей миллиметра, которые необходимо предохранять от попадания в них твердых частиц [4]. Хотя топливо, заправляемое в баки, фильтруется, и баки защищаются от попадания в них механических примесей, в процессе эксплуатации возможно образование продуктов коррозии трубопроводов и агрегатов топливной системы, попадание кусочков резиновых прокладок и т. д. Наличие самых незначительных количеств воды в топливе резко повышает коррозионные свойства его и, кроме того, может привести к засорению трубопроводов в случае появления льда при низких температурах. Особенно опасным является выпадение влаги и образование льда в трубопроводах топливных систем современных высотных самолетов, могущих за короткое время набрать большую высоту, в результате чего образование конденсата резко ускоряется [1].

Мобильная система контроля чистоты авиатоплива (см. рисунок 1) представляет собой небольшую тележку с расположенными на ней пультом контроля и управления датчиками ДСВ и прибором контроля жидкости.

Также на тележке размещается аккумулятор для питания подогревающего устройства и системы контроля и управления топливом. Размещение аппаратуры на тележке показано на рисунке 2. Подогревающее устройство, представляющее собой вольфрамовую или нихромовую проволоку, располагается в защитном кожухе тележки и служит для обогрева аппаратуры при эксплуатации в осенне-зимний период. Защитный кожух снаружи выполнен из листового дуралюмина, внутри располагается теплоизоляция, подогревающее устройство и защитный экран, для исключения воздействия электромагнитных волн от нагревательного устройства на аппаратуру.

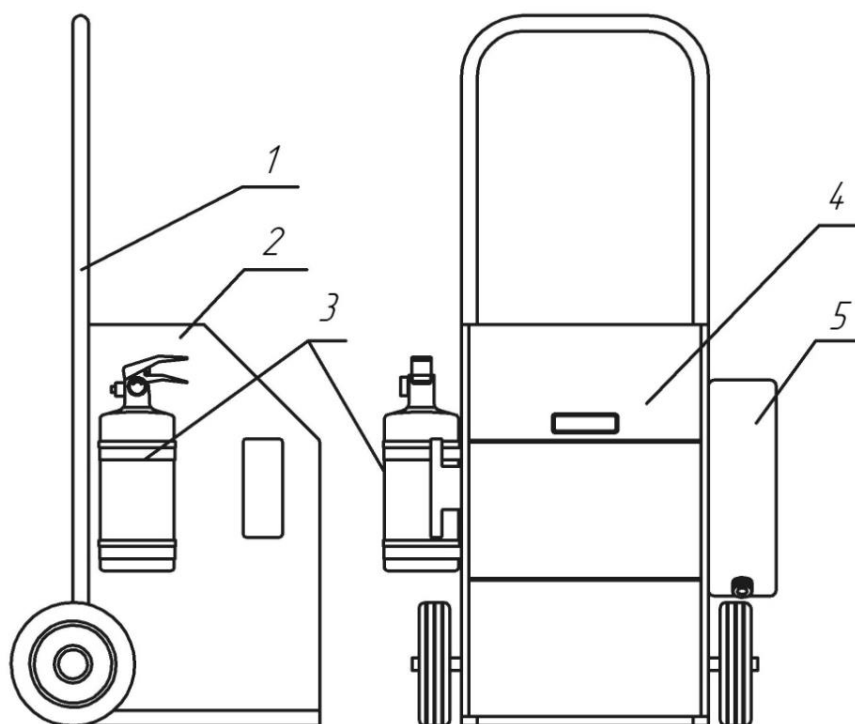


Рис.1. Общий вид мобильной системы контроля чистоты авиатоплива:
1 – каркас тележки; 2 – защитный кожух; 3 – огнетушитель; 4 – откидная крышка кожуха; 5 – бачок для слива авиатоплива.

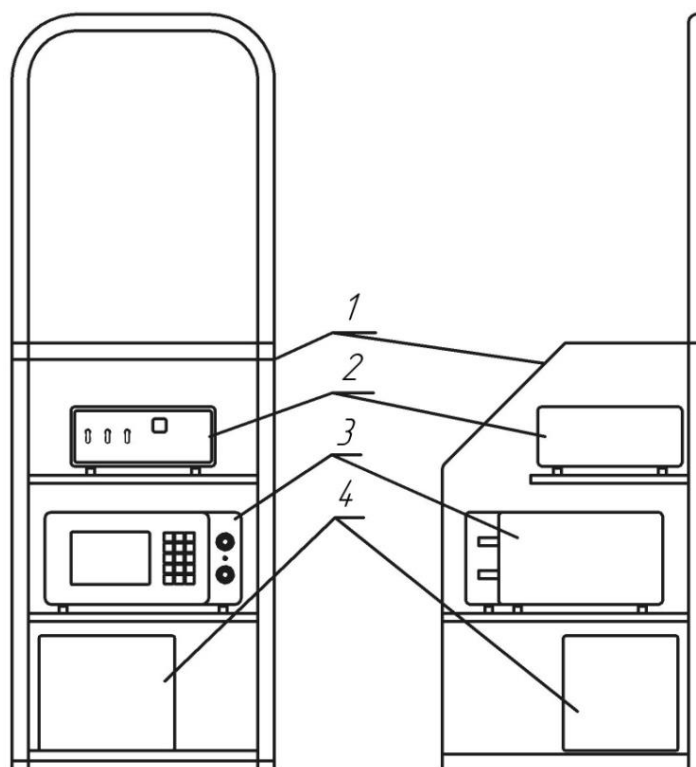


Рис.2. Размещение аппаратуры на тележке:
1 – каркас тележки; 2 – ПКУ; 3 – ПКЖ; 4 – аккумулятор.

Для слива топлива предусмотрен бачок объемом 10 литров.
Для пожарной безопасности на тележке располагается огнетушитель ОП-2.

В качестве прибора контроля жидкости в мобильную систему входит портативный анализатор количества и размера частиц PAMAS S40 AVTUR (см. рисунок 3). Возможности прибора позволяют его использовать в полевых условиях для контроля жидкостей. S-40 полностью автономен, благодаря аккумулятору и встроенному принтеру.

Модель S40 AVTUR разработана для удовлетворения требований авиационной промышленности и предназначена для контроля степени чистоты, подсчета количества и определения размеров частиц в авиационных топливах. Преимуществом модели S40 AVTUR является режим измерения AVTUR полностью соответствующий стандарту **EI-IP577**.

Износостойкий керамический поршень обеспечивает точную дозировку объема жидкости и постоянный её расход. Прибор легок в управлении благодаря сенсорному дисплею и интуитивно понятному русифицированному программному обеспечению. Встроенный аккумулятор позволяет провести в автономном режиме до 500 измерений и сохранить полученные результаты в памяти. Предусмотрены измерения как из пробы, так и из трубопровода.

Прибор устанавливается на тележке внутри защитного кожуха на пружинных амортизаторах. Шланг забора пробы имеет на конце муфту для подсоединения к сливному крану 600400M, а второй шланг соединяется с бачком для слива топлива.



Рис.3. PAMAS S40 AVTUR

Пульт контроля и управления (ПКУ) датчиками ДСВ служит для включения датчиков и индикации наличия свободной воды в баке. ПКУ имеет три выключателя «вкл/выкл», «контроль топлива» и «проверка», и табло индикации наличия свободной воды в топливном баке. [1] С помощью выключателя «вкл/выкл» происходит включение и выключение прибора. Выключателем «контроль топлива» осуществляется включение приема сигнала с датчиков ДСВ для контроля наличия свободной воды в баке. «Проверка» – контроль исправности работы индикации. При наличии воды в отстойнике бака загорается табло «Вода».

Качество контроля чистоты топлива зависит от чистоты разъемов соединения сливного крана и шланга забора пробы. Для этого предусматривается резиновая заглушка на сливной кран 600400M.

Процесс контроля чистоты топлива на воздушном судне с помощью мобильной системы происходит в следующем порядке:

- открыть откидные крышки кожуха;

- включить ПКУ;
- произвести проверку ПКУ;
- снять заглушку с разъема кабеля датчика ДСВ на фланце бака;
- подсоединить кабель ПКУ к разъему;
- включить ПКУ в режим «контроль топлива»;
- при загорании индикации «Вода» слить топливо с бака, руководствуясь существующей документацией;
- при отсутствии свободной воды в баке (при незагорании лампы индикации) выключить ПКУ и отсоединить кабель от разъема;
- выключить ПКУ;
- установить заглушку на разъем кабеля датчика ДСВ на фланце бака;
- включить прибор контроля жидкости;
- снять заглушку с сливного крана 600400М;
- подсоединить шланг ПКЖ забора пробы топлива к сливному крану;
- открыть кран;
- включить анализатор;
- по завершении анализа закрыть сливной кран;
- отсоединить шланг ПКЖ от сливного крана;
- установить заглушку на сливной кран;
- выключить ПКЖ.

Контроль чистоты авиационного топлива на воздушных судах производится с целью предотвращения вредного воздействия различных загрязнений на работоспособность элементов топливных систем. Надежность и работоспособность топливной системы зависят от качества топлива. Усовершенствование технологии контроля качества авиатоплива способствует более качественному обслуживанию топливной системы воздушных судов, что способствует исправной работе агрегатов топливной системы и повышает безопасность полетов.

Список использованной литературы

1. Зотов И.Н., Михеев А.О., Марков Л.Г. Усовершенствование системы индикации чистоты топлива вертолетов семейства Ми-8 /Сборник статей VI Всероссийской НТК «Авиамашиностроение и транспорт Сибири» -Иркутск; Изд-во ИрННТУ, 2016.- С 198-203.
2. Данилов В.А. Вертолет Ми-8: (устройство и техническое обслуживание). М.: Транспорт, 1988. 278 с.
3. Самолет Ан-148-100. Руководство по технической эксплуатации. Раздел 28 Топливная система.
4. Химмотология реактивных топлив: учебное пособие / Е.А. Коняев, М.Л. Немчиков, М.Г. Голубева. М.: МГТУ ГА, 2009. 66 с.
5. Авиационный технический справочник (эксплуатация, обслуживание, ремонт и надежность) / В.Г. Александров, А.В. Майоров, Н.П. Потюков. М.: Транспорт, 1975. 432 с.
6. Ремонт самолетов и вертолетов: учебник для авиационных училищ / К.Я. Орлов, В.А. Пархимович. М.: Транспорт, 1986. 295 с.
7. Техническая эксплуатация самолетов: учебное пособие для средне-специальных учебных заведений ГА / Н.В. Аникин, Ю.В. Назаров. М.: Транспорт, 1984. 199 с.

8. Основы летно-технической эксплуатации и безопасности полетов: учебное пособие для вузов / Н.И. Владимиров, А.И. Пугачев, В.К. Гринник и др. М.: Транспорт, 1984. 229 с.

Проблемы проектирования системы управления экспериментальной беспилотной модели экраноплана

С.Ю. Братусь, И.Н. Гусев, С.М. Кривель

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
Иркутский государственный университет, 664003 г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1

Приведены результаты обзора проблем управления и проектирования систем управления экранопланами. Поставлены задачи и определены требования к беспилотной (дистанционно и (или) программно-управляемой) экспериментальной действующей модели экраноплана.

Ключевые слова: экраноплан; проектирование экраноплана; управляемость экраноплана, системы управления экраноплана.

Экраноплан – воздушное транспортное средство, использующее в полете экранный эффект (WIG-эффект). Он состоит в увеличении подъемной силы крыла и уменьшении аэродинамического сопротивления при движении вблизи подстилающей поверхности. В этом случае действие воздушной подушки в пространстве между крылом и поверхностью добавляется к механизму формирования подъемной силы из-за различных скоростей воздушного потока над верхней и под нижней поверхностями крыла.

Одной из проблем проектирования экранопланов является поиск эффективных и практически реализуемых аэродинамических компоновок. На сегодняшний день нельзя с уверенностью сказать, какая компоновка даст наибольшую эффективность.

Острой является проблема обеспечения маневренности экраноплана. Экраноплан может избежать столкновения путем резкого увеличения расстояния до поверхности и перелета над препятствием или путем обхода препятствия вдоль поверхности. Первый способ требует значительного увеличения тяги двигателя и отрыва от экрана, что приведет к полету экраноплана в режиме самолета – в таком режиме летные качества экраноплана достаточно низкие и изменяются характеристики устойчивости и управляемости. Второй способ вызывает затруднение из-за ограничений на использование крена и тангажа (и угловых скоростей их изменения) для маневрирования. Это приводит к необходимости использования «плоского разворота», что приводит к большому радиусу поворота. Под «плоским разворотом» подразумевается разворот с сохранением постоянных углов крена и тангажа, и незначительные изменения высоты полета. Маневрирование в одной плоскости является общей необходимостью для всех экранопланов.

Существует ряд очевидных методов исследования летно-технических и пилотажных характеристик экранопланов.

Классическим методом является исследование характеристик в аэродинамической трубе. Такой метод позволяет пронаблюдать с большой точностью особенности обтекания и другие аэродинамические явления. Недостатком такого метода

является ограничение размера модели. Так же следует отметить, что метод имеет некоторую идеализированность – поток в трубе однороден и постоянен, что не присуще реальным условиям. Так же в случае с экранопланом затруднительно смоделировать поверхность твердого экрана или воды.

Ещё один распространенный метод, - это метод моделирования аэродинамики средствами ЭВМ. Метод представляет собой построение компьютерной модели, которая позволяет посчитать определенные величины при заданных входных данных. Такой метод позволяет быстро и с минимумом затрат получить необходимые данные. Однако есть существенные недостатки:

- большие модели требуют больших вычислительных мощностей;
- адекватность модели зависит от заложенных в неё законов;
- многие системы уравнений напрямую решить невозможно, что приводит к необходимости вводить солверы – алгоритмы решения систем уравнений, и, как следствие, значительно снижать скорость расчетов и, в какой степени, снижает точность расчетов.

Так же можно использовать физический эксперимент с использованием буксируемых моделей экраноплана. Этот метод получил широкое распространение в исследованиях экранопланов в силу высокой достоверности на основе соответствия реальным условиям полета. В данном методе физическая геометрически подобная модель аппарата буксируется над поверхностью экрана. Такой способ позволяет проверить модель в условиях приближенных к реальным, снижая до минимума возможные повреждения модели и окружающей обстановки. Однако, следует учитывать, что буксировщик будет влиять на ход эксперимента, внося погрешности в измерения.

Наиболее приближенным к реальным условиям является метод реального полета. В таком методе создается действующая модель с силовой установкой и радиоуправлением или автопилотом. Испытания проводятся в реальных условиях. Такой метод предоставляет наиболее реалистичные данные, но имеет ряд существенных недостатков:

- ограничение, накладываемые аппаратными средствами (например, промышленные датчики могут оказаться слишком большими или тяжелыми для установки на борт аппарата);
- может потребовать больших материальных затрат.

Создание летающей экспериментальной модели экраноплана предполагает решение следующих задач: проверка летных и аэродинамических характеристик компоновки; исследование возможных вариантов совершения маневра уклонения (маневрирования).

Так же в ходе экспериментальных исследований необходимо проверить работоспособность системы автоматического управления.

Одной из основных проблем создания системы автоматического управления экраноплана является измерение расстояния от поверхности воды до крыла. Этот же параметр можно считать высотой полета. Измерения данного параметра проводятся по принципу испускания сигнала и обработки данных об отраженном сигнале. В таком случае возникает проблема, связанная с брызгами – сигнал отражается от капель воды. Это приводит к получению большого количества ошибочных измерений. По типу сигналов датчики можно разделить на две группы:

- оптический (датчик измеряет отклонение пучка света в зависимости от пройденного расстояния; такие датчики могут иметь значительные ограничения

на минимальную дальность измерения; пример промышленного лазерного дальномера [1]);

- акустический (датчик измеряет время прохождения звука до поверхности и обратно; пример датчика, используемого на малых беспилотных аппаратах [2]).

Из-за эффекта экрана и возникающих ограничений крена и тангажа управление экранопланом отличается от управления водным судном или пилотирования самолетом, что приводит к следующим проблемам:

- неустойчивость по продольной и поперечной осям (приводит к высоким требованиям к системе стабилизации);
- проблема уклонения от столкновения может быть рассмотрена и в рамках управляемости.

В дальнейших исследованиях планируется использовать небольшой (порядка 2 м. размах крыльев) радиоуправляемый или беспилотный экраноплан. В статье [3] достаточно подробно описаны принципы оптимизации систем управления больших пилотируемых экранопланов. Основываясь на предложенных принципах можно поставить следующие задачи системы автоматического управления:

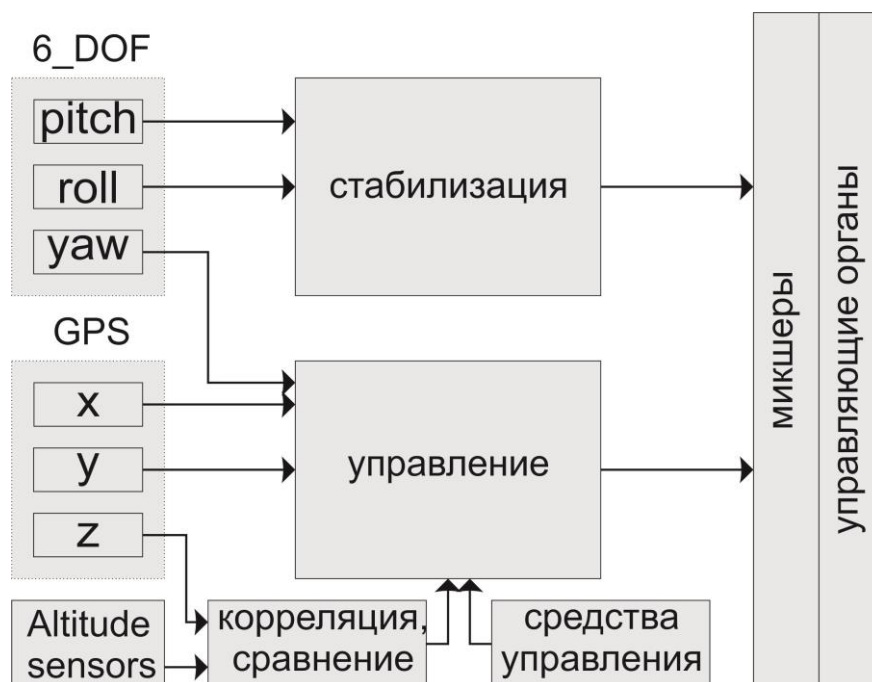
1. Стабилизировать отклонения углов крена и тангажа.
2. Предоставлять адекватное управление по углу рысканья.
3. Удерживать заданную скорость и высоту полета.
4. Иметь наиболее простую и надежную схему, удовлетворяющую остальным условиям.

5. Возможность реализации средствами существующих систем ЭВМ

Таким образом система автоматического управления должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Решать описанные задачи
2. Иметь возможность оперативно изменять параметры системы управления

Можно предложить следующую упрощенную схему управления:



Блоки на данной схеме:

• 6_DOF – шести-осевой датчик или набор датчиков, позволяющий измерять углы тангажа, крена и рысканья, а также величины компонент ускорения, действующего на аппарат, по осям системы координат фиксированной относительно аппарата.

• GPS – датчик предоставляющий координаты в системе координат фиксированной относительно земли.

• Altitude sensors – датчики расстояния, в том числе экспериментальные.

• Корреляция, сравнение – блок отвечающий за вычисление точной высоты полета. Возможно сравнение с данными от GPS, для улучшения точности и устранения статических ошибок.

• Средства управления – блок, предоставляющий данные о необходимом курсе аппарата. Может быть реализовано как управление пилотом, так и полет по маршруту.

• Управление – блок, генерирующий необходимые сигналы управления для органов управления.

• Стабилизация – блок, формирующий сигналы для органов управления углами крена и тангажа. Реализуется стабилизация заданных углов.

• Микшеры – блок преобразующий внутренние данные САУ в сигналы управления для органов управления.

• Управляющие органы – блок, представляющий органы управления.

Данная схема удовлетворяет поставленным задачам. Необходимо реализовать «плоский разворот» для беспилотной или дистанционно управляемой модели. Проблема разворота должна решаться средствами проектирования и управления.

Список использованной литературы:

1. Техническая документация XL-MaxSonar®-EZ™ Series [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.maxbotix.com/documents/XL-MaxSonar-EZ_Datasheet.pdf

2. Приложение к свидетельству №51444 об утверждении типа средств измерений [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://ugtholding.com/d/694090/d/dimetix.pdf>

3. Небылов А.В., Небылов В.А. Проблемы, теория и системы автоматического управления движением экранопланов// XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. — 2014. — С. 3391-3400.

УДК 622.23.05. 621.783.

Применение электрических модульно-спусковых печей для термоактивации минерального сырья и техногенных отходов*Т.Б. Брянских*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье проводится предварительный обзор технологий и областей производства, где могут найти применение электрические модульно-спусковые печи и печи с вибрационной подовой платформой. Их эффективность при обжиге вермикулитовых концентратов и конгломератов уже доказана почти тринадцатилетним опытом эксплуатации в промышленных условиях.

Ключевые слова: электрическая модульно-спусковая печь, вермикулит, вермикулитовый концентрат, вермикулитовый конгломерат, термоактивация, термообработка минералов.

Первые электрические модульно-спусковые печи появились в России в начале 2000-х годов [1, 2] и применялись они исключительно для вспучивания вермикулитового концентрата Ковдорского месторождения, получаемого на горно-обогадительной фабрике в Мурманской области (г. Ковдор). Но за прошедшие с 2003 года 13 лет накоплен уже обширный опыт их использования для обжига вермикулитовых концентратов не только Ковдорского, но так же Татарского, Кокшаровского месторождений [2, 4] и концентратов, поставляемых из Китая. За эти годы печи совершенствовались, повышалась их надежность, снижалась энергоемкость обжига. Они оказались пригодными и для производства вспученного вермикулита из вермикулитовых конгломератов [5] – сырьевых ресурсов, содержащих вермикулит в весовых долях от 30 до 70% с сопутствующими песками и гранулятом различного минерального состава (инертные материалы) [6].

В 2015 году были проведены испытания усовершенствованной электрической печи с дополнительных не электрическим модулем, способствующим снижению потребляемой мощности. Испытания проводились на вермикулит-сунгулитовых конгломератах.

Техногенные отходы Ковдорского флогопит-вермикулитового месторождения содержат сотни тысяч тонн вермикулита и сопутствующего минерала сунгулита [7] и являются сырьем для получения не только вермикулита, но и сунгулитового магнезиально-силикатного реагента, являющегося эффективным реагентом для детоксикации техногенно загрязненных земель и водных объектов, снижающим геохимическую подвижность тяжелых металлов [8].

В составе исходного сырья основными минералами являются (по массе): сунгулит ~ 10%, вермикулит ~ 13 %, пироксен и оливин ~ 50 %, остальное антигорит, окислы железа и др. минералы [7]. Технология разделения сырья уже разработана [9], но в нее встроена дополнительная и важнейшая технологическая операция по обжигу и термоактивации исходного сырья.

Компактность и малая масса, пожаро – взрывобезопасность электрических печей, их низкая энергоемкость, простота конструкции, простота эксплуатации,

высокая ремонтпригодность – все это позволяет расширить области из применения в промышленности строительных материалов, в производстве огнеупоров, в производстве агропромышленных почвосмесей и других отраслях.

Цель данной работы состоит в определении новых направлений использования электрических модульно-пусковых печей.

Рассмотрим некоторые из них.

1. Работа [10] посвящена повышению качества бетона за счет снижения радиоактивности и эманулирующей способности радона. Авторами установлено, что термоактивация минерального сырья способствует изменению радиоактивности горных пород за счет диффузионных процессов радионуклидов. Максимальная эманулирующая способность радона, например, из кварцевого песка и плагиогранита, происходит в температурных интервалах, ответственных за эндотермические эффекты в указанных материалах, вызванных процессами дегидратации и структурно-фазовыми превращениями в минеральных фазах. Как правило, это температурный диапазон 500...650 °С.

Термообработка, согласно выводам авторов, существенно снижает уровень природной радиоактивности различных минералов, применяющихся в строительстве, который варьируется от 5...6 Бк/кг для кварцевых песков до 420...440 Бк/кг для плагиогранита. А это, в свою очередь, существенно улучшает экологические свойства строительных изделий и конструкций.

С помощью электрических модульно-пусковых печей и печей с вибрационной подовой платформой [11] термообработка таких сыпучих материалов вполне достижима. Предельная температура обработки в них достигает 1000 °С, а ее продолжительность до 10...15 с.

2. Сульфат калия – ценное бесхлорное малогигроскопичное удобрение. Основным источником калия служит KCl , выделяемый из сильвинита, или другие калийсодержащие руды или отходы производства. Его выпускают в порошкообразном виде, в котором он и поступает к производителям удобрений. Продукт гранулируют методом прессования, получая, так называемые тукосмеси.

Авторами предложен и исследован способ закалки таких гранул. Термообработка при температурах 300...350 °С является эффективным способом закалки гранул тукосмесей, способствующий быстрому образованию внешней твердой корки на гранулах, предохраняющей их от дальнейшего истирания [12]. Это еще одна перспективная область применения электрических печей.

3. Авторы исследований, приведенных в работе [13] показали, что увеличить объем гидравлических вяжущих можно за счет получения композиционных вяжущих веществ с применением отходов производств, что позволит сократить расход клинкерной составляющей в бетоне, улучшить экологическое состояние и получать материалы с существенно новыми свойствами.

В отходах Коркинского угольного месторождения содержится большое количество опал-кристоболитовой породы. Повышение активности ее компонентов при температурах порядка 500...900 °С приводит к увеличению прочности вяжущего. Так при термоактивации опок образцы вяжущего с применением опоки, обожженной при температуре 600 °С, достигают прочности 34,5 МПа.

Работа авторов [13] направлена на решение одной из приоритетных задач нашей экономики – создание вяжущих материалов из отходов промышленности. Этой же цели служат разрабатываемые уже более 13 электрические модульно-

спусковые печи, которые могут использоваться при реализации рассмотренной технологии.

4. В институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Кольского научного центра РАН изобретен способ очистки воды от закисления и ионов тяжелых металлов [14]. Сущность изобретения заключается в том, что в качестве реагента для обработки воды используют серпентиновый продукт с содержанием серпентиновых минералов 80...95 % по массе и крупностью частиц 0,02...0,20 мм при расходе реагента 0,1... 15,0 г/л. Перед обработкой воды реагент подвергают термоактивации в при температуре 650... 820 °С.

Электрическая модульно-спусковая печь, выполненная как последовательность наклонных электрических и дополнительных не электрифицированных модулей, позволяет термообрабатывать серпентиновые минералы. По договору с указанным институтом в 2015 году сотрудники ООО «Центр экспериментальной отработки инноваций» ИрГТУ и кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем разработали, изготовили, испытали и произвели пуско-наладочные работы опытной печи в лаборатории института.

Это направление является одним из наиболее перспективных для применения электрических печей.

Здесь приведен лишь краткий обзор возможных применений электрических модульно-спусковых печей и печей с вибрационной подовой платформой для термоактивации минерального сырья и техногенных отходов.

В таких печах может осуществляться технология термообработки мелких деталей в машиностроении, термообработка глин, шлаком, золуноса и многих других объектов и сыпучих сред. Поиск новых сфер применения продолжается.

Список использованной литературы:

1. Нижегородов А.И. Новая концепция печей для обжига вермикулитовых концентратов / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 10. – С. 19–20.
2. Нижегородов А.И. Некоторые аспекты технологии подготовки и обжига вермикулитовых концентратов в электрических печах / А.И. Нижегородов // Строительные материалы: technology. – 2007. – № 11. – С. 16–17.
3. Нижегородов А.И. Технологический комплекс для обжига вермикулитовых концентратов / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2009. – № 2. – С. 30–32.
4. Нижегородов А.И. Узкополосное фракционирование как фактор качества вермикулитовых концентратов / А.И. Нижегородов // Строительные материалы. – 2009. – № 9. – С. 68–69.
5. Нижегородов А.И. Адаптированный технологический комплекс для подготовки и обжига вермикулитовых концентратов с высоким содержанием инертного материала / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2009. – № 12. – С. 28–31.
6. Nizhegorodov A.I. Using und assessing energy efficiency of electrical ovens with unit-type releasing intended for thermal energization of sungulite-vermiculite conglomerates / A.I. Nizhegorodov // IOP Conf. Series: materials science and engineering vol. 110 (2016), article number 012014. doi 10.1088/1757-899X/110/1/012014.

7. Гершенкоп А.Ш. Выделение вермикулитового концентрата из хвостов обогащения вермикулитовых руд и его использование в жаростойком бетоне / А.Ш. Гершенкоп, М.С. Хохуля, О.Н. Крашенинников, С.В. Бастрыгина // Горный журнал. – 2011. – №11. – С. 57...59.

8. Кременецкая И.П. Реагент для иммобилизации тяжелых металлов из серпентинитосодержащих вскрышных пород / Кременецкая И.П., Корытная О.П., Васильева Т.Н. // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2008 – № 4. – С.33–40.

9. Терещенко С.В. Направления комплексного использования отходов добычи флогопита / С.В. Терещенко, И.П. Кременецкая И.П. и др. // Экологическая стратегия развития горно-добывающей отрасли; сб. докл. Всеросс. науч.-техн. конф. В 2 т. РАН, Горный ин-т Кольского научного центра. – Апатиты. СПб.: «Реноме». – 2014. – Т. 1. – С. 272–279.

10. Ветрова Ю.В. Анализ зависимости радиоактивности от различных типов обработок кварцевого песка / Ю.В. Ветрова, В.И. Павленко // Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития: тез. докл. междунар. интернет форума «ЮНЕСКО-2006», 2006 гг. [Электронный ресурс] / МГУИЭ. – Москва, 2006. – <http://vwww/msuie.ru/unesco.forum>.

11. Нижегородов А.И. К исследованию аналитических моделей систем для подачи сыпучих материалов в печь с вибрационной подовой платформой / А.И. Нижегородов // Вестник ИрГТУ. – 2015. – № 12. – С. 223–229.

12. Бердичевский А.И. К вопросу гранулирования сульфата калия / А.И.Бердичевский, Р.Ю. Зинюк, А.А.Филимонов // Сб. тез. докл. 3 науч.-техн. конференции СПбГТИ. – 2000, ч. I. – С. 42.

13. Носова А.Н. Термоактивация опал-кристоболитовой породы – отхода Коркинского угольного месторождения / А.Н. Носова, Е.В. Фомина // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 24. – С. 106–112.

14. Пат. 2136608, Российская Федерация, МПК⁷ C02F1/62. Способ очистки воды открытых водоемов от закисления и ионов тяжелых металлов / Макаров В.Н., Кременецкая И.П., и др. Заявитель и патентообладатель Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского научного центра РАН. Г. Апатиты. № 98106699/25; заявл. 04.09.1998; опубл. 09.10.1999. – 3 с.

УДК 62-822; 620.17.05

Роторная гидромашина для создания случайных колебаний

А.А. Бурлакова

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Рассматриваются устройства и работы роторной гидромашин для создания случайных колебаний рабочего стола испытательного вибростенда. Особенность ее конструкции обеспечивает знакопеременную подачу рабочей жидкости в гидроцилиндр вибростенда с никогда не повторяющимися значениями текущего вытесняемого объема.

Ключевые слова: роторная гидромашина, эксцентриковые валы, непериодическая бесконечная дробь, испытательный вибростенд.

Неблагоприятное воздействие вибрации на технические устройства и объекты наземных транспортно-технологических машин и оборудования (бортовые компьютеры, гидро- и пневмоаппараты, электронные, радиорелейные приборы и иные механические и электротехнические приборы) обусловлено возникновением резонансных явлений в элементах этих устройств и соответствующих им динамических нагрузок, приводящих к сбоям в нормальном функционировании (потере виброустойчивости) и к механическим поломкам их конструктивных элементов (потере вибропрочности) [1, 2, 3, 4].

Максимальный эффект при испытаниях на вибрационную прочность различных технических объектов достигается в режиме случайных колебаний, когда возбуждается сразу несколько элементов объекта [5, 6, 7].

Испытательных машин с гидравлическим приводом для реализации случайных колебаний известно немало [3, 8, 9], но далеко не все отличаются высокой грузоподъемностью.

Для этих целей предназначена роторная гидромашина, показанная на рис. 1. Она выполняет функцию генератора случайных колебаний, приводя в движение рабочий стол испытательного стенда.

Вращение первому эксцентриковому валу 1 с угловой скоростью ω_1 передается от шестерни 3 блока ведущих шестерен 4, вращающихся с угловой скоростью ω через шестерню 5, закрепленную на правой консоли вала 6. Вращение второму эксцентриковому валу 2 с угловой скоростью ω_3 передается от шестерни 7 через шестерню 8, выполненную заодно с маховиком 9 и жестко закрепленную на его правой консоли 10. Эксцентриковые валы вращаются в подшипниках 11, 12 и 13, обеспечивающих их соосность с цилиндрическим корпусом 14. Вращение эксцентрики с угловой скоростью ω_2 передается от шестерни 15 через шестерню 16, размещенную на концевой части консоли первого эксцентрикового вала на подшипнике 18.

Эксцентрик шестерни 16 с эксцентриситетом e_1 приводит в движение гидротолкатель 17 с амплитудой, равной e_1 . Последний вытесняет жидкость из полости по каналам 19 и 20 в цилиндры 21, заставляя плунжеры 22 приводить корпус 14 в колебательное движение относительно валов 1 и 2, а возвратный ход корпуса 14 осуществляется пружинами 23, размещенными в отверстиях 24. Число зубьев шестерен 5 и 3, 16 и 15, а так же 8 и 7, находящихся попарно в зацеплении, подобрано так, что отношения чисел зубьев ведущих шестерен z_3, z_{15} , и z_7 , и ведомых шестерен – соответственно z_5, z_{16} , и z_8 выражаются бесконечными периодическими дробями. Кроме того, соотношения указанных чисел таково, что отношения угловых скоростей ω_1 и ω_3 и угловой частоты колебательного движения корпуса ω_2 , так же являются бесконечными периодическими дробями. Например:

$$z_5 / z_3 = 47 / 13 = 3,6153846... \quad (1)$$

$$z_8 / z_7 = 51 / 14 = 3,64228571... \quad (2)$$

$$z_{16} / z_{15} = 45 / 17 = 2,6470588... \quad (3)$$

$$\omega_1 / \omega_3 = (z_3 / z_5) / (z_7 / z_8) = 1,1294325... \quad (4)$$

$$\omega_1 / \omega_2 = (z_3 / z_5) / (z_{15} / z_{16}) = 0,7321651... \quad (5)$$

$$\omega_3 / \omega_2 = (z_{15} / z_{16}) / (z_7 / z_8) = 0,6482593... \quad (6)$$

При этом угловые скорости ω_1 , ω_2 и ω_3 соотносятся друг с другом в соответствии с формулами (4, 5 и 6), а числа зубьев шестерен 5, 16, 8, 3, 15 и 7 соотносятся в соответствии с формулами (1, 2 и 3). Благодаря таким соотношениям

фазовые положения первого и второго эксцентриковых валов 1 и 2 и эксцентрика, выполненного заодно с шестерней 16, будут описываться выражениями:

- первого эксцентрикового вала:

$$\varphi_1 = \omega_1 \cdot t, \quad (7)$$

- второго эксцентрикового вала:

$$\varphi_3 = \omega_3 \cdot t, \quad (8)$$

- эксцентрика шестерни 16:

$$\varphi_2 = \omega_2 \cdot t,$$

причем только в среднем положении корпуса 14 относительно эксцентричных поверхностей валов 1 и 2, как это показано на рис. 1, фазовые положения валов 1 и 2 и эксцентрика шестерни 16 будут равны:

$$\varphi_1 = \varphi_3 = \varphi_2 = 0.$$

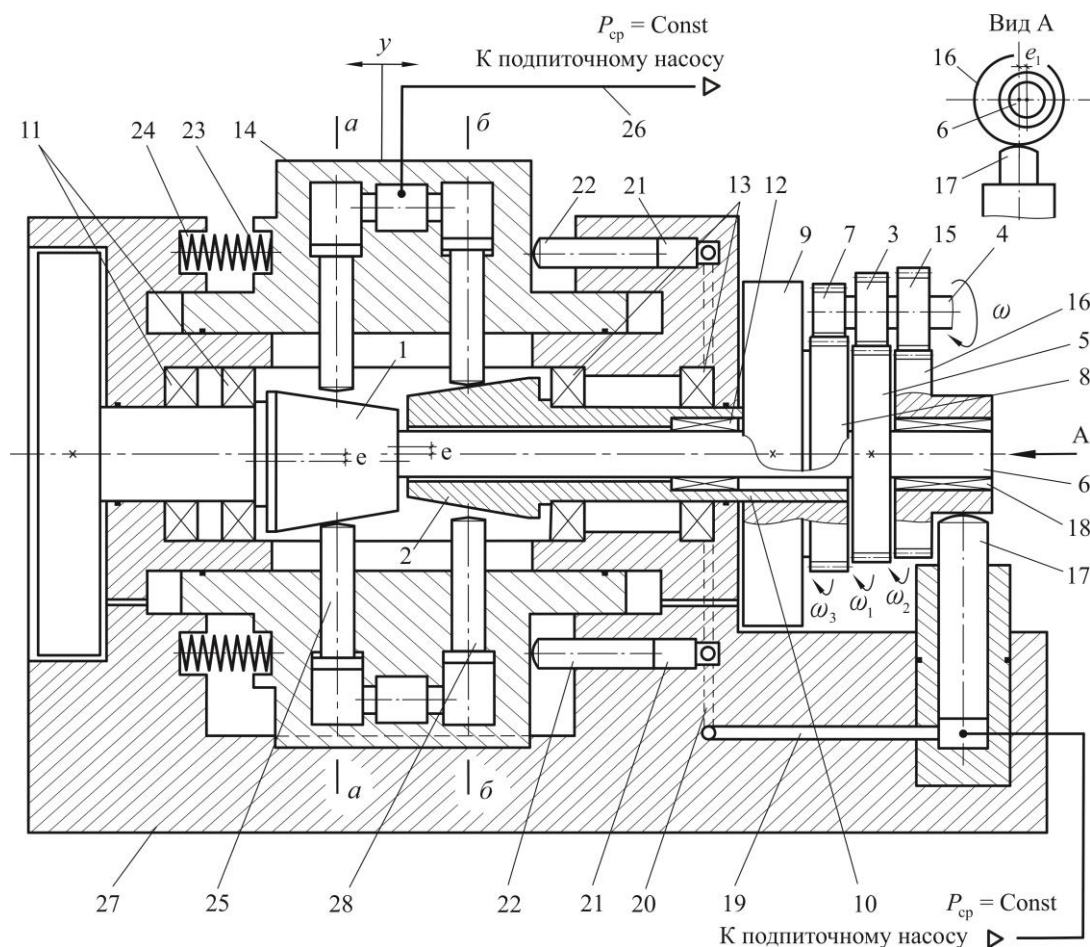


Рис. 1. Продольное сечение радиально-поршневой машины для возбуждения случайных механических колебаний

С вращением блока шестерен 4 фазовые положения будут изменяться, но в течение сколь угодно долгого времени t отношения значений их фаз:

$$\varphi_1(t) / \varphi_3(t) = \omega_1 / \omega_3 = 1,1294325...$$

$$\varphi_1(t) / \varphi_2(t) = \omega_1 / \omega_2 = 0,7321651...$$

$$\varphi_3(t) / \varphi_2(t) = \omega_3 / \omega_2 = 0,6482593...$$

будут оставаться бесконечными периодическими дробями, то есть относительное положение первого и второго эксцентриковых валов и эксцентрика шестерни 16 никогда точно не повторится.

Так как угловые скорости ω_1 и ω_3 соотносятся как бесконечная периодическая десятичная дробь (4), никогда не будут равны фазовые углы основного и дополнительного эксцентриковых валов (7 и 8), поэтому последовательности импульсов линейных колебаний рабочего стола гидроцилиндра 5 (рис. 2):

$$W_{1\Sigma} / F = f_1(t) \quad \text{и} \quad W_{3\Sigma} / F = f_3(t),$$

(где F – эффективная площадь поршня), создаваемых упомянутыми эксцентриковыми валами и взаимодействующими с ними плунжерами 25 и 28 складываются так, что рабочий стол испытательного стенда будет совершать колебания x , определяемые суммой линейных перемещений, а отношение угловых скоростей выражается бесконечной периодической десятичной дробью (4). Поэтому рабочий стол испытательного стенда будет совершать колебания, не имеющие периода полной повторяемости на сколь угодно большом отрезке времени. При гармоническом анализе такие колебания можно представить в виде сплошного спектра гармоник [2].

Рассмотренная роторная гидромашина способна создавать случайные колебания, обеспечивать адекватную имитацию транспортной вибрации и вибрации от работы силовых установок транспортно-технологических машин и адекватные реальным условиям испытания различных изделий и объектов на вибропрочность и виброустойчивость.

Список использованной литературы:

1. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник. В 2-х кн. Кн. 2 / Под. ред. В.В. Клюева. – М: Машиностроение, 1978. – 439 с.
2. Испытательная техника: Справочник. В 2-х кн. / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1982 – Кн. 2. 1982. – 560 с.
3. Нижегородов А.И. Гидропривод испытательного стенда для возбуждения амплитудно-модулированных колебаний / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 5, С. 30–33.
4. Нижегородов А.И. Радиально-поршневой насос с фазовым регулированием и режимом знакопеременной подачи // Вестник машиностроения. 2014. №11 С. 20 – 24.
5. Тябликов Ю.Е., Карамышкин В.В. Особенности взаимодействия колебательной системы заданной структуры с источником энергии // В кн.: Упругие и гидроупругие колебания элементов машин и конструкций. М.: Наука, 1979. С. 15– 21.
6. Шкаликов В.С. Измерение параметров вибрации и удара / В.С. Шкаликов, В.С. Пеллинец, Е.Г. Исакович и др. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 280 с.
7. Нижегородов А.И. Гидропривод испытательного вибростенда с коммутирующим устройством / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 4, С. 31–34.
8. Нижегородов А.И. Радиально-поршневая гидромашина с фазово-объемным регулированием подачи и режимом амплитудно-частотной модуляции для приводов вибрационных сейсмоиспытательных платформ / А.И. Нижегородов // Вестник машиностроения. – 2014. – № 12, С. 3–8.
9. Нижегородов А.И. Стенд для динамических испытаний технических средств в режиме амплитудно-частотной модуляции с гидрообъемным виброприводом / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 10, С. 30–34.

Метод решения системы дифференциальных уравнений динамики движения летательного аппарата вблизи поверхности раздела сред

Ю.Ф. Вишников, С.М. Кривель

Иркутский государственный университет. Институт математики, экономики и информатики, 664003, г. Иркутск, ул. Гагарина бульвар, 20.

В работе предлагается подход исследования динамических характеристик, устойчивости и управляемости летательного аппарата вблизи поверхности раздела сред на основе решения системы дифференциальных уравнений динамики движения. Предлагаемый численный метод решения системы дифференциальных уравнений движения экраноплана, основан на модифицированном методе прогноза и коррекции. Метод позволяет с высокой степенью достоверности решать поставленные в работе задачи при значительных изменениях расстояния от поверхности и других параметров полета. В отличие от ранее использованных подходов расстояние от поверхности рассматривается как определяющий параметр для всех аэродинамических коэффициентов экраноплана. На базе MatLab+Simulink разработана программа, реализующая предложенный метод решения полной системы дифференциальных уравнений. Разработанная программа позволяет в наглядной форме (в виде графиков) судить о динамических свойствах экраноплана. Полученные результаты могут быть использованы при эскизном проектировании экраноплана.

Ключевые слова: уравнения динамики движения летательного аппарат; устойчивость и управляемость экраноплана; метод решения уравнений динамики движения.

Известно, что аэродинамические характеристики летательного аппарата существенно изменяются по мере приближения к поверхности земли (воды). В частности существенно возрастает подъемная сила и падает лобовое сопротивление, что приводит к увеличению аэродинамического качества летательного аппарата. Данное явление было названо «экраным эффектом». На использовании экранного эффекта базируются такие летательные аппараты как – экранопланы и экранолеты. В рамках настоящей работы под понятием экраноплан будем понимать и экранолет на режимах полета вблизи раздела сред. Исследованию аэродинамических характеристик летательных аппаратов и их элементов вблизи экрана посвящено достаточно много работ, например [1]. В работе приводятся и анализируются результаты исследований нелинейных и нестационарных аэродинамических характеристик крыла в зависимости от его формы в плане, режима обтекания, угла атаки, высоты над экраном и скорости снижения. Проведенные исследования показали, что на малых высотах полета характер обтекания крыла меняется качественным образом, что требует специальных методов исследований и расчетов.

Экраноплан имеет относительно высокое аэродинамическое качество, но серьезной проблемой его проектирования является обеспечение устойчивости и пугевой управляемости. Известно, что сложность проблем аэродинамики и динамики полета экраноплана во многом обусловлена существенно нелинейными зависимостями аэродинамических характеристик экраноплана от параметров его движения, и, прежде всего, от высоты полета.

Решению задачи обеспечения устойчивости экраноплана посвящена работа Иродова Р.Д. [2]. Он показал, что некоторые особенности аэродинамических характеристик экраноплана приводят к необходимости введения новых критериев устойчивости и к появлению, в связи с этим, дополнительных требований к его аэродинамической компоновке. Большой вклад в исследование движения экраноплана внесли работы Жукова И.В. [3].

Следует заметить, что в большинстве работ рассматривается динамика движения экраноплана при незначительных изменениях параметров полета (расстояния до экрана, скорости полета) и на относительно малых отрезках времени рассмотрения движения экраноплана [2, 3]. Такой подход оправдан при решении задач по оценке устойчивости и управляемости в окрестности параметрической точки режима полета, особенно при использовании подхода на основе критериев устойчивости и управляемости. Кроме того, в этом случае приемлемо использование ряда допущений, позволяющих использовать даже аналитические методы решения задач. Одним из таких допущений является применение производных аэродинамических коэффициентов по расстоянию от поверхности (высоте полета).

Задачи проектирования экраноплана предполагают предварительное исследование его характеристик на режимах с интенсивным характером изменения полетных параметров (скорости, угла атаки, высоты полета и т.д.) в процессе возмущенного движения экраноплана и его энергичного маневрирования. Особенно остро эти задачи стоят при проектировании систем автоматического управления параметрами движения и маневрирования экраноплана [4].

Целью настоящей работы явилось создание метода решения задачи динамики движения экраноплана и программного обеспечения, которые позволят исследовать на основе математического эксперимента динамические устойчивость и управляемость экраноплана, параметры его возмущенного движения, маневрирование экраноплана в пространстве при значительных изменениях параметров полета, изменениях формы экраноплана и режимов работы силовой установки. Предполагается рассмотрение относительно значительных промежутков времени движения экраноплана.

Математическая модель динамики движения экраноплана: системы координат, аэродинамические коэффициенты, формы записи уравнений и представления кинематических параметров составлена в соответствии с идеологией работы [5].

Для определения аэродинамических коэффициентов и кинематических параметров движения экраноплана использовались подходы, изложенные в работе [6]. Применительно к задаче, решаемой в данной работе, основными параметрами, определяющими правые части уравнений системы являются коэффициенты аэродинамических сил и моментов – $c = [c_{x_a}, c_{y_a}, c_{z_a}, m_x, m_y, m_z]$ и кинематические параметры – $p = [\alpha, \beta, \omega_x, \omega_y, \omega_z, \delta_\delta, \delta_\gamma, \delta_n, \bar{h}]$.

Основным положением постановки задачи является то, что не используются производные аэродинамических коэффициентов по высоте полета, а рассматриваются зависимости собственно аэродинамических коэффициентов и их производных по кинематическим параметрам $p = [\alpha, \beta, \omega_x, \omega_y, \omega_z, \delta_\delta, \delta_\gamma, \delta_n]$ от высоты полета. Такой подход является более строгим, по следующим причинам. Во-первых, производные аэродинамических коэффициентов по высоте полета существенно зависят от собственно высоты полета, что делает их использование в

качестве отдельных слагаемых нецелесообразным. Во-вторых, отстояние от экрана $\bar{h}$ (и скорость ее изменения) не является независимыми переменными, а определяются такими параметрами как начальная высота полета, скорость V и угол наклона траектории θ .

Предлагается выделить отстояние от экрана $\bar{h}$ из класса кинематических параметров в класс определяющих параметров, тогда разложение коэффициента $c = [c_{x_a}, c_{y_a}, c_{z_a}, m_x, m_y, m_z]$ в ряд Тейлора по кинематическим параметрам примет вид:

$$\begin{aligned} c(\bar{h}, p_i, \dot{p}_i) = & c_0 + \sum_{i=1}^8 \frac{\partial c}{\partial p_i} p_i + \sum_{i=1}^8 \frac{\partial c}{\partial \dot{p}_i} \dot{p}_i + \frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 \frac{\partial^2 c}{\partial p_i \partial p_j} p_i p_j + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 \frac{\partial^2 c}{\partial p_i \partial \dot{p}_j} p_i \dot{p}_j + \right. \\ & + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 \frac{\partial^2 c}{\partial \dot{p}_i \partial p_j} \dot{p}_i p_j + \left. \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 \frac{\partial^2 c}{\partial \dot{p}_i \partial \dot{p}_j} \dot{p}_i \dot{p}_j \right\} + \dots = c_0 + \sum_{i=1}^8 (c^{p_i} p_i + c^{\dot{p}_i} \dot{p}_i) + \\ & + \frac{1}{2} \left\{ \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 c^{p_i p_j} p_i p_j + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 c^{p_i \dot{p}_j} p_i \dot{p}_j + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 c^{\dot{p}_i p_j} \dot{p}_i p_j + \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 c^{\dot{p}_i \dot{p}_j} \dot{p}_i \dot{p}_j \right\} + \dots, \end{aligned}$$

где $p_{i_{\min}} \leq p_i \leq p_{i_{\max}}$, $i=1, \dots, 8$, $\bar{h} \geq \bar{h}_{\min}$.

В этом случае коэффициенты сил и моментов c и их частные производные по параметрам p , находящиеся в правых частях полной системы дифференциальных уравнений, являются функциями отстояния $\bar{h}$.

Решение полученной полной системы дифференциальных уравнений возможно только численными методами. Существует обширная теория решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем. Наиболее широкое распространение получили классические методы решения дифференциальных уравнений, такие методы как метод Эйлера, Эйлера-Коши, методы Рунге-Кутты. Применительно к поставленной в работе задаче данные методы не обеспечивают высокой точности решения полной системы дифференциальных уравнений. Это объясняется тем, что коэффициенты правых частей уравнений существенно зависят от отстояния $\bar{h}$ и существенно нелинейные.

Предлагается метод решения дифференциальных уравнений (системы дифференциальных уравнений), изложенный в работе [7]. Метод основан на идеологии методов прогноза и коррекции и интегрирования по правилу прямоугольника с центральным уточнением.

Алгоритм реализации метода поясняется с помощью геометрической схемы (рисунок 1).

Параметры движения, отстояние $\bar{h}$ и коэффициенты правых частей уравнений в момент времени t_1 известны. Используя один из явных методов, например, метод Рунге-Кутты, находим первоначальное решение системы уравнений в точке t_2 - решение $(t_2, \bar{h}_2^{(0)})$.

На втором этапе (этапе коррекции) вычисляют значение $\bar{h}_{\text{cp}}^{(0)}$ с помощью формулы (центральных) прямоугольников $\bar{h}_{\text{cp}}^{(0)} = \frac{\bar{h}_1 + \bar{h}_2^{(0)}}{2}$.

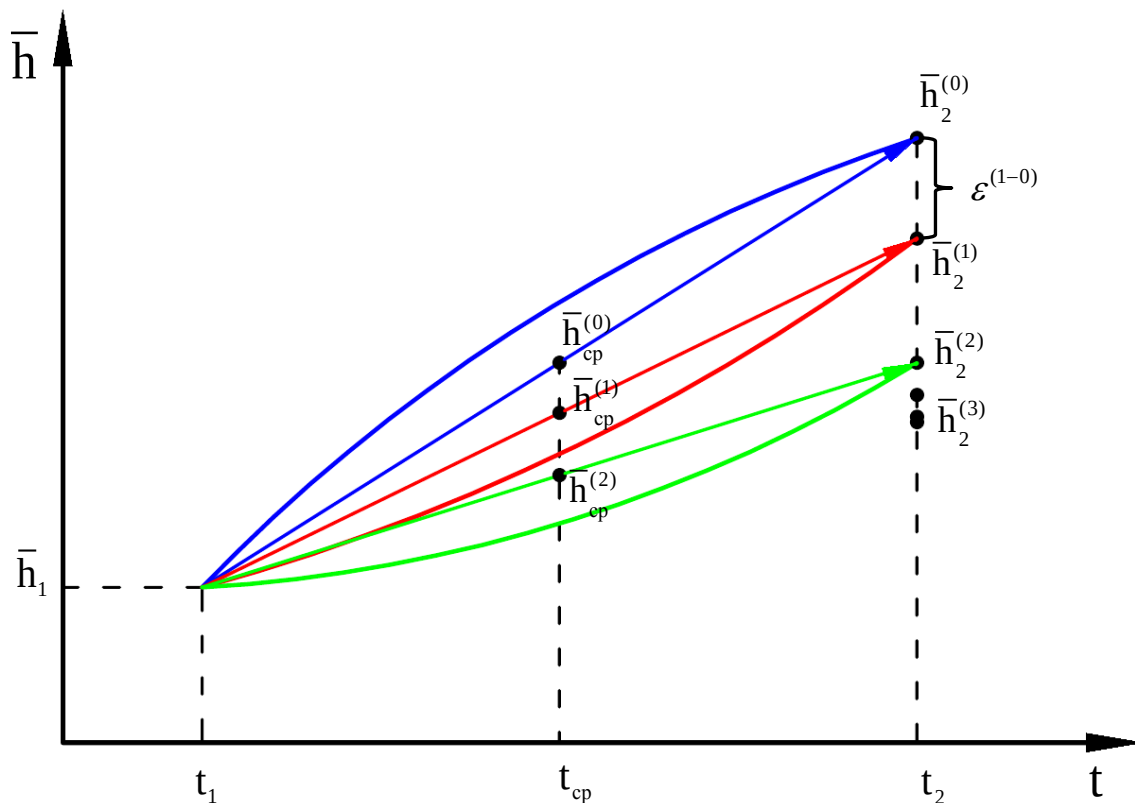


Рис. 1. Геометрическая интерпретация метода решения дифференциального уравнения

Принимаем, что в процессе движения экраноплана от момента времени t_1 к моменту времени t_2 расстояние от экрана равно $\bar{h}_{\text{cp}}^{(0)}$. Именно для этого расстояния $\bar{h}_{\text{cp}}^{(0)}$ определяются коэффициенты правых частей системы уравнений.

Далее процесс повторяется итерационно (определяются последовательно $\bar{h}_2^{(1)}$ и $\bar{h}_{\text{cp}}^{(1)}$, $\bar{h}_2^{(2)}$ и $\bar{h}_{\text{cp}}^{(2)}$ и т.д.) с применением, например, того же метода Рунге-Кутты. Критерием окончания процесса может являться достижение заданного достаточно малого значения $\varepsilon_{\text{зад}} = |\bar{h}_2^n - \bar{h}_2^{n-1}|$, где n – номер текущей операции.

На базе MatLab+Simulink разработана программа, предназначенная для расчета параметров собственного и вынужденного движения летательного аппарата (экраноплана), определения характеристик динамических устойчивости и управляемости летательного аппарата.

Следует заметить, что предлагаемый метод обладает рядом достоинств. Так, для решения задачи на одном шаге по времени используются только значения параметров движения и коэффициентов правых частей в момент времени t_1 . Не используются значения производных по времени как коэффициентов правых частей, так и параметров движения. Это делает метод более универсальным, практически реализуемым в различных моделях (системах дифференциальных уравнений), позволяет в ряде случаев уменьшить вычислительные затраты за счет отсутствия необходимости расчета производных и оценки достоверности их расчета.

Список использованной литературы:

1. Гуляев В.В., Еременко С.М., Подобедов В.А. Влияние геометрических характеристик и кинематических параметров движения на аэродинамику крыла

вблизи экрана//Научный вестник МГТУ ГА. Серия Аэромеханика и прочность. 2008. № 125.

2. Иродов Р.Д. Критерии продольной устойчивости экраноплана.// Ученые записки ЦАГИ. – 1970. Т.1.№4.

3. Жуков В.И. Особенности аэродинамики, устойчивости и управляемости экраноплана // В.И. Жуков. – М.: Изд. отдел ЦАГИ, 1997. – 80с.

4. Вшивков Ю.Ф., Галушко Е.А., Кривель С.М. Концепция и результаты аэродинамического проектирования экраноплана с широким диапазоном эксплуатационных углов атаки. Международный информационно-аналитический журнал «CredeExperto: транспорт, общество, образование, язык», март 2015 г., выпуск №1. (<http://ce.if-mstuca.ru>) [электронный ресурс].

5. Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Динамика самолета. Пространственное движение. – М.: Машиностроение, 1983. – 320 с., ил.

6. Белоцерковский С.М., Скрипач Б.К., Табачников В.Г. Крыло в нестационарном потоке газа. Изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, Москва, 1971. – с.768.

7. Вшивков Ю.Ф., Кривель С.М. Метод решения задачи исследования параметров динамики движения экраноплана вблизи подстилающей поверхности. Известия Иркутского государственного университета. Серия «Математика». 2015. Том 14.

Исследование параметров динамической воздушной подушки несущей системы схемы тандем вблизи подстилающей поверхности

Е.А. Галушко¹, С.М. Кривель²

¹Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, г. Иркутск.

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск.

В статье рассмотрены результаты исследования аэродинамических характеристик несущей системы схемы тандем вблизи подстилающей поверхности. Выполнена оценка эффективности использования механизации крыльев для создания динамической воздушной подушки и управления аэродинамическими характеристиками компоновки.

Ключевые слова: динамическая воздушная подушка; аэродинамика экраноплана; проектирование экраноплана.

В качестве основных проблем проектирования и применения экранопланов выступают: сложности обеспечения безопасного пилотирования вблизи поверхности; трудности обеспечения устойчивости и управляемости аппарата в эксплуатационной области режимов полета; часто не достаточные аэродинамические и эксплуатационные преимущества перед другими видами транспорта, даже в сравнении с самолетами. Поэтому, в настоящее время остается актуальным поиск новых компоновок экранопланов, способных в той или иной степени преодолеть указанные проблемы. В настоящей работе приводятся результаты исследований частных аэродинамических особенностей и характеристик компоновки тандем.

Основными компоновками экранопланов, обеспечившими успех при проектировании, принято считать следующие:

- Схема, получившая развитие в проектах Р.Е. Алексеева (нормальная аэродинамическая схема самолета с низкорасположенным крылом).
- Схема А.М. Липпиша, выделяющаяся нестандартным крылом с большой корневой хордой и большим углом стреловидности по задней кромке (крылом «шатрового» типа).
- Схема Г. Йорга, в которой два крыла располагаются тандемно (как правило, прямоугольной формы в плане), т.е. друг за другом и образуют летающую платформу.
- Схема экранопланов «Волга» и «Акваглайд» (летающая платформа).

В большинстве схем экранопланов, так же как и на самолетах, применяется механизация крыла, предназначенная для увеличения несущих свойств летательного аппарата. На экранопланах Р.Е. Алексеева («Лунь», «Орленок», «КМ») механизация крыльев представляла собой многосекционные закрылки, способные отклоняться на значительные углы и используемые на различных этапах передвижения аппарата в пространстве, увеличивая, главным образом, подъемную силу самого экраноплана. Это позволяло уменьшить взлетно–посадочные скорости, снизить нагрузки на корпус от воздействия водной поверхности, повысить безопасность полета, уменьшить радиус разворота летательного аппарата.

Во время поддува передними двигателями струей газа под несущую поверхность, использование механизации (закрылков) позволило улучшить характеристики статической воздушной подушки, так как при их отклонении происходило большее запираение воздуха под крылом, и, как следствие, увеличение подъемной силы. Особенно полезен этот эффект был во время взлета экраноплана с воды, потому что он позволял приподнять экраноплан по отношению к поверхности воды, что в свою очередь, уменьшало гидродинамическое сопротивление днища корпуса.

Не менее полезно использование механизации крыла в полете. Помимо улучшения характеристик взлета и посадки, механизация позволяла лететь экраноплану на относительно малых скоростях, что давало возможность более безопасно пилотировать летательный аппарат, а также совершать развороты с меньшим радиусом.

В данной работе рассматривается новая компоновка экраноплана, представляющая собой несущую систему схемы тандем. Переднее крыло стреловидное по передней кромке (трапециевидное), плоское, с относительно тонким профилем, имеет малый установочный угол, равный 4° по отношению к продольной оси. Заднее крыло прямое по передней кромке, с обратной стреловидностью по задней кромке, имеет значительный установочный угол равный 10° , отрицательное поперечное V крыла. Кроме того, заднее крыло представляет собой крыло «шатрового» типа – задняя кромка крыла лежит в одной плоскости.

Общий вид геометрической модели аэродинамической компоновки и ее механизации, выполненной в виде управляющих поверхностей на обоих крыльях, представлены на рисунке 1.

Параметры компоновки и ее аэродинамические характеристики рассмотрены в работах [1, 2].

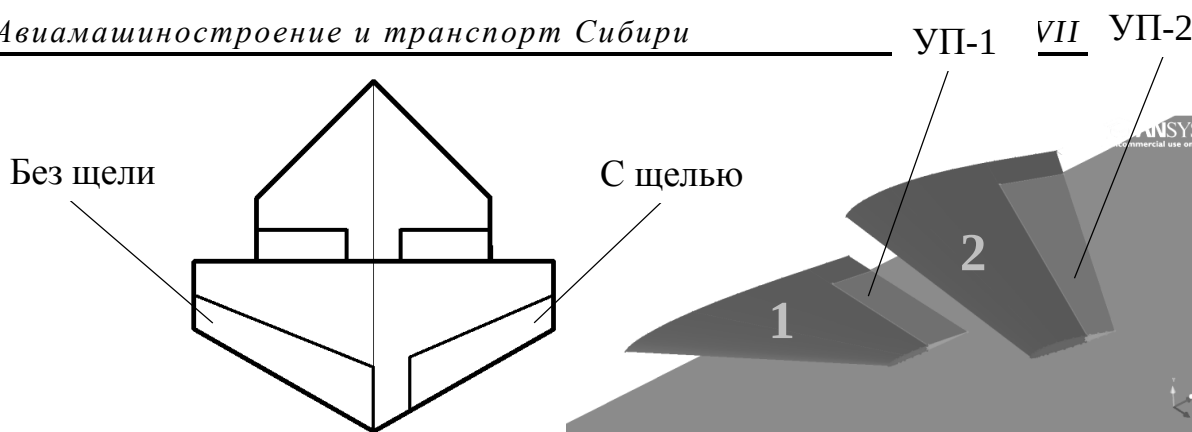


Рис. 1. Общий вид модели

Целью работы являлось исследование аэродинамических характеристик предлагаемой несущей системы и параметров воздействия на динамическую воздушную подушку различных вариантов отклонения ее механизации. Под динамической воздушной подушкой следует понимать зону повышенного давления воздуха между несущими поверхностями и экраном, создаваемой набегающим потоком.

Для расчета аэродинамических характеристик компоновки экраноплана использовался программный пакет конечно–элементного анализа ANSYS, представленный в дисциплине динамика жидкостей и газов двумя самостоятельными продуктами ANSYS CFX и ANSYS Fluent [3].

План вычислительного эксперимента предполагал расчет аэродинамических коэффициентов подъемной силы c_{y_a} , продольного момента m_z , в зависимости от углов отклонения управляющих поверхностей УП–1 (δ_1) и УП–2 (δ_2). Относительное отстояние компоновки от подстилающей поверхности (экрана) $\bar{h}=0,1$, угол атаки компоновки $\alpha=0^\circ$, характерная площадь несущей системы - площадь двух крыльев, момент рассчитывается относительно задней кромки переднего крыла. Основные расчеты велись с компоновкой, в которой управляющая поверхность УП–2 имеет щель вблизи плоскости симметрии - управляющие поверхности левой и правой консолей не сопряжены между собой (рисунок 1).

В качестве вариантов отклонения управляющих поверхностей рассматривались случаи:

- отклонения только поверхности УП–1 вниз;
- отклонения только поверхности УП–2 вниз;
- отклонения поверхностей УП–1 и УП–2 совместно вниз;
- отклонения поверхностей УП–1 вниз и вверх, при УП–2 отклоненной вниз;
- отклонение поверхностей УП–2 вниз, в случае без щели (рисунок 1).

Результаты вычислительного эксперимента представлены на рисунках 2...8.

Как видно из рисунка 2, отклонение только второй управляющей поверхности УП–2 вниз $\delta_2=-20^\circ$ приводит к увеличению подъемной силы на 61%, а первой управляющей поверхности УП–1 к увеличению подъемной силы на 16%. При этом максимальный коэффициент подъемной силы $c_{y_a} = 1,17$ (УП–1 и УП–2 отклонены вниз $\delta_{1,2}=-20^\circ$). Таким образом, несущие свойства компоновки, благодаря применению механизации, могут быть увеличены почти в два раза.

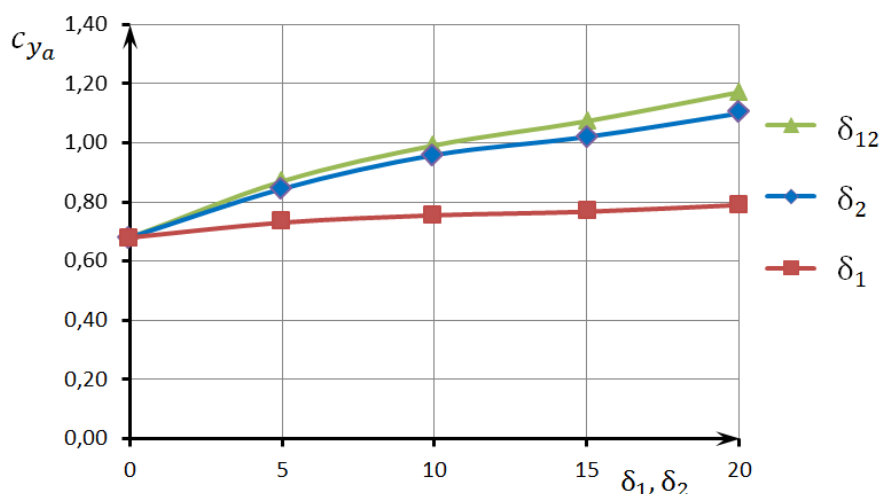


Рис. 2. Зависимость коэффициента подъемной силы компоновки от отклонения управляющих поверхностей УП–1 и УП–2 вниз

Отклонение управляющих поверхностей приводит к изменению продольного момента всей компоновки. Так, например, на рисунке 3 отклонение УП–2 вниз вызывает пикирующий момент, а УП–1 вниз вызывает кабрирующий момент. При отклонении обоих УП–1 и УП–2 вниз, продольный момент остается пикирующим.

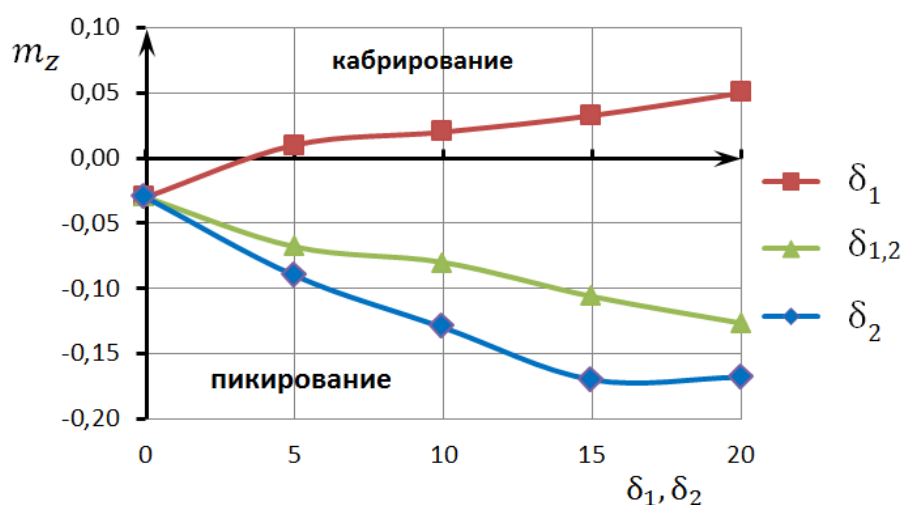


Рис. 3. Зависимость коэффициента продольного момента компоновки от отклонения управляющих поверхностей УП–1 и УП–2 вниз

Как показали исследования, каждое крыло несущей системы по-разному реагирует на отклонение той или иной управляющей поверхности. Так, при отклонении УП–1 вниз $\delta_1 = -20^\circ$ (рисунок 4, а), коэффициент подъемной силы первого крыла возрастает на 94%, второго крыла - вследствие схода потока - падает на 10%. Если отклонить УП–2 вниз $\delta_2 = -20^\circ$ (рисунок 4, б), коэффициент подъемной силы второго крыла возрастает на 70%, и в этом случае зона повышенного давления под вторым крылом распространяется и под первое крыло. Рост коэффициента подъемной силы на первом крыле составит 30%.

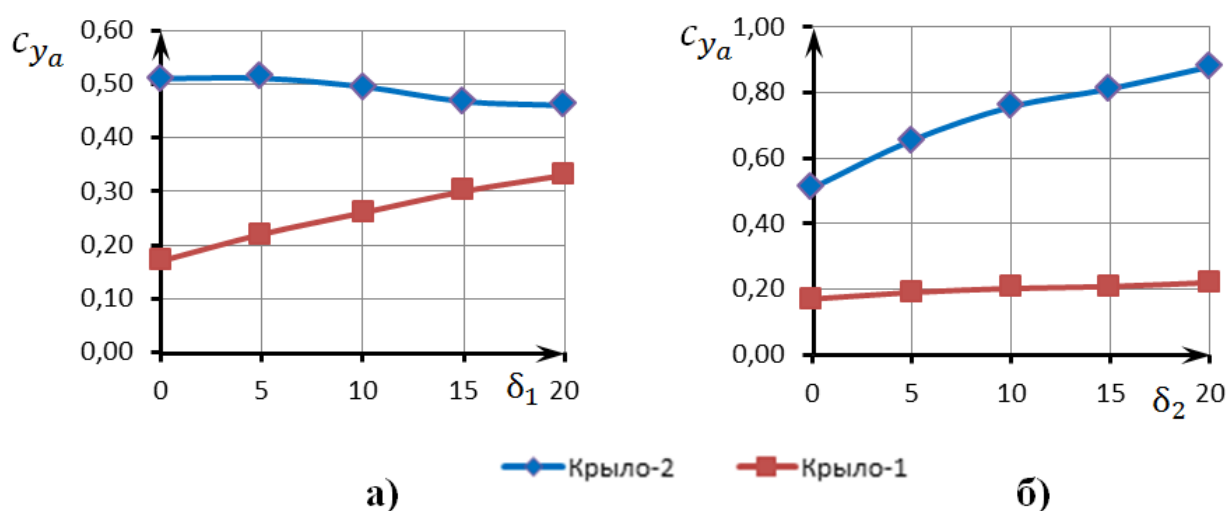


Рис. 4. Зависимость коэффициента подъемной силы каждого крыла компоновки от отклонения управляющей поверхности:
а) –УП-1 вниз; б) – УП-2 вниз.

Рассмотрено влияние отклонения УП–1 (вниз и вверх) при отклоненной УП–2 на подъемную силу всей компоновки. Как видно из рисунка 5, отклонения УП–1 как вверх, так и вниз, не приводят к значительным изменениям в подъемной силе несущей системы. Более того в диапазоне углов отклонения $-10 \dots 10$ градусов коэффициент подъемной силы меняется незначительно в принципе.

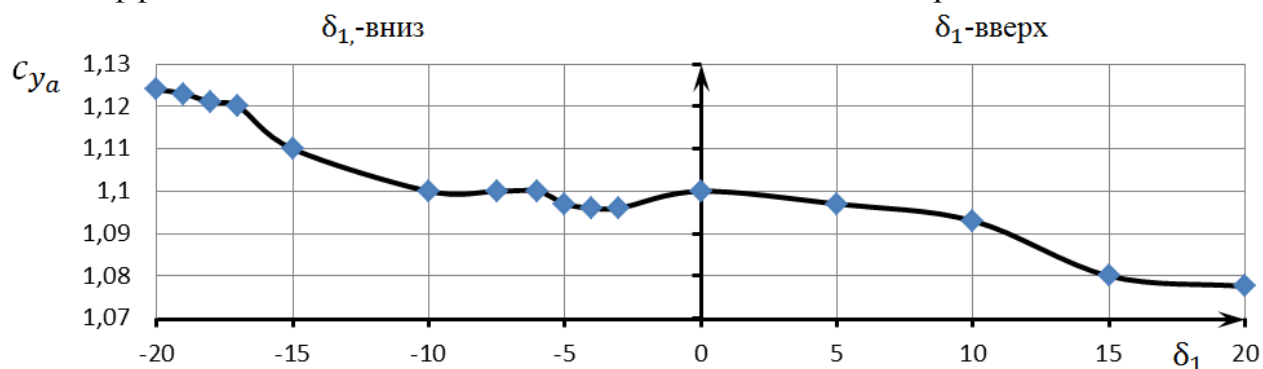


Рис. 5. Зависимость коэффициента подъемной силы компоновки от отклонения управляющей поверхности УП–1 вниз и вверх при отклоненной УП–2 вниз на угол $\delta_2 = -20^\circ$

Продольный момент компоновки в данном случае изменяется значительно (рисунок 6). Так, при отклонении УП–1 вниз на угол $\delta_1 = -20^\circ$, коэффициент продольного момента уменьшится на 52%. При отклонении УП–1 вверх на угол $\delta_1 = 20^\circ$ – увеличится на 30%. Динамика изменения коэффициента подъемной силы (рисунок 7) на каждом крыле для данного случая показала, что при отклонении УП–1 вниз на угол $\delta_1 = -20^\circ$, коэффициент подъемной силы на первом крыле возрастает на 48%, на заднем, вследствие схода потока, падает на 8%. При отклонении УП–1 вверх на угол $\delta_1 = 20^\circ$, коэффициент подъемной силы на первом крыле падает на 37%, а на заднем, вследствие схода потока и создания дополнительного разрежения возрастает на 6%.

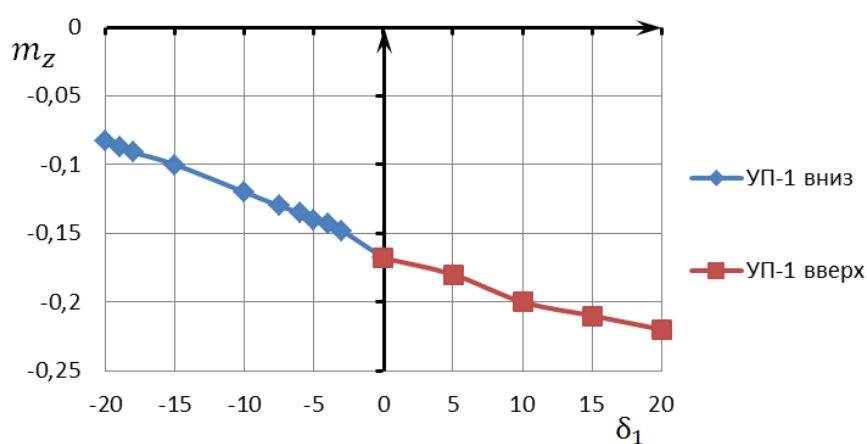


Рис. 6. Зависимость коэффициента продольного момента компоновки от отклонения управляющей поверхности УП-1 вниз и вверх при отклоненной УП-2 вниз на угол $\delta_2 = -20^\circ$

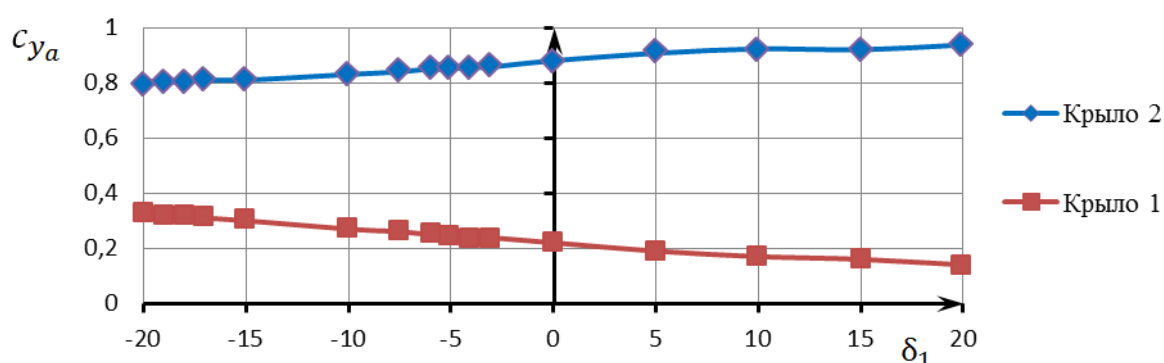


Рис. 7. Зависимость коэффициента подъемной силы каждого крыла компоновки от отклонения управляющей поверхности УП-1 вниз и вверх при отклоненной УП-2 вниз на угол $\delta_2 = -20^\circ$

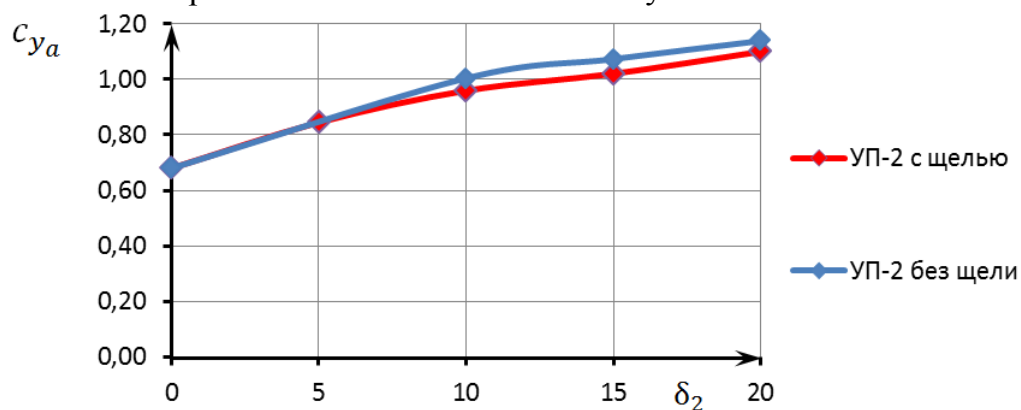


Рис. 8. Зависимость коэффициента подъемной силы компоновки от отклонения управляющей поверхности УП-2 вниз $\delta_2 = -20^\circ$

Для улучшения несущих свойств компоновки было решено увеличить площадь управляющей поверхности УП-2, закрыв щель на конце второго крыла (рисунок 1). Результаты моделирования, представленные на рисунке 8, показали, что несущие свойства компоновки увеличились в среднем на 6%.

Выводы по работе:

1. Как видно из результатов расчета, использование управляющих поверхностей в режиме закрылков приводит к значительному увеличению коэффициента подъемной силы C_{ya} , и коэффициента продольного момента m_z всей компоновки.

Так, использование управляющей поверхности УП–2 в режиме закрылка является очень эффективным средством как при управлении коэффициентом подъемной силы C_{ya} , так и коэффициентом продольного момента m_z . Однако, использование управляющей поверхности УП–1 в качестве закрылка не приводит к достаточному росту подъемной силы, вследствие скоса потока в районе заднего крыла.

2. Особый интерес представляют результаты расчетов в случае отклоненной управляющей поверхности УП–2 вниз $\delta_2 = -20^\circ$ при различных отклонениях управляющей поверхности УП–1 $\delta_1 = (-20^\circ \dots +20^\circ)$, с целью увеличения проходной площади канала между 1 и 2 крыльями. Из рисунка 6 видно, что такие манипуляции УП–1 приводят к незначительным изменениям C_{ya} , на углах отклонения $\delta_1 = (-10^\circ \dots +10^\circ)$. Однако, изменение продольного момента m_z является значительным, что может быть использовано для управления m_z летательного аппарата без изменения C_{ya} .

Список использованной литературы:

1. Выбор параметров аэродинамических управляющих поверхностей компоновки экраноплана с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Вшивков Ю.Ф., Галушко Е.А., Кривель С.М. Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации России. Сборник трудов IV научно–практической конференции преподавателей, научных работников и аспирантов. 3–5 декабря 2013 г. – Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2013. – 272 с.

2. Вшивков Ю.Ф., Галушко Е.А., Кривель С.М. Концепция и результаты аэродинамического проектирования экраноплана с широким диапазоном эксплуатационных углов атаки. Международный информационно-аналитический журнал «CredeExperto: транспорт, общество, образование, язык», март 2015 г., выпуск №1. (<http://ce.if-mstuca.ru>) [электронный ресурс].

3. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справ. Пособие. М.: Машиностроение – 1, 2004. 512 с.

УДК 666.1

Технологии производства и виды изделий из стекла

А.А. Дорофеева, Н.Л. Дорофеева

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены вопросы истории развития стекловарения и современные способы производства и формования листового стекла и используемые в строительстве и машиностроении виды изделий из стекла.

Ключевые слова: *Истории развития производства стекла; технологический процесс изготовления стекла; шихта, отжиг, листовое стекло; метод Фурко; флот-стекло.*

Если коротко коснуться истории развития стекловарения, то в Европу технология изготовления стекла была завезена с Ближнего Востока. Римские ремесленники первыми стали использовать трубки для выдувания стекла, расплавленного

в печах-горнах и отливать, шлифовать и полировать пластины из стекла. М.В. Ломоносов первым рассмотрел технологический процесс варки стекла с точки зрения науки и фактически разработал методику и классическую технологию производства стекла, используемую в стекольной промышленности вплоть до недавнего времени.

В 1902 году бельгийский инженер Эмиль Фурко предложил способ машинного изготовления листового стекла при помощи вертикального вытягивания. Начиная с 1913 года, после реконструкции заводских технологических линий, началось промышленное изготовление относительно дешевого большеразмерного стекла, правда требующее дополнительных линий для резки, шлифовки и полирования пластин. Предложенный в том же 1902 году американцами Хилом и Хичкоком способ формования листового стекла на поверхности расплавленного металла был реализован только в 1953 году и получил название «флоат-процесс» [1].

При производстве стекла используют шихту, являющуюся однородной увлажненной смесью, со строго регламентируемым составом. Различные фирмы-изготовители могут рассчитывать процентный и качественный состав шихты на основе оригинальных рецептов, тогда часть компонентов и соотношение материалов являются тайной фирмы, а получаемое стекло обладает рядом дополнительных заявленных свойств. Большей частью рецепт шихты оговаривается ГОСТами и нормативами и получен на основе научных разработок и экспериментов.

Шихта представляет собой однородную увлажненную смесь, состоящую из основных и вспомогательных материалов. Основные материалы содержат оксиды, которые составляют основу стекла и определяют его свойства. К основным материалам относят кварцевый песок, кальцинированную соду, доломит, карбонат кальция и полевого шпат. Вспомогательные материалы используют для изменения характеристик изготавливаемого стекла и для ускорения процесса стекловарения. Вспомогательными материалами обычно являются сульфат натрия и уголь. Используемые материалы можно разделить на природные (основная масса шихты) и синтетические, такие как карбонат натрия (кальцинированная сода), карбонат калия (поташ), оксиды свинца (глет), свинцовый сурик и красители. Химический и гранулометрический состав шихты, наличие и количество примесей также регламентируется нормативами и техническими условиями, которые периодически пересматриваются и уточняются [2].

Для изготовления стекломассы шихту загружают в печь и нагревают. Полученный расплав выдерживают в печи определённое время, что позволяет стекломассе приобрести необходимую однородность. Затем температуру стекломассы начинают снижать, что увеличивает вязкость расплавленной массы и дает возможность формировать ленту стекла. Сформованная лента стекла медленно и постепенно остужается. Эта процедура термической обработки очень ответственна, она необходима для снятия внутренних напряжений внутри материала и получения однородной структуры и однородных свойств по всей поверхности изделия и носит название отжига.

Отжиг листового стекла включает в себя заданный режим охлаждения от температуры формования стеклянного изделия до температуры цеха. Внутри температуры стеклования, ограниченной интервалом температур от 595° до 440° С, происходит преобразование структуры стеклянного изделия из вязко-текучего

(пластического) состояния в твердое (хрупкое) состояние. Эти крайние температуры отвечают значениям вязкости стекла 10^{12} Па в секунду (высшая температура отжига) и 10^{14} Па в секунду (низшая температура отжига). При прохождении через этот интервал температур изменяются также и физические свойства стекла, в частности вдвое уменьшается коэффициент термического расширения.

Температура ниже 440°C не влияет на изменение напряжений внутри стекла. Режим отжига должен обеспечить в результате величину остаточных напряжений, определяемую исходя из значения двойного лучепреломления и не превышающую 10 наномикрон на 1 мм толщины стекла. Сам режим отжига зависит от состава стеклянной массы, требуемых свойств получаемого изделия, а также его размеров и толщины [3].

При изготовлении стекла флоат-способом регулируемое количество стекло-массы непрерывной струей поступает из стекловаренной печи на поверхность расплавленного олова. Продвигаясь по раскалённому стенду, масса преобразуется в ленту стекла стабильной толщины с идеально гладкими отполированными огнём поверхностями.

Окончательная обработка изделий предусматривает резку ленты стекла на заданные размеры и упаковку готового стекла.

В наши дни стекло это полноценный стройматериал, из него создают огражденные конструкции, применяют для остекления проемов различного объема и высоты. Однако наиболее интересно то, что стекло может защищать не только от солнца и пыли. Новые оконные материалы включают в себя полимерные пленки. Эти пленки либо монтируются между стеклами, либо наносятся непосредственно на стекло. В итоге, бронирование стекол процедура несложная, вполне применимая в быту и, к тому же, сравнительно недорогая. Основой этого процесса является формирование многослойной конструкции, для изготовления которой применяется обычное плоское стекло толщиной от 4 до 10 мм, тогда стекло будет прозрачным. Но одно из стекол может быть цветным либо зеркальным. Если при производстве таких конструкций используется фотоотверждаемые светопрозрачные полимера, то полученные изделия носят названия сэндвич панелей. Эти пленки являются результатом высокотехнологической разработки НАСА. Их нанесение придаёт стеклу целый ряд защитных свойств.

В число защитных пленок кроме клея могут входить прослойки из металлов и защищающее от царапин специальное покрытие. Стекла, ламинированные специальным гелем и (или) подвергнутые термической обработке становятся устойчивы к воздействию высоких температур и открытому огню. Все рассмотренные изделия относятся к разряду **безопасных стекол**, при разрушении не травмируют находящихся рядом людей осколками, так как триплексы и ламинированные защитными пленками изделия не разлетаются, а закаленные образуются осколки, без острых кромок.

Список использованной литературы:

1. Строительные материалы: Учебник / В. В. Белов, В. Б. Петропавловская, Н. В. Храмцов. - М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 272 с.
2. Строительные материалы: Учеб. издание/ В.Г. Микульский и др. - М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. - 536 с.

3. Зеньков Е.В. Развитие методов исследования предельных свойств материалов при сложном нагружении / Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы докладов V Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 2015. – С. 194-197.

УДК 629.113.001

**Моделирование технологического процесса формообразования
главной несущей части многослойных цилиндрических стенок
автоклавов высокого давления**

Д.А. Еловенко¹, Е.В. Зеньков²

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

²Иркутский государственный университет путей сообщения,
664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

В статье рассмотрен метод моделирования технологического процесса формообразования главной несущей части многослойных цилиндрических стенок с целью дальнейшего анализа технологических напряжений, возникающих по завершении процесса формообразования. Рассматриваются особенности практического применения препроцессора MSC. Mentat для решения задачи моделирования технологического процесса формообразования (намотки по спирали Архимеда).

Ключевые слова: многослойная цилиндрическая конструкция, формообразование, навивка, намотка, технологический процесс, технологический элемент, конечно-элементная модель.

Технологический процесс формообразования (навивки по спирали Архимеда) многослойной несущей части цилиндрических стенок автоклавов высокого давления, может быть реализован по одной из четырех схем [2, 3] в обычных условиях при нормальных параметрах объектов производственной среды [1]. Его основной операцией является намотка металлической полосы (прокатанной металлической ленты) на центральный цилиндрический элемент, который может являться наружным кожухом (металлический цилиндрический элемент) теплоизоляции в новых перспективных и модернизированных конструкциях автоклавов высокого давления [2, 3, 4, 5].

Первая схема характеризуется креплением центрального цилиндрического элемента (внешнего кожуха теплоизоляции) на приводном валке через кольца, устанавливаемые на его торцевых поверхностях [2, 3]. По второй – центральный цилиндрический элемент устанавливается на разжимную приводную оправку.

В данной работе нами предпринята попытка моделирования технологического процесса формообразования многослойной несущей части цилиндрической стенки с применением интегрированного способа закрепления цилиндрического элемента (внешнего кожуха слоя теплоизоляционного материала), который объединяет указанные выше схемы его физического закрепления на технологическом элементе. Кроме того, указанный способ может быть приемлем при изготовлении элементов несущих конструкций железнодорожного подвижного состава [6].

Конечно-элементная сетка центрального цилиндрического элемента и полосы заготовки (прокатанной металлической ленты) навиваемой по спирали Архимеда может быть создана нами в пре- постпроцессоре MSC. Mentat. При этом важно отметить, что соединение КЭ-сеток расположено строго по линии образующей внешнюю поверхность центрального цилиндрического элемента (рис. 1). Соединение этих КЭ-объектов осуществляется либо путем создания сварочного шва на предварительном этапе моделирования с последующим экспортом КЭ-сетки, а в некоторых случаях и ее результатов, либо путем непосредственной сшивки узлов, которые лежат на соединительной (образующей цилиндра) линии. Нами был реализован второй способ.

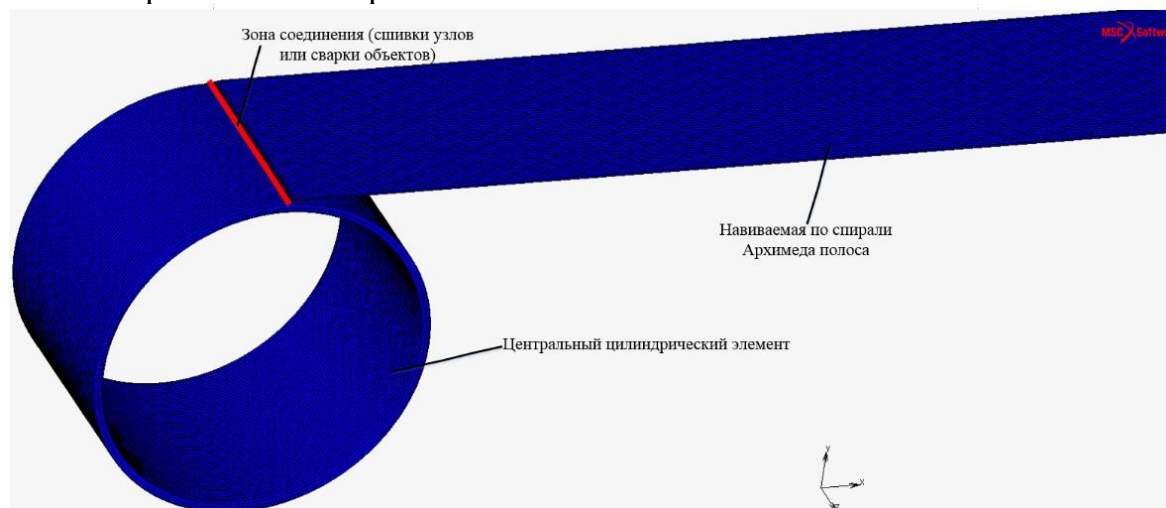


Рис. 1. Исходная конечно-элементная модель

Процесс формообразования многослойной цилиндрической конструкции происходит при непрерывном вращении центрального цилиндрического элемента. Нами предлагается интегрированный способ моделирования работы технологического оборудования, позволяющий объединить две указанные выше схемы. В этом случае достигается максимально полное закрепление центрального цилиндрического элемента на вращающемся объекте по всем свободным поверхностям с геометрической точки зрения.

Итак, моделирование приводного вала реализуется построением круговых поверхностей на торцевых поверхностях центрального цилиндрического элемента (рис. 2). В свою очередь, моделирование приводной разжимной оправки реализуется построением цилиндрической поверхности на внутреннем цилиндрическом контуре конечно-элементной сетки центрального цилиндрического элемента (рис. 3).

Процесс формообразования многослойной цилиндрической конструкции сопровождается непрерывным контактным взаимодействием центрального цилиндрического элемента (внешнего кожуха теплоизоляции) с навиваемой металлической лентой (прокатанной металлической ленты), а также дополнительным явлением самоконтакта слоев навиваемой ленты начиная с ее 2-го до n -го слоя. Таким образом, оба конечно элементных объекта модели необходимо определять, как деформируемые тела с заданным коэффициентом трения (для сталей нами принимался $f = 0,3$).



Рис. 2. Поверхности, моделирующие контактные поверхности приводного вала

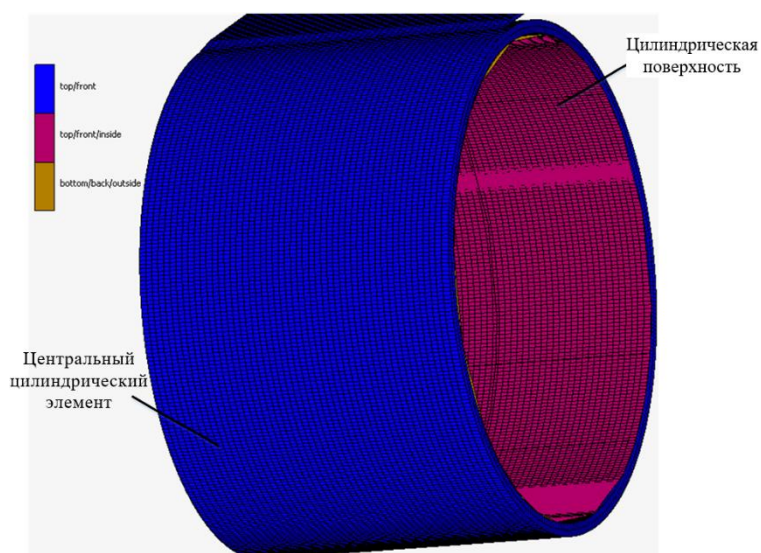


Рис. 3. Расположение цилиндрической поверхности в конечно-элементной модели

Данный технологический процесс реализуется путем вращения центрального цилиндрического элемента, которое ему сообщается геометрическими объектами (см. рис. 2 и 3), виртуально моделирующими контактные поверхности технологических элементов приводного вала и разжимной оправки соответственно. Для упрощения процесса моделирования нами предлагается объединить технологические элементы в единый контактный технологический объект (рис. 4).

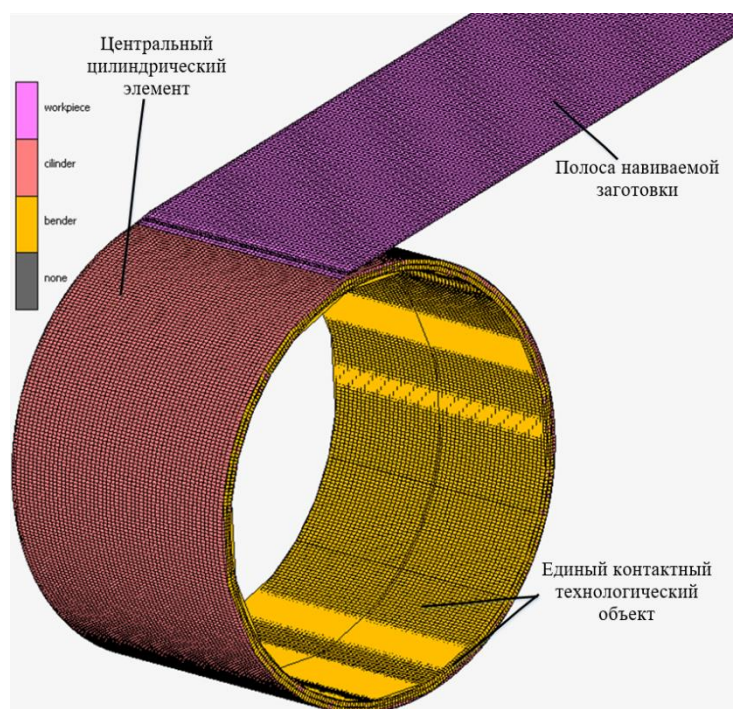


Рис. 4. Идентификация объектов в пре- постпроцессоре MSC. Mentat

Для описания условий взаимодействия между центральным цилиндрическим элементом (cilinder) и навиваемой лентой (workpiece) (см. рис. 4) нами, а также для условия самоконтакта навиваемой ленты (workpiece) нами использовался касательный тип контакта – Touching (T). Условие полного жесткого контакта, моделирующего закрепление центрального цилиндрического элемента (cilinder) на едином технологическом элементе (bender) нами описывалось с помощью неподвижного типа контактного взаимодействия – Glue (G) (рис. 5).



Рис. 5. Окно определения условий контактного взаимодействия объектов модели в пре- постпроцессоре MSC. Mentat

Технологический процесс навивки металлической ленты может быть реализован только при гарантированном натяжении ленты в течении всего процесса намотки (навивки). В противном случае неизбежно появление недопустимых зазоров между контактирующими поверхностями слоев формообразуемой модели. Натяжение ленты может реализовано нами путем приложения силы к меньшему свободному краю ленты (край, противоположный краю, соединенному с центральным цилиндрическим элементом). При этом вектор заданной сила направлен перпендикулярно меньшему свободному краю ленты (рис. 6).

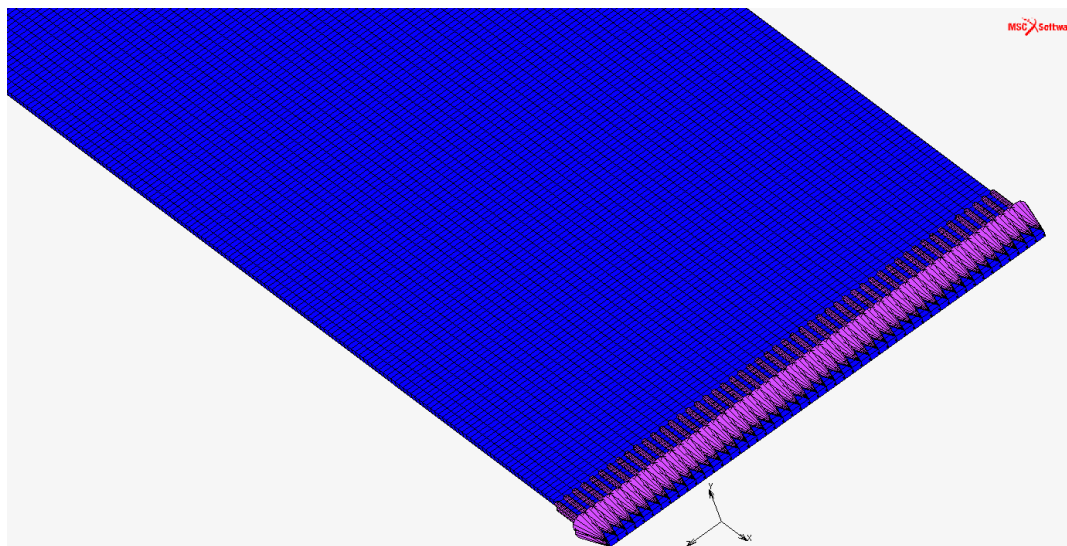


Рис. 6. Графическая идентификация силы натяжения металлической ленты, приложенной к ее меньшему свободному краю

Представленный в данной работе эффективный метод моделирования технологического процесса формообразования главной несущей части многослойных цилиндрических стенок автоклавов высокого давления является частью обширного комплекса научно-исследовательской работы, которую Еловенко Д.А. провел в Техническом университете Кемница (Германия) в рамках прохождения научной стажировки по программе DAAD «Михаил Ломоносов». Данный метод моделирования успешно использовался автором работы в процессе исследования предварительных технологических напряжений, неизбежно возникающих в многослойных конструкциях после завершения технологического процесса их формообразования. Стоит отметить высокий уровень стабильности результатов анализа моделей, формообразованных описанным выше методом, при проведении вариантов исследований с вариативными изменениями различных параметров технологического процесса и конструктивных размеров исследуемого объекта.

Список использованной литературы:

1. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал. Труды МАИ. – 2011. – № 48. – С. 6.
2. Еловенко Д.А. Расчетно-экспериментальный анализ прочности сборных корпусов автоклава: исследование конструкций цилиндрических стенок со встроенными нагревательными элементами и теплоизолирующим материалом / Д.А. Еловенко, О.В. Репецкий // Lambert Academic Publishing. – 2012. – 249 с.
3. Еловенко Д.А. Перспективные направления развития автоклавов высокого давления / Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2010. – №1. – С. 277 –279.
4. Еловенко Д.А. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния цилиндрической стенки со встроенными нагревательными элементами и теплоизоляционным материалом в автоклаве высокого давления и анализ параметров ее работоспособности / Известия ИГЭА. Электронный журнал. – 2012. – №2. <http://brj-bguerp.ru/reader/article.aspx?id=12281>.
5. Еловенко Д.А., Пимштейн П.Г., Репецкий О.В., Татаринов Д.В. Экспериментальное исследование модели автоклава для гидротермального синтеза минералов / Вестник стипендиатов ДААД. – Иркутск, 2010. – №1. – С. 11 – 19.

6. Цвик Л.Б., Зеньков Е.В., Запольский Д.В., Еремеев В.К. Проектирование профиля железнодорожных колес методом равномерного поиска в пространстве радиусов галтельных переходов / Транспорт Урала. – Екатеринбург, 2015. – №3 – С. 67–70.

Методы очистки сжатого воздуха для пневмоинструмента

А.К. Зарицкий

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск ул. Лермонтова, 83.

Описаны способы и средства очистки сжатого воздуха для пневматического инструмента от твёрдых примесей и влаги.

Ключевые слова: *сжатый воздух; пневмоинструмент; фильтры; влагоотделители.*

В современном производстве при работе широко применяется пневмоинструмент (сверлильный, клепальный, отрезной и др.). При работе с ним важным фактором является чистота подаваемого сжатого воздуха. Наличие в нём влаги или твёрдых частиц ведёт к быстрому износу инструмента, и следовательно к необходимости его замены. А это ведёт к увеличению затрат на производство изделия. Для очистки воздуха на современных предприятиях предпринимают специальные меры.

Способы и средства очистки воздуха определяются в зависимости от вида и количества загрязнений, а также от требований к степени очистки воздуха, предъявляемых пневматическими устройствами.

Очистку сжатого воздуха можно разделить на 2 этапа:

1. очистка от твёрдых загрязнений;
2. очистка от влаги в жидком состоянии.

Очистка сжатого воздуха от твердых примесей осуществляется путем пропускания его через пористую перегородку (процесс фильтрации) или с применением силовых полей инерционного или гравитационного. В настоящее время в конструкциях очистителей обычно используется комбинированный способ очистки воздуха, включающий фильтрацию и применение силовых полей. Как правило, на первой ступени крупные частицы отделяются силами инерции и гравитации, а на второй ступени воздух пропускается через фильтрующий элемент, эффективность которого определяется размерами пор.

Фильтрующие материалы, применяемые для очистки сжатого воздуха, по способу удержания загрязняющих примесей можно разделить на два вида: поверхностные (частицы удерживаются поверхностью фильтрующего материала) и объемные (частицы удерживаются не только на поверхности, но и в толще фильтрующего материала).

К поверхностным фильтрам относятся всевозможные сетки, ткани, бумага; к объемным — картон, металлокерамика, керамика, войлок и т. д., а также пакеты, состоящие из нескольких слоев поверхностных материалов, например сетки или бумаги.

В таблице 1 приведена тонкость фильтрации воздуха для различных фильтров.

Таблица 1

Тонкость фильтрации различных фильтров	
Тип фильтра	Тонкость фильтрации, мк.
Металлокерамический	2
Керамический	10-30
Войлочные	15-20
Фильтры со стекловолокном	1-2
Бумажные	2

Фильтры для очистки сжатого воздуха классифицируют следующим образом.

Фильтр грубой очистки - фильтр предназначен для предварительной очистки воздуха от воды, масляной эмульсии и твердых частиц размером до 5 микрон.

Фильтр средней очистки - предназначен для задержки твердых частиц размером до 1 микрона и масляной эмульсии до 0.1 мг/куб.м.

Фильтр тонкой очистки - предназначен для задержки твердых частиц размером до 0.1 микрон и масляной эмульсии до 0.01 мг/куб.м. После прохождения через этот фильтр воздух очищается на 99.9999% по отношению к частицам более 0.1 микрон.

Влага в жидком состоянии из сжатого воздуха удаляется при помощи нескольких способов:

1. очистка при помощи инерционных сил;
2. очистка при помощи гравитационных сил;
3. Очистка с использованием смачивающей способности
4. Очистка при помощи электростатических полей

Очистка при помощи инерционных сил осуществляется закручиванием потока воздуха, когда он движется по нисходящей спирали или когда резко изменяется направление потока. Под действием возникающих при этом сил инерции капли влаги выходят из зоны потока и силой тяжести отводятся в резервуар для сбора конденсата.

Очистку сжатого воздуха с использованием инерционных сил проводят в центробежных аэродинамических устройствах (рис1, а) или с ударом потока воздуха о перегородку (рис. 1,б).

Наибольшее распространение получили центробежные или циклонные очистители, обеспечивающие высокую степень очистки. Размер отделяемых частиц 5 ... 40 мкм, а эффективность отделения 50 ... 95%.

На рис. 2 представлена конструкция фильтра влагоотделителя центробежного типа. Твердые частицы, капли воды и масла, находящиеся в потоке сжатого воздуха, закрученного по спирали крыльчаткой 1, отбрасываются на внутренние стенки резервуара 3.

Под крыльчаткой встроен металлокерамический фильтр 2 с фильтрацией частиц размером больше 40 мкм. Отражатель 4 перегородивает внутреннюю полость резервуара и предотвращает захват влаги, скопившейся на дне резервуара, потоком сжатого воздуха. Степень отделения капельной влаги этим типом влагоотделителей 80 ... 90 % в зависимости от пропускаемого расхода воздуха.

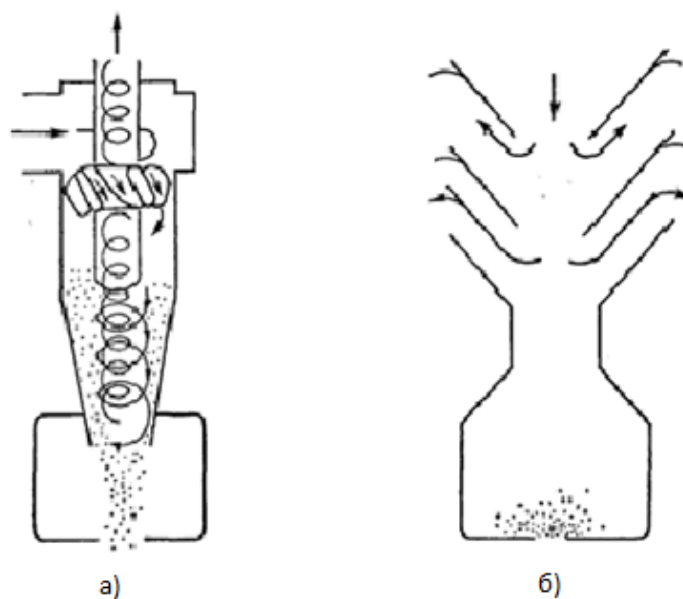


Рис. 1. Инерционные очистители

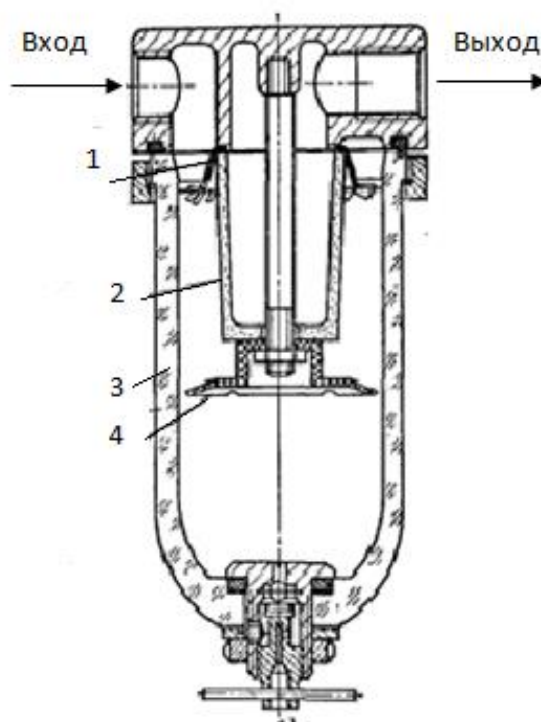


Рис. 2. Центробежный влагоотделитель:

1- крыльчатка; 2- металлокерамический фильтр; 3- резервуар; 4- отражатель.

К достоинствам влагоотделителей инерционного типа относятся: постоянство степени очистки и гидравлического сопротивления, практически неограниченный срок службы и низкие эксплуатационные расходы.

Очистка при помощи гравитационных сил выполняется в очистных устройствах гравитационного типа, которые представляют собой удлиненную емкость, расположенную вдоль потока воздуха, для отделения капель влаги (и крупных твердых частиц) используется сила тяжести. Под ее действием частицы, перемещаясь через очиститель, выходят из потока воздуха, в этом заключается главный минус этого способа. Его применение возможно лишь при невысоких скоростях

воздуха (до 0,2 м/сек) и больших габаритных размерах очистителя, при рациональной конструкции они могут отделять 90—95% сконденсировавшейся влаги и часть паров за счет расширения воздуха и конденсации.

Очистка при помощи электростатических полей заключается в ионизации воздуха при прохождении его через поле высокого напряжения постоянного тока (обычно 30—70 кВ). Электростатический очиститель состоит из двух электродов: положительного с большой поверхностью и симметрично расположенного к нему отрицательного. Обтекая электроды, воздух ионизируется, при этом образуются положительные и отрицательные ионы. Положительные ионы остаются у отрицательного электрода, а отрицательные, заряжая капельки жидкости, собираются вместе с ними на поверхности положительного заряда и отводятся из очистителя. Эффективность установок электростатической очистки газов достигает 99%, а в ряде случаев и 99,9%. Такие фильтры способны улавливают частицы размером от 0,01 до 100 мкм.

Очистка с использованием смачивающей способности происходит при контакте жидкой влаги с контактной поверхностью фильтрующей среды. В простейшем случае контактной поверхностью может служить перегородка на пути движения воздуха. Воздух, насыщенный капельной влагой, ударяясь о перегородку, оставляет на ней капельки влаги, которые собираются в большие капли и под действием сил тяжести отводятся вниз. В других случаях воздух пропускают через фильтрующую среду, имеющую большую поверхность контакта с потоком очищаемого воздуха. Частицы жидкости смачивают поверхность фильтрующей среды, укрупняются и стекают в резервуар.

В качестве контактной (фильтрующей) среды применяется фетр, войлок, бумага и картон, стекловолокно, металлическая стружка и др. Эффективность влагоотделителей фильтрующего типа достигает 90—95%, но их эффективность понижается с увеличением расхода воздуха, так как вместе со скоростью увеличивается захват и вынос влаги.

Применение описанных методов очистки сжатого воздуха позволяет значительно повысить ресурс работы пневмоинструмента, следовательно снизить затраты на его обслуживание и замену, что приводит к снижению стоимости готового изделия.

Список использованной литературы:

1. Кудрявцев А.И., Пятидверный А.П.; Очистка сжатого воздуха для пневматических систем и приводов и других машин; из-во НИИМАШ - 1969 г. - 80 с.
 2. ГОСТ Р 51251; Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. из-во Москва -1999 г. - 9 с.
- УДК 621.865.8

Экспериментальное исследование жесткости промышленного робота KUKA KR 210 R2700

С.С. Земцов, С.Б. Прокофьев

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены результаты экспериментальных исследований жёсткости промышленного робота KUKA KR 210 R2700 при разных конфигурациях. Выполнен анализ результатов экспериментов.

Ключевые слова: Промышленный робот; жёсткость манипулятора; погрешность позиционирования.

Промышленный робот KUKA KR 210 R2700 PRIME с максимальной грузоподъемностью 210 кг и точностью позиционирования 0,06 мм разработан и применяется для различных транспортных и технологических операций: точечной сварки, резки, клепки, окраски, контроля и др. В настоящее время на кафедре технологии и оборудования машиностроительных производств ведется активная работа по синтезу технологии роботизированной финишной обработки авиационных деталей.

Кинематическая схема робота представлена на рис. 1.

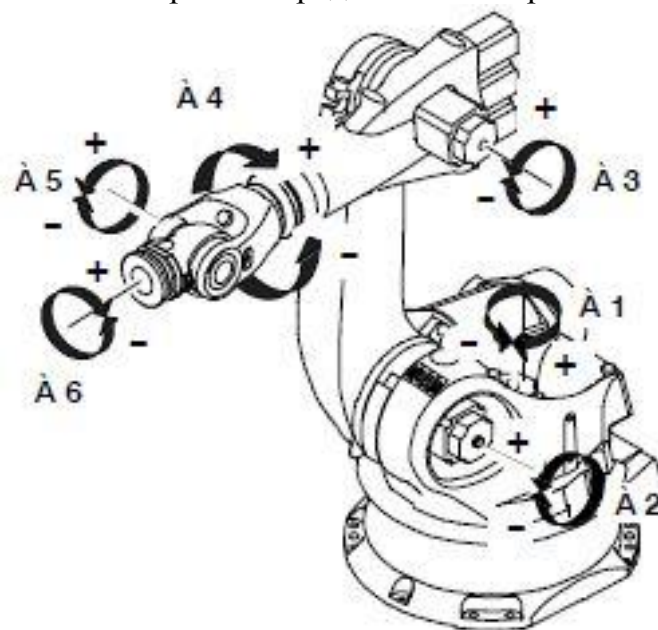


Рис.1 Кинематическая схема робота

Компактное запястье и кисть робота, жесткая конструкция руки позволяют производить максимально точные и энергоэффективные действия, а подвижность звеньев относительно 6 осей вращения и дополнительная линейная ось перемещения позволяют использовать ПР для выполнения как транспортных, так и технологических операций.

В то же время проведенные ранее исследования выявили наличие специфических особенностей РТК: возможность возникновения автоколебаний при опре-

деленных сочетаниях режимных и настроечных параметров, зарезы, недофрезеровки, сложность управления качеством обработки, нестабильность выходных характеристик.

Данное исследование ориентировано на выявление влияния жесткости робота на точность позиционирования, а, следовательно, на точность обработки.

Жёсткость — это способность конструктивных элементов сопротивляться деформации при внешнем воздействии. В данной статье под жёсткостью манипулятора будем понимать способность манипулятора сопротивляться внешней нагрузке, выражающаяся отношением приращения нагрузки к вызываемому им перемещению конечной точки манипулятора [4].

На жёсткость системы оказывают влияние следующие факторы.

В станках:

1. Жёсткость инструмента;
2. Жёсткость оснастки;
3. Жёсткость перемещающихся узлов (суппорт, подвижные столы, бабки и т.п.);
4. Жёсткость элементов коробки скоростей;
5. Жёсткость приводов звеньев;
6. Жёсткость устройства торможения электродвигателя.

Жесткость промышленного робота (манипулятора) в соответствии с [3] определяется:

1. Жёсткостью звеньев робота;
2. Жёсткостью приводов звеньев;
3. Жёсткостью механических передач;
4. Жёсткостью тормозных устройств.

Таким образом, жёсткость станка/робота определяется суперпозицией жёсткостей составляющих их элементов (звеньев).

Для оценки пространственной жесткости промышленного робота проведены следующие исследования.

Оборудование: универсальный робот Kuka, микрометры (3 шт.) с ценой деления 0.01 мм, магнитные стойки, грузы (5 кг).

Цель опыта: определить жёсткость промышленного робота Kuka в трёх положениях (робот сгруппирован (0 мм), среднее положение (830 мм), робот вытянут (1660мм)).

Методика проведения эксперимента: в одном из указанных положений настраиваем фиксированную точку, относительно которой будет осуществляется отвод и подвод манипулятора по оси Z.

Микрометры располагаем вдоль осей X, Y и Z соответственно, касаясь ими поверхности инструмента (фрезы), установленного в шпиндель (рис. 2).

Далее, производится отвод манипулятора, нагружение пяти килограммовым грузом. Совершается тоекратный цикл подвода и отвода, фиксируются показания микрометров. Повторяются аналогичные действия для 10 и 15 килограмм.

Затем проводятся исследования для двух других положений робота.

На основании полученных результатов исследований построены графики усредненных зависимостей смещений контрольной точки ПР от положения схвата манипулятора в рабочей зоне РТК.

Результаты проведенных исследований демонстрируют пропорциональность характера зависимости между смещением ПР и приложенной нагрузкой по оси Z.



Рис.2. Схема установки микрометров по трём осям координат X, Y, Z

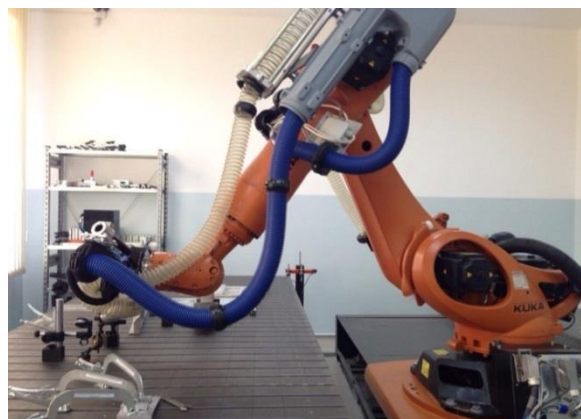


Рис.3. Манипулятор в среднем положении (вылет 830 мм)

Экспериментальными исследованиями также установлено кинематическое влияние нагружения ПР по оси Z на смещения исполнительного органа по осям X и Y. В соответствии с исследованиями [3] эти отклонения объясняются технологическими погрешностями изготовления элементов и узлов манипулятора; погрешностью тормозных устройств приводов; люфтами и зазорами в кинематических парах.

Смещение позиционирования промышленного робота вызвано систематическими, случайными статическими и динамическими погрешностями.

Систематические – это погрешности, не изменяющиеся во времени.

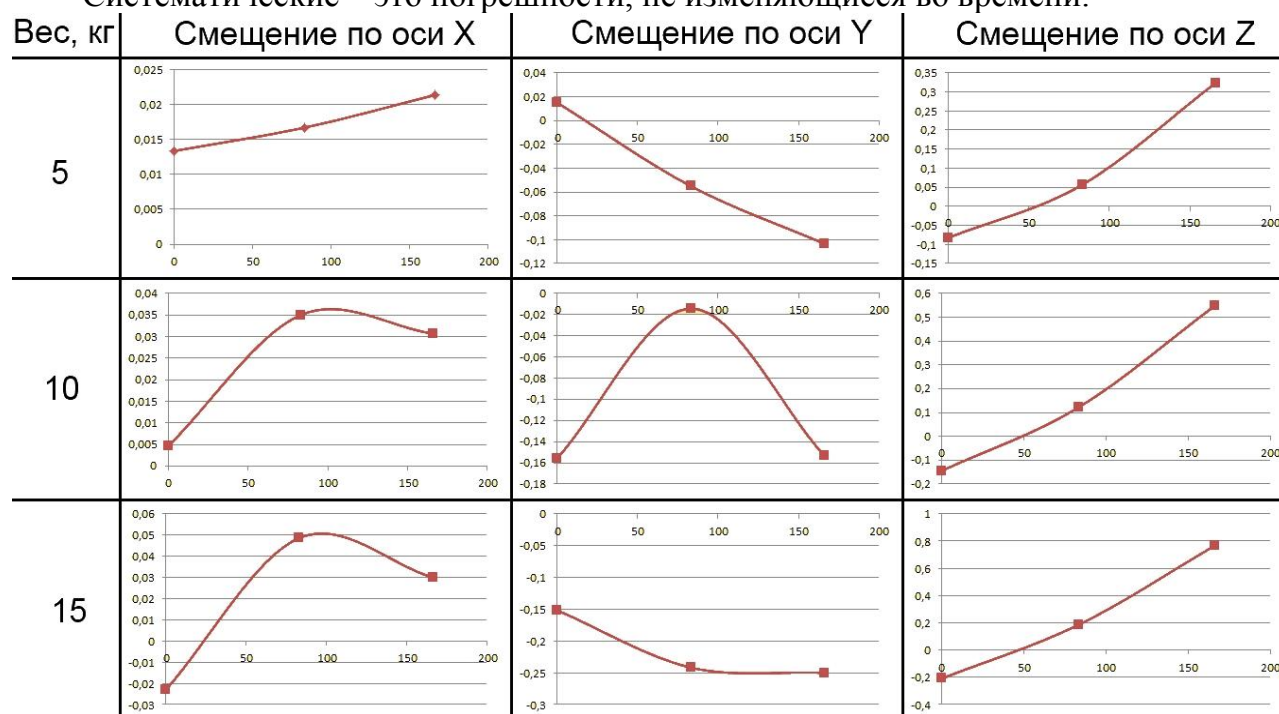


Рис.4. Графики зависимости смещений конечной точки робота по трём осям от положения манипулятора относительно основания. Ось абсцисс – положение в см, ось ординат – величина отклонения в мм по каждой из трёх осей.

Случайные динамические – это погрешности переменные в пределах одного срабатывания. Случайные статические – это погрешности переменные на множестве срабатываний, но постоянные для данного срабатывания робота. [2]

Базируясь на результатах проведенных экспериментальных исследований и принимая во внимание опубликованные материалы [2], можно сделать вывод о том, что жёсткость ПР влияет на точность позиционирования, и, как следствие, на точность выполнения операции.

Таким образом, при проектировании технологических операций с использованием рассматриваемого РТК, необходимо учитывать выявленные отклонения и зависимости при назначении оптимальных режимов и стратегии обработки, нацеленных на достижение требуемой точности обработки.

Список использованной литературы:

1. Бурдаков С.Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. М.: Высшая школа, 1986. 264 с.
2. Спыну Г.А. Промышленные роботы. Конструирование и применение: учеб. пособие. – 2 – е изд; Перераб. и доп.-К.: Выща. Шк. 1991. – 311 с.
3. Сборник научно-нормативной терминологии РАН. Выпуск 115 – Робототехника – Терминология (2000).
4. Исследование влияния коэффициента усиления в канале управления скоростью движения робота на технологические свойства робототехнического комплекса механической обработки кромок деталей / А.В. Иванова [и др.] // Вестник ИрГТУ. 2015 № 7. С. 39 – 46.
5. Эффективное зонирование рабочего пространства промышленного робота Kuka KR210 R2700 extra / А.В. Сидорова [и др.] // Вестник ИрГТУ. 2015 № 12. с. 86 – 95.
6. Alena Ivanova, Alexander Belomestnyh, Evgeniy Semenov, Boris Ponomarev. Manufacturing capability of the robotic complex machining edge details. International Journal of Engineering and Technology (IJET). Vol 7 No 5 Oct-Nov 2015, p.1774-1780.
7. E.N. Semyonov , A.V. Sidorova , A.E. Pashkov , A.S. Belomestnykh. Accuracy Assessment of Kuka KR210 R2700 Extra Industrial Robot. International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol 16 No:1, p. 19-25.
8. Кольцов В.П., Беломестных А.С., Чильегов А.Ю. Экспериментально-аналитическое исследование шероховатой поверхности с использованием фрактальных конструкций. — Инструмент Сибири, 2001, №2(11). С. 23 -25
9. Пашков А.Е., Чапышев А.П. Автоматизация процесса финишной обработки после дробеударного формообразования. Материалы конференции «Повышение эффективности технологических процессов в машиностроении». Иркутск: ИрГТУ, 2000, с. 28-31.
10. Беломестных А.С. Информационно- измерительный комплекс. Материалы международной научной конференции “Повышение эффективности познавательной деятельности обучающихся”. Иркутск: ИрГТУ, 1995, с. 21-24.
11. Кольцов В.П., Беломестных А.С. Математическая модель виброимпульсной обработки. Сборник трудов конференции «Повышение эффективности производства изделий машиностроения», 1995, с. 6-8.
12. Кольцов В.П., Ружников Д.А, Беломестных А.С. Активный контроль технологических операций при виброабразивной обработке. Тез. докл. российской

научно- технической конференции “Науко- емкие технологии в машиностроении и приборостроении”. Рыбинск: РАТИ, 1994. с. 18-20.

13.Кольцов В.П., Беломестных А.С. Интенсификация виброимпульсной обработки деталей. Тем. сб. научн. докл.- Иркутск: Ирк. гос.техн.ун.-т, 1995. с. 10-12.

УДК 533.6(075.8).

Анализ современного оборудования и инструментов для аэродинамических исследований

И. Н. Зотов, С. Г. Сидоренко

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В данной статье производится обзор современного оборудования и инструментов для выполнения исследований по аэродинамике, в т.ч. оборудование для физических и виртуальных экспериментов, тенденции к развитию виртуальных методов исследования, представлено краткое описание программных продуктов.

Ключевые слова: аэродинамическая труба, аэродинамические весы, гидродинамическая труба, ANSYS, FloEFD, Flow Vision, Autodesk Simulation CFD, XFlow.

Данная статья направлена на обзор и краткое описание инструментов и оборудования для выполнения исследований по аэродинамике. В настоящее время используются два метода экспериментов: физический (натурный и модельный) и виртуальный. В свою очередь физические эксперименты выполняются в аэродинамических трубах (дозвуковых, трансзвуковых, сверхзвуковых и гиперзвуковых), гидродинамических трубах (горизонтальных, вертикальных). Данные физические эксперименты имеют минусы, такие как: дорогостоящее оборудование, большие энергозатраты и сложность выполнения экспериментов в связи с этими минусами стали развиваться виртуальные эксперименты в которых можно с помощью компьютерных технологий создать виртуальный эксперимент [3]. В данной статье рассматривается некоторое оборудование для выполнения этих работ.

Оборудование для физических экспериментов.

Аэродинамическая труба - установка, создающая поток газа (в большинстве случаев воздуха) с целью изучения воздействия его на обтекаемый объект - самолёт, ракету и др. [7], а также экспериментального изучения аэродинамических явлений. Аэродинамическая труба- основное оборудование аэродинамических центров и лабораторий.

Существующие аэродинамические трубы можно разделить на группы по числу Маха перед моделью:

1. дозвуковые с числами $M < 1$;
2. сверхзвуковые с числами $M > 1$;
3. трансзвуковые с числами $0,8 < M < 1,2$;
4. гиперзвуковые с числами $M > 5$.

Дозвуковые аэродинамические трубы позволяют исследовать модели летательных аппаратов при скоростях полёта не превышающих скорость звука.

Аэродинамические трубы различают с закрытой или открытой рабочей частью (рис. 1, а и б). Если необходимо создать аэродинамические трубы с открытой рабочей частью, статическое давление в которой не равно атмосферному, струю в рабочей части отделяют от атмосферы т. н. камерой Эйфеля (рис. 1, в).

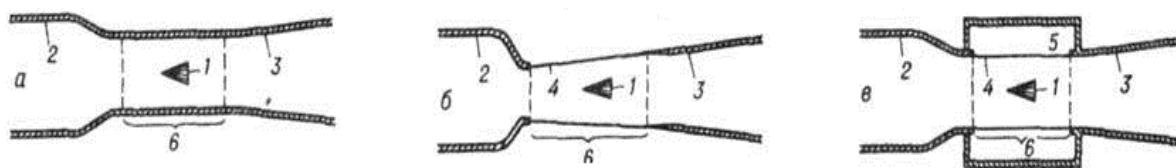


Рис.1 Схема рабочей части аэродинамической трубы.

1 – модель; 2 – сопло; 3 – диффузор; 4- струя газа, выходящего из сопла; 5 – камера Эйфеля; 6 – длина рабочей части.

Так же они делятся по продолжительности работы: кратковременные и непрерывного действия (АДТ Т-101, АДТ Т-102, АДТ Т-106).

Трансзвуковые аэродинамические трубы позволяют исследовать модели летательных аппаратов при скоростях полёта, близких или равных скорости звука. Особенностью обтекания тел в этих условиях является большой угол между фронтом возникающих ударных волн и скоростью потока перед телом $\alpha = 90^\circ$.

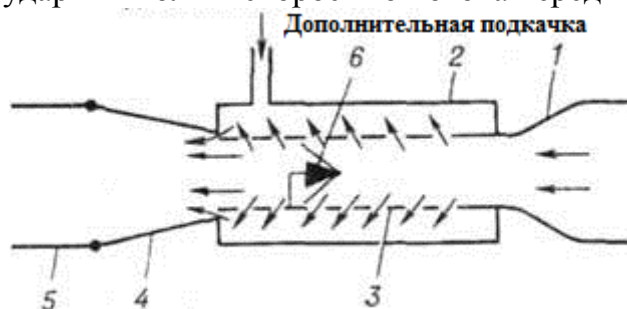


Рис. 2. Схема трансзвуковой аэродинамической трубы.

1 - сопло; 2 - камера, 3 - перфорированная стенка; 4 - регулируемая створка диффузора; 5 - диффузор; 6 - модель.

В отличие от условий свободного полёта, в аэродинамических трубах фронт ударной волны, отразившись от границ рабочей части, может пересечь поверхность модели, искажая её обтекание (рис. 2) (АДТ Т-128).

Сверхзвуковые аэродинамические трубы по схеме аналогичны дозвуковым трубам. Для получения сверхзвукового потока в рабочей части трубы применяется сверхзвуковое сопло (сопло Лаваля), состоящее из сужающейся (дозвуковой) и расширяющейся (сверхзвуковой) частей [6], [8]. Одним из основных преимуществ сверхзвуковых аэродинамических труб непрерывного действия является возможность проведения опытов значительно продолжительней. Однако для решения задач аэродинамики это преимущество не является решающим. Недостатки таких аэродинамических труб - необходимость создания энергетических установок большой мощности и трудности, возникающие при числах $M > 4$ вследствие быстрого роста необходимой степени сжатия компрессора (АДТ Т-109).

Гиперзвуковые аэродинамические трубы предназначены для исследования фундаментальных и прикладных проблем, связанных с обеспечением продолжи-

тельного полета перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов с высокоточными воздушно-реактивными двигателями в плотных слоях атмосферы. Получаемые экспериментальные данные используются для изучения сложных газодинамических процессов, происходящих при полете подобных аппаратов, а также для проверки расчетных моделей, определения их точности и надежности (АДТ Т-116, АДТ Т-117).

При определении аэродинамических характеристик (подъемную силу, лобовое сопротивление и т.д.) в аэродинамических трубах используют аэродинамические весы.

Аэродинамические весы — особый род сложного динамометра, для измерения сил, действующих на движущееся в воздухе тело или на неподвижное тело, обтекаемое потоком воздуха. В последнем случае аэродинамические весы являются основным прибором аэродинамической трубы, в которой указанный поток получается. Весы устроены по принципу независимого измерения каждого компонента. По числу измеряемых компонентов весы делят на одно-, двух-, трех-, четырех-, пяти- и шестикомпонентные. Аэродинамические весы подразделяются на: чашечные, пружинные, маятниковые, тензометрические [1], [2]. Наиболее актуальные в данное время тензометрические аэродинамические весы.

Программы виртуального анализа гидрогазодинамики.

ANSYS. CFD-приложения ANSYS интегрированы в единую ANSYS Workbench платформу, которая является основой для передовых технологий инженерного моделирования. Эта простая в использовании платформа обеспечивает доступ к двунаправленной параметрической CAD интеграции, мощные инструменты для построения сетки, автоматизированный механизм обновления на стадии проектирования, управление многодисциплинарным моделированием и встроенные инструменты оптимизации. В основе вычислительной математики ANSYS лежит метод конечных элементов. Однако, в ANSYS для моделирования гидрогазодинамики доступно 7 моделей турбулентности, каждая из которых может быть применена только в определенном диапазоне варьируемых параметров. При этом в ряде расчетных случаев возможно получение некорректных результатов по причине несоответствия рекомендуемой ANSYS модели турбулентности.

FloEFD. Программный продукт FloEFD позволяет производить расчеты непосредственно в CAD-системах. Имеет интуитивно понятный интерфейс и достаточно прост в освоении. В основе вычислительной математики лежит метод конечных объемов, что существенно отличает данный программный продукт от программных продуктов, использующих метод конечных элементов. В частности, это даёт более широкие возможности для адаптации сеток в каналах с переменным сечением (узких каналах), а также автоматизации построения сеток, что в свою очередь существенно уменьшает время подготовки модели к расчёту. Для удобства подготовки расчетов во FloEFD разработан специальный инструментальный интерфейс, позволяющий быстро и гибко настраивать параметры расчетной сетки. При этом сам процесс построения сетки значительно упрощен за счет автоматического распознавания проточных областей. Для предварительных или оценочных расчетов предусмотрена автоматическая сетка, которая генерируется на основе анализа геометрических особенностей модели. Кроме того, это даёт возможность уменьшить число расчетных точек модели, и, как следствие, расчетного времени, при сохранении заданной точности [4], [5].

Flow Vision. Программный комплекс FlowVision во многом аналогичен рассмотренному ранее программному комплексу FloEFD и решает трехмерные уравнения динамики жидкости и газа: уравнения Навье-Стокса (законы сохранения массы и импульса) и уравнение переноса энтальпии (закон сохранения энергии). При расчёте сложных течений, сопровождаемых дополнительными физическими процессами (турбулентность, горение, движение контактных границ, и т. д.), решаются дополнительные уравнения, описывающие эти процессы.

В качестве основного недостатка программного продукта можно отметить отсутствие интеграции в САД системы и необходимость импорта геометрии из системы автоматизированного проектирования или конечно-элементной программы в виде поверхностной сетки (связанных треугольников). Кроме того, проведённые сравнительные анализы решения нескольких типовых задач показали, что данный программный продукт уступает по точности решения продукту FloEFD [5].

Autodesk Simulation CFD. Имеет более узкий набор возможностей для моделирования потоков жидкостей и процессов теплопередачи по сравнению с ранее рассмотренными программными продуктами. В основе вычислительной математики лежит метод конечных элементов. Решающий модуль Accelerant — система решения разреженных матриц Крылова.

XFlow. Программный продукт Xflow предназначен для моделирования течения газов, жидкостей и решения задач теплообмена и позволяет одновременно учитывать кинематику и динамику конструкции, физику многофазных течений, дозвуковые и сверхзвуковые явления, акустику и взаимодействие конструкции с жидкостью.

Традиционные "сеточные" CFD пакеты ограничиваются решением уравнений Навье Стокса и описывают поведение жидкости или газа на макроскопическом уровне, который не может охватить те физические явления, которые происходят на молекулярном или микроскопическом уровне. При этом результаты расчета в системах, использующих сеточные методы, всегда уступают результатам, полученным "бессеточными" методами. Заложенный в XFlow метод решеточных уравнений Больцмана, базирующийся на кинетической теории газов (физической теории, которая объясняет макроскопическое поведение и свойства газов из статистического описания микроскопических молекулярных процессов), обеспечивает точность расчетов, сравнимую с точностью методов прямого численного моделирования DNS (Direct Numerical Simulation). Также XFlow поддерживает многопроцессорность, причем скорость выполняемых расчетов с увеличением числа процессоров растет практически линейно. Однако при этом XFlow несколько уступает в скорости системам, основанным на решении уравнений Навье Стокса. Кроме того, функционал для решения междисциплинарных задач у данного программного продукта существенно ниже чем у таких программных продуктов, как ANSYS и FloEFD.

Список использованной литературы:

1. Устройство для измерения составляющих векторов аэродинамической силы и аэродинамического момента. Бобарика И.О., Гусев И.Н. Патент на полезную модель RUS 89231 20.07.2009.

2. Экспериментальный комплекс для исследования аэродинамики летательного аппарата вблизи опорной поверхности. Гусев И.Н., Бобарика И.О. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 11 (58). С. 321-325.
3. Применение математических средств моделирования при аэродинамическом проектировании летательных аппаратов. Бобарика И.О., Молокова С.В. Решетневские чтения. 2013. Т. 1. № 17. С. 6-8.
4. Численное моделирование аэродинамики элементов летательных аппаратов потоком несжимаемой жидкости при малых числах Маха. Бобарика И.О., Гусев И.Н. Научные труды (Вестник МАТИ). 2013. № 21 (93). С. 59-65.
5. Повышение адекватности численного моделирования аэродинамики элементов летательных аппаратов потоком несжимаемой жидкости при малых числах Маха. Бобарика И.О., Гусев И.Н. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 2 (85). С. 33-38.
6. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов / Науч. ред. и сост. Г.С. Бюшгенс; ЦАГИ. — М.: Наука. Физматлит, 1998. — 816 с.: ил
7. Аэродинамика летательных аппаратов / Аржаников Н.С., Садекова Г.С. 1983. - 361 стр.
8. Аэродинамические трубы больших скоростей / Поуп А., Гойн К. Пер. с англ. Под ред. Широкова Н.Н. М. Мир 1968г. - 504 с.

УДК 621.715.4

Способы фиксации элементов сборочной оснастки при автоматизированном монтаже

Е.В. Зыкова, М.С. Ерофеев

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены различные способы фиксации и компенсации элементов конструкции сборочной оснастки на несущем каркасе в условиях автоматизированного монтажа. Выполнен сравнительный анализ возможностей их применения на основе экспериментальных данных.

Ключевые слова: *сборочная оснастка, приспособление, безэталонный монтаж, лазерный трекер, промышленный робот, предварительная фиксация, компенсация зазора, домкратные винты, клиновидные прокладки.*

При автоматизированном монтаже сборочного приспособления для сборки узлов самолета одной из наиболее важных задач является фиксация элементов приспособления в заданном положении, полученном в результате операций позиционирования с использованием промышленного робота [1]. В процессе фиксации элементов приспособления необходимо:

- сохранить достигнутую точность позиционирования;
- обеспечить сохранение положения элемента под действием технологических и эксплуатационных нагрузок.

Разработанная технология предполагает автоматизированное позиционирование элементов оснастки, а фиксация этих элементов выполняется вручную. Выполнение фиксации вручную обусловлено нерациональностью автоматизации процесса фиксации в условиях авиационного производства, так как потребуются значительные увеличение затрат на приобретение универсального дополнительного оборудования, способного выполнять операции фиксации элементов разных типоразмеров в различном положении. Реализация автоматизации процесса фиксации в свою очередь потребует расширения доступа к месту фиксации. По условиям поставленной задачи изменения имеющейся конструкции сборочной оснастки не должны быть существенными.

Таким образом, процесс фиксации был разделен на 2 последовательных этапа:

- 1) предварительная фиксация монтируемого элемента на каркасе сборочной оснастки;
- 2) окончательная фиксация монтируемого элемента для обеспечения требуемой жесткости.

Предварительная фиксация монтируемого элемента должна выполняться за достаточно короткое время (5-10 минут), и не прикладывать существенных нагрузок к монтируемому элементу в процессе фиксации, при этом робот должен удерживать монтируемый элемент неподвижно. После предварительной фиксации захват робота отпускает монтируемый элемент, и робот перемещается в домашнюю позицию. После этого выполняется окончательная фиксация устанавливаемого элемента оснастки.

Исследована возможность применения четырех основных способов предварительной фиксации монтируемого элемента на каркасе сборочной оснастки:

- а) с применением домкратных винтов (рисунок 1);
- б) с применением элемента типа «составной кронштейн» (рисунок 2);
- в) с применением сварки [3];
- г) с применением клиновидных прокладок (рисунок 3).

Процесс фиксации монтируемого элемента на каркасе сборочной оснастки способен внести существенные погрешности в монтажное положение, достигнутое в результате позиционирования.

По типовой методике безэталонного монтажа, применяемой на ИАЗ, фиксация монтируемого элемента к монтажной площадке на каркасе сборочной оснастки выполняется болтами со значительным моментом затяжки, что приводит к существенным контактным деформациям и, как следствие, к отклонениям монтажного положения от заданного.

При автоматизированном позиционировании, наоборот, необходимо выполнить предварительную фиксацию таким образом, чтобы смещения элемента в процессе фиксации были минимальными, то есть достигнутая точность позиционирования должна быть сохранена.

Вариант предварительной фиксации *с применением домкратных винтов* (а) достаточно сложен в исполнении, поскольку требуется выполнять затяжку фиксирующих (прижимных) и домкратных (упорных) винтов последовательными итерациями, постепенно повышая момент затяжки. При этом необходимо контролировать возникающие отклонения положения монтируемого элемента лазерным трекером, и компенсировать их по факту, корректируя момент затяжки винтов.

Этот процесс является очень трудоёмким, со значительным влиянием субъективного человеческого фактора на результаты монтажа [2].



Рис. 1. Монтаж кронштейна на домкратных винтах

1 – монтируемый элемент; 2 – пальцы захвата; 3 – домкратные винты; 4 – фиксирующие (прижимные) болты.

Общая площадь упора домкратных винтов относительно мала, поэтому по месту упора домкратных винтов происходит значительная контактная деформация, которую сложно прогнозировать. При этом деформируется не только наконечник домкратного винта, но и установочная площадка. В случае превышения допустимых отклонений элемента возникает необходимость выполнения его повторной фиксации. При этом каждый раз требуется править установочную площадку, чтобы домкратные винты не соскальзывали в старую вмятину на установочной площадке.

Анализируя результаты выполненных экспериментальных исследований, сделаны следующие выводы:

- предварительная фиксация элемента с применением домкратных винтов не сохраняет требуемую точность позиционирования;
- применение фиксации с применением домкратных винтов не эффективно при автоматизированном монтаже сборочной оснастки.

Результаты экспериментальных исследований по *применению элементов типа «составной кронштейн» (б)* показали несостоятельность такого способа фиксации установочных элементов при автоматизированном позиционировании. В процессе его фиксации не удаётся сохранить точность позиционирования, которая должна быть при этом в 2 раза выше точности монтажа основного базирующего элемента.

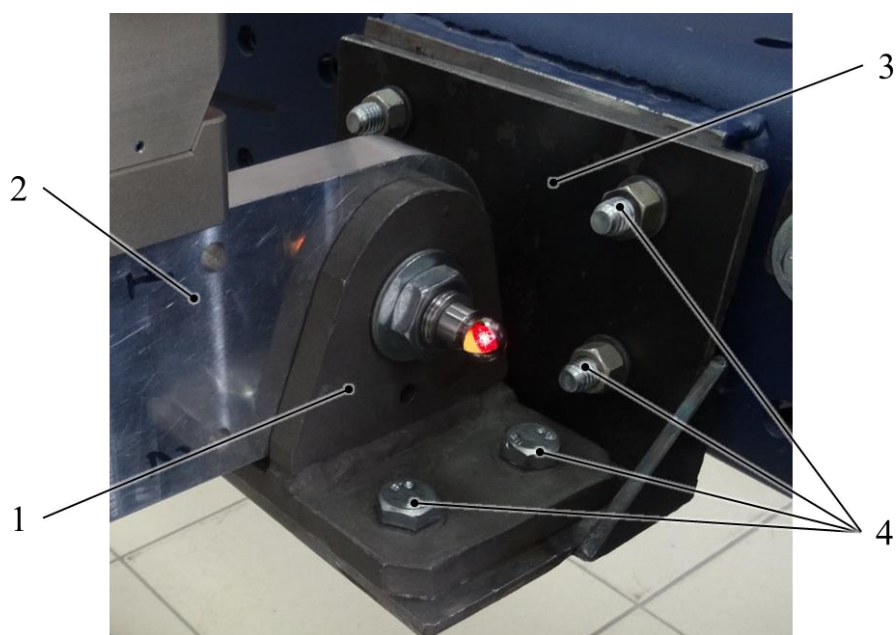


Рис. 2. Монтаж составного кронштейна

1 – монтируемый кронштейн; 2 – приспособление для захвата детали; 3 – промежуточный кронштейн (компенсатор); 4 – фиксирующие болты.

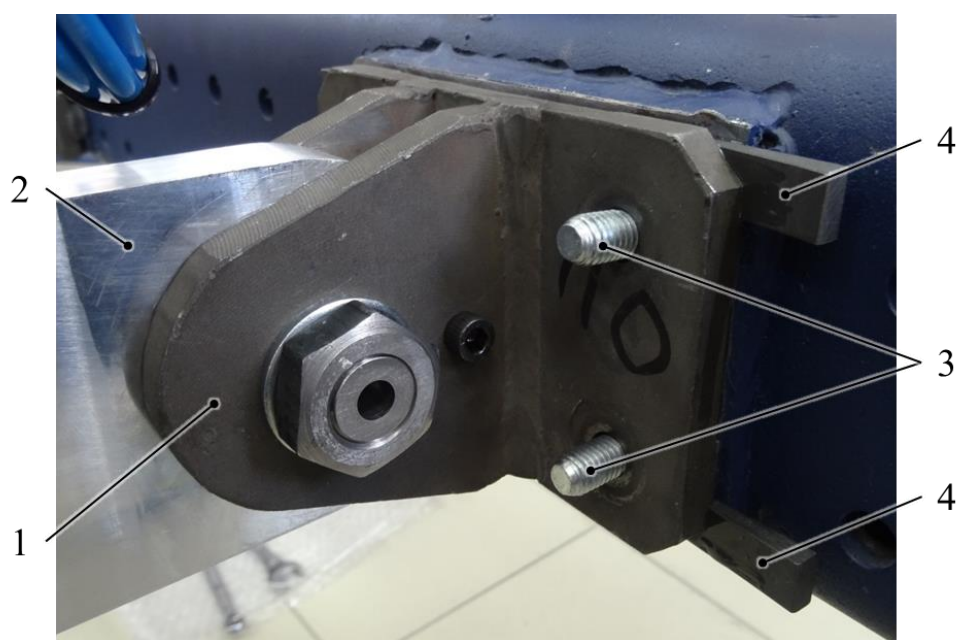


Рис. 3. Монтаж кронштейна на клиновидных прокладках

1 – монтируемый элемент; 2 – приспособление для захвата детали; 3 – фиксирующие болты (гайки не показаны); 4 – клиновидные прокладки.

Вариант с применением элемента типа «составной кронштейн» (б) рационален при ручном монтаже сборочной оснастки. Такой способ позволит избавиться от набора компенсирующих прокладок при традиционном монтаже сборочной оснастки, применяемом на ИАЗ. При этом конструкция составных кронштейнов может быть различной, с одним основным требованием: наличие двух ортогональных друг другу установочных плоскостей. Именно эти установочные плоскости дают возможность регулирования положения оси для навески базирующего элемента в 5 направлениях (рисунок 2).

Методика фиксации установочных элементов *с применением сварки* (в) подробно рассмотрена в работе [3]. Предварительные расчеты выполнены как при помощи традиционной методики инженерных расчетов, так и при помощи программного модуля для моделирования процесса сварки с построением конечно-элементной модели. Результаты этих расчетов показали состоятельность такого способа фиксации, но целый ряд требований по охране труда и обеспечения техники безопасности при выполнении сварочных работ не позволит широко использовать такой способ фиксации на производстве.

По результатам экспериментальных исследований для автоматизированного монтажа сборочной оснастки был выбран способ предварительной фиксации установочных кронштейнов *с применением клиновидных прокладок* (г).

Прокладки устанавливаются в компенсационный зазор между монтажной площадкой каркаса сборочной оснастки и основанием установочного кронштейна. После этого выполняется затяжка фиксирующих болтов за несколько последовательных итераций с определенным постепенным повышением момента затяжки и в определенной последовательности. Так же определены первоначальный и максимальный моменты затяжки болтов. Определено необходимое количество и расположение клиновидных прокладок в зависимости от расположения фиксирующих болтов с целью минимизации деформации основания кронштейна при затяжке болтов. На протяжении всей операции предварительной фиксации монтируемый элемент неподвижно удерживается в заданном положении роботом.

После выполнения навески и контроля координат базирующих элементов выполняется окончательная фиксация установочных элементов (кронштейнов) на каркасе сборочной оснастки. Окончательная фиксация обеспечивает сохранение положения элемента под действием технологических и эксплуатационных нагрузок, возникающих в процессе сборки изделий в данной сборочной оснастке.

Этот способ предварительной фиксации, как и способ с домкратными винтами предполагает последовательное повышение жёсткости контакта или усилия фиксации за счет постепенного повышения момента затяжки фиксирующих болтов, но целый ряд отличительных особенностей дает основные преимущества:

- при установке клиньев площади контакта больше;
- при повторном монтаже элемента не требуется доработки установочной площадки;
- наблюдается стабильность получения удовлетворительного результата монтажа, как по точности, так и по времени выполнения операции.

Окончательная фиксация выполняется в следующем порядке:

- 1) заполнение полимерной смолой компенсационного зазора, в который установлены клиновидные прокладки;
- 2) ожидание полного отверждения полимерной смолы;
- 3) установка фиксирующих штифтов в основании кронштейна, согласно методике, применяемой на ИАЗ при безэталоном монтаже.

В условиях автоматизированного монтажа, с учётом доработки конструкции базирующих элементов сборочной оснастки, при навеске базирующих элементов нет избыточных баз. Следовательно, при правильном монтажном положении установочных кронштейнов базирующие элементы устанавливаются по месту без существенных усилий.

В общей сложности монтаж базирующего элемента типа «рубильник» или «ложемент», устанавливаемых на 2 установочных элемента типа «вилочный кронштейн» должен занимать не более 89 минут (1 час 29 мин.). При пересчете на монтаж одной базовой точки получаем около 29,7 минут, что удовлетворяет техническим требованиям. Время на выполнение окончательной фиксации при этом не учитывается.

Преимущества выбранного способа фиксации элемента, монтируемого на каркасе сборочной оснастки при выполнении автоматизированного монтажа, в том, что он, согласно требованиям технического задания:

- обеспечивает достаточно жесткое закрепление монтируемого элемента на каркасе сборочной оснастки, чтобы сохранить заданное при монтаже положение элемента под действием технологических нагрузок в процессе эксплуатации сборочной оснастки;
- не изменяет положение монтируемого элемента, полученное в результате позиционирования;
- предварительная фиксация выполняется за достаточно короткое время (≤ 10 минут) (данное требование выдвигается с целью снижения времени простоя робота при удержании элемента в требуемом положении);
- требуемые изменения традиционной конструкции сборочной оснастки не существенны.

Список использованной литературы

1. Ахатов, Р.Х. Технология монтажа сборочной оснастки с применением промышленного робота / Р.Х. Ахатов, К.А. Однокурцев, Е.В. Зыкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – том 16, №1(5). – С. 1284-1291.
2. Говорков, А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2012.
3. Зыкова, Е.В. Использование сварки при фиксации базирующих элементов с обеспечением высокой точности позиционирования/ Е.В.Зыкова // Тенденции формирования науки нового времени. Сборник статей Международной научно-практической конференции (18 октября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – С. 22 - 26.
4. Чьен Х.В., Лаврентьева М.В. Определение состава базирующих элементов сборочного приспособления при сборке авиационного изделия / Вестник Иркутского технического университета. Иркутск, Изд-во ИрГТУ, №11, 2013. С.74-81.
5. Чимитов П.Е. Концепция автоматизированного проектирования средств технологического оснащения сборочного производства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 12 (59). С. 52-57.

УДК 53.08

**Ультразвуковые приборы, применяемые в рамках
строительно-технической диагностики***И.И. Киселева, С.А. Хороших*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Энергетическое обследование тепловых магистралей в рамках строительно-технической диагностика является одной из актуальных задач политики ресурсосбережения.

Ключевые слова: *энергетическое обследование; тепловая магистраль; ультразвуковые приборы.*

Тепловые магистрали обеспечивают теплом население и все энергохозяйство страны. Основные показатели тепловых магистралей – количество переданной потребителям тепловой энергии и потери тепла. При их определении необходимо учитывать то, что магистральные сети имеют большую разветвленность, разнородность участков, различный период ввода в эксплуатацию и степень физического износа. Для гидравлического и теплотехнического расчета такой системы с учетом изменяющихся параметров, необходимо использовать не только нормативный, но и информационный метод энергетического обследования, учитывающий многие технические особенности трубопроводов [1].

Проведение обследования технического состояния тепловой магистрали и снятие основных параметров в различных точках должно происходить, без каких либо подготовительных работ или переключений со стороны сети.

С целью получения достоверных данных о состоянии тепловой магистрали, используют современные приборы, основанные на неразрушающем методе исследований объектов строительно-технической диагностики, при использовании которых не нарушается пригодность изделия к применению и эксплуатации, такие как ультразвуковой расходомер, толщиномер и тепловизор.

Расходомер представляет собой прибор, состоящий из электронного блока и двух датчиков. На фото 1 показан портативный ультразвуковой расходомер, а на фото 2 проводимые замеры расхода на участке тепловой сети. Так в основе работы ультразвукового расходомера лежит фиксирование времени распространения сигнала. Используются для измерения объемного расхода и скорости любой чистой жидкости в технологических линиях, а так же в сетях холодного и горячего водоснабжения. При этом не требуется введение через стенку трубы каких-либо механических деталей или проникновение в трубопровод, нет необходимости перекрывать поток или опорожнять систему. При прохождении ультразвуковой волны между датчиками, скорость, с которой звук проходит сквозь жидкость, несколько увеличивается благодаря скорости потока жидкости по трубе.



Фото 1.



Фото 2.

Когда ультразвук проходит в обратном направлении, поток замедляет скорость прохождения звука. Полученная разница скоростей прямо пропорциональна скорости потока в трубе, в результате, зная площадь поперечного сечения трубы, можно легко вычислить объемный расход жидкости. Датчики расходомеров устанавливаются на наружной поверхности трубы и подключаются к электронному блоку, который находится у оператора.

Для измерения толщины и выявления коррозии используется цифровой ультразвуковой толщиномер. Прибор измеряет толщину стенки трубопровода выполненного из различных материалов. На фото 3 и 4 показан процесс измерения толщины трубопровода с разными техническими показателями.



Фото 3. Ультразвуковой толщиномер A1208



Фото 4. Ультразвуковой толщиномер DM 5E

Тепловизор позволяет быстро и надежно выявить точки аномального нагрева и потенциально проблемные участки при проведении технического обслуживания. Своевременное обнаружение проблемных участков позволяет избежать неисправностей и аварий в сети. На фото 5 и 6 тепло-визором FLIR P660 производится тепловизионное обследование с определением технического состояния и мест повреждений трубопроводов тепловых магистралей.



Фото 5. Тепловизор FLIR P660

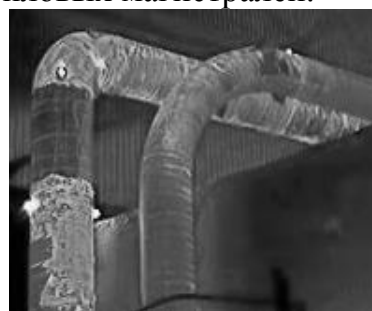


Фото 6.

Однако использование тепловизора в условиях положительных температур окружающего воздуха не дает четкую картину тепловых аномалий. Поэтому применение его в теплый период, в силу смазанной термодисперсионной картины исследования, не целесообразно [2].

Точки измерений выбираются исходя из возможности присоединения измерительных приборов в местах с трудно прогнозируемыми потерями тепла (ответвления, повороты, изменения диаметров трубопроводов), на участках сети, физический износ которых не определен, либо данные о нем устарели.

Результаты инструментальных замеров отражают техническое состояние трубопровода на момент проведения энергетического обследования и структуру реальных тепловых потерь в магистралях [3].

В результате строительно-техническая диагностика с применением ультразвуковых приборов основанных на неразрушающем методе исследования объектов и без отключения тепловой магистрали, дают возможность реально отразить техническое состояние и рассчитать эксплуатационный период работы трубопроводов.

Список использованной литературы

1. Байбаков С.А. К вопросу о методах и проблемах определения фактических потерь в тепловых сетях // Новости теплоснабжения, 2010. № 6 С. 36–39.

2. Кудряшов А.Н., Елизаров В.В., Самойлова Е.Ю. Оценка тепловых потерь на теплосетях в летний период // Вестник ИрГТУ. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. С. 233–239.

3. Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта тепловой энергии по показателю «Тепловые потери». СО 153-34.20.523(3). М: СПО ОРГРЭС, 2003. 58 с.

УДК 621.7.04

Анализ возможности пневмотермической формовки авиационных деталей типа полупатрубков методом виртуального моделирования

А.В. Колесников, А.П. Заболотский

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Показана возможность изготовления полупатрубков из нержавеющей стали методом пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности. Выполнено моделирование процесса ПТФ полупатрубков. Определено распределение толщины после формовки деталей. Получена управляющая программа формовки полупатрубков.

Ключевые слова: *пневмотермическая формовка, сверхпластичность, полупатрубки, управляющая программа.*

Пневмотермическая формовка (ПТФ) в режиме сверхпластичности в настоящее время является один из перспективных технологических процессов изготовления деталей новых образцов авиационной и ракетной техники [1]. За прошедшие годы был накоплен большой опыт проектирования и изготовления авиационных конструкций методом ПТФ. В условиях ПТФ изготавливают элементы конструкций летательных аппаратов из труднодеформируемых сплавов, такие как обтекатели, обшивки, элементы трубопроводов [2], многослойные панели [3] и др.

В настоящей статье рассмотрена возможность изготовления детали «Патрубок» (Рис.1) их нержавеющей стали 12Х18Н10Т методом пневмотермической

формовки в режиме сверхпластичности. Патрубок представляет собой симметричную трубу с расширением в центральной области и отводом.

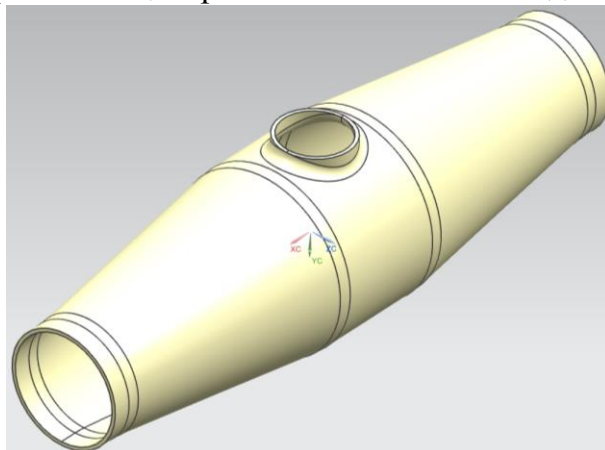


Рис. 1. Электронная модель патрубка

Патрубок изготавливается сваркой двух симметричных частей «Полупатрубков» между собой по оси симметрии (Рис.2).

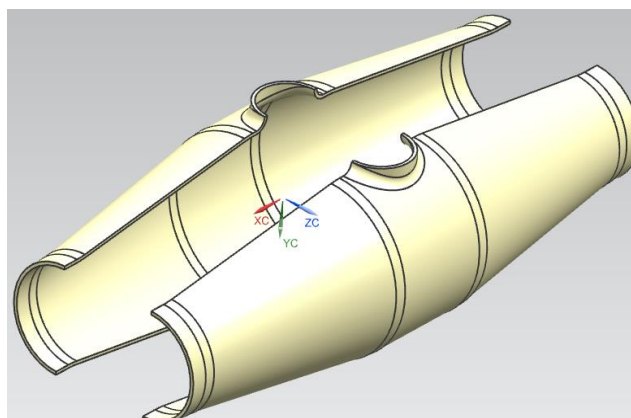


Рис. 2. Электронная модель полупатрубков

Для изготовления комплекта полупатрубков методом пневмотермического формования необходима специальная матрица с возможностью формовки пары симметрично расположенных полупатрубков. Электронная модель матрицы для формовки деталей показана на рисунке 3.

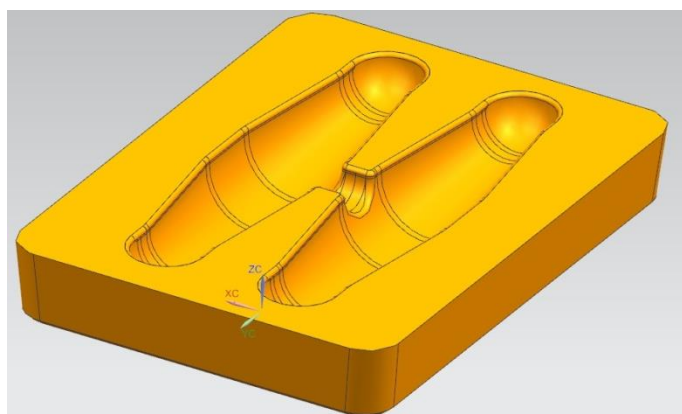


Рис. 3. Матрица для формовки полупатрубков

Для обеспечения режима сверхпластичности необходимо обеспечить постоянство степени деформации материала во время процесса формовки и температуры.

Постоянство температуры обеспечивается оборудованием сверхпластического формования, в котором осуществляется поддержание температуры с отклонением $\pm 5^\circ\text{C}$.

Постоянство степени деформации обеспечивается за счёт подачи изменяемого давления по времени в процессе формовки. Рассчитывать режим изменения давления можно с помощью моделирования в специальных программных комплексах, где заложена модель материала для сверхпластического формования, использующая эмпирическое уравнение [4]:

$$\sigma = K_1 \cdot \dot{\epsilon}^m,$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности;
 $\dot{\epsilon}$ – скорость деформации;
 m – коэффициент скоростного упрочнения.

Большинство программных комплексов позволяют автоматически рассчитывать график изменения потребного давления по времени, в зависимости от заданной скорости деформации, коэффициента скоростного упрочнения и критического напряжения текучести в режиме сверхпластичности.

В программном комплексе «MSC Marc» был смоделирован процесс ПТФ полупатрубка из нержавеющей стали 12X18H10T со следующими показателями состояния сверхпластичности: $\sigma_{max} = 80 \text{ Н/мм}^2$; $\dot{\epsilon}_{max} = 0.004 \text{ с}^{-1}$; $m_{max} = 0.5$ [5].

Таблица 1
Показатели состояния сверхпластичности стали 12X18H10T

Максимальное напряжение (σ_{max})	80 Н/мм ²
Коэффициент пропорциональности (K_1)	1265 kg/A ² *s ²
Показатель скоростного упрочнения (m_{max})	0,5
Скорость деформации ($\dot{\epsilon}_{max}$)	4*10 ⁻³ s ⁻¹

В результате моделирования получено распределение толщины в детали после формовки, представленное на рисунке 4.

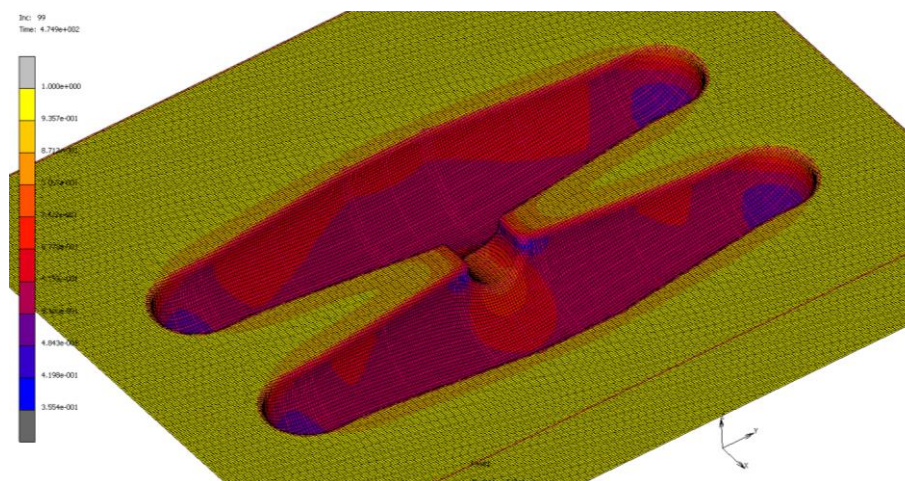


Рис. 4. Распределение толщины

Моделирование показало, что после формовки, минимальная толщина составит 0,355 мм. Исходная толщина листа 1,0 мм.

После выполнения расчёта получена управляющая программа для формовки полупатрубок в режиме сверхпластичности. График зависимости формирующего давления от времени представлен на рисунке 5.

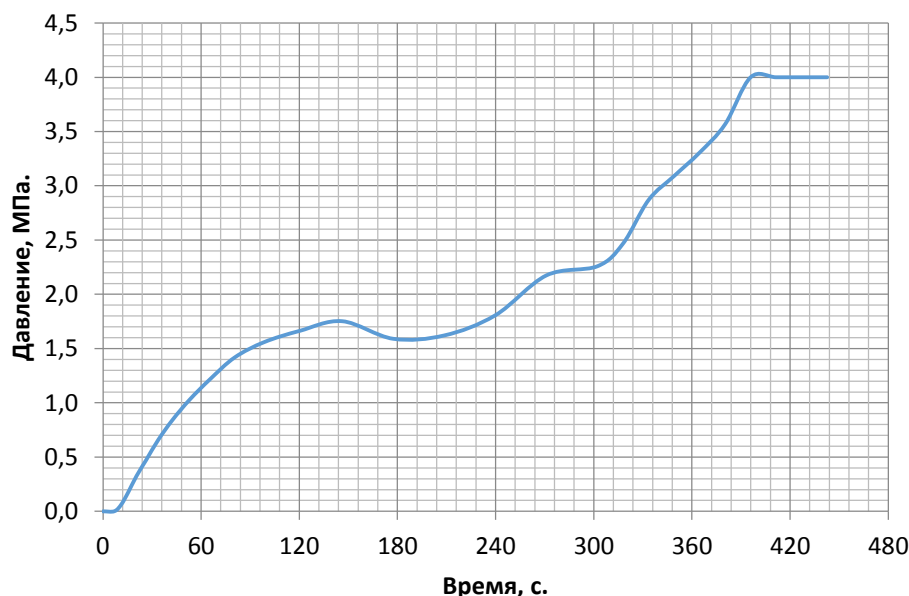


Рис. 5. График давления по времени

Максимальное давление для формовки полупатрубок составляет 4 МПа. Время формовки 450 с.

Таким образом, в результате моделирования было найдено распределение толщины после формовки, а также получена управляющая программа для изготовления полупатрубок в режиме сверхпластичности.

Список использованной литературы:

1. Горленко А.М., Шмаков А.К., Колесников А.В. Опыт внедрения и перспективы применения технологических процессов формообразования тонколистовых деталей л.а. из труднодеформируемых материалов в режиме сверхпластичности в авиастроении// Материалы Всероссийского научно-практического семинара «Высокоэффективные технологии проектирования, конструкторско-технологической подготовки и изготовления самолётов», 2011, с.121-129;
2. Горленко А.М., Пашкевич А.Г., Колесников А.В., Унагаев, Е.И. Пневмотермическая формовка тонкостенных элементов пневмогидросистем// Авиационная промышленность, 2011, №4, с.24-26;
3. Колесников А.В., Шмаков А.К. Пневмотермическая формовка трёхслойных клиновидных панелей с подпором обшивок// Вестник ИрГТУ, 2013, №11(82), с.52-57;
4. Смирнов О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности – М.: Машиностроение, 1979;

5. Чумаченко Е.Н. Сверхпластичность: материалы, теория, технологии / Е.Н. Чумаченко, О.М. Смирнов, М.А. Цепин. М.: КомКнига, 2005.

6. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.

УДК 620.9:621.436

Основа инновационной экономики Иркутской области – развитие биотехнологий, (на примере производства и использования биодизеля)

П.В. Королев, А.В. Полномочнов, А.Г. Кобыльский

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения
«Россельхозцентр» по Иркутской области, 664013, г. Иркутск, ул. Томсона, 3.
ООО «Агротехника», г. Иркутск, ул. Ракитная, 18, ст. 7.

В статье рассматриваются: основы развития инновационной экономики Иркутской области, программа по развитию биотехнологий, результаты конструкторско-технологических и научных исследований по созданию установки для получения биодизеля из рапса, конструкция установки для получения биодизеля, экономический эффект от использования биодизеля.

Ключевые слова: биотехнология, инновационная экономика, рапсовое масло, биодизель, экономический эффект от использования биодизеля, установка для получения биодизеля.

Экономика Иркутской области находится в тяжелом положении. Власти региона пытаются разрабатывать антикризисные меры и ищут возможные точки ее роста. Одной из таких точек роста может быть развитие биотехнологий, в частности производство биодизеля из рапса [1].

В рамках договора о творческом содружестве от 2014 года между ИрГТУ и Иркутским филиалом «Россельхозцентр» был разработан в 2015 году и представлен в министерство с/х Иркутской области Проект региональной программы «Производство и переработка рапса в Иркутской области на 2016-2021 годы» [2].

Проект программы предусматривает расширение посевов рапса с 6100 га в 2015 году до 100 тыс. га в 2021 году.

В Проекте программы расширение посевов рапса предлагается не за счет снижения существующих посевных площадей под зерновые культуры, а за счет введения в оборот неиспользуемой пашни, которая превышает 700 тыс. га по состоянию на 2014 год [2].

В Проекте программы особое внимание уделяется развитию биотехнологий, в частности, производство биодизеля из рапсового масла. Актуальность этого направления объясняется рядом следующих факторов.

Так для обработки 1 га пашни в Иркутской области в течении года требуется в среднем 60 литров солярки для трактора МТЗ и 80-120 литров - для трактора К-

700. Затраты с/х производителей только на солярку составляет в год около 1,5 млрд. рублей, а это сказывается на цене конечной продукции.

Из 1 тонны рапсового масла и 110 литров метанола можно получить 1 тонну биодизеля. При урожайности рапса 18-22 ц/га, выход биодизеля составит 800 литров с 1 га, что позволит обеспечить обработку 11-14 га пашни трактором МТЗ или 7 га трактором К-700.

Таким образом, если фермер перестанет закупать дизельное топливо, то для полной обработки всей пашни в течение одного года достаточно засадить рапсом 10% имеющейся у фермера земли. Если же фермер будет использоваться смесь биодизеля и солярки (50% на 50%), то засеваемая рапсом площадь уменьшится до 5% от общей площади пашни.

Себестоимость производства биодизеля для собственных нужд фермера из собственного сырья составит 15-17 руб. за 1 литр. В случае применения передовых технологий возделывания рапса и использования качественных семян, урожайность озимого рапса составит 60 ц/га, тогда себестоимость биодизеля не будет превышать 7 руб. за 1 литр [1].

К сожалению, в промышленных масштабах производства биодизеля такой себестоимости добиться невозможно. Одна из причин заключается в так называемом Китайском факторе. В течении последних двух лет Китай разрешил экспорт из России зерновых культур, в том числе и семян рапса. Вдоль Китайско-Российской границы, например в Маньчжурии, построены крупные предприятия по переработке семян рапса в масло и биодизель (рис. 1). Китайские фирмы стали закупать семена рапса в хозяйствах Иркутской области, в результате чего закупочные цены за два года выросли более чем в два раза и составили 20-22 руб. за 1 кг семян рапса.

Анализ информации о стоимости минерального дизельного моторного топлива показал следующее [1]: в Китае дизельное топливо по состоянию на 11.01.2016 г. стоит 0,8 \$ за 1 литр; в Европейских странах в январе 2016 года средняя цена дизельного топлива составляла 1,09\$ за 1 литр; за последние два года цена дизельного топлива в странах Европы снизилась на 15-30%; средние потребительские цены на дизельное топливо в России за последние 9 лет выросли на 200%: с 17,3 рубля за 1 литр в 2007 году, до 34,2 рубля за литр в 2015 году; в 2016 году предполагается повышение цены дизельного топлива в России на 14% к уровню 2015 года: до 39 рублей за литр; в большинстве стран мира (Бразилия, США, Китай, европейские страны), за исключением России, к 2020 году транспортные средства будут использовать до 10-15% биотоплива; ежегодный мировой рост объема производства биодизеля составляет 5-6%; в США и европейских странах реализуются государственные программы поддержки компаний, производящих биодизель, (субсидирование составляет 200 евро за тонну биотоплива), а в России такой программы нет.

Динамика изменения цен на ДТ (дизельное топливо) в России с 2000 года по настоящее время [3] и динамика изменения курса рубля по отношению к доллару США с 2000 года по настоящее время [4] позволили спрогнозировать стоимость ДТ в России на ближайшие 4 года (рис. 2).

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что при отсутствии производства биодизеля в России, рост стоимости минерального дизельного топлива в 2020 году может достигнуть 59 руб. за 1 литр.



Рис. 1. Предприятие в Маньчжурии по переработке семян рапса

Это приведет к: увеличению цен на продукцию растениеводства и животноводства для жителей Иркутской области; банкротству малых и средних предприятий в лесной отрасли, так как затраты на дизельное топливо в 2015 году составляли 40% от себестоимости лесозаготовок, что подрывает возможность ведения легального бизнеса; росту стоимости пассажирских и грузовых перевозок на автомобильном транспорте; росту стоимости электроэнергии, вырабатываемой на стационарных и передвижных дизель-электростанциях в неэлектрифицированных поселках.

В рамках Договора о творческом содружестве между ИрГТУ и Иркутским филиалом «Россельхозцентр» от 2014 г., на базе ООО «Агротехника» была изготовлена опытно-промышленная установка для получения биодизеля из рапса для собственных нужд сельхозпроизводителей.

Установка состоит из: бака емкостью 200 литров, блоков управления температурой и приводом насоса. Насос предназначен для перемешивания компонентов и откачки готовой продукции [1].



Рис.2. Динамика изменения цен на ДТ в России в рублях за 1 литр и прогноз до 2020 года

Техпроцесс получения биодизеля состоит из ряда этапов: в двухсотлитровую емкость заливают 170 литров рапсового масла, нагревают масло до температуры 60-70 градусов Цельсия, в емкость добавляют 19 литров метанола (марки А ГОСТ 2222-95) и 2 кг гидроксида калия (КОН ГОСТ 24363-80), соблюдая правила работы со щелочами и метанолом (защитная одежда, очки, перчатки, вентиляция), полученную смесь перемешивают в течение 8-12 часов при температуре 60-70 градусов Цельсия, в течение 4-5 часов смесь отстаивается и расслаивается на фракции: сверху – 165 литров биодизеля (золотистого цвета), ниже – 26 литров смеси мыла и глицерина (коричневого цвета), затвердевающего при температуре 38 градусов Цельсия, смесь мыла и глицерина (26 литров) медленно сливают из нижней части емкости, оставшийся в емкости биодизель проверяют на кислотность (лакмусовой бумагой) $pH=7$ и при наличии взвесей фильтруют через фильтр (5 микрон), срок хранения биодизеля 3 месяца. Цена реализации установки для сельхозпроизводителей составляет 60 тыс. рублей.

Рекомендуемый порядок использования биодизеля: в летнее время в смеси с минеральным дизельным топливом до 50-70% биодизеля по объему, а в зимнее время – до 30% биодизеля по объему с использованием присадок, препятствующих замерзанию.

Экономический эффект от использования биодизеля при замене 50% минерального дизельного топлива на биодизель позволит экономить только на обработке каждого гектара пашни от 660 до 1320 рублей. Кроме того, фермеры могут реализовывать рапсовую солому до 7 тонн/га, жмых после отжима масла и первичный глицерин. Если учесть, что посевная площадь сельхозкультур в Иркутской области превышает 600 тыс. га, то общий экономический эффект от использования биодизеля будет многомиллионный.

Результаты данной конструкторско-технологической и научной работы были представлены в 2015 году на 12-ой Китайской северной международной научно-технической выставке в городе Маньчжурия. Организаторы выставки высоко оценили простоту конструкции установки и качество полученного на ней биодизеля.

С целью продвижения идеи развития биотехнологий в Иркутской области, авторы разработали и представили в январе 2016 года в министерство сельского хозяйства Иркутской области Проект программы «Производство и переработка рапса в Иркутской области на 2016 – 2021 годы», в которой производство биодизеля вошло в качестве подпрограммы [2].

Авторы уверены, что реализация программы может быть использована в качестве одной из важнейших точек роста экономики Иркутской области. А биотехнологии будут основой развития инновационной экономики региона по обеспечению его продовольствием и получением биотоплива на основе возобновляемого сырья, что должно являться стратегическим приоритетом государственной политики областной администрации и использоваться при разработке региональной программы социально-экономического развития.

Список использованной литературы:

1. Опытнo-промышленная установка для получения биодизеля из рапса. Королев П.В., Полномочнов А.В., Кобыльский А.Г.. – В кн.: Авиамашиностроение и транспорт Сибири. Сборн. статей VI Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, - 2016 г., с. 216-220.

2. <http://rosselhoscenter.com/regions/sibirian/irkutskaya-oblast/5975-programma-proizvodstvo-i-pererabotka-rapsa-v-irkutskoj-oblasti-na-2016-2021-gody>
3. http://www.survey-invest.com/dinamika_rosta_cen_na_toplivo
4. <http://bhom.ru/currencies/usd/?startdate=alltime>

УДК 629.7.018

Современные методы и средства контроля герметичности в самолетостроении

А.И. Кудряшов, С.В. Гуцин

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены результаты анализа современных методов и аппаратуры, используемой в самолетостроении при контроле герметичности топливных баков, трубопроводов, герметичных отсеков и кабин. Сделаны выводы о применимости отдельных методов контроля в условиях современного производства.

Ключевые слова: герметичность; контроль; течеискатель; контрольное вещество; утечка.

Контролю на герметичность подвергают изделия, у которых на протяжении заданного времени должно сохраняться заданное давление рабочего или контрольного вещества либо утечка рабочего вещества не должна превышать допустимого значения. Эти величины задают в технических условиях (ТУ) на изготовление изделий. В самолетостроении к объектам, испытываемым на герметичность, относятся герметичные отсеки и кабины летательных аппаратов, агрегаты и соединяющие их элементы гидравлических и газовых систем, трубопроводы, баки и агрегаты топливных систем и др.

Герметичность является необходимым условием работоспособности изделий, поэтому надежность их контроля должна быть высокой.

Диапазон и проявления утечек весьма разнообразны, что можно видеть из данных таблицы 1.

Масс-спектрометрический метод контроля герметичности является наиболее совершенным и широко применяемым в самых разных отраслях промышленности.

Метод основан на разделении по массам сложной смеси газов и паров в электрическом и магнитном полях.

Большинство масс-спектрометрических течеискателей настроено на регистрацию одного пробного газа – гелия.

Гелий в весьма малых количествах содержится в атмосфере (3,8 мкм рт.ст.) и отсутствует в продуктах газовой выделения вакуумных систем. Поэтому фоновые эффекты при работе с ним сказываются значительно меньше, чем в случае применения других веществ.

Однако масс-спектрометрические течеискатели являются весьма сложными и дорогими приборами и требуют высококвалифицированного персонала для работы с ними (см. рис.1).

Специалисты Санкт-Петербургской компании «Вактрон» приняли участие в разработке проекта системы для проведения испытаний трубопроводных систем в консоли крыла самолета МС-21.

Таблица 1

Размеры и проявления утечек различной мощности

Величина потока $\text{м}^3\text{Па/с}$	Размер (диаметр) течи	Фактическое проявление течи при $\Delta p=1$ бар
10^1	1 мм	Истечение воды струей
10^{-1}	0,1 мм	Вытекание воды по капле
10^{-3}	0,03 мм	Водонепроницаемая/ газопроницаемая течь
10^{-5}	≈ 3 мкм	1 воздушный пузырек ($\approx 1\text{мм}^3$) за 10 сек
10^{-7}	$\approx 0,1$ мкм	Утечка газа объемом $\approx 1\text{см}^3$ за 12 дней
10^{-9}		Утечка газа объемом $\approx 3\text{см}^3$ за 1 год
10^{-11}		Утечка газа объемом $\approx 1\text{см}^3$ за 300 лет

МС-21 – это российский ближне-среднемагистральный пассажирский самолёт. Сертификация самолёта и ввод в эксплуатацию первых экземпляров планируются на 2017-2018 год.

Проверке на герметичность в данном самолете подлежат следующие системы: топливная, нейтрального газа, пожарной защиты, отбора воздуха и противообледенительная. Испытания разделены на два этапа. Сначала проводится проверка манометрическим методом, предполагающим контроль изменения давления во времени.

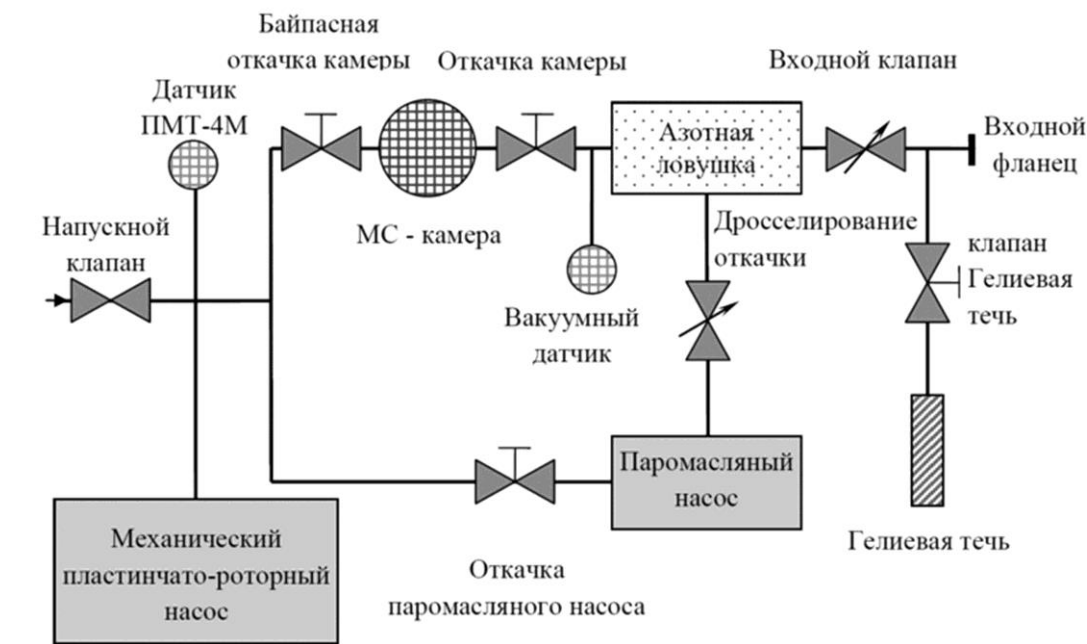


Рис.1. Схема масс-спектрометрического течеискателя ПТИ-10

Внутренняя часть контролируемого объекта соединяется с пневматической системой разработанного стенда с течеискателем [1]. Внутрь изделия подается избыточное давление воздуха. Изделие автоматически изолируется от системы подачи воздуха для последующего контроля за падением давления, которое вызвано наличием течей.

В течеискателе установлен эталонный герметичный объем, отделенный от измеряемого объекта чувствительной к перепаду давления мембраной.



Рис.2. Контроль герметичности узла самолета при помощи портативного гелиевого течеискателя

При наличии течи в испытуемом объекте, баланс давлений нарушается и мембрана, разделяющая объемы, деформируется. По изменению емкости конденсатора, одной обкладкой которого служит указанная мембрана, производится оценка численного значения потока течи в испытуемом объекте.

Если на данном этапе обнаружена утечка, то предлагаемый стенд заполняет объект гелиево-воздушной смесью. Оператор локализует место утечки с внешней стороны тестируемой системы с помощью портативного гелиевого течеискателя [2]. Минимальный достоверно регистрируемый прибором поток гелия составляет $1 \cdot 10^{-6}$ Па·м³/с, что для условий испытаний соответствует течи с эквивалентным диаметром 0,1 мкм.

Течеискатель имеет массу 320 грамм, способен работать от встроенной батареи до 10 часов. Благодаря минимальным размерам канала движения газа, прибор обеспечивает время реакции на поток гелия менее 0,5 секунды и время восстановления после измерения потока – менее 1 с. Прибору не требуется время для подготовки к измерениям, он готов к проведению течеискания сразу после включения.

Портативный течеискатель имеет два уровня чувствительности, что позволяет оператору осуществлять поиск течей определенных потоков. Работа в режиме низкой чувствительности позволяет обнаруживать течи гелия до 10^{-5} Па·м³/с, в режиме высокой чувствительности – до $1 \cdot 10^{-6}$ Па·м³/с).

Как и крупногабаритные стационарные течеискатели, переносной течеискатель имеет функцию обнуления фона, которая служит для привязки концентрации гелия в помещении к нулю, и позволяет проводить контроль герметичности независимо от постоянного уровня гелия вблизи объекта.

Портативный течеискатель снабжен экраном, где индицируется график измеряемого потока гелия через течь. Порог браковки изделия по течи устанавлива-

ется в цифровом виде в память прибора. При превышении данного порога, течеискатель сигнализирует о течи в изделии звуковым, световым и вибрационным сигналом.

Результаты измерений могут быть выведены на компьютер и сохранены. Прибор является индикаторным, не требует поверки в органах метрологического контроля. Периодическую поверку необходимо проводить для калибровочной гелиевой течи, используемой оператором течеискателя в качестве эталонного потока.

Разработанная система соответствует требованиям ОКБ Яковлева и корпорации «Иркут» и планируется к внедрению в линию сборки крыла самолета МС-21.

Для крупногабаритных агрегатов, таких как герметичные отсеки и пилотские кабины на наш взгляд целесообразно более внимательно отнестись к ультразвуковым или акустическим течеискателям.

Принцип акустического течеискания основывается на эффекте формирования звуковых и ультразвуковых колебаний при выходе струи жидкости или газа из отверстия (трещины, щели), которые могут быть зафиксированы с помощью ультразвуковых или виброакустических микрофонов, преобразующих акустические колебания в электрический сигнал.

Одним из представителей таких приборов является течеискатель Hellophone. Предназначен для регистрации колебаний в ультразвуковом диапазоне. Преобразованный сигнал прослушивается с помощью наушников и выводится на дисплей прибора.



Рис.3. Общий вид и комплект поставки течеискателя Hellophone

Этот течеискатель предназначен для обнаружения утечек сжатого газа и жидкостей, в том числе вязких. При использовании ультразвукового генератора возможно осуществлять также контроль герметичности объектов без создания избыточного давления в системе, что позволяет обнаружить места и размерность утечек в крупногабаритных агрегатах без использования их наддува при помощи компрессора и сократит длительность контроля.

Список использованной литературы:

1. Vinogradov M. Helium leak detection: Education, equipment, application //Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovations), 2015 IV Forum. – IEEE, 2015. – С. 1-4.
2. Виноградов М. Л. Разработка портативного прибора контроля герметичности вакуумных систем //Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2013. – С. 2013-3.

УДК 621:534.833

Системный подход в задачах синтеза алгоритмов управления упругими колебаниями мехатронных систем*Н.К. Кузнецов, Л. Б. Хань*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Приведены результаты исследований по синтезу алгоритмов управления колебаниями мехатронных систем с учетом упругости исполнительных механизмов на основе системного подхода с помощью задания не зависящих от структуры регулятора аналитических зависимостей, обеспечивающих желаемый вид колебательного движения, путем решения обратных задач динамики по определению потребных управляющих воздействий

Ключевые слова: *системный подход, мехатронные системы, обратные задачи динамики, компенсация упругих колебаний, алгоритмы управления.*

Автоматизация производственных процессов и развитие компьютерного управления движением привели к появлению нового класса машин и технологического оборудования автоматического действия – мехатронных систем, основанных на интеграции механических, электронных и информационных элементов. К ним можно отнести станки с числовым программным управлением, автоматические транспортные, складские и измерительные комплексы, обрабатывающие центры, гибкие производственные модули, автооператоры, промышленные и транспортные роботы и др. Актуальной проблемой создания мехатронных систем технологического и транспортного назначения, является проблема ограничения упругих колебаний исполнительных механизмов в переходных режимах работы.

К настоящему времени предложено большое число различных способов синтеза управления колебаниями мехатронных систем, вызванными упругой податливостью исполнительных механизмов. Для характеристики эффективности и качества системы управления в указанных выше методах используются либо прямые показатели, такие, как время регулирования, величина перерегулирования, статическая ошибка, либо косвенные (интегральные, корневые) критерии качества. Применение косвенных критериев не всегда оказывается оправданным и пригодным для технических приложений. Это связано с тем обстоятельством, что до настоящего времени, в общем случае, не решена проблема выбора весовых коэффициентов (матриц) в интегральных критериях и желаемого расположения полюсов замкнутой системы управления в корневых методах, гарантирующих заданные пер-

вичные показатели качества. Как показал анализ, предлагаемые методы либо недостаточно эффективны, либо сложны в реализации, либо приводят к нарушению законов программного движения. Кроме того, в известных работах недостаточно используются возможности системного анализа, связанные с выявлением системных связей и установлением характера взаимодействий между разнородными элементами мехатронных машин с целью их использования для реализации и обоснования наиболее оптимальных путей решения проблемы структурно-параметрического синтеза систем управления колебаниями на основе современных методов принятия решений и обработки информации. В этих работах, как правило, решаются задачи только параметрического синтеза при заданной структуре системы управления. Применяемые критерии эффективности управления не учитывают физическое содержание управляемого процесса, а используемые математические модели зачастую не учитывают системные связи, либо описываются сложными системами взаимосвязанных уравнений. Многие известные решения в этой области основаны скорее на инженерном опыте и интуиции, чем на научно-методологической основе системного анализа и синтеза.

В этой связи весьма перспективным представляется подход к решению проблемы синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем с упругими звеньями, основанный на применении концепции обратных задач динамики (ОЗД), обеспечивающей возможность реализации прямых неформальных критериев эффективности систем управления движением [1–4]. В настоящем докладе представлены некоторые результаты исследований по синтезу алгоритмов управления движением мехатронных систем с учетом упругости звеньев, основанных на использовании системного подхода с помощью задания не зависящих от структуры регулятора аналитических зависимостей, обеспечивающих желаемый вид колебательного движения путем решения обратных задач динамики по определению потребных управляющих воздействий.

Задачу синтеза алгоритмов управления движением будем рассматривать применительно к расчетной схеме, показанной на рис. 1.

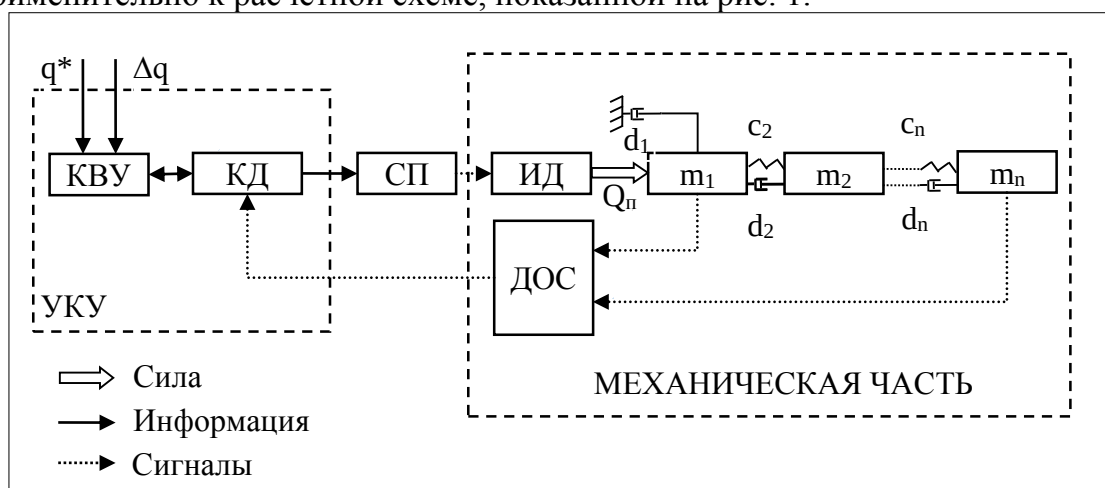


Рис. 1. Расчетная схема мехатронной системы

На этом рисунке приняты следующие обозначения: КВУ – компьютерный верхний уровень; КД – контроллер движения; СП – силовой преобразователь; ИД – исполнительный двигатель; УКУ – устройство компьютерного управления; ДОС – датчик обратной связи, m_1 , m_k , m_n – соответственно приведенные массы привода,

промежуточных и исполнительного механизмов, $k = \overline{2, (n-1)}$; c_k – приведенные коэффициенты жесткости, $k = \overline{2, n}$; d_k – коэффициенты вязкого трения, $k = \overline{1, n}$; Q_n – движущая сила привода.

С целью упрощения анализа упругих колебаний и синтеза систем управления, управляемое движение разделим на программное, определяемое технологическим процессом или условиями применения, и колебательное, обусловленное упругой податливостью исполнительного механизма. При этом инерционную взаимосвязь между движениями жесткой и упругой подсистемами учтем за счет введения инерционных сил взаимодействия в уравнения движения отдельных подсистем. Следует отметить, что такое разделение оказывается удобным не только в методологическом, но и в вычислительном аспекте при использовании математических моделей в алгоритмах управления движением, реализуемых в реальном режиме времени. В противном случае колебания механической системы выявляются как малые разности больших значений координат, что требует повышенной точности вычислений. Кроме того, существенно затрудняются упрощения, связанные с представлением о малости упругих колебаний.

С учетом сказанного, механическая часть мехатронной системы, с учетом дополнительных воздействий, описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{q}_1 + d_1 \dot{q}_1 - d_2 \Delta q_1' - c_2 \Delta q_1 = Q_n \\ m_2 \ddot{q}_2 + d_2 \Delta q_1' + c_2 \Delta q_1 - d_3 \Delta q_2' - c_3 \Delta q_2 = 0 \\ \dots \\ m_{n-1} \ddot{q}_{n-1} + d_{n-1} \Delta q_{n-2}' + c_{n-1} \Delta q_{n-2} - d_n \Delta q_{n-1}' - c_n \Delta q_{n-1} = 0 \\ m_n \ddot{q}_n + d_n \Delta q_{n-1}' + c_n \Delta q_{n-1} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $Q_n = Q_0 + Q_{\text{дол.}}$; $\Delta q_i = q_{i+1} - q_i$, $i = \overline{1, n-1}$; q_1 – абсолютная координата программного движения; q_i – абсолютные координаты i -ой массы, $i = \overline{2, n}$; Q_0 и $Q_{\text{дол.}}$ – движущие силы, которые управляют программным и колебательным движениями соответственно.

При использовании двигателей постоянного тока с учетом нелинейности упругой связи и нелинейности кривой намагничивания двигателя, система уравнений привода будет иметь вид:

$$\begin{cases} L \frac{dI_1}{dt} = E_n - C \Phi q_1' - I_1 r \\ W_n \frac{d\Phi}{dt} = E_\varepsilon - i_\varepsilon R_\varepsilon, i_\varepsilon = f(\Phi) \\ Q_n = C \Phi I_1, \end{cases} \quad (2)$$

где L и r – эквивалентные индуктивность и активное сопротивление якорной цепи; Φ – поток возбуждения двигателя; R_ε , W_n – эквивалентное сопротивление цепи возбуждения и число витков обмотки возбуждения двигателя; C – конструктивная постоянная электродвигателя; E_n , E_ε – ЭДС преобразователей, питающих якорь двигателя и цепь возбуждения двигателя; I_1 , i_ε – токи якорной цепи и цепи возбуждения двигателя.

Таким образом, задача синтеза управления мехатронными системами как с одной, так и многими степенями подвижности исполнительных механизмов может быть сведена к определению, на основе решения ОЗД, дополнительных воздействий $Q_{доп.}$ для компенсации колебательных движений Δq механической части расчетной схемы, показанной на рис. 1.

В качестве возможных вариантов задания требуемых законов изменения колебательного движения можно использовать конечные и дифференциальные уравнения, также интегральные квадратичные оценки упругих колебаний [5,6].

Определение динамических воздействий, обеспечивающих компенсацию упругих колебаний, в данной работе осуществлялось на примере задания интегральной оценки колебательных движений мехатронной системы.

В этом случае требуемое состояние упругой мехатронной системы задавалось в виде следующей зависимости

$$J = \int_0^T (X' Q X + U' F U) dt. \quad (3)$$

Здесь X – вектор состояния динамической системы; Y – вектор выхода; U – вектор управляющих воздействий; A – матрица динамических параметров системы; B – вектор коэффициентов усиления управляющих воздействий; C – матрица выхода; D – матрица непосредственного воздействия входа на выход; Q – неотрицательно определенная, а F – положительно определенная матрица весовых коэффициентов.

Компенсирющие воздействия Q_0 , при котором реализуется минимум квадратичного функционала J , формируются по вектору состояния динамической системы

$$Q_{доп.} = -F^{-1} B' K X. \quad (4)$$

В этом выражении K представляет собой решение матричного уравнения Риккати:

$$KA + A'K - KBF^{-1}B'K + P = 0. \quad (5)$$

Для нахождения компенсирующих воздействий (4) разрешим уравнение (5). При этом матрицы весовых коэффициентов, входящие в это уравнение, зададим в виде:

$$K = [k_{ij}]; i, j = 1 \div 5; P = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{55} \end{bmatrix}; F = [f_{11}]. \quad (6)$$

Уравнение (5) распадется на 15 алгебраических уравнений относительно компонентов матрицы K :

$$\begin{aligned}
 & \frac{-2}{a_0}(k_{11}a_5 + k_{12}a_4 + k_{13}a_3 + k_{14}a_2 + k_{15}a_1) - b_1(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{12} + b_3(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{14} + p_{11} = 0 \\
 & k_{11} - \frac{1}{a_0}(k_{12}a_5 + k_{22}a_4 + k_{23}a_3 + k_{24}a_2 + k_{25}a_1) - b_1(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{22} + b_3(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{24} = 0 \\
 & k_{12} - \frac{1}{a_0}(k_{13}a_5 + k_{23}a_4 + k_{33}a_3 + k_{34}a_2 + k_{35}a_1) - b_1(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{23} + b_3(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{34} = 0 \\
 & k_{13} - \frac{1}{a_0}(k_{14}a_5 + k_{24}a_4 + k_{34}a_3 + k_{44}a_2 + k_{45}a_1) - b_1(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{24} + b_3(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{44} = 0 \\
 & k_{14} - \frac{1}{a_0}(k_{15}a_5 + k_{25}a_4 + k_{35}a_3 + k_{45}a_2 + k_{55}a_1) - b_1(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{25} + b_3(b_1k_{12} + b_3k_{14})k_{45} = 0 \\
 & k_{12} + k_{12} + b_1(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{22} + b_3(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{24} + p_{22} = 0 \\
 & k_{22} + k_{13} + b_1(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{23} + b_3(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{34} = 0 \\
 & k_{23} + k_{14} + b_1(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{24} + b_3(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{44} = 0 \\
 & k_{24} + k_{15} + b_1(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{25} + b_3(b_1k_{22} + b_3k_{24})k_{45} = 0 \\
 & k_{32} + k_{23} + b_1(b_1k_{23} + b_3k_{34})k_{23} + b_3(b_1k_{23} + b_3k_{34})k_{34} + p_{33} = 0 \\
 & k_{33} + k_{24} + b_1(b_1k_{23} + b_3k_{34})k_{24} + b_3(b_1k_{23} + b_3k_{34})k_{44} = 0 \\
 & k_{34} + k_{25} + b_1(b_1k_{23} + b_3k_{34})k_{25} + b_3(b_1k_{23} + b_3k_{34})k_{45} = 0 \\
 & k_{34} + k_{34} + b_1(b_1k_{24} + b_3k_{44})k_{24} + b_3(b_1k_{24} + b_3k_{44})k_{44} + p_{44} = 0 \\
 & k_{44} + k_{35} + b_1(b_1k_{24} + b_3k_{44})k_{25} + b_3(b_1k_{24} + b_3k_{44})k_{45} = 0 \\
 & k_{45} + b_1(b_1k_{25} + b_3k_{45})k_{25} + b_3(b_1k_{25} + b_3k_{45})k_{45} + p_{55} = 0 \\
 & (7)
 \end{aligned}$$

Поскольку определение корней (7) аналитическими методами затруднено, воспользуемся численными методами решения. Оптимальное воздействие для данной задачи по критерию (3) согласно (4), (6) и (7) запишется в виде

$$Q_{оп.} = \left[\begin{aligned} & (b_1k_{12} + b_3k_{14})\Delta q + (b_1k_{22} + b_3k_{24})\Delta q' + (b_1k_{23} + b_3k_{34})\Delta q'' \\ & + (b_1k_{24} + b_3k_{44})\Delta q^{(3)} + (b_1k_{25} + b_3k_{45})\Delta q^{(4)} \end{aligned} \right] f_{11} \quad (8)$$

Структурно-функциональная схема системы формирования компенсирующих воздействий, полученная на основе уравнений (3) и (8), показана на рис. 2.

Как следует из этой структурной схемы, для реализации управляющего воздействия по принципу обратной связи требуется измерять не только упругую координату Δq , но и ее производные до четвертого порядка. Вычисление коэффициентов усиления обратных связей осуществляется в КВУ по заданным параметрам колебательного движения и весовым коэффициентам p_{ij} и f_{11} . Полученные сигналы управления через КД и СП подаются на привод ИД.

С целью проверки эффективности компенсирующего воздействия (8) было проведено моделирование движения мехатронной системы с помощью программы Matlab M-Files для различных параметров исходной системы. При этом внешние воздействия задавались в виде $Q_0=1(t)$ с нулевыми начальными условиями.

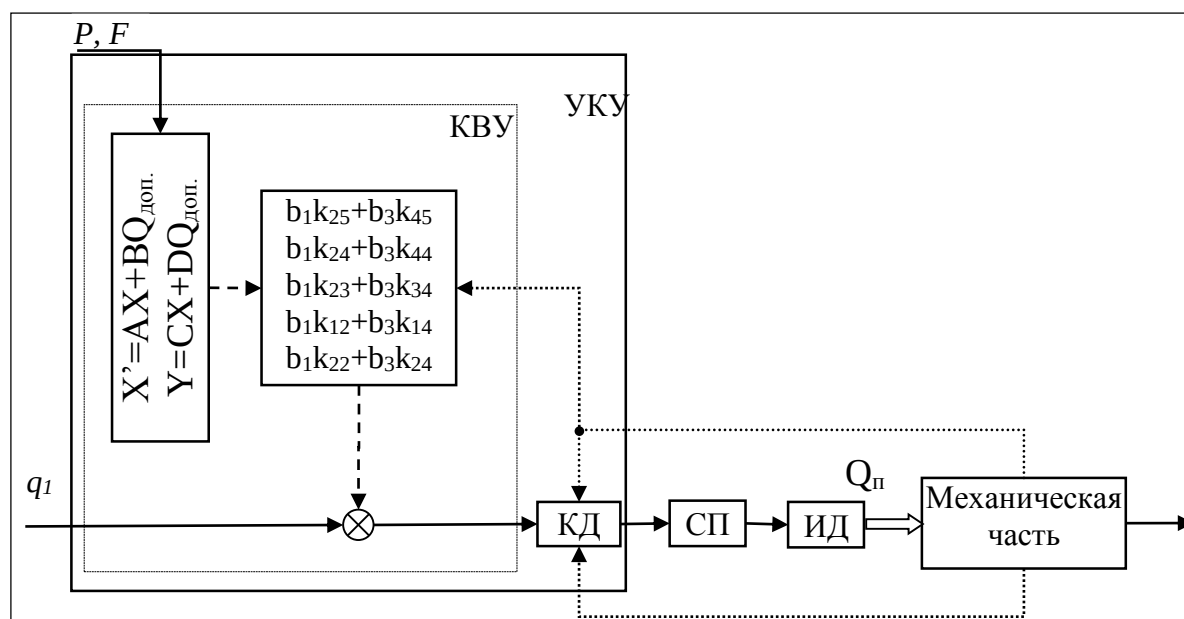


Рис. 2. Структурная схема системы

Исследования показали, что дополнительные воздействия обеспечивают высокую эффективность, повышает точность, сократить длительность переходных процессов. При равенстве парциальных частот ω_2 и ω_3 эффективность управления не сильно изменяется при повышении коэффициентов γ и η , а снижение μ приводит к повышению эффективности предложенного алгоритма. Кроме этого, при равных значениях коэффициентах γ , η и μ , эффективность достигается максимально при соотношении $\omega_2 < \omega_3$, а минимально при соотношении $\omega_2 > \omega_3$.

Список использованной литературы:

1. Кузнецов Н.К. Управление колебаниями двухмассовой системы как задача введения дополнительных связей // Мехатроника. Автоматизация. Управление. – 2005. – № 12. – С. 30–35.
2. Кузнецов Н.К. Управление колебаниями упругих мехатронных систем // Мехатроника. Автоматизация. Управление. – 2005. – № 7. – С. 7–13.
3. Кузнецов Н.К., Перельгина А.Ю. Исследование эффективности управления колебаниями на основе трехмассовой расчетной схемы // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2008. – №1. – С. 85–92.
4. Кузнецов Н.К. Синтез алгоритмов управления колебаниями мехатронных систем на основе задания экспоненциальных законов изменения упругих координат / Н. К. Кузнецов, Ле Ба Хань // Вестник ИрГТУ. – 2012. – №10. – С. 43–47.
5. Кузнецов Н.К. Синтез алгоритмов управления колебаниями многомассовых мехатронных систем на основе интегральных квадратичных оценок / Н.К. Кузнецов, Ле Ба Хань // Вестник ИрГТУ. – 2013. – №12. – С. 83–88.
6. Кузнецов Н.К. Управление колебательными движениями мехатронных систем на основе задания дифференциальных уравнений движения исполнительных механизмов / Н.К. Кузнецов, Ле Ба Хань // Вестник ИрГТУ. – 2013. №5. – С. 21–25.

УДК 625.768.1

Блок-схема к определению рационального режима работы малогабаритной подметально-уборочной машины*М. П. Куксов*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, ул. Лермонтова, д. 83

Приведена блок-схема, которая совместно с математической моделью рабочего процесса малогабаритной подметально-уборочной машины, позволяет определять рациональный режим работы при заданных внешних условиях.

Ключевые слова: подметально-уборочная машина, рабочий процесс, параметр регулирования, рациональный режим работы.

Рабочий процесс малогабаритной подметально-уборочной машины складывается из следующих операций: подметание щеткой смета и транспортирование его потоком воздуха, создаваемым вентилятором, в бункер.

Для описания параметров рабочего процесса коммунальной машины используется математическая модель, представленная в работе [1]. Внешними факторами, влияющими на рабочий процесс, являются: загрязненность очищаемой поверхности q , вес подметально-уборочной машины G , уклон дорожной поверхности α , и требуемая эффективность уборки $\mathcal{E}$. После задания начальных данных, с помощью параметров регулирования рабочего объема гидронасосов привода двигателя f_1 , щетки f_2 и вентилятора f_3 происходит настройка двигателя на рациональный режим работы, при котором угловая скорость коленчатого вала двигателя ω является номинальной, двигатель работает в режиме максимальной мощности, прослеживается наивысшая производительность коммунальной машины и минимальная энергоемкость рабочего процесса.

Последовательность определения значений параметров регулирования f_1, f_2, f_3 представлена на блок-схеме, изображенной на рис. 1.

Блок 1 задает параметры базовой машины и рабочего оборудования.

Блок 2 определяет внешние условия, шаг и интервал варьирования.

Блок 3 рассчитывает основные параметры рабочего процесса при заданных внешних условиях.

Блок 4 определяет начальные условия, шаг и интервал варьирования управляющего воздействия f_1 .

Блок 5 определяет начальные условия, шаг и интервал варьирования управляющего воздействия f_2 .

Блок 6 определяет начальные условия, шаг и интервал варьирования управляющего воздействия f_3 .

Блок 7 проверяет выполнение условия $\omega - \omega_H = \Delta\omega$. Т.е. отклонение фактической угловой скорости ω от номинальной ω_H не должно превышать допустимое $\Delta\omega$.

Блок 8 проверяет выполнение условия $\mathcal{E} - \mathcal{E}_H = \Delta\mathcal{E}$. Отклонение фактической эффективности уборки $\mathcal{E}$ от требуемой $\mathcal{E}_H$ лежит в пределах допустимой $\Delta\mathcal{E}$.

Блок 9 проверяет выполнение условия $V_{1_{возд}} - V_{возд} = \Delta V_{возд}$. Т. е. фактическая скорость воздуха $V_{1_{возд}}$, развиваемая вентилятором в трубопроводе, превышает требуемую скорость воздуха $V_{возд}$ на допустимую величину $\Delta V_{возд}$.

Блок 10 сохраняет результаты расчета.

Блок 11 выводит на печать результаты.

Блок 12 завершает работу.

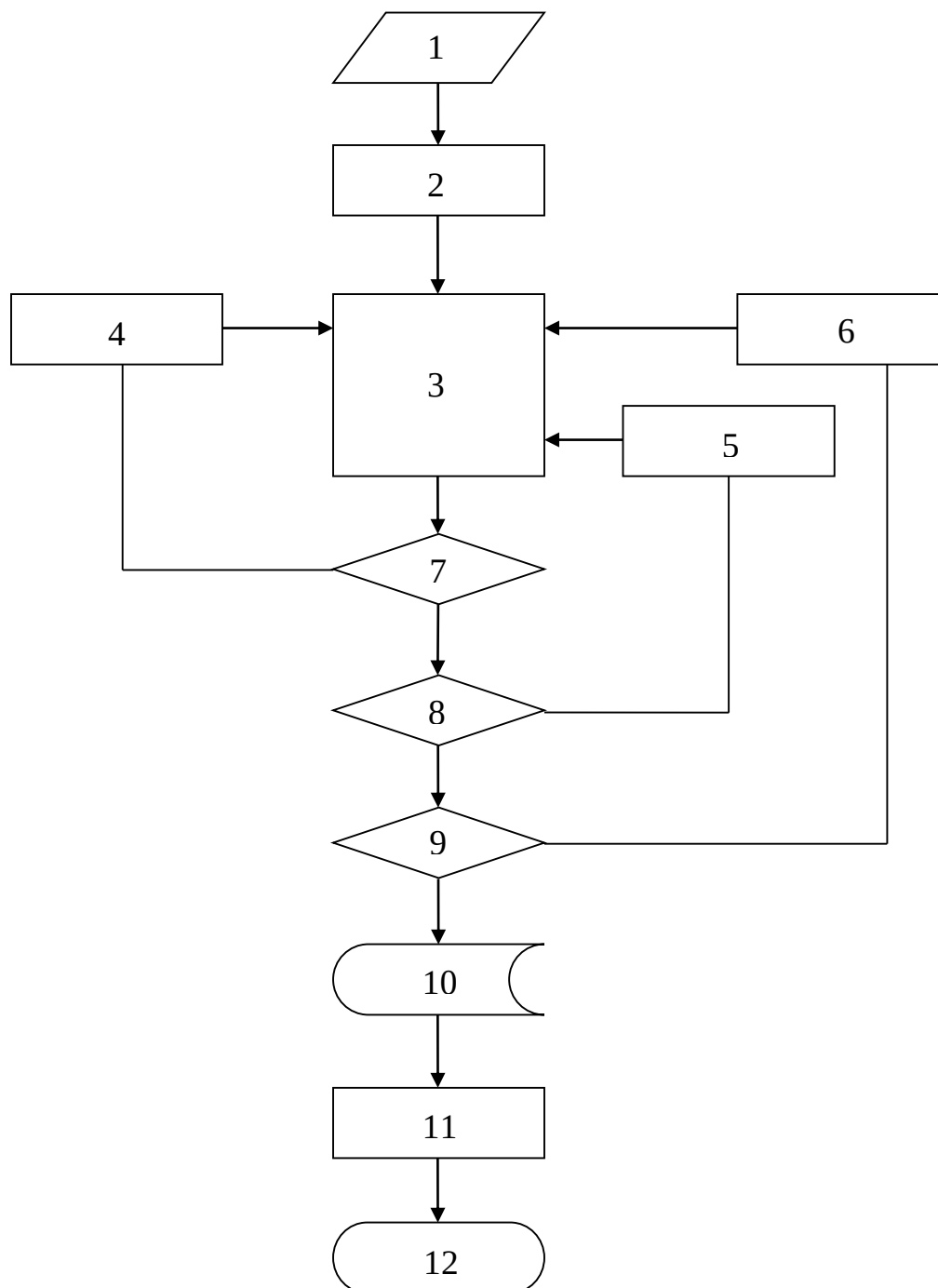


Рис. 1. Блок-схема для определения параметров рабочего процесса малогабаритной подметально-уборочной машины

В блок 1 вводятся характеристики базовой машины и рабочего оборудования. Для базовой машины это: номинальная угловая скорость коленчатого вала

двигателя, силовой радиус ведущего элемента движителя, рабочие объемы насосов и моторов гидрообъемной трансмиссии и привода рабочего органа, передаточные числа механических передач, КПД трансмиссии и привода рабочего органа, вес и коэффициент сопротивления перемещению машины, эмпирические коэффициенты для определения буксования движителя. Характеристики рабочего оборудования зависят от параметров цилиндрической щетки: жесткости ворса, величины деформации ворса при прижатии щетки, коэффициент трения ворса об очищаемую поверхность. Для вентилятора характеристиками будут являться параметры лопастного колеса, развиваемый расход воздуха, и т.д.

В блоке 2 задаются внешние условия, такие как q , G , α , Θ , шаг и интервал их варьирования.

Блок 3 производит вычисление основных параметров рабочего процесса и передает управление на блок 7, где проверяется условие полной загрузки двигателя: $\omega - \omega_H = \Delta\omega$.

Если условие не выполняется, то управление передается на блок 4, в котором изменяется первоначальное значение управляющего воздействия f_1 , увеличивающее загрузку двигателя. Затем в блоке 3 заново производится пересчет основных параметров, а в блоке 7 проверяется выполнение условия полной загрузки двигателя. Цикл повторяется до тех пор, пока двигатель не будет загружен полностью, о чем свидетельствует равенство расчетного и номинального значений угловой скорости коленчатого вала двигателя.

После того, как полная загрузка двигателя достигнута, управление передается на блок 8, в котором проверяется условие соответствия достигнутой эффективности уборки требуемой эффективности уборки: $\Theta - \Theta_H = \Delta\Theta$.

Если условие не выполняется, то управление передается на блок 5, где происходит изменение управляющего воздействия f_2 , в блоке 3 происходит пересчет основных параметров с новым его значением. При изменении f_2 изменяется и угловая скорость коленчатого вала ω , поэтому повторяется проверка полной загрузки двигателя, а затем процесс возвращается во второй цикл и продолжается до тех пор, пока оба условия не будут выполнены.

Далее управление передается на блок 9, в котором проверяется выполнение условия соответствия развиваемой скорости воздуха в трубопроводе требуемой для транспортирования загрязнений: $V_{1_{возд}} - V_{2_{возд}} = \Delta V_{возд}$.

Если условие не выполняется, то управление передается на блок 6, в котором происходит изменение управляющего воздействия f_3 . Затем, в блоке 3 производится пересчет основных параметров рабочего процесса при новых значениях. При изменении f_3 изменяется угловая скорость коленчатого вала ω , поэтому снова выполняется проверка условия полной загрузки двигателя, а также проверка достижения требуемой эффективности уборки. Таким образом, процесс циклически повторяется до тех пор, пока все три условия не будут выполнены.

Далее управление передается на блок 10, сохраняющий результаты расчета. Результаты расчетов выводятся на печать, и процесс завершается.

Таким образом, приведенная блок-схема позволяет, задаваясь внешними условиями и параметрами базовой машины, определять рациональный режим работы подметально-уборочной техники.

Список использованной литературы:

1. Зедгенизов В. Г., Куксов М. П. Определение рациональных режимов работы малогабаритной коммунальной машины для летнего содержания дворовых территорий с использованием математического моделирования // Вестник ИрГТУ. 2015. №3 (98).

УДК 621.7.04

Применение CAD и CAE систем в технологической подготовке процессов эластоформования

Е.В.Ледовских

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

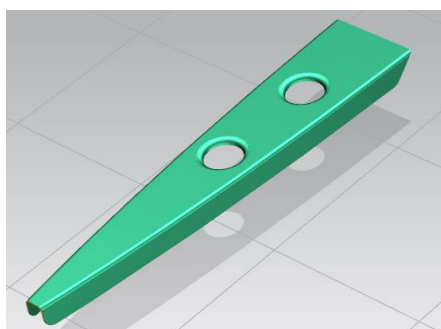
Показана эффективность применения CAD и CAE систем для подготовки процессов эластоформования. Выполнено виртуальное моделирование формообразования двух деталей и процесс комплексного моделирования вырубки с последующим формообразованием на примере третьей детали.

Ключевые слова: эластоформование, листовая штамповка, CAD и CAE системы.

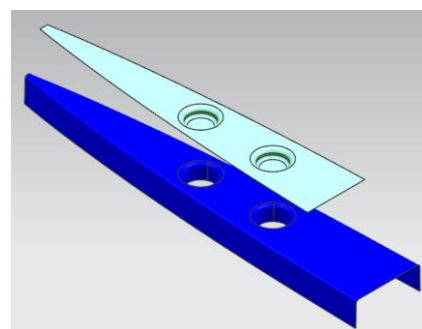
Одним из эффективных путей повышения производительности труда в авиационной и машиностроительной промышленности является использование CAD и CAE систем в современной технологической подготовке процессов эластоформования. Актуальность проблемы заключается в применении систем графического моделирования и численного моделирования процессов эластоформования. Это позволяет сократить затраты ручного труда и снизить себестоимость получаемых деталей. Кроме того применение CAD, CAE систем существенно расширяет технологические возможности процессов эластоформования.

В статье описывается опыт применения CAD, CAE систем – NX 9 и PAM-STAMP 2G 2012.1. На примере трех деталей показана актуальность использования систем графического моделирования и технологического анализа.

В первом примере (см. рисунок 1) рассматривается моделирование процесса эластоформования детали с бортами малой выпуклой кривизны.



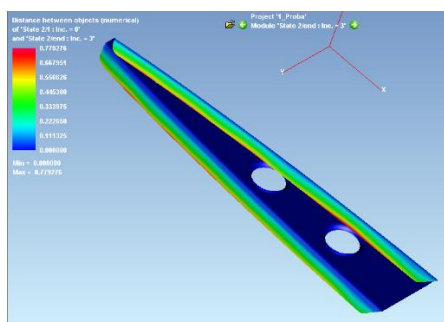
Геометрия детали



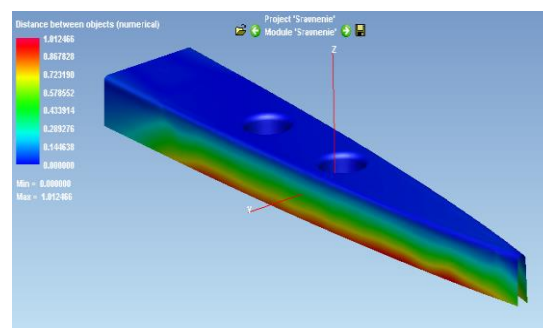
Крышка для формблока

Рис. 1. Деталь №1

Данная технология позволяет заглянуть в глубь технологического процесса и отслеживать разные параметры и этапы. В процессе моделирования была рассчитана величина упругого отклика материала (см. рисунок 2) и далее был проведен итерационный расчет компенсации пружинения в оснастке. В результате была получена геометрия скомпенсированной по пружинению рабочей поверхности оснастки.



Распределение пружинения по поверхности детали

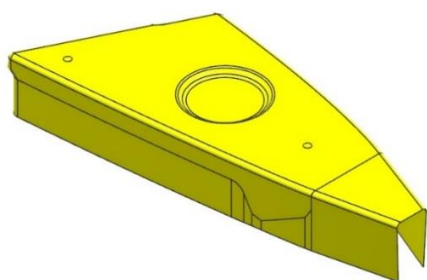


Геометрия скомпенсированной поверхности оснастки

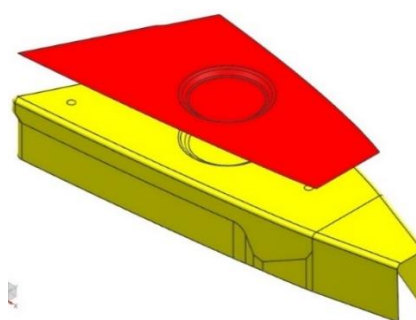
Рис. 2. Результаты моделирования

На примере второй детали был рассмотрен технологический процесс и влияние его на прочностные характеристики детали. В научной литературе [1] описан аналитический способ определения силовых воздействий при которых исключается гофрообразование и как на это влияет геометрические параметры кривизны выпуклого борта. Данные методики крайне редко используются технологами и конструкторами в виду своей сложности. Численное моделирование позволяет использовать эти методики путем проведения виртуального эксперимента. В результате можно оценивать происходящее в районе проблемной зоны визуально, что облегчает принятие решения.

При формовке детали формозадающим инструментом является формблок. Базирование заготовки на формблоке осуществляется по 2 ШО. На формблоке используется крышка, с помощью которой обеспечивается формообразование отбортовки в плоскости стенки (см. рисунок 3).



Электронная геометрическая модель оснастки с размещением ШО



Крышка для формблока

Рис. 3. Электронные модели оснастки и крышки

На рисунке 4 показана наиболее характерная часть формообразования данной детали (начало образования гофр).

Третья деталь показывает применение комплексного моделирования, которое совмещает в себе моделирование процессов вырубки в жестких штампах и

последующее эластоформование. Данный подход позволяет отследить процесс основных технологических операций над заготовкой.

Моделирование осуществляется на основе детали уголок, изготовленной из алюминиевого сплава Д16АМ, толщина детали 1,2 мм.

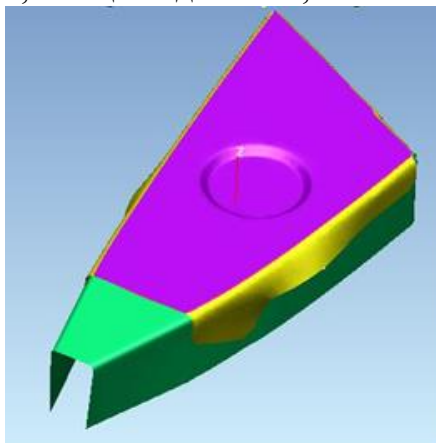


Рис. 4. Образование гофр

На первом этапе моделирования была получена развертка детали с помощью метода обратного подхода «Inverse», для дальнейшего проектирования вырубного штампа (см. рисунок 5).

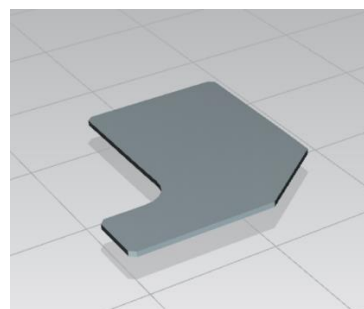
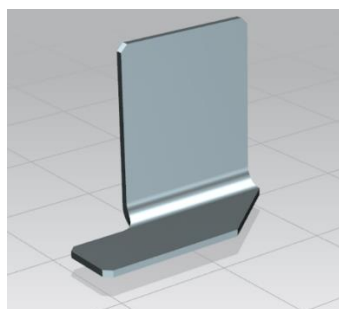
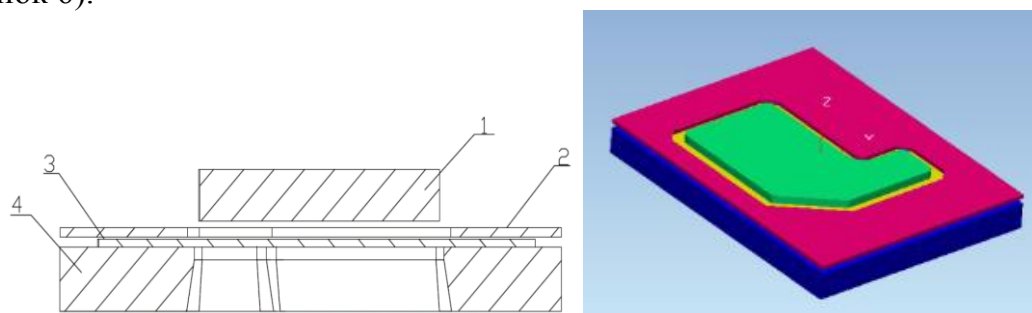


Рис. 5. Получение развертки с учетом свойств материала

На основе контура развертки, была создана модель вырубного штампа (см. рисунок 6).



1 - пуансон; 2 - прижим; 3 - заготовка; 4 - матрица

Рис. 6. Модель вырубного штампа

Вырубка осуществлена с помощью переразбиения элементов сетки и атрибута удаления элементов по заданному параметру. В качестве заданного параметра используется пластическая деформация в размере 25-30%. (см. рисунок 7, 8).

Модель формообразующей оснастки (см. рисунок 9) была создана на основе геометрии детали. В качестве деформирующей среды задана математическая жидкость с заданными параметрами, эквивалентными полиуретану.

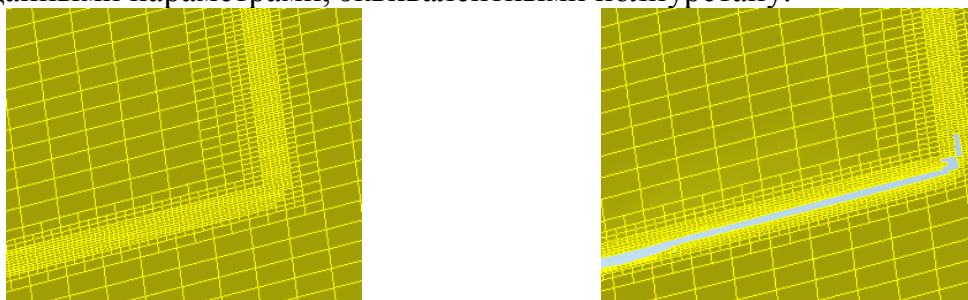


Рис. 7. Переразбиение элементов сетки и их удаление

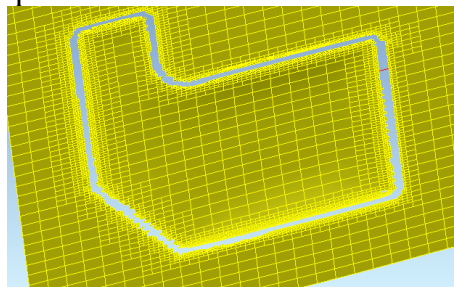


Рис. 8. Полученный контур заготовки

Выставление заготовки производится по упору, крышка обеспечивает неподвижность заготовки.

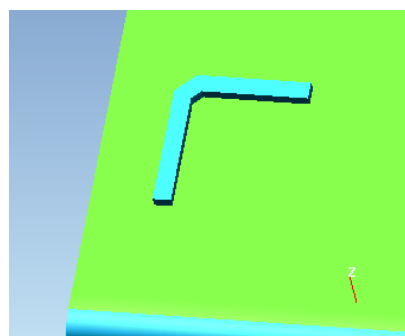
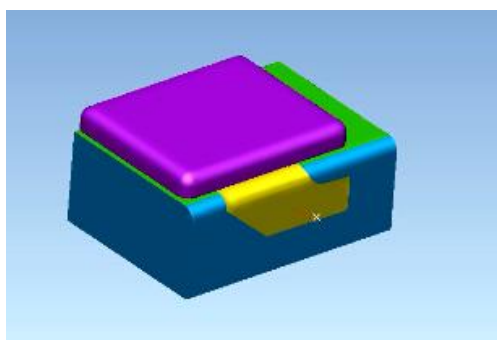
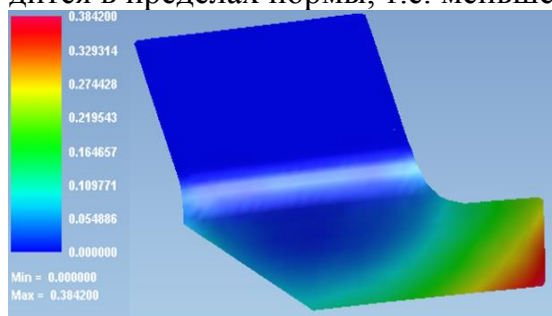
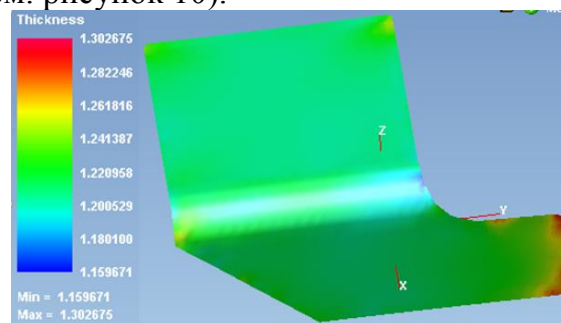


Рис. 9. Модель формообразующей оснастки

В результате моделирования были получены данные, такие как распределение пружинения и толщины по поверхности детали. Моделирование показало, что распределение пружинения не равномерное. Утонение будет равно 3.4% что находится в пределах нормы, т.е. меньше 20% (см. рисунок 10).



распределение пружинения



распределение толщины

Рис. 10. Результаты моделирования

Для формообразования данной детали потребное давление должно равняться 80 МПа.

Моделирование позволило произвести виртуальную отработку на раннем этапе проектирования.

Таким образом, на примере трех деталей была показана важность применения CAD и CAE систем при технологической подготовке процессов эластоформования. Данный подход позволяет оценить и проанализировать ход процесса и еще на стадии технологической отработки определить возможные дефекты. Применение CAD и CAE систем существенно расширяет технологические возможности процессов эластоформования.

Список используемой литературы:

1. Исаченов Е.И. Штамповка резиной и жидкостью - М.: Машиностроение , 1967 г. – 367 с.
2. PAM-STAMP 2012 User's Guide, ESI Group, 2012 – 960 с.
3. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке – М.: Машиностроение , 1971 г. – 782 с.
4. Аверкиев Ю.А, Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки – М.: Машиностроение , 1989 г. – 304 с.
5. Чеславская А.А., Мироненко В.В., Колесников А.В., Максименко Н. В., Котов В. В. Выбор рационального метода формообразования детали средствами инженерного анализа с применением CAE-систем. – Москва: Металлург, №12, 2014. с.24-31.
6. Массель Л.В., Жилиев А.С., Говорков А.С. Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №2. Том 17. 2016. с.133-137.

УДК 621.914.1

Модальный анализ промышленного робота KUKA KR210 R2700 extra

А.Ю. Лобова

Иркутский национальный исследовательский технический университет

В данной статье приведены результаты исследований по определению стабильных областей резания на основании выполненного модального анализа робота KUKA KR210 R2700 extra .

Ключевые слова: модальный анализ, стабильное резание, механообработка

После механической обработки резанием на большинстве деталей остаются заусенцы, которые должны быть удалены. В настоящее время существует несколько видов финишной обработки: галтование, обработка эластичным абразивным инструментом, виброабразивная обработка [8-12]. Под ограничения этих методов обработки кромок попадают крупногабаритные детали. Поэтому единственным возможным методом обработки кромок деталей со сложным контуром является ручная слесарная доводка, имеющая следующие недостатки: процесс удаления заусенцев длительный, а качество обработанной поверхности зависит от квалификации и опыта рабочего, при этом возможны зарезы и перешлифовки. Эта

проблема актуальна при обработке деталей со сложным контуром. Для повышения производительности и качества обработки предложено использовать робототехнический комплекс (РТК).

Промышленный робот KUKA KR210 R2700 extra с максимальной грузоподъемностью 210 кг и точностью позиционирования 0,06 мм в основном используется для таких операций как манипулирование, погрузка и разгрузка; обслуживание других видов станков; точечная сварка, лазерная сварка, электродуговая сварка; сборка; измерение и др. Для всех перечисленных операций требуется высокая точность позиционирования и повторного воспроизведения контура задаваемого контроллером. На роботе установлены датчик KUKA ForceTorqueControl, благодаря которому робот может реагировать на воздействие внешних сил и моментов и лазерный датчик расстояния, который применяют для точного измерения расстояния до объекта.

Но как показывают исследования [4-7] при работе РТК возникают значительные погрешности, превышающие паспортные данные. Помимо этого при определенных сочетания режимных параметров вероятны зарезы, необработанные участки, области с нестабильной глубиной резания, пониженное качество обработки.

Основными задачами данного исследования является изучение возможностей управления РТК финишной обработки в области стабильного резания. Для исследования и оптимизации процессов механообработки на РТК применены высокоэффективный аппаратно-программный комплекс, реализующий метод модального анализа.

Анализ мод колебаний (модальный анализ) является эффективным экспериментальным методом определения областей стабильного резания. Данные области представляют собой диапазоны частот вращения шпинделя, на которых обеспечивается безвибрационный стабильный процесс резания, что в свою очередь позволяет увеличить производительность и стойкость инструмента.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием специального аппаратно-программного комплекса, в состав которого входят акселерометры, молоточки с различными типами насадок, преобразователи АЦП и усилители сигналов, а также специализированное программное обеспечение (рис. 1, 2).



Рис. 1 Размещение акселерометра на фрезе



Рис. 2. Аппаратно-программный комплекс MAL CutPro

Этот метод успешно применяется для определения оптимальных параметров резания при обработке на современных станках с ЧПУ [1-2]. Но в промышленной робототехнике он еще не применялся. Так как кинематика робота значительно отличается от кинематики станков, следует ожидать специфических результатов. Это может быть обусловлено низкой жесткостью манипулятора (по сравнению со станком), наличием большего числа степеней подвижности и другими параметрами, которые сложно учесть.

Для определения стабильных областей резания был проведен модальный анализ инструментальной наладки на базе цилиндрической фрезы ($D=10\text{ мм}$, количество зубьев $z=20$) фирмы Garant. Анализ выполнялся с помощью аппаратно-программного комплекса MAL CutPro. АЧХ робота (зависимость амплитуды от частоты), показана на рисунке 3. Так же получена передаточная функция инструментальной наладки на базе цилиндрической фрезы (рис. 4)

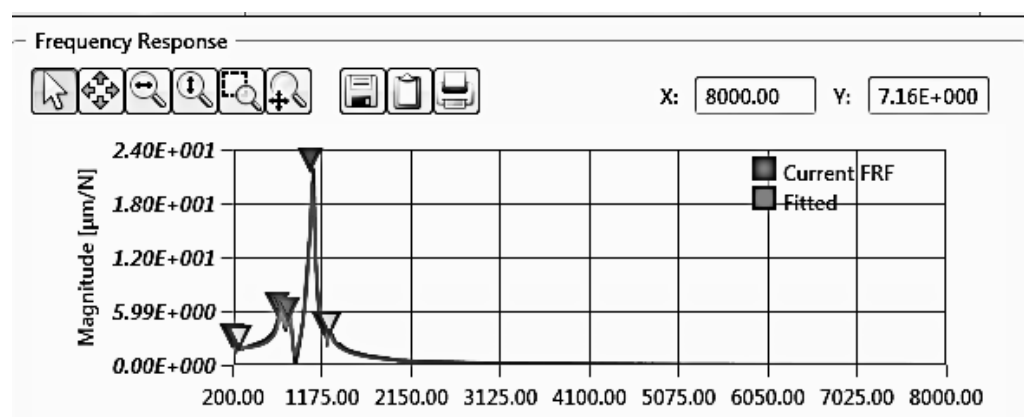


Рис.3. Результаты измерений

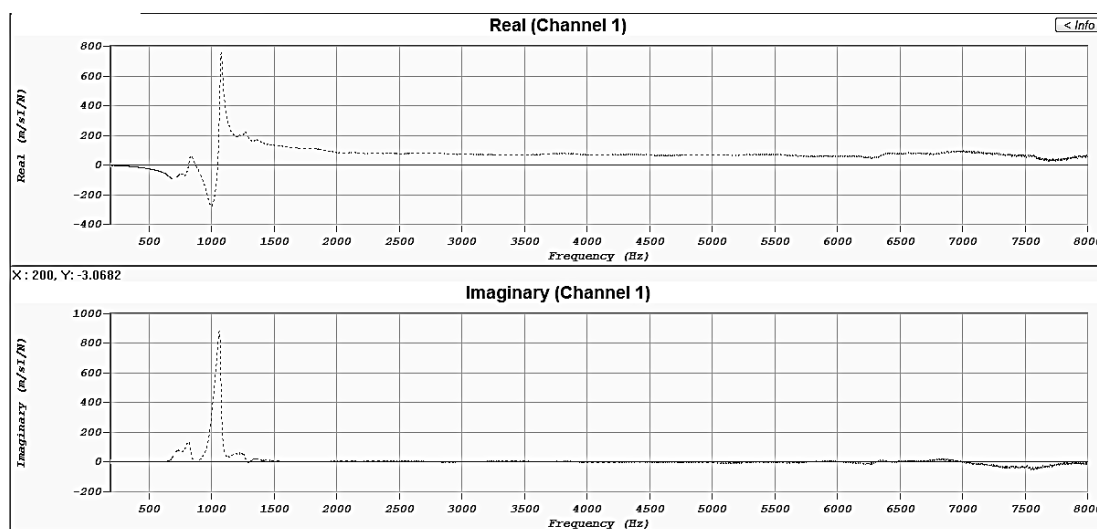


Рис. 4. Передаточная функция технологической системы

Полученные частотные зависимости использованы для оценки областей стабильного резания (рис. 5).

Анализ данных областей показывает, что при финишной обработке с использованием робота KUKA KR210 R2700 на различных глубинах резания, частоту вращения шпинделя следует подбирать строго в соответствии с полученной номограммой.

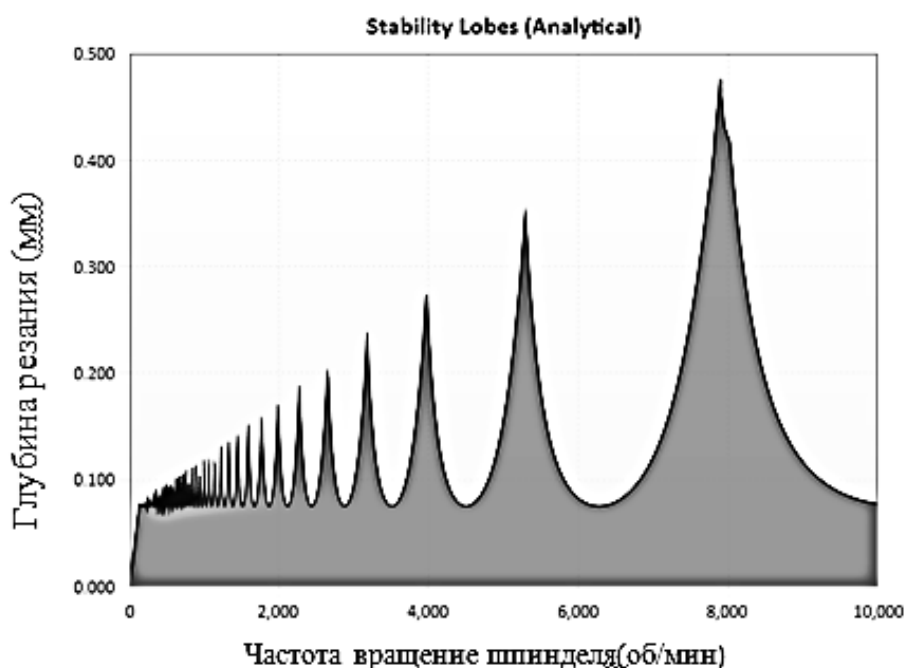


Рис. 5. Области стабильного резания (темные области)

В случае нарушения данного принципа будут наблюдаться автоколебания в системе, что неизбежно приведет к снижению качества обработки, зарезам, снижению стойкости инструмента, аварийным ситуациям.

Список использованной литературы:

1. Современные методы оптимизации высокопроизводительного фрезерования, А.В.Савилов, А.С. Пярых, С.А. Тимофеев, Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, №6(2), 2013, С. 476-479
2. Влияние вибраций на точность и качество поверхности отверстий при сверлении, А.В.Савилов, А.С. Пярых, Вестник ИрГТУ. 2013. №6. С. 26-33.
3. Altintas, Y., 2000, "Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design", Cambridge University Press, p. 380
4. Исследование влияния коэффициента усиления в канале управления скоростью движения робота на технологические свойства РТК механической обработки кромок деталей. А.С. Беломестных, А.В. Иванова, А.П. Чапышев, Вестник ИрГТУ. 2015. №7. С. 39-47
5. Эффективное зонирование рабочего пространства промышленного робота KUKA KR210 R2700 extra, 2015, Е.Н. Семенов, А.В. Сидорова, А.П. Чапышев, А.С. Беломестных, Вестник ИрГТУ. 2015. №12. С. 86-96
6. Alena Ivanova, Alexander Belomestnyh, Evgeniy Semenov, Boris Ponomarev. Manufacturing capability of the robotic complex machining edge details. International Journal of Engineering and Technology (IJET). Vol 7 No 5 Oct-Nov 2015, p.1774- 1780.
7. E.N. Semyonov, A.V. Sidorova, A.E. Pashkov, A.S. Belomestnykh. Accuracy Assessment of Kuka KR210 R2700 Extra Industrial Robot. International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol 16 No:1, p. 19-25.
8. Кольцов В.П., Беломестных А.С., Чильчегов А.Ю. Экспериментально-аналитическое исследование шероховатой поверхности с использованием фрактальных конструкций. — Инструмент Сибири, 2001, №2(11). С. 23 -25.

9. Беломестных А.С. Информационно- измерительный комплекс. Материалы международной научной конференции “Повышение эффективности познавательной деятельности обучающихся”. Иркутск: ИрГТУ, 1995, с. 21-24.

10. Кольцов В.П., Беломестных А.С. Математическая модель виброимпульсной обработки. Сборник трудов конференции «Повышение эффективности производства изделий машиностроения», 1995, с. 6-8.

11. Кольцов В.П., Ружников Д.А, Беломестных А.С. Активный контроль технологических операций при виброабразивной обработке. Тез. докл. российской научно- технической конференции “Научно- емкие технологии в машиностроении и приборостроении”. Рыбинск: РАТИ, 1994. с. 18-20.

12. Кольцов В.П., Беломестных А.С. Интенсификация виброимпульсной обработки деталей. Тем. сб. научн. докл.- Иркутск: Ирк. гос.техн.ун.-т, 1995. с. 10-12.

УДК 621.7.08

Автоматизированная система видеоконтроля процесса 3D печати

В. В. Максимов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье приводится анализ возможных причин возникновения дефектов в 3D печати, а также концепция построения автоматизированной системы обнаружения с помощью интеллектуальной камеры и методов компьютерного зрения.

Ключевые слова: дефекты 3D печати, видеоконтроль, машинное зрение.

Активный контроль производственных операций является эффективным, а в ряде случаев и неотъемлемым элементом системы автоматического управления технологическими объектами. Внедрение активного контроля позволяет повысить качество и производительность операций, снизить процент брака, повысить стабильность производственных процессов [1-7].

3D Печать может длиться от нескольких минут до нескольких суток. В случае печати одного объекта в течение нескольких суток контроль оператора невозможен. Время печати детали (рис. 1) с габаритами 206x111x14 мм. при толщине слоя 0.25 мм и внутреннем заполнении на 30 % составляет 10 часов 37 минут.

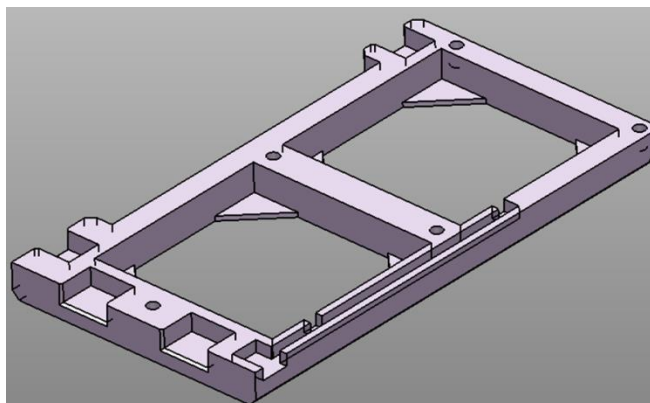


Рис.1. Часть стойки системы охлаждения

Даже дорогостоящие 3D принтеры в зависимости от сложности прототипируемого объекта и наладки 3D принтера производят, время от времени, брак. Принтеры, не оснащенные подогревом стола и с открытой средой печати (рис. 2), производят брак с завидной регулярностью.

В последнее время производители пластиков существенно увеличили ассортимент пластиков. Тем самым актуализировались вопросы исследования эффективных (бездефектных) режимов аддитивной печати для различных новых видов пластика.

Разрабатываемая автоматизированная система контроля процесса 3D печати предназначена для осуществления активного контроля трехмерных объектов непосредственно во время их печати, тем самым избавляя оператора от постоянного наблюдения за процессом создания объекта и предотвращая потери расходного материала, траты электроэнергии и естественный износ 3D принтера.

Автоматизированная система контроля 3D печати базируется на методах компьютерного зрения, которые включают в себя методы обработки и анализа изображений (видеоаналитики).



Рис.2. 3D Принтер BFB 3D TOUCH

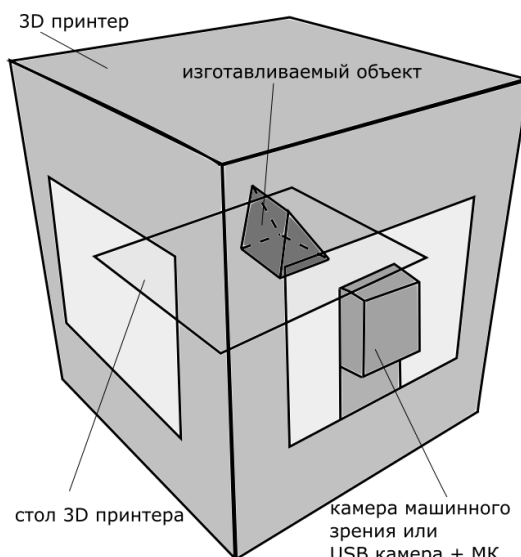


Рис. 3. Схема автоматизированной системы контроля

Проект системы видеоконтроля (рис. 3) включает в себя: камеру машинного зрения NI SMART Camera 1764, программное обеспечение NI LabVIEW, NI Vision Acquisition Software, NI Vision Development Module, NI Vision Builder for Automated Inspection.

NI LabVIEW - платформа для графического программирования.

NI Vision Builder for Automated Inspection – программа основанная на двух модулях NI VAS и NI VDM, позволяет быстро составить программу для автоматизированного контроля, основанного на методах компьютерного зрения.

Этапы функционирования комплекса в среде NI LabVIEW включают в себя:

1. Захват изображения с камеры, загрузка в память устройства (NI Vision Acquisition Software)
2. Обработка изображения: фильтрация, бинаризация (NI Vision Development Module)

3. Анализ изображения: сегментация, обнаружение объектов, сопоставление шаблонов (NI Vision Development Module)

Возможна также быстрая разработка дешевого аналога такой системы (рис. 3), основанного на использовании обычной камеры с USB интерфейсом, микроконтроллере (например: Arduino) и бесплатно распространяемого ПО (Python + библиотека OpenCV). Такой аналог не будет уступать по эксплуатационным характеристикам, а вероятней всего, будет превосходить его, поскольку библиотека компьютерного зрения OpenCV развивается быстрее, чем ПО от National Instruments.

Для разработки алгоритма идентификации брака выполнен анализ возможных причин отказа 3D принтеров.

1. Температурные деформации - усадка пластика. Пластик расширится, когда его нагревают и уменьшается в размере при охлаждении. Таким образом, напечатанный объект получается несколько меньшим, теряя до 8% объема. Вследствие усадки возникают такие виды брака как, недопустимое отклонение размеров, коробление детали (рис. 4), деламинация слоев (трещины) (рис. 5). Для открытых принтеров, не оснащенных подогревом стола, эта проблема весьма актуальна.

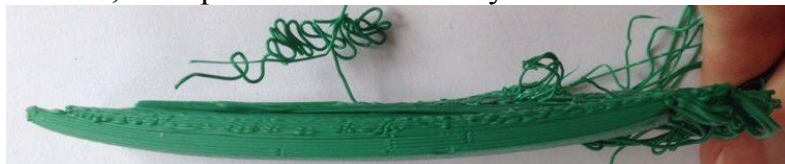


Рис. 4. Коробление детали



Рис. 5. Деламинация слоев

2. Плохая адгезия пластика к столу. В результате деталь перемещается по столу во время печати. (Рис. 6).

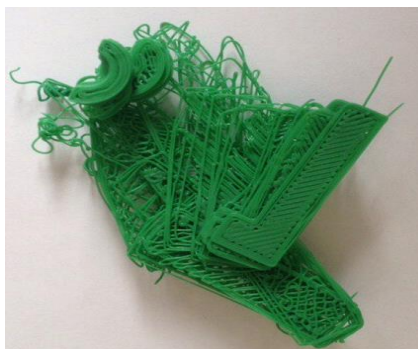


Рис. 6. Результат срыва детали во время печати

3. Затруднение движения печатающей головки. Данная проблема полностью зависит от конструктивной конфигурации принтера. В случае открытых принтеров и открытых бобин во время печати бобина с пластиком или сама нить пластика может зацепиться, тем самым затрудняя запрограммированное движение экструдера. В результате фиксируется незапланированный сдвиг части детали (рис. 7).



Рис. 7. Сдвиг плоскости печати

4. Затруднение подачи материала в сопло принтера. Неудачная регулировка шнека в экструдере может привести к плохому экструдированию пластика из сопла и к полной остановке экструдирования. В результате принтер перемещается вхолостую до окончания УП. Как следствие наблюдается механический износ деталей принтера, трата электроэнергии.

5. Неисправность (некорректность) управляющей программы. Следствием этого фактора является большинство безымянных дефектов. В УП входит не только траектория движения экструдера, но и множество других параметров, таких как температура плавления пластика, скорость экструдирования, скорость подачи экструдера, толщина слоя, шаблон заполнения модели и другие. Все параметры могут изменяться в процессе печати. Поэтому при изготовлении деталей новой формы, сложно учесть все параметры и их влияние на изготавливаемую деталь в процессе печати. Зачастую параметры выявляются экспериментально. На рисунке 8 слева показана деталь, напечатанная по относительно корректной УП, справа по некорректной УП. В результате уменьшения скорости подачи экструдера деталь лишилась дефекта типа «волнистость».



Рис. 8. Слева направо: бездефектная деталь, деталь с дефектом типа «волнистость»

Предлагается следующая методика обнаружения дефектов с использованием методов компьютерного зрения:

Используя трехмерную модель детали и её проекции на плоскости X, Y, Z в разные периоды печати (от первого нанесенного слоя до последнего) и составленную УП можно составить шаблон контуров номинальной модели и использовать его для сопоставления с контурами реальной картины в процессе печати [9-10]. Таким образом можно определить дефекты типа коробление, деламинация слоев, срыв детали, перекос. Используя специальное освещение и его отражение от пластика можно обнаружить дефекты типа волнистость и другие дефекты, при которых отклонение от формы минимально, но шероховатость и волнистость поверхности недопустима.

Список использованной литературы:

1. Исследование влияния коэффициента усиления в канале управления скоростью движения робота на технологические свойства робототехнического комплекса механической обработки кромок деталей / А.В. Иванова [и др.] // Вестник ИрГТУ. 2015 № 7. С. 39 – 46.
2. Эффективное зонирование рабочего пространства промышленного робота Kuka KR210 R2700 extra / А.В. Сидорова [и др.] // Вестник ИрГТУ. 2015 № 12. с. 86 – 95.
3. Alena Ivanova, Alexander Belomestnyh, Evgeniy Semenov, Boris Ponomarev. Manufacturing capability of the robotic complex machining edge details. International Journal of Engineering and Technology (IJET). Vol 7 No 5 Oct-Nov 2015, p.1774- 1780.
4. E.N. Semyonov , A.V. Sidorova , A.E. Pashkov , A.S. Belomestnykh. Accuracy Assessment of Kuka KR210 R2700 Extra Industrial Robot. International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol 16 No:1, p. 19-25.
5. Кольцов В.П., Ружников Д.А, Беломестных А.С. Активный контроль технологических операций при виброабразивной обработке. Тез. докл. российской научно-технической конференции “Научно- емкие технологии в машиностроении и приборостроении”. Рыбинск: РАТИ, 1994. с. 18-20.
6. Кольцов В.П., Беломестных А.С. Интенсификация виброимпульсной обработки деталей. Тем. сб. научн. докл.- Иркутск: Ирк. гос.техн.ун.-т, 1995. с. 10-12.
7. Беломестных А.С. Информационно- измерительный комплекс. Материалы международной научной конференции “Повышение эффективности познавательной деятельности обучающихся”. Иркутск: ИрГТУ, 1995, с. 21-24.
8. Интеллектуальная камера NI 17xx Руководство пользователя. 2007. – 73 с. - 372429A-01.
9. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с. ISBN 5-94074-404-4
10. Кольцов В.П., Беломестных А.С., Чильчegov А.Ю. Экспериментально-аналитическое исследование шероховатой поверхности с использованием фрактальных конструкций. — Инструмент Сибири, 2001, №2(11). С. 23 -25.
11. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.

Обзор применяемых информационных систем при технологической подготовке производства на машиностроительных предприятиях

А.Г. Масол

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведена информация о применяемых информационных системах при технологической подготовке производства на машиностроительных предприятиях.

Ключевые слова: *информационные системы; технологическая подготовка производства; унификация; жизненный цикл изделия; автоматизированная система; машиностроение.*

Усложнение конструкций изделий машиностроения, рост требований к их качеству, необходимость сокращения длительности производственно-технологического цикла требует принятия сложных и эффективных решений в минимальные сроки. Это возможно лишь при автоматизации процесса принятия (поддержки) решений.

Современный рынок предлагает большое разнообразие автоматизированных систем, например, таких как СПРУТ-ТП, Time Line, PLM Siemens, AutuForm, SCaDa и т.д., но каждый из продуктов данной спецификации предоставляет возможность работы в определенных информационных рамках, и как правило требует создание дополнительных модулей или подсистем для конкретного предприятия [1]. При этом исходная информация, как правило, вносится, проверяется и разрабатывается непосредственно инженером. И как следствие, данный инженер должен быть классифицированным специалистом и иметь большой опыт работы в данной области. Для молодого специалиста помимо изучения программного продукта на уровне работы предприятия, будет затруднительно самостоятельное составление технологических решений без помощи опытного технолога. Как правило, на практике основные вложения в развитие человека, на его подготовку и повышение квалификации рассматриваются, прежде всего, как издержки предприятия, а не как важные инвестиции в человеческий капитал. [2,4]

Для решения данных проблем автором предлагается разработать интегрированную систему поддержки решений для всего жизненного цикла изделия, ориентированную на максимальную автоматизацию функций лица, принимающего решения, и на предоставление ему необходимой информации в поиске и составлении наилучшего, наиболее эффективного решения.

Современные промышленные автоматизированные системы могут работать автономно, и в настоящее время так обычно и происходит. Однако эффективность автоматизации будет заметно выше, если данные, генерируемые в одной из систем, будут доступны в других системах, поскольку принимаемые в них решения станут более обоснованными [3].

Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных систем требуется создание единого информационного пространства в рамках как отдельных предприятий, так и, что более важно, в рамках объединения предприятий. Единое информационное пространство обеспечивается благодаря унификации

как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла, на рисунке 1 приведена обобщенная схема [1].

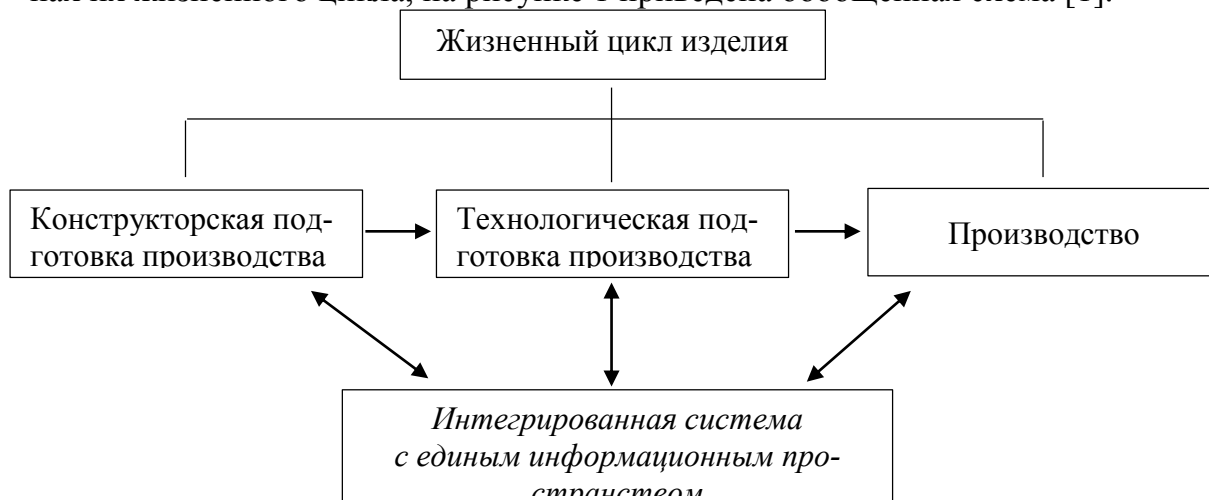


Рис.1. Общая схема взаимодействия систем

На всех этапах жизненного цикла имеются свои целевые установки. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью. На этапах проектирования, технологической подготовки производства и производства нужно обеспечить выполнение требований, предъявляемых к производимому продукту, при заданной степени надежности изделия и минимизации материальных и временных затрат, что необходимо для достижения успеха в конкурентной борьбе в условиях рыночной экономики.

Таким образом, разрабатываемая автоматизированная система предполагает создание логично структурированной совокупности распределенных баз данных, содержащих сведения об изделиях, производственной среде, ресурсах предприятия, параметров модели. При этом данные определенным образом распределяются между таблицами баз данных, записями в таблицах, полями в записях и (или) отдельными файлами и таблицами.

Так, например, взяв за исходные данные чертежи и 3D модель изделия [5], то автоматизированная система сгенерирует файл, содержащий информацию о типе изделия, геометрии (фаска, отбортовка, радиусный переход и т.п.), физико-механических характеристик изделия, технические условия, идентификационные данные. На основании вышеперечисленной информации, автоматизированная система уже сможет определить полуфабрикат (заготовку) изделия, технологические операции для изготовления данного изделия и распределить их по подразделениям (цехам) производства, установить нормочасы (нормирование) и назначить оснастку (оборудование, станок), квалификацию рабочего, при необходимости подбираются комплектующие изделия [5,6].

Набор типовых параметров при проектировании ТП с математической точки зрения можно определить как (рис. 2) [6, 7]:

- набор типов изготавливаемых изделий $A = \{A_1; A_2; \dots A_p\}$;
- множество изготавливаемых конструктивных элементов $B = \{B_1; B_2; \dots B_p\}$;
- множество допустимых технологических методов изготовления $TM = \{TM_1; TM_2; \dots TM_n\} \leq TM$;
- состав технологического оборудования $СТО = \{СТО_1; СТО_2; \dots СТО_k\} \leq СТО$;

- набор инструментов $ИН = \{ИН_1; ИН_2; ... ИН_i\}$;
- и др.

Каждый из описанных объектов содержит набор различных параметров:

- геометрические параметры;
- массовые характеристики;
- структура изделия;
- точность изготовления;
- и др.

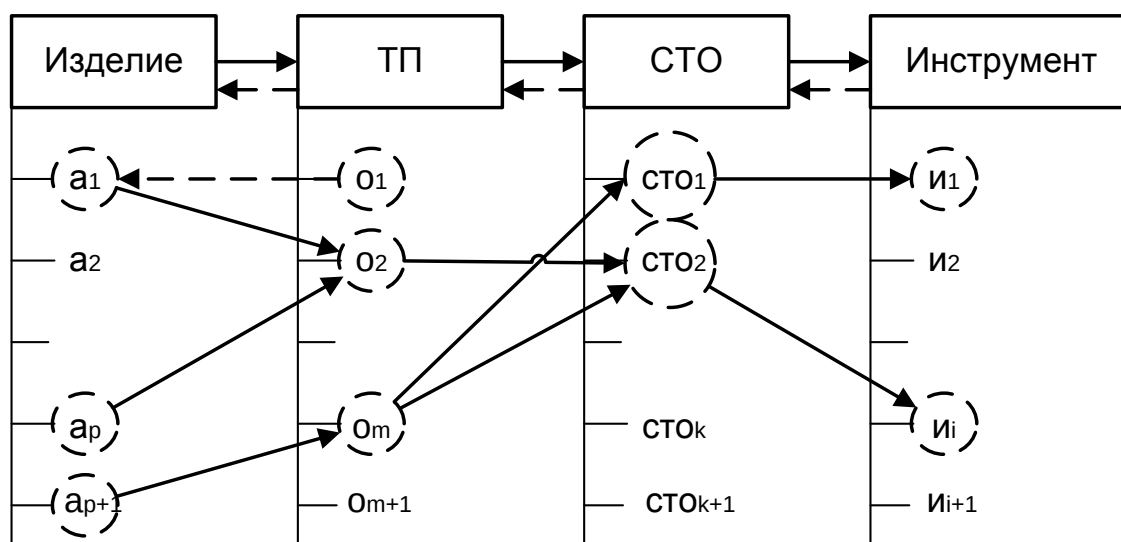


Рис. 2. Иерархия взаимодействия параметров объектов при проектировании технологических процессов

Если автоматизированная система обнаружит проблему, например, как отсутствие нужного материала, поломка оборудования и т.п., то она выдает соответствующее сообщение и предлагает возможные варианты решения, с дополнительным описанием (под заданную стоимость, эффективность и т.п.).

При утверждении технологом результатов, автоматизированная система создает всю необходимую документацию (технологический процесс, маршрутная карта) на изготавливаемое изделие.

Разработка и применение подобной автоматизированной системы [7, 8] позволит сократить сроки и снизить трудоемкость разработки технологических процессов, повысить конкурентоспособность машиностроительного предприятия, снизить расходы на обучение низкоквалифицированных специалистов. Так же автоматизированная система избавит от рутинных и низко производительных операций, упростит процесс взаимодействия подразделений и повысит качество как самого изделия, так и его обслуживания.

**Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке фонда содействия развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта: "Разработка и внедрение программного комплекса «Автоматизированная система разработки технологических процессов (АСРТП) на базе существующих взаимосвязей» при запуске в производство изделий"» согласно договору 0021695, заявка № С1-11253, конкурс Старт-15-1.*

Список использованной литературы

1. Гаджибуттаев Ш.Н., Атаева Т.А. Применение CALS-технологий для повышения эффективности деятельности предприятия // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции: в 3 томах «Перспективное развитие науки, техники и технологий». Курск, 18 октября 2013 г. С. 273-276.
2. Васильева Т.Ю. Экспертный модуль для программного обеспечения исполнительной системы виртуального производства // БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА, Изд-во: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики" (Москва), 2009. – С. 25-28.
3. Маслов А.Р. CALS-технологии. Справочник. инженерный журнал с приложением. Издательство: Издательский дом "Спектр". Москва, 2008. – С. 5-7.
4. Коган Б.И., Ничипарук Е.Г. CALS-Идеология и технология в интегрированной системе управления качеством продукции // Вестник кузбасского государственного технического университета. Изд-во: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, Кемерово, 2009. – С. 86 -89.
5. Лаврентьева М.В. Распознавание электронных моделей для анализа конструктивно-технологических параметров изделия /Актуальные вопросы развития науки. Уфа, Аэтерна, 2014г. С. 89-91.
6. R. Akhatov, A. Govorkov and A. Zhilyaev Software solution designing of «The analysis system of workability of industrial product» during the production startup of aeronautical products // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 P. 2015, Volume 10, Number 21, 2015.
7. Говорков А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. – Иркутск, 2012.
8. Говорков А.С. Управление параметрами объектов производственной среды при разработке технологического процесса сборки изделия // Электронный журнал Электронный журнал Труды МАИ. 2011. № 48. С. 6.
9. Ахатов Р.Х., Говорков А.С., Жилиев А.С. Разработка и внедрение программного комплекса «Система анализа технологичности конструкции изделий» при запуске в производство изделий // Научный журнал «Известия Самарского научного центра РАН» Т16. №1 (5) 2014. – С.1279-1283.

УДК 621.7.04

Формообразование трубчатых заготовок с перемещающейся кромкой и самогерметизацией

В.В. Мироненко

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

На примере одной детали показано применение и достоинства метода формообразования с перемещающейся кромкой. Показаны задачи, решаемые путем применения данной технологии.

Ключевые слова: листовая штамповка; пневмотермическая формовка в режиме сверхпластичности; формовка трубчатых заготовок.

Формообразование деталей со сложными элементами из трубчатой заготовки сопровождается существенными утонениями и степенями деформации, часто превышающими регламентируемые значения. Поэтому поиск метода формообразования, обеспечивающего утонение и деформации в пределах допуска, является актуальной задачей [1, 2].

Одним из вариантов решения этой задачи предлагается пневмотермическая формовка (ПТФ) деталей в режиме сверхпластичности с самогерметизацией перемещающейся кромкой, движущейся по поверхности оснастки к очагу деформации без потери контакта. Перемещение заготовки к очагу деформации уменьшает растяжение под влиянием давления газа и, тем самым, уменьшает утонение (см. Рис 1) [3].

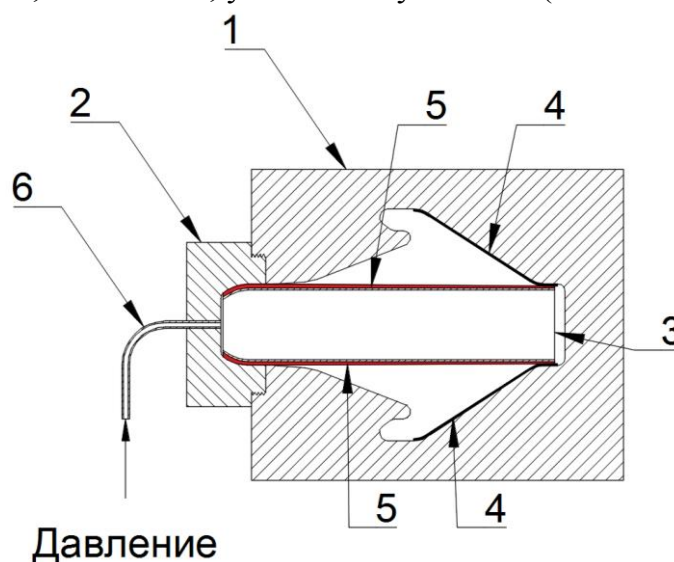


Рис. 1. Схема формообразования с само герметизирующейся скользящей кромкой
1 - оснастка для формообразования; 2 - герметизирующая крышка; 3- трубчатая заготовка; 4- антифрикционное покрытие на конической части оснастки; 5- антифрикционное покрытие на трубчатой заготовке; 6- трубка для подачи газа

В статье рассмотрены пример моделирования процесса ПТФ детали из трубчатой заготовки из титанового сплава ОТ4 при температуре 900°C.

Моделирование процесса формообразование проводилось в программном комплексе RAM-STAMP 2G французской фирмы ESI Group. При моделировании использовалась упрощённая модель поведения материала в режиме сверхпластичности:

$$\sigma = K \dot{\epsilon}^m,$$

где K - коэффициент пропорциональности;

$\dot{\epsilon}$ - скорость деформации;

m - модуль скоростного упрочнения;

σ – напряжение.

Параметры материала необходимые для моделирования, показаны в таблице 1 [4].

Таблица 2

Параметры материала ОТ4 для сверхпластичного формования

Параметр	Значение параметра
Модуль Юнга	112000 МПа
Коэффициент Пуассона	0,333
Плотность, кг/мм ³	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент пропорциональности, K , МПа	114,116
Скорость деформации, $\dot{\epsilon}$	0,004
Модуль скоростного упрочнения, m	0,38
Максимальное относительное удлинение	400%

При моделировании применялись зеркальные граничные условия для уменьшения времени расчета (т.е. рассматривается половина модели детали, полученная рассечением плоскостью симметрии, влияние второй половины учитывается граничными условиями).

Коническая раздача с «двойным выворотом» во фланцевой части детали (см. Рис. 2). Для формообразования применялась трубчатая заготовка диаметром 50 мм толщиной 1,5 мм.

Приведено моделирование двух вариантов процесса пневмотермической формовки деталей:

- вариант 1 - без перемещения торцевых кромок заготовки (изготовление двух деталей);

- вариант 2 - со скольжением к очагу деформации правой (одной) кромки заготовки. Давление газа, влияющее на заготовку внутри прижимает её к конусной поверхности оснастки в зоне перемещения кромки в течении всего процесса формовки, тем самым обеспечивая самогерметизацию.

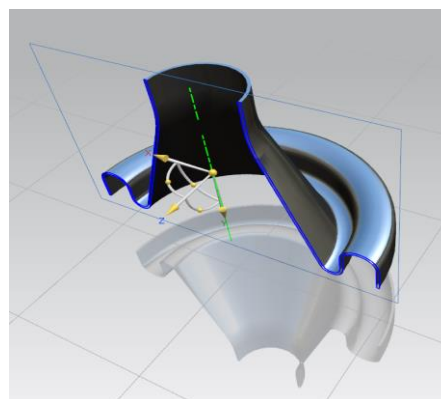
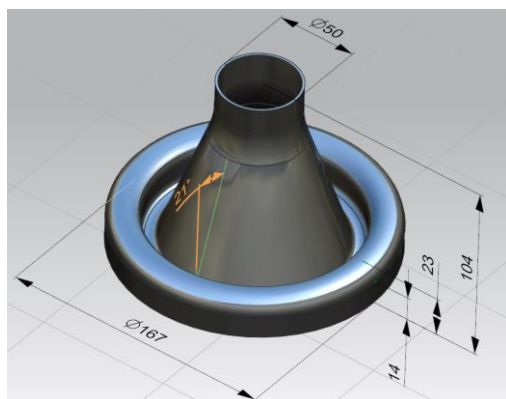
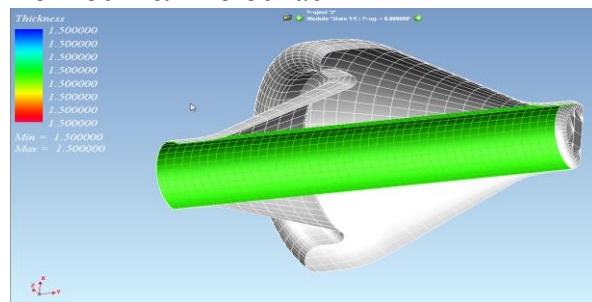
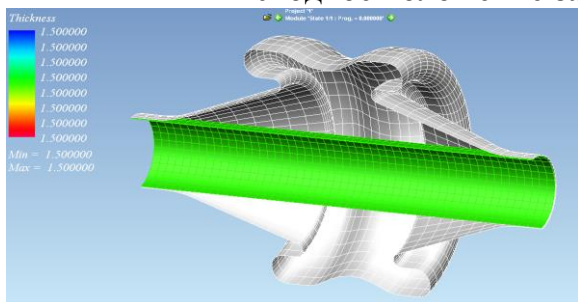


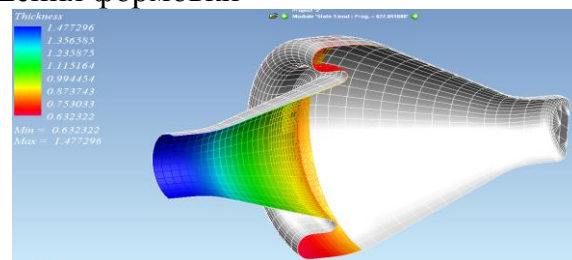
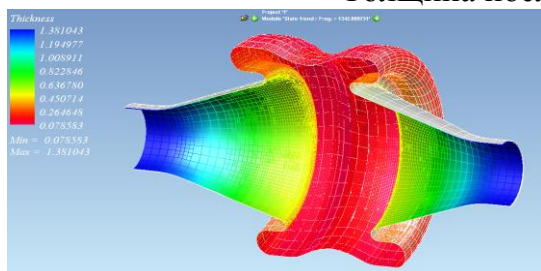
Рис. 2. Коническая деталь с двойным выворотом во фланце

Результаты моделирования формовки вариантов без перемещения кромок заготовки и с перемещением показаны на рисунках 3 и 4.

Исходное положение заготовки относительно оснастки



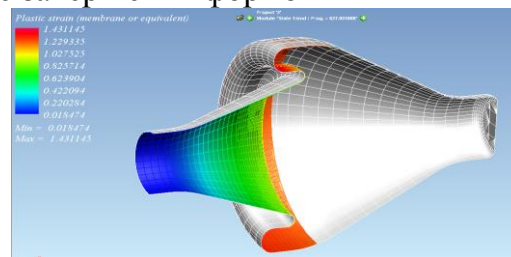
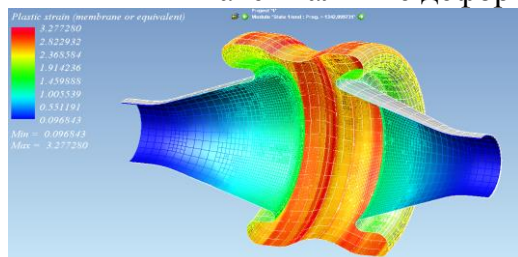
Толщина после завершения формовки



Минимальная – 0,078 мм
Максимальная – 1,381 мм

Минимальная – 0,632 мм Максимальная – 1,477 мм

Максимальные деформации после завершения формовки



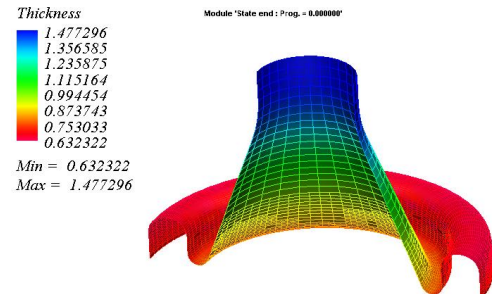
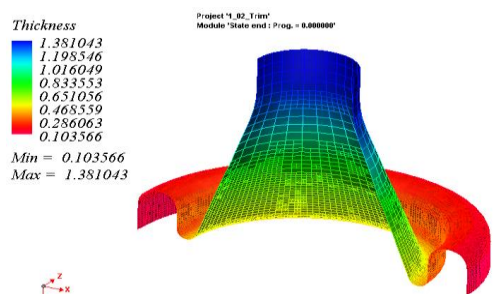
327 %

143%

Вариант 1- без перемещения кромки

Вариант 2- с перемещением кромки

Рис. 3. Результаты моделирования процесса формовки трубчатой заготовки



Минимальная толщина – 0,103 мм
Утонение 93,1%

Минимальная толщина – 0,632 мм
Утонение 57,9%

Вариант 1

Вариант 2

Рис. 4. Распределение толщины на детали после формовки

Моделирование формовки конической детали с двойным выворотом во фланце без движения кромки показывает утонение 93,1%, а со скольжением одной кромки – 57,9%. Таким образом, утонение уменьшилось на 37,9%.

Проведенное моделирование позволяют сделать вывод о том, что технология формообразования трубчатой заготовки с применением движущейся кромки позволяет решать несколько задач:

- 1) уменьшать величину утонения заготовки;
- 2) уменьшить степень деформации;
- 3) получать детали со сложными конструктивными элементами.

Применение такой технологии расширяет возможности формообразования трубчатых заготовок в режиме сверхпластичности, а также обеспечивает снижение деформаций и утонений по сравнению с классической схемой формообразования.

Список использованной литературы

1. Чеславская А.А., Мироненко В.В., Колесников А.В., Максименко Н. В., Котов В. В. Выбор рационального метода формообразования детали средствами инженерного анализа с применением САЕ-систем. – Москва: Металлург, №12, 2014.
2. Чеславская А.А., Мироненко В.В., Берсенев С. А., Котов В. В. Формовка деталей типа «тройник», используя совмещенный процесс пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности и диффузионной сварки. – Москва: Металлург, №12, 2012.
3. Осипов С.А., Мироненко В.В., Максименко Н. В., Котов В. В. Управление разнотолщиной при пневмотермической формовке в режиме сверхпластичности. – Москва: Металлург, №2, 2013.
4. Колесников А.В., Чеславская А.А., Шмаков А. К. Определение показателей состояния сверхпластичности титанового сплава ОТ4-1. – Иркутск: ВЕСТНИК ИрГТУ, №10 (105), 2015.
5. М.В. Лаврентьева, Х.В. Чьен Автоматизированное проектирование электронных макетов элементов сборочной оснастки посредством программного модуля NX/Open API " - Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, №6(2), С. 395-399.
6. Лаврентьева М.В. Распознавание электронных моделей для анализа конструктивно-технологических параметров изделия /Актуальные вопросы развития науки. Уфа, Аэтерна, 2014г.
7. Говорков А.С., Ахатов Р.Х. Анализ технологичности изделия авиационной техники на основе информационного образа изделия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 6-1. С. 285-292.
8. Говорков, А.С. Методика количественной оценки технологичности конструкции изделий авиационной техники // Вестник Московского авиационного института. 2013. Т. 20, №1. С. 31-37.

УДК 629.4.015

Экспериментальная установка для получения титанового порошка*В.Н. Москвитин¹, Е.В. Зеньков¹, В.И. Макаров², Д.С. Леонович¹*¹Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83²Дочерняя компания УВЗ - "Global resources and Industries sars",
119049, г. Москва, ул. Большая Якиманка, 40

В работе приведен краткий обзор способов получения металлических порошков, которые могут быть использованы в качестве расходных материалов для оборудования для 3D печати, а также указаны их недостатки. Предложен способ и экспериментальная установка получения титанового порошка для изготовления деталей путем лазерного спекания в среде аргона, обладающая преимуществами перед существующими аналогами. Проведенные эксперименты показали правильность выбранного способа и эффективность получения титанового порошка.

Ключевые слова: титановый порошок, экспериментальная установка, электрическая дуга.

В настоящее время машиностроение переживает переломный момент, когда на смену традиционным материалам и технологиям приходят принципиально новые решения. Примеров таких решений можно привести множество:

- традиционные металлы с кристаллической структурой имеют прочность > 10000 МПа;
- углепластики, композитные материалы и т.д., удельная прочность которых выше чем у традиционных материалов в несколько десятков раз;
- материалы и конструкции с использованием наноструктур;
- технологии прототипирования на основе порошковых материалов с лазерным спеканием.

В ИРНИТУ на кафедре «Технология и оборудование машиностроительных производств» создана лаборатория (3D моделирования), целью которой является создание оборудования для 3D печати (принтеры, работающие с разными материалами: пластик, порошок и т.д.). Для реализации данной технологии прежде всего необходим в больших количествах расходный материал (пластик, порошки металлов).

В лаборатории был проведен обзор по использованию данных материалов в 3D принтерах с точки зрения стоимости, качества и доступности. Материалы из пластика типа АСБ в виде нитей диаметром $1,5 \div 3,5$ мм имеют приемлемые цены и их приобретение в нужных объемах не представляет затруднений.

Перспективным следует считать технологический процесс создания деталей из титановых порошков путем лазерного спекания в среде аргона [1]. К титановым порошкам пригодным для данного технологического процесса предъявляются особые требования:

- материал порошка – сплавы ОТ-4; ВТ20; ВТ22;
- порошок состоит из правильных сферических шариков диаметром от 0,2 до 0,4 мм;
- отсутствие посторонних включений и шариков неправильной формы;
- отсутствие на поверхности шариков окислов или других пленок.

Основными производителями таких порошков являются США и ФРГ. Стоимость 1 килограмма порошка из титанового сплава 200 - 400 долларов США, что является недоступным для работы с данным материалом в условиях университета, в частности ИРНИТУ. Для проведения работ в этом направлении была поставлена задача разработать способ и оборудование для получения титанового порошка с меньшей стоимостью и в достаточном количестве. Из проведенного информационного обзора [1–3] по способам получения металлических порошков были отобраны наиболее приемлемые:

- центробежное, пневматическое растяжение расплавленного металла;
- центробежное распыление прутка с термическим воздействием мощного лазера (плазмотрона);
- распыление металлов в электрической дуге, где анод или катод представляет собой вращающийся диск, а расходный материал это пруток.

Первый способ был опробован на экспериментальном стенде в виде плоского колеса с лопатками, на который подавался расплавленный металл из графитового тигля. Результаты экспериментов показали, что получить сферическую форму расплавленного металла практически невозможно, так как температура расплава явно недостаточна для образования сферических форм (жидкость за счет сил поверхностного натяжения образует сферу и для этого температура металла должна быть больше температуры плавления в $2\div 10$ раз). Так как температура плавления титановых сплавов 2000°C то температура в тигле должна быть не менее $4\div 20$ градусов, что является теоретически трудно реализуемым.

Второй способ используется фирмами США и ФРГ не в промышленных масштабах на специальных установках и являются главными поставщиками порошка на мировом рынке. Основным элементом этих установок является мощный лазер (20-40 кДж), поэтому стоимость установок по производству титановых порошков очень высокая, кроме того данный тип установок потребляет большое количество аргона, что также увеличивает себестоимость получаемого готового порошка. В конечном счете, для экспериментальной установки был выбран третий вариант – электрическая дуга между вращающимся диском и расходным прутком. Данный способ был предложен еще в 1949 году современными учеными.

Экспериментальная установка (рис. 1) состоит из электрического двигателя с диском из материала который мы расплавляем (1), к диску подводится питание от сварочного трансформатора через графитовый токосъемник.

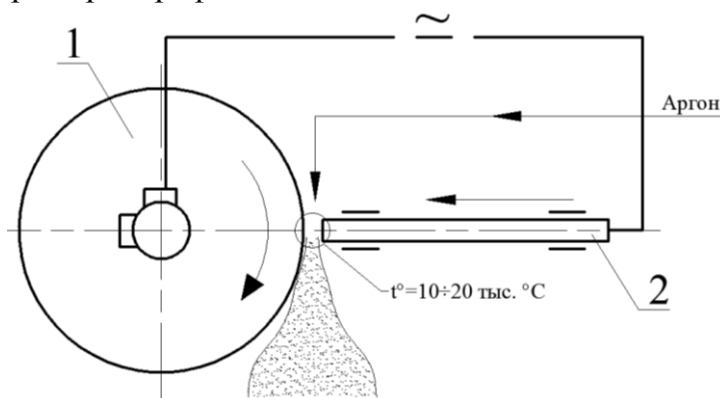


Рис.1. Принципиальная схема распыления порошка в электрической дуге

Второй выход трансформатора изолирован от корпуса и соединен с прутком распыляемого материала (2). В зону электрической дуги подается струя аргона. Весь привод смонтирован в герметичной камере, в которой создается небольшое разряжение и

атмосферный воздух заменен на аргон. Для наблюдения за рабочим процессом в зоне дуги установлено прозрачное стекло.

В газовой системе установки (рис. 2) имеется роторный насос откачки (3) и циркуляции, комплект вентиля для управления, баллон с аргоном (2), редуктор регулировки подачи аргона в камеру (5). В нижней части расположена емкость (7). Для ее извлечения имеется герметично закрываемый люк (8).

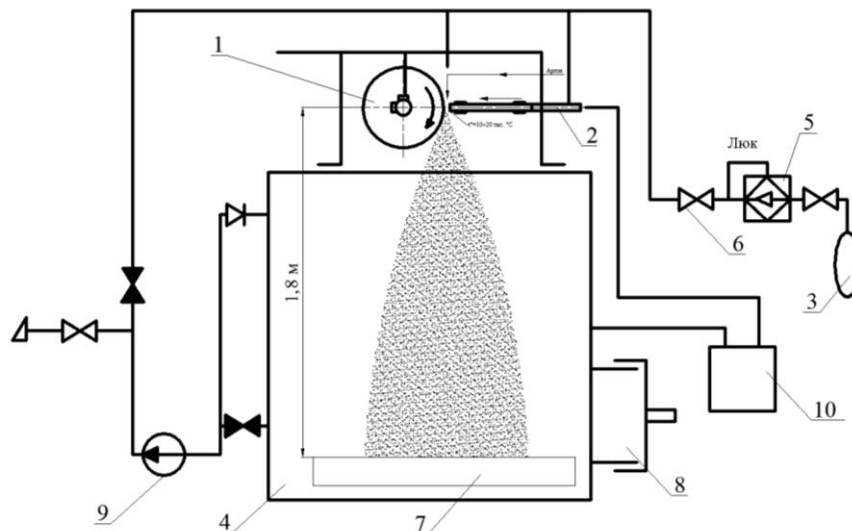


Рис. 2. Схема экспериментальной установки получения титанового порошка.

1 – вращающийся диск, 2 – система подачи прутка, 3 – баллон с аргоном, 4 – камера, 5 – редуктор газовый, 6 – вентили, 7 – разгон для сбора порошка, 8 – люк для удаления поддона, 9 – насос роторный, 10 – сварочный трансформатор.

Экспериментальная установка изображена на рис. 3.



Рис. 3. Вид экспериментальной установки получения титанового порошка.

Проведенные эксперименты показали правильность выбранного способа получения титанового порошка.

При работе установки получаем сферическую дробную форму гранул разных размеров: $\varnothing < 0,2$ мм – 10%; $\varnothing 0,2$ мм ÷ 0,5 мм – 20%; 0,8 мм ÷ 1,0 мм – 20%; $\varnothing > 1,0$ мм – 50% по массе. Общий выход порошка в экспериментальной установке составил $\approx 60\%$ от массы распыления прутка.

Такой результат является конструктивным недостатком установки, так как в камере остается атмосферный воздух, где происходит сгорание мелких и особо мелких частиц порошка. Кроме того, регулировка режимов работы, скорости вращения, горение дуги, подача аргона в зону распыла не производилась, то следует считать, что процесс был не оптимальным. Представленные на рис. 4 полученные фракции титанового порошка, иллюстрируют показанные выше результаты экспериментов. Порошки распределены по фракциям, но не очищены еще от включений и неправильных по форме гранул.

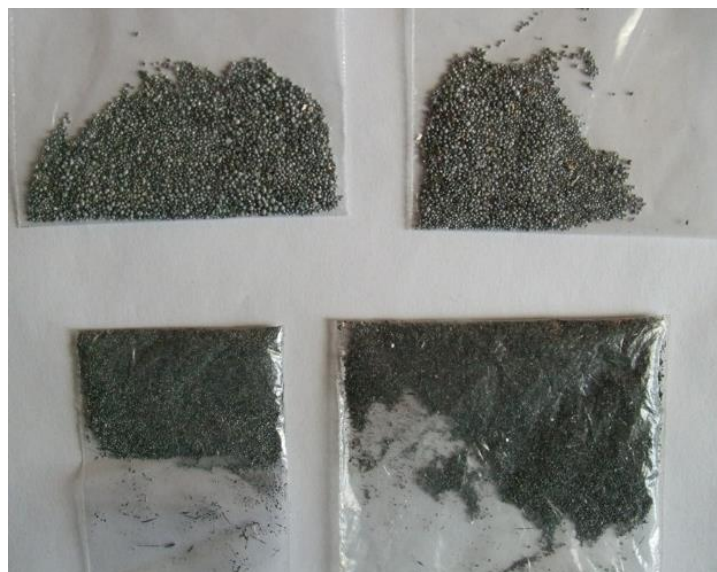


Рис. 4. Фракции титанового порошка, полученные в результате работы экспериментальной установки

В настоящее время данная установка проходит модернизацию, что позволит в дальнейшем повысить эффективность рабочего процесса и однородность порошка. Кроме того, эффективность рабочего процесса может быть повышена на основе исследования данного процесса на основе численного моделирования с использованием метода конечных элементов и решения задачи механики деформируемого твердого тела, теплового процесса в камере и т.д., что создаст предпосылки к разработке оптимальной конструкции экспериментальной установки [4].

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Выбранный способ и конструкция экспериментальной установки получения титанового порошка показали эффективность данного процесса и приемлемое качество полученного материала.
2. Для получения титанового порошка в необходимых количествах и высокого качества возможно только с разработкой и изготовлением опытно промышленной установки с производительностью не менее 100 кг/сутки.

Список использованной литературы:

1. Глазунов С.Г., Борзцовская К.М. Порошковая металлургия титановых сплавов. – М.: Металлургия, 1989. – 135 с.
2. А.с. 1639892 А1 СССР, В 22 F9/02. 9/14. Способ получения металлических порошков / В.Г. Трубачев, К.В. Чуистов, В.Н. Горшков и др. (СССР). – № 34466186/02;

заявл. 27.07.88; опубл. 07.04.91, Бюл. № 13. – 2 с.: ил.

3. А.с. 11482772 А1 СССР, В 22 F9/02. Способ получения титаноникелевого сплава эвтектического состава / И.А. Дроздов, Н.Н. Дианова, Ю.М. Лимаков и др. (СССР). – № 4126103/31-02; заявл. 13.06.86; опубл. 30.05.89, Бюл. № 20. – 3 с.: ил.

4. Зеньков Е.В. Оценка напряженного состояния и усталостной долговечности призматического образца на основе численного моделирования / Вестник Иркутского государственного технического университета. – Иркутск, 2013. – №5 – С. 32–38.

УДК: 621.174.22

Повышение изгибной жесткости калиброванной детали

Нгуен Ван Хуан

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

На основе экспериментальных исследований установлено влияние степени относительного обжатия на величину и характер распределения осевых, тангенциальных и радиальных остаточных напряжений по сечению калиброванных прутков. Представлены результаты компьютерного моделирования изгибной жесткости калиброванных прутков. Установлено, что в интервале обжатий от 5 до 34%, которые реально используют на производстве, жесткость калиброванного металла можно увеличить на почти в 2 раза.

Ключевые слова: *остаточное напряжение, максимальный прогиб, изгибная жесткость, относительное обжатие, калиброванный металл*

Состояние вопроса. Среди продукции черной металлургии большим спросом в машиностроении пользуется калиброванный металл, обладающий целым рядом достоинств: высокой точностью размеров по длине прутка, низкой шероховатостью поверхности, высокими значениями механических характеристик. Применение холодноотянутых профилей вместо горячекатаных позволяет на 30–40 % экономить металл и существенно снижать затраты в машиностроении [2, 3].

Калиброванный металл, получаемый холодным волочением или калибровкой, находит все большее применение и особенно в отраслях промышленности массового производства деталей машин. В последние годы интенсивное развитие получили предприятия автомобилестроения. Широкое использование станков-автоматов, поточных линий, робототехнических систем основано на применении точных заготовок, к которым относится и калиброванный металл.

Широкое распространение калиброванный металл получил в сельскохозяйственном машиностроении. Десятки деталей типа валов, осей, штанг, шпилек изготавливают для зерноуборочных комбайнов и других сельскохозяйственных машин.

Создание новых высокопрочных материалов позволяет снижать металлоемкость изделий. Например, длинномерные валы можно изготавливать меньшего диаметра без потери прочности. Однако при этом возникает другая проблема – с уменьшением поперечного сечения снижается жесткость, то есть способность сопротивляться действию поперечной нагрузки.

При вращении длинномерные валы под действием центробежных сил изгибаются даже от собственного веса. Повысить изгибную жесткость деталей типа валов и осей весьма сложно. Практически такие вопросы решаются конструктивными мерами

– повышают количество промежуточных опор. Управлять жесткостью материала можно за счет температурного воздействия и изменения физических свойств. Жесткость деталей повышается при снижении температуры, но это далеко не всегда соответствует условиям их эксплуатации, а создавать специальные холодильные камеры экономически не выгодно.

В технике известны примеры изменения изгибной жесткости изделий при воздействии осевых растягивающих усилий. Например, для повышения прочности железобетонных изделий стальную арматуру предварительно растягивают. Натяжение стальных струн влияет на их жесткость, а, следовательно, и на качество звучания музыкальных инструментов.

В представленной работе рассматривается вопрос о повышении изгибной жесткости калиброванных цилиндрических прутков за счет формирования технологических остаточных напряжений первого рода. Известно, что остаточные напряжения бывают всегда двух видов – растяжения и сжатия, так как они уравновешены в объеме тела. Поэтому целью данной работы является определение остаточных напряжений при калибровке и установление их влияния на изгибную жесткость круглых прутков.

Результаты определения остаточных напряжений. Для определения остаточных напряжений в калиброванных прутках использован механический способ растачивания и обтачивания цилиндрических образцов, разработанный Заксом и модифицированный Л.А. Гликманом и А.Н. Бабаевым [4]. После удаления очередного концентрического слоя измеряли радиальные и осевые деформации цилиндра, по которым рассчитывали компоненты тензора остаточных напряжений: осевых σ_z , тангенциальных σ_φ и радиальных σ_r [1].

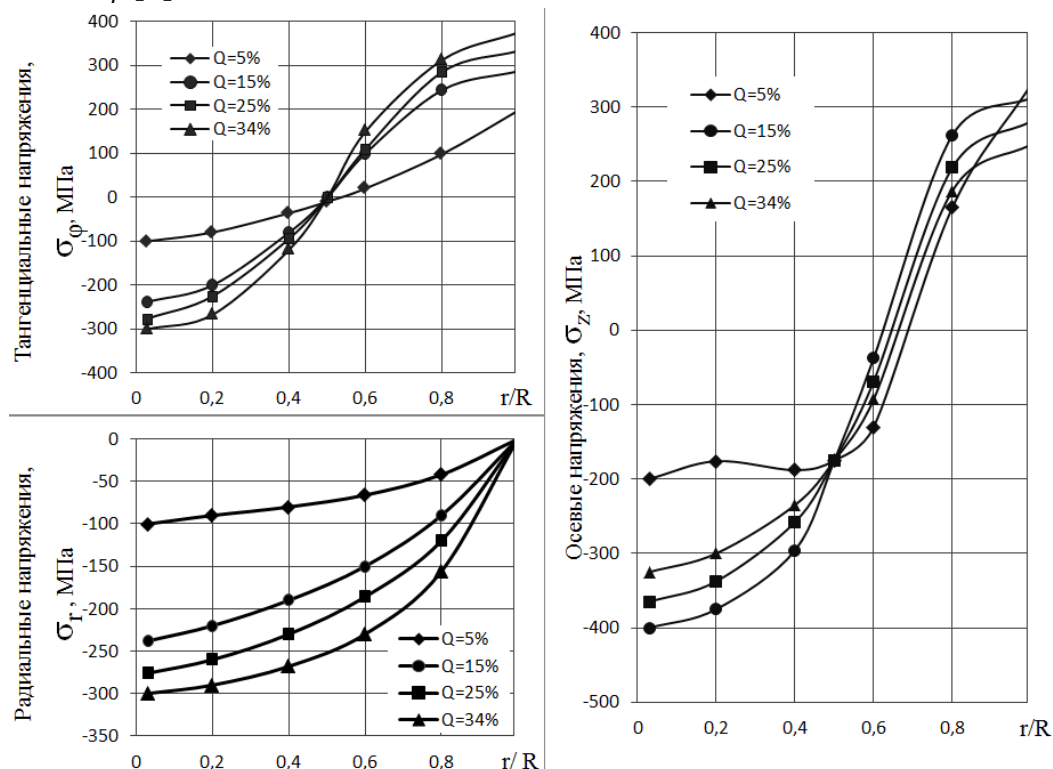


Рис. 1. Распределение тангенциальных σ_φ , радиальных σ_r и осевых σ_z остаточных напряжений по сечению калиброванного прутка в зависимости от степени относительного обжата

Экспериментальными исследованиями [2] установлено, что наибольшее влияние

на величину остаточных напряжений при калибровке цилиндрических прутков оказывает степень относительного обжатия Q :

$$Q = \frac{A_H - A_K}{A_H} \times 100\%, \quad (1)$$

где A_H, A_K – площади поперечного сечения цилиндрического прутка до и после калибровки.

В результате проведенных экспериментов установлено, что с увеличением степени относительного обжатия максимальные осевые остаточные напряжения снижаются, а тангенциальные возрастают (рис. 1). Радиальные остаточные напряжения на поверхности равны нулю, а на оси – равны тангенциальным напряжениям ($\sigma_r = \sigma_\varphi$).

При обжатии около 20% значения осевых и тангенциальных остаточных напряжений равны между собой и составляют 270 МПа (рис. 2а). При обжатии меньше 20% относительные осевые деформации при растачивании калиброванных прутков больше тангенциальных, а при обжатии больше 20% – эта закономерность меняется на противоположную (см. рис. 2б).

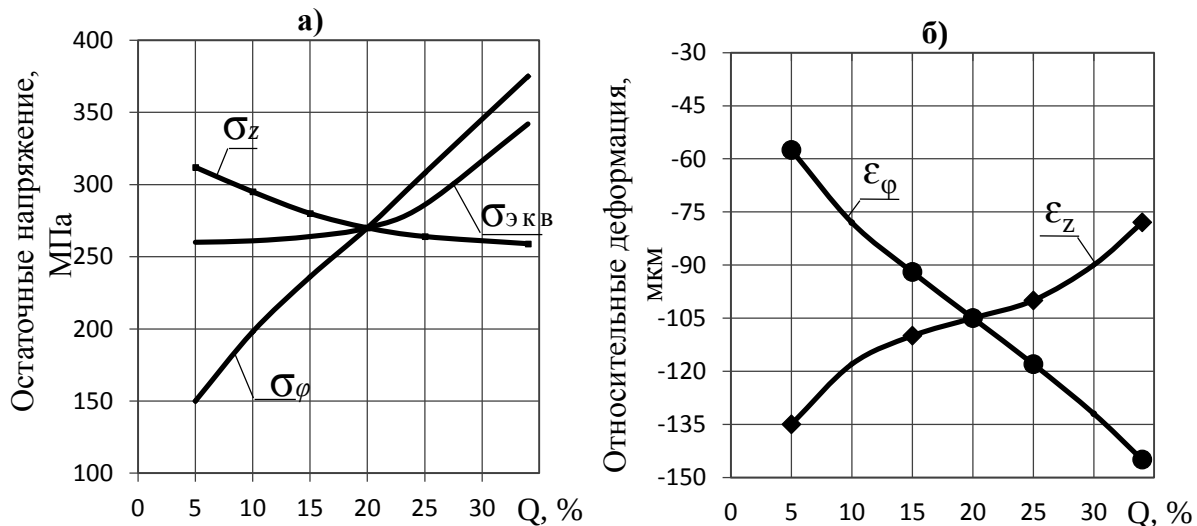


Рис.2. Влияние степени относительного обжатия на максимальные значения тангенциальных, осевых, эквивалентных остаточных напряжений растяжения (а) и относительные деформации (б)

Таким образом, в результате исследования широкого диапазона обжатий, которые применяют на производстве, установлено, что при изменении степени относительного обжатия от 5 до 34% тангенциальные остаточные напряжения возрастают в 2,5 раза, а осевые напряжения снижаются на 13 %. Следует отметить также и глубину залегания остаточных напряжений растяжения. Для тангенциальных остаточных напряжений эта величина является постоянной, равной 0,47 радиуса прутка. Глубина действия осевых остаточных напряжений несколько меньше и находится в интервале 0,68–0,84 от радиуса цилиндра (см. рис. 1).

Моделирование изгибной жесткости. Определим влияние остаточных напряжений на изгибную жесткость калиброванных прутков. В работе рассмотрены остаточные напряжения I рода, которые уравновешены в объеме тела и оказывают сжимающее или растягивающее воздействие на слои металла.

Исследуем деформацию стального гладкого прутка длиной $l=600$ мм, диаметром $d=30$ мм под действием поперечной нагрузки $F=2$ кН (рис. 3). По результатам экс-

периментальных исследований было установлено, что остаточные напряжения на поверхности и в центральной зоне в первом приближении равны по величине и противоположны по знаку [4]. На основании этого модель прутка представлена в виде цилиндра, состоящего из сердечника и оболочки (втулки толщиной t).

Для моделирования изгибной жесткости прутка в зависимости от величины и распределения остаточных напряжений использовано две схемы: 1 – остаточные напряжения сжатия в поверхностных слоях и напряжения растяжения во внутренних слоях (рис. 3, а); 2 – остаточные напряжения растяжения в поверхностных слоях и напряжения сжатия во внутренних слоях (рис. 3, б).

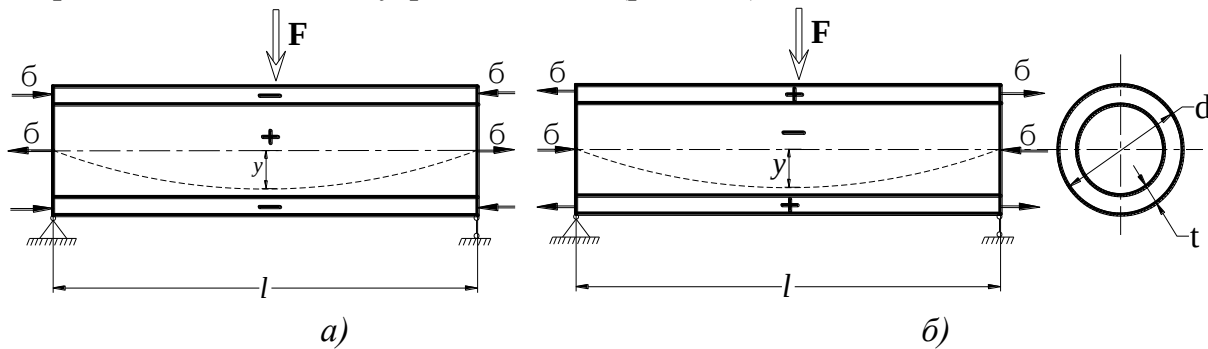


Рис. 3. Схемы для определения влияния остаточных напряжений на жесткость калиброванных прутков: а – схема растяжения; б) – схема сжатия

Аналитический расчет прогиба стержня выполнен методом Коши–Крылова [5]. При $t = 0$, решая дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня, получен максимальный прогиб вала:

$$y_{\max} = \frac{Fl^3}{48EI_x + 4\pi\sigma R^2l^2}, \quad (2)$$

$$y_{\max} = \frac{Fl^3}{48EI_x - 4\pi\sigma R^2l^2}. \quad (3)$$

где: t – толщина оболочки; F – сила нагрузки; l – длина прутков; E – модуль упругости первого рода материала; I_x – момент инерция поперечного сечения; σ – осевое напряжение.

Полученные экспериментальные результаты распределения остаточных напряжений в калиброванных прутках были использованы для определения изгибной жесткости:

$$C = \frac{F}{48y_{\max}}. \quad (4)$$

Расчеты показали (рис. 4.), что в исследуемом интервале относительных обжатий (от 5 до 34%) изгибная жесткость может быть повышена почти в 2 раза.

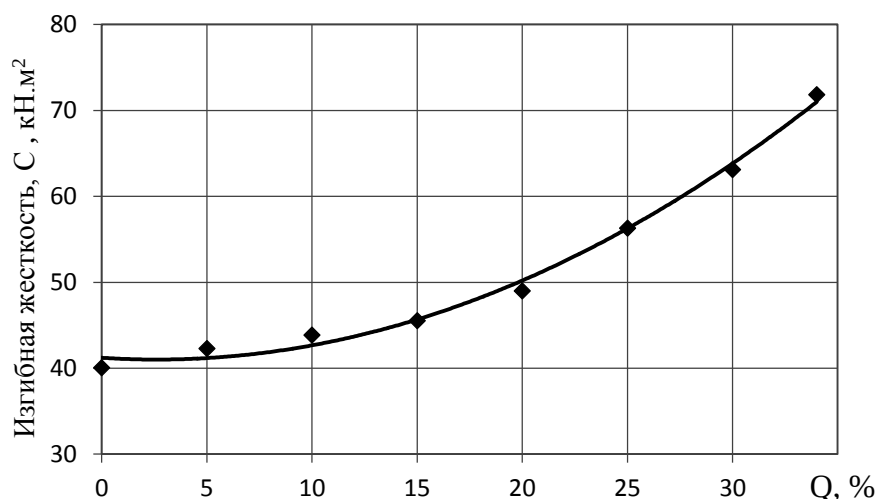


Рис. 4. Влияние степени относительного обжатия Q на изгибную жесткость цилиндрических прутков после калибровки

Технологию охватывающего поверхностного пластического деформирования, которая может быть успешно применена в машиностроительных производствах для повышения жесткости изделий, изготовленных из горячекатаного проката, не рекомендуется использовать в металлургическом производстве для повышения жесткости холоднотянутых прутков. Таким образом, жесткость калиброванного металла может быть увеличена за счет повышения степени относительного обжатия.

Выводы:

1. На основе экспериментальных исследований установлено влияние степени относительного обжатия на величину и характер распределения осевых, тангенциальных и радиальных остаточных напряжений по сечению калиброванных прутков.
2. Жесткость калиброванных прутков зависит от степени относительного обжатия. В интервале обжатий от 5 до 34%, которые реально используют на производстве, жесткость калиброванного металла можно увеличить почти в 2 раза.

Список использованной литературы:

1. Биргер И.А. Остаточные напряжения, М. Машин, 1963, - 232 с.
2. Зайдес С.А. Остаточные напряжения и качество калиброванного металла. Иркутск, ИГУ, 1992, – 200 с.
3. Зайдес С.А. Охватывающее поверхностное пластическое деформирование. Иркутск: Изд.-во ИрГТУ, 2001. 309 с.
4. Зайдес С.А., Нгуен В.Х. Влияние остаточных напряжений на изгибную жесткость длинномерных валов. Иркутск, Вестник ИрГТУ, №9 (114), 2015, с. 45–49.
5. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Изд-во «Наукова думка», 1988. – 736 с.

УДК 621.7-52

Методика позиционирования при автоматизированном монтаже сборочной оснастки

К.А. Однокурцев, Р.А. Сокольников

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Описана методика автоматизированного позиционирования при монтаже сборочной оснастки для изделий авиационной техники с использованием промышленного робота и лазерного трекера. Рассмотрена последовательность и условия выполнения операций позиционирования, а также вспомогательные технические средства удерживания детали и выполнения координатных измерений.

Ключевые слова: сборочная оснастка, безэталонный монтаж, координатное позиционирование, промышленный робот.

В современной авиационной промышленности применяется бесплазовый метод увязки и обеспечения взаимозаменяемости. При этом все физические носители форм и размеров создаются на основе электронных моделей. В том числе, детали сборочной оснастки изготавливаются на оборудовании с ЧПУ и выполняется безэталонный монтаж сборочной оснастки.

Безэталонный монтаж выполняется по данным из электронной модели сборочной оснастки, а для контроля координат элементов конструкции сборочной оснастки используется лазерный трекер. При этом регулировка положения монтируемых элементов выполняется вручную с помощью простых технических средств: компенсирующих прокладок, домкратных и фиксирующих винтов [1]. Для повышения объективности процесса монтажа, сокращения его трудоемкости и исключения ручной подгонки при позиционировании была разработана технология автоматизированного монтажа сборочной оснастки с применением промышленного робота [2].

Данная работа выполнена в рамках договора №389/12 от 15.11.2012 г., дополнительное соглашение №6 «Разработка и внедрение комплекса автоматизированного монтажа сборочной оснастки», в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 15 ноября 2012 г. №218, 3 очередь.

Разработанная технологическая система для автоматизированного монтажа включает следующие компоненты (рисунок 1):

- электронная модель сборочной оснастки [3] – источник данных;
- сборочная оснастка, состоящая из несущего каркаса и монтируемых деталей – объект монтажа и координатных измерений;
- лазерный трекер – средство выполнения координатных измерений;
- промышленный робот – средство автоматизированного позиционирования монтируемых деталей сборочной оснастки.

Испытания разработанной технологии проводились в научно-исследовательской лаборатории «Высокоточная сборка и монтаж конструкций и сооружений» ИРНТУ [4] и на созданном опытном производственном участке на ИАЗ – филиале ПАО «Корпорация «Иркут». Измерения координат выполняются лазерным трекером API Tracker3 [5], а обработка результатов измерений осуществляется в ПО SpatialAnalyzer [6]. Для

автоматизированного позиционирования в лабораторных условиях применяется промышленный робот KUKA KR10 R1100 sixx [7], оборудованный двумя сменными захватами: пальцевым захватом SCHUNK PGN-plus 125/2 [8] и универсальным захватом VERO-S NSR mini 100 [9]. На ИАЗ использован робот KUKA KR60 HA [10] с пальцевым захватом SCHUNK PGN-240/1 [11].

Процесс автоматизированного монтажа состоит из следующих основных этапов:

- 1) привязка лазерного трекера и робота к базовой системе координат (СК) сборочной оснастки;
- 2) позиционирование детали сборочной оснастки роботом;
- 3) фиксация детали на несущем каркасе сборочной оснастки.

Привязка лазерного трекера к базовой СК выполняется по неподвижным базовым точкам, заданным на несущем каркасе сборочной оснастки [12]. Привязка робота к этой же базовой СК выполняется путем измерения координат точки инструмента робота в трех различных позициях лазерным трекером. Передачу данных из SpatialAnalyzer в систему управления робота обеспечивает специальное вспомогательное приложение.

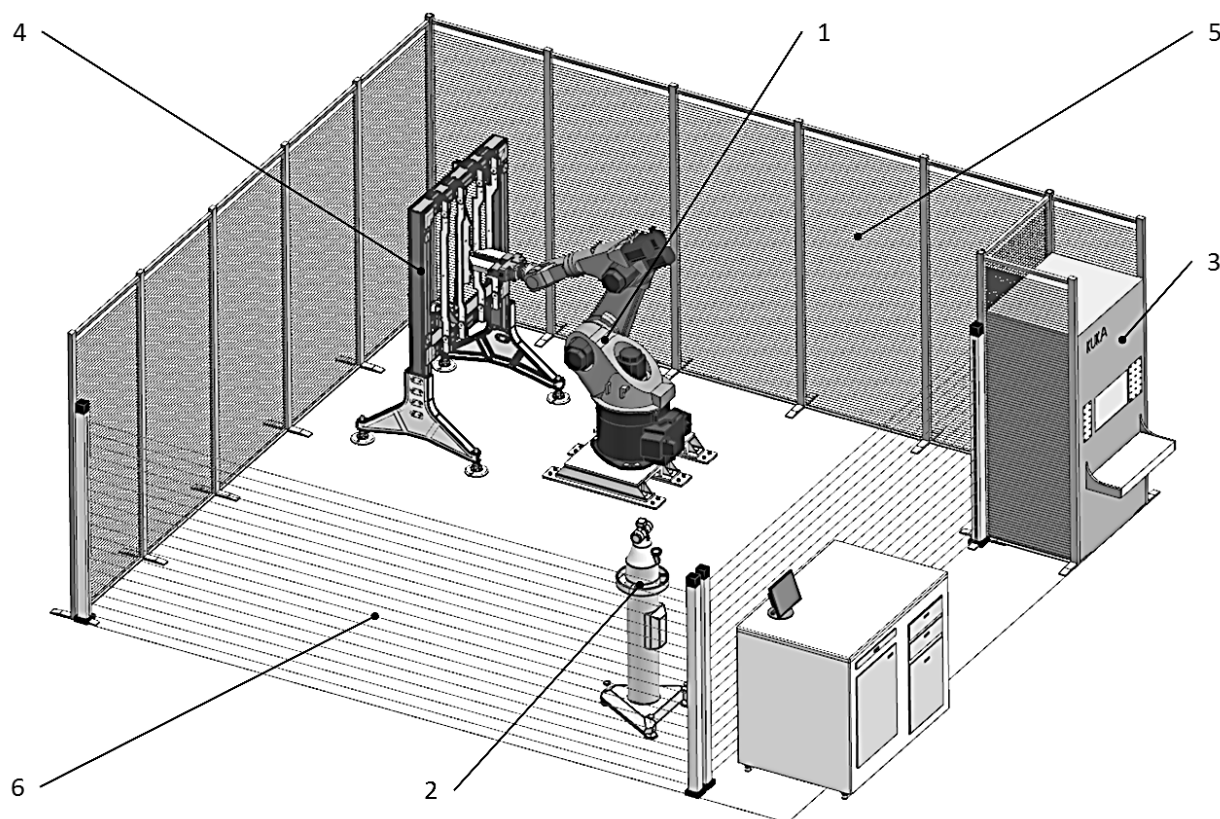


Рис. 1. Технологическая ячейка для автоматизированного монтажа

1 – промышленный робот; 2 – лазерный трекер; 3 – система управления робота; 4 – сборочная оснастка; 5 – ограждения; 6 – фотобарьеры.

Позиционирование детали сборочной оснастки выполняется по алгоритму, заложенному в систему управления робота (рисунок 2). Номинальные координаты базовых точек монтируемых деталей в базовой СК берутся с учетом фактических отклонений их расположения на данных деталях сборочной оснастки, измеренных заранее.

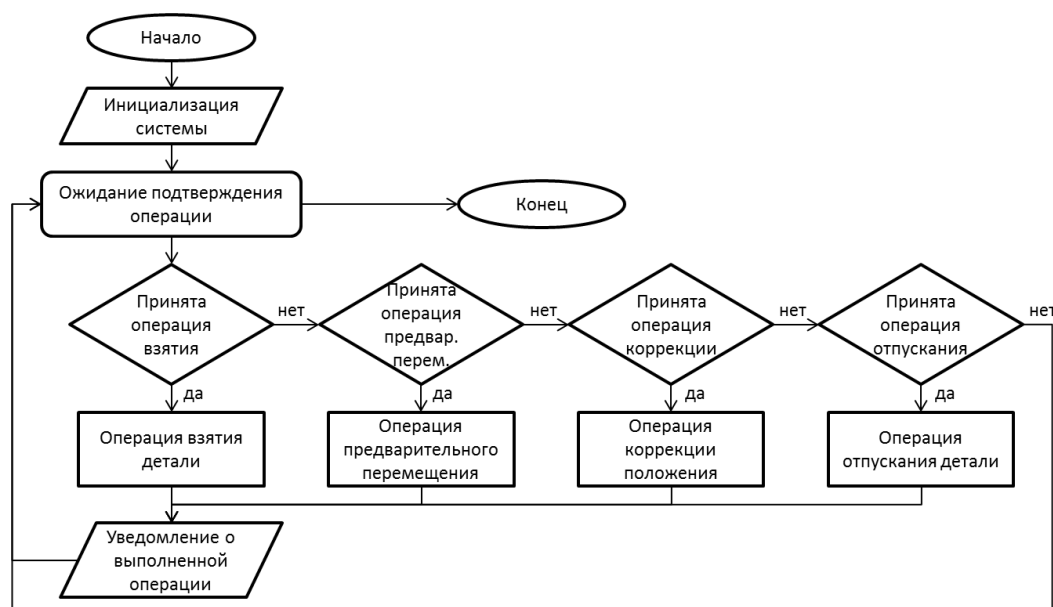


Рис. 2. Алгоритм выполнения позиционирования при монтаже

Вследствие ограниченной грузоподъемности робота он используется для монтажа сравнительно небольших установочных кронштейнов, на которые затем устанавливаются более крупные и массивные базирующие элементы сборочной оснастки: ложементы, рубильники, плиты и т.д. [13] Для жесткого удерживания установочных кронштейнов в захвате робота и измерения лазерным трекером их положения в пространстве разработаны монтажные адаптеры специальной конструкции (рисунок 3).

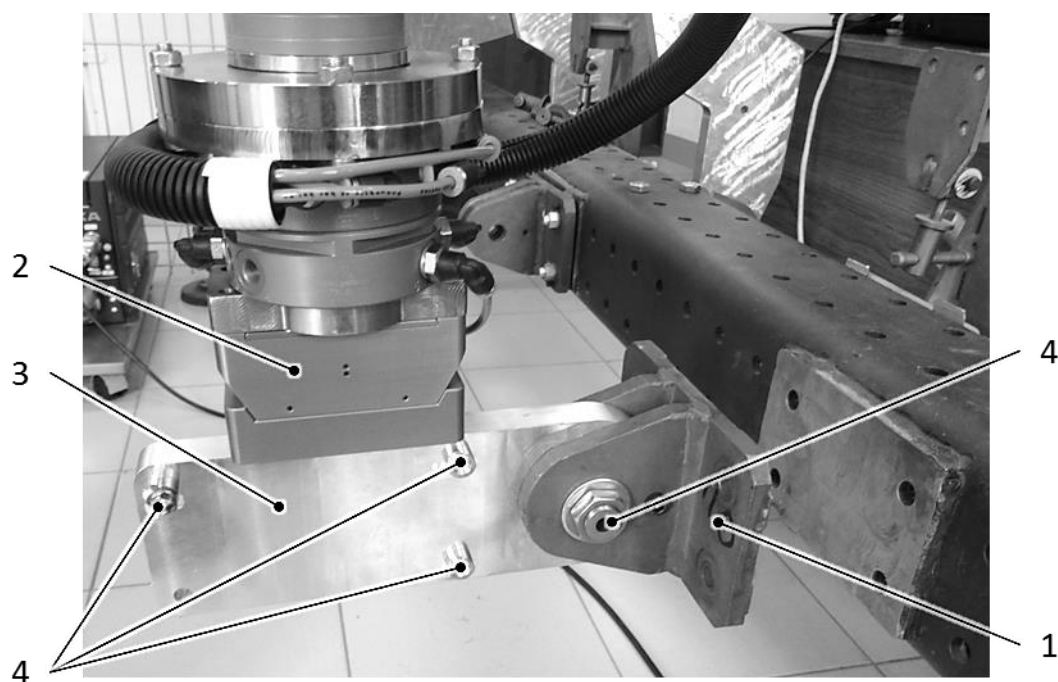


Рис. 3. Предварительное положение кронштейна при позиционировании
 1 – монтируемый кронштейн; 2 – захват; 3 – монтажный адаптер; 4 – носители базовых точек на монтажном адаптере.

Операция предварительного перемещения выполняется для транспортировки детали роботом в локальную область вблизи каркаса сборочной оснастки (рисунок 3).

Перемещение выполняется по одной из заранее заданных типовых траекторий. За счет этого обеспечивается примерное соответствие предварительной позиции и ориентации детали ее монтажному положению, а также предотвращаются случайные столкновения при позиционировании.

Измерение координат монтируемой детали выполняется по базовым точкам [14]. Для установочных кронштейнов носители базовых точек находятся на монтажном адаптере (рисунок 3). В процессе измерений робот удерживает деталь неподвижно, позволяя оператору доступ в рабочую зону для выполнения измерений. Обработка результатов измерений и определение отклонений выполняется средствами SpatialAnalyzer.

Операция коррекции положения обеспечивает собственно автоматическое позиционирование монтируемой детали. Исходными данными являются результаты только что выполненных измерений, которые передаются из SpatialAnalyzer в систему управления робота с помощью вспомогательного приложения. Траектория для автоматического позиционирования генерируется автоматически и затем выполняется по команде оператора.

По результатам проведенных испытаний, для выполнения позиционирования с требуемой точностью $\pm 0,05$ мм необходимы 2 итерации позиционирования, в ходе которых последовательно снижается погрешность:

- 1 итерация: погрешности соответствуют точности позиционирования промышленного робота с учетом точности привязки робота к базовой СК, и превышают допустимые значения;
- 2 итерация: погрешности соответствуют повторяемости робота и соответствуют допустимым отклонениям позиционирования.

По завершении позиционирования выполняется фиксация монтируемой детали на несущем каркасе сборочной оснастки вручную [15]. При этом робот удерживает монтируемую деталь неподвижно в положении, полученном при позиционировании. Операция отпуская детали выполняется после ее фиксации на каркасе сборочной оснастки: робот разжимает захват и автоматически возвращается на домашнюю позицию.

Разработанная технология была испытана в лабораторных условиях и на опытном производственном участке на ИАЗ – филиале ПАО «Корпорация «Иркут». По результатам испытаний для монтажа типового рубильника, который крепится на двух установочных кронштейнах, требуется до 1,5 часов. Из них около 40 минут занимает монтаж каждого кронштейна и 5-10 минут – собственно навеска и контроль координат базовых точек рубильника. При этом обеспечивается точность монтажа рубильника в пределах $\pm 0,1$ мм, а для установочных кронштейнов – около $\pm 0,05$ мм. Полученные результаты достигаются без необходимости ручной подгонки монтируемых деталей, за две итерации автоматического позиционирования.

Список использованной литературы:

1. Ахатов, Р.Х. Современные методы и средства монтажа сборочной оснастки: учебно-методическое пособие / Р.Х. Ахатов, А.С. Говорков. – Иркутск: Изд-во НИ ИрГТУ, 2011. – 76 с., ил.
2. Ахатов Р.Х., Однокурцев К.А., Зыкова Е.В. Технология монтажа сборочной оснастки с применением промышленного робота // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Том 16 № 1(5), 2014. – С.1284-1291.

3. Чимитов П.Е., Лаврентьева М.В. Интегрированная система создания электронной модели авиационной сборочной оснастки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-5. С. 1640-1646.
4. Зыкова Е.В. Техническое оснащение лабораторного стенда для отработки автоматизированного позиционирования элементов сборочной оснастки // Высокие технологии, фундаментальные исследования, экономика. Т.2 : сборник статей Двенадцатой международной научно-практической конференции “Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности”. 08–10 декабря 2011 года, Санкт-Петербург, Россия / под ред. А.П. Кудинова. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2011. – С. 341-348.
5. Tracker3. API product specification [Электронный ресурс]. URL: <http://ap-itechnical.com/Downloads/2012/T3-Product-Specifications.pdf>.
6. Официальный сайт компании «New River Kinematics» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kinematics.com/spatialanalyzer/>.
7. KR 10 R1100 SIXX (KR AGILUS) – KUKA [Электронный ресурс]. URL: http://www.kuka-robotics.com/en/products/industrial_robots/small_robots/kr10_r1100_sixx/start.htm.
8. PGN-plus 125 – Schunk [Электронный ресурс]. URL: http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/PGN-plus_125_EN.pdf.
9. VERO-S NSR – Schunk [Электронный ресурс]. URL: http://www.schunk-vero-s.de/fileadmin/user_upload/Download_PDFs/stat_spanntechnik_Seiten_156-165_RGB_300dpi.pdf.
10. KR 60 HA (HIGH ACCURACY) – KUKA [Электронный ресурс]. URL: http://www.kuka-robotics.com/en/products/industrial_robots/special/high_accuracy_robots/kr60_ha/start.htm.
11. PGN-plus 240 – Schunk [Электронный ресурс]. URL: http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/PGN-plus_240_EN.pdf.
12. Говорков А.С. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения по информационным моделям // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иркутский государственный технический университет. Иркутск, 2012.
13. Чимитов П.Е. Концепция автоматизированного проектирования средств технологического оснащения сборочного производства // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 12 (59). – С. 52-57.
14. Массель Л.В., Жиляев А.С., Говорков А.С. Методика перехода от трехмерной модели к онтологическому представлению изделий авиационной техники // Мехатроника, Автоматизация, Управление. №2. Том 17. 2016. – С.133-137.
15. Зыкова Е.В. Использование сварки при фиксации базирующих элементов с обеспечением высокой точности позиционирования // Тенденции формирования науки нового времени : сборник статей Международной научно-практической конференции (18 октября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – С. 22-26.

УДК 621.01

Разработка устройства для механизации обрезки штампованных заготовок на полупатрубке из материала: АМГ лист 1,2; ОТ-4 лист 0.8X18Н9*С.В. Оскорбин, А.С. Говорков*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается вариант механизации процесса получения полупатрубок из штампованных заготовок. Данный вариант решения производственного случая позволит улучшить качество обрабатываемых поверхностей и улучшить условия труда рабочего.

Ключевые слова: механизация, патрубок, полупатрубок, повышение качества обрабатываемой поверхности, улучшение условий труда.

Механизация производственных процессов — это комплекс мероприятий, предусматривающих широкую замену ручных операций машинами и механизмами, внедрение автоматических станков, отдельных линий и производств.

Механизация производственных процессов означает замену ручного труда машинами, механизмами и другой техникой.

Механизация производства непрерывно развивается, совершенствуется, переходя от низших к более высоким формам: от ручного труда к частичной, малой и комплексной механизации и далее к высшей форме механизации — автоматизации.

В механизированном производстве значительная часть трудовых операций выполняется машинами и механизмами, меньшая — вручную.

Экономическая и социальная значимость механизации производства заключается в том, что они позволяют заменить ручной труд, особенно тяжелый, машинами и автоматами, повысить производительность труда и на этой основе обеспечить реальное высвобождение работников, улучшить качество производимой продукции, снизить трудоемкость и издержки производства, увеличить объем производства.

Рассмотрим производственный случай, требующий внедрения механизации для улучшения качества обрабатываемых поверхностей, сокращения нормативов рабочего и улучшения условий труда.

Производственный случай заключается в том, что при получении полупатрубок из штампованных труб из листовых материалов АМГ и ОТ-4, диаметром 20-50мм, резка производится вручную. Тем самым снижается качество полученных изделий и увеличивается длительность операции.

Патрубок — отрезок трубы или фасонная деталь в виде отрезка трубы, присоединенный (свальцованный, приклепанный, приваренный) к трубопроводу, резервуару и другим конструкциям, служащий для подключения к ним трубопроводов в целях отвода по нему газа, пара или жидкости

Полупатрубок - разрезанный вдоль продольной оси патрубок.

В авиационном патрубке и полупатрубке в основном применяются в системах забора воздуха (рисунок 1), диаметром 30-60 мм, и гидросистемах самолета, имеющие диаметр 3-10 мм (рисунок 2).



Рис. 1. Патрубок гидросистемы Рис. 2. Патрубок системы воздухозабора

Для решения проблемы предложен вариант двухдисковой пилы (рисунок 3). Для резки применены мелкозернистые абразивные карбидо-кремниевые диски, которые обеспечат высокое качество обрабатываемой поверхности при резке.

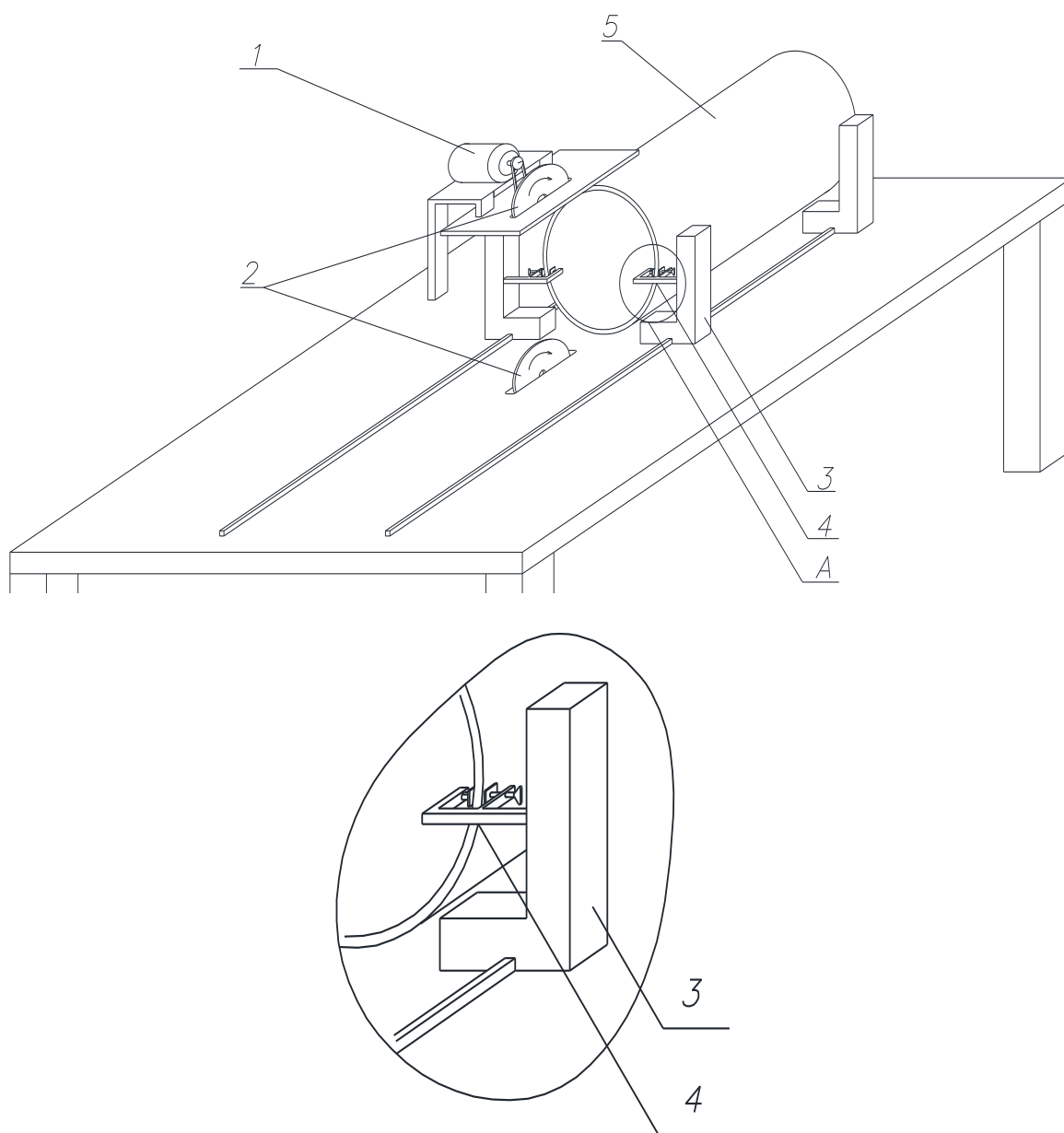


Рис.3. Двухдисковая пила для продольной резки труб

1-электродвигатель; 2-абразивные диски; 3-подвижная рама; 4-торцевой зажим;

Диски приводятся в движение электродвигателем, которые соединены между собой ременной передачей. Заготовка фиксируется в торцевых зажимах 4, которые расположены на подвижных рамках. Верхний и нижний диски скоординированы друг относительно друга, что повышает качество раскроя заготовки.

В результате использования предложенной двухдисковой пилы повышается качество обрабатываемой поверхности по сравнению с проведением этой же операции вручную, до минимума сокращается доводочная работа после раскроя заготовки. Также улучшаются условия труда рабочего, сокращается количество нормочасов, отведенных на данную операцию и увеличивается производительность.

Список использованной литературы:

1. Горбунов М.Н. Технология заготовительно-штамповочных работ. Москва, 1975г.
2. . Абибов А. Л. Технология самолетостроения / А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов и др.; Под ред. А.Л. Абибова. – 2-е изд., переработанное и дополненное. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
3. Аверченков В. И. Автоматизация проектирования технологических процессов. Учебное пособие для вузов / В.И. Аверченков, Ю.М. Казаков. - Брянск, Изд. БГТУ, 2004. - 228 с.
4. Кононенко В. Г. Технология производства летательных аппаратов: Учеб. пособие для авиац. вузов / В.Г.Кононенко и др. – Киев: Вища школа, 1974. – 224с.

УДК 621.91

Технологии фрезерования малкованных поверхностей авиационных деталей

Д. Б. Пайкин

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматриваются типовые авиационные детали, имеющие малкованные поверхности, а так же инструмент и технологии фрезерования данных поверхностей.

Ключевые слова: *фрезерование, малкованная поверхность, 5-ти осевая обработка, авиационная деталь.*

Современные тенденции развития авиационной техники привели к увеличению количества авиационных деталей сложной формы. Данные детали могут иметь поверхности как одинарной, так и двойной кривизны, что значительно усложняет технологию их изготовления. Классические методы, технологии и оборудование не всегда могут решить задачу изготовления данных типов деталей. Именно поэтому авиационное производство все активнее использует в технологическом процессе станки с числовым программным управлением, и как частный случай 5-ти координатные обрабатывающие центры [1]. В данной статье рассмотрены типовые авиационные детали, имеющие сложные и малкованные поверхности, а так же технологии их изготовления.

Типовые авиационные детали, имеющие поверхности сложной формы

Конструкция любого самолета, как военного назначения, так и гражданского, состоит из большого количества разнообразных деталей. Данные детали можно разделить на группы как по сложности изготовления, по используемому материалу, по габаритам, так и по наличию поверхностей сложной формы с одинарной или двойной кривизной. Поверхности двойной кривизны являются наиболее сложными в изготовлении и требуют прогрессивного оборудования, а так же опыта программиста и технолога [2].

К типовым авиационным деталям с поверхностями одной и двойной кривизны можно отнести такие изделия как: кронштейн (рис.1), профиль (рис.2), обод шпангоута (рис.3), балка (рис.4).

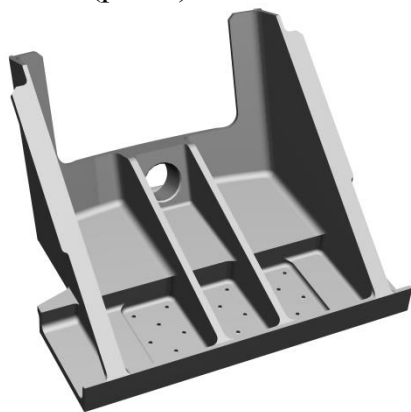


Рис. 2. Кронштейн



Рис. 2. Профиль

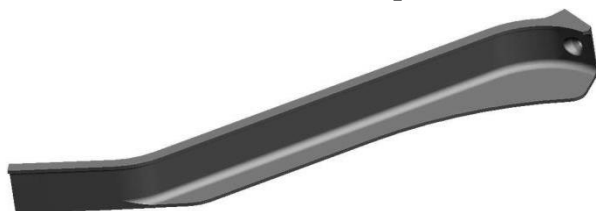


Рис. 3. Обод шпангоута

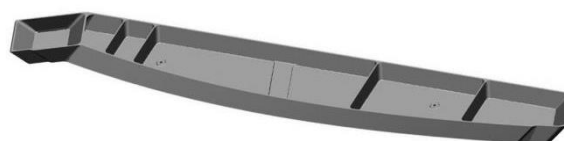


Рис. 4. Балка

Габаритные размеры данных деталей могут варьироваться от сотен миллиметров до нескольких метров, что усложняет их изготовление и требует большого парка станков и приспособлений. Дополнительной сложностью при механообработке малкованных и сложных поверхностей является то, что довольно часто они представляют собой высокие тонкостенные ребра. Фрезерование таких ребер может вызвать сильные вибрации, как инструментальной наладки, так и самого ребра, что негативно сказывается на качестве поверхности [2]. Основным конструкционными материалами для данного класса деталей являются авиационные алюминиевые сплавы, такие как В95 и 1933, а так же титановые сплавы, такие как ВТ20 и ВТ22.

Режущий и вспомогательный инструмент

В большинстве случаев, чистовая обработка сложных поверхностей ведется с использованием сферических фрез, или концевых фрез с радиусом закругления режущих кромок. Они используются именно за их круглую форму, которая позволяет фрезе перемещаться по всей поверхности и обрабатывать деталь в любой точке поверхности. Фрезы такого типа можно разделить на монолитные и фрезы со сменными многогранными пластинами (СМП). Также применяются специальные малкованные фрезы, форма режущей части которых соответствует форме обрабатываемой поверхности, что позволяет обработать малкованую поверхность на 3-х координатном станке за минималь-

ное количество проходов. Но стоит отметить, что стоимость таких специализированных фрез может быть в несколько раз выше, чем стоимость стандартных цилиндрических фрез [3].

В качестве примера при изготовлении малкованных поверхностей детали «Кронштейн» используется концевая фреза из твердого сплава H10F. Диаметр фрезы 16 мм, число режущих кромок 3, радиус закругления режущей кромки 3 мм. Для закрепления используется высокоточный гидропластовый патрон SogoChuck 930 HD (рис.5.). Инструментальная наладка отбалансирована по классу G 2,5.



Рис. 5. Инструментальная наладка

Стратегии для фрезерования сложных поверхностей

Как правило, имеется бесконечное количество вариантов траекторий, при которых может быть обработана одна и та же деталь сложной формы. Варианты траектории образуются из номенклатуры частных стратегий обработки (растровая, окружностная, спиральная, радиальная и т.д.), предлагаемых разработчиками современных САМ систем.

Практика показывает, что влияние параметров стратегии обработки на время резания может быть весьма значительным. В некоторых случаях при их удачном выборе можно достигнуть 50%-й экономии машинного времени [4]. До сих пор в большинстве САМ систем, ответственность за выбор параметров стратегии обработки полностью лежит на разработчике управляющих программ, в арсенале которого имеется лишь собственный опыт и метод последовательного перебора вариантов.

В CAD/CAM системах имеется пять основных вариантов частных стратегий чистовой фрезерной обработки деталей сложной формы на станке с ЧПУ: растровая, спиральная, по постоянным уровням оси Z, окружностная и радиальная [5] (рис. 6.).

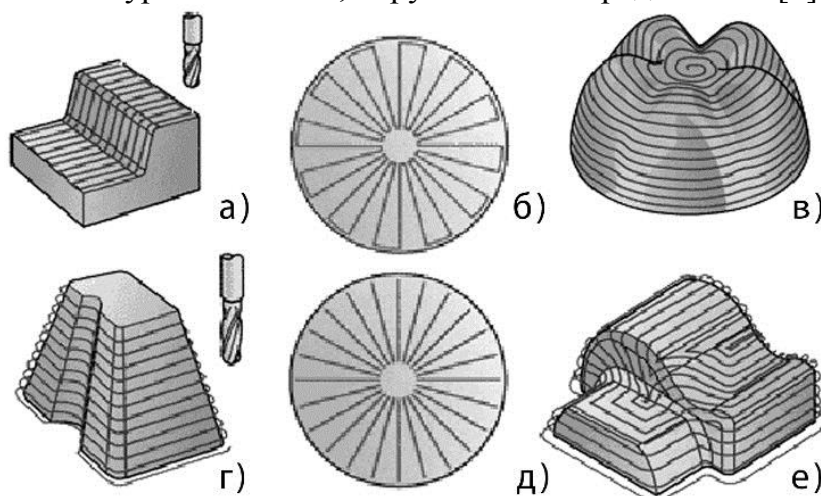


Рис. 6. а – растровая, б – радиальный зиг-заг, в – спиральная, г - с постоянными уровнями по оси Z, д – радиальный зиг, е – эквидистантное смещение

При создании управляющей программы для обработки детали «Кронштейн» использовался программный продукт NX 7.5. После анализа всех возможных траекторий

движения инструмента была выбрана траектория, обеспечивающая требуемое качество поверхности и низкое время обработки. Траектория представлена на рисунке 7.

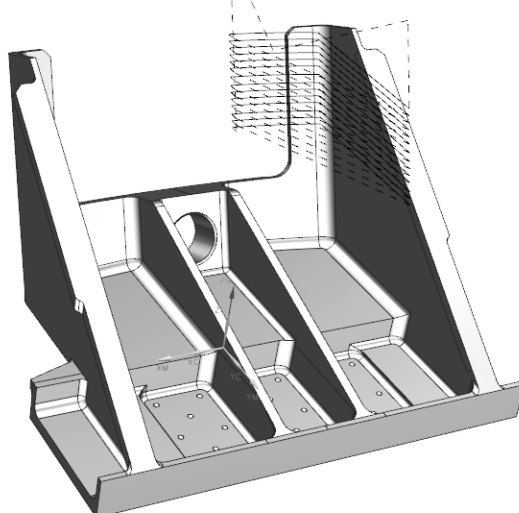


Рис. 7. Траектория движения фрезы при обработке малкованой поверхности детали «Кронштейн»

Совершенствование технологии изготовления сложных и малкованных поверхностей происходит ежегодно. Новые решения представляют как производители инструмента, так и станкостроители, и создатели САМ-систем. Для создания конкурентных преимуществ отечественной авиационной промышленности, требуется комплексная оптимизация всех компонентов технологии, а именно: разработка и внедрение нового режущего инструмента, повышение режимов резания, повышение качества траектории движения инструмента.

Список использованной литературы:

1. Пономарев Б.Б. Оптимизация стратегии фрезерования сложных поверхностей. Под ред. А.И. Промптова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003 – 239 с.
2. Imani B. and Elbestawi M., Geometric Simulation of Ball-end Milling Operations. Journal of manufacturing science and engineering, vol.123, p.177-184, 2001
3. Богданов К.В., Савилов А.В. и др. Производство высокопроизводительного режущего инструмента в условиях ИАЗ // Наука и технологии в промышленности. - Москва, 2013. №1-2.
4. Оптимизация технологии высокопроизводительного фрезерования малкованных поверхностей авиационных деталей / Д. Б. Пайкин // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. 2015. № 4 (35). С. 45-50.
5. Selecting optimal machining strategy parameters when milling complex surfaces by spherical milling cutters / Ponomarev, B., Paykin, D. // International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering. - IJENS Publishers. - 2014, Vol.14 (1) pp 1-5.

УДК 621.43

Турбированный двигатель

В.В. Пуслис, А.Н. Стрельников

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматривается создание, развитие и использование турбированного двигателя.

Ключевые слова: турбированный двигатель; турбонаддуф; интеркуллер.

Возможность увеличения мощности двигателя интересовала инженеров с момента появления двигателя внутреннего сгорания. Впервые про турбированный двигатель заговорили в 1905 году. Установленная на двигатель турбина с помощью выхлопных газов создает принудительное давление воздуха. Поскольку для увеличения мощности двигателя необходимо с одной стороны сделать обдув двигателя более эффективным, с другой стороны добиться лучшей сгораемости топливовоздушной смеси, то для улучшения сгораемости топливовоздушной смеси необходимо обеспечить дополнительную подачу воздуха, то есть воздух должен поступать в цилиндры принудительно, под давлением. Увеличение объема воздуха приводит к лучшему воспламенению смеси в цилиндре и более полному сгоранию топлива, следовательно, увеличится и мощность двигателя. Получая вращение, колесо компрессора засасывает воздух из воздушного фильтра и, нагнетая его, подает в двигатель. При этом колесо компрессора и лопаточное колесо турбины должны располагаться на одном валу.

Однако развитие и внедрение турбированных двигателей происходило очень медленно. Сначала турбокомпрессоры использовались в сфере корабельных и авиационных силовых установок. Грузовые автомобили были первым автомобильным транспортом, на который установили турбированный двигатель. Предприятие Swiss Machine Works Sauer начало выпускать такие двигатели для грузовых автомобилей в 1938 году. В начале 60-х годов на американском рынке появились и первые легковые автомобили, оснащенные турбинами. Это были Oldmobile Jetfire и Chevrolet Corvair Monza. К сожалению, эти модели не отличались выносливостью и надежностью, что неблагоприятно отразилось на дальнейшем внедрении и разработке.

Общий интерес и темпы выпуска таких двигателей резко возросли в 70-е годы XX столетия, когда турбированные двигатели начали устанавливать на автомобили спортивного предназначения. Но широкого распространения этот двигатель всё-таки не получил, так как большой расход топлива, отличавший турбированные двигатели тех времен, не позволял поставить использующие его автомобили на поток, поскольку во времена нефтяного кризиса 70-х годов показатель расхода топлива двигателем был приоритетным.

Принцип работы турбированных двигателей основан на использовании энергии отработавших газов. При возврате отработавших газов нагнетаемый в цилиндры двигателя воздух создает поток газов, который раскручивает крыльчатку турбины и находящиеся на одном валу с нею лопасти компрессора. Это позволяет создать более высокий крутящий момент и улучшает экологические показатели автомобиля, так как обеспечивает более эффективное сгорание топлива в цилиндрах и, что тоже важно в условиях городской среды, возврат выхлопных газов уменьшает количество шума.

Так как воздух в двигатель поступает не только за счёт разрежения, создаваемого поршнем, которое позволяет взять только определённое количество смеси воздуха с топливом, то в двигатель попадает большее количество топливозвоздушной смеси, увеличивается объём сгораемого топлива, образующийся газ займет больший объём и соответственно возникнет большая сила, давящая на поршень. Подчеркнем еще раз основную суть вопроса: отработанные газы поступают в турбину и, отдавая свою энергию, раскручивают ротор турбокомпрессора. Отрицательным фактором является то, что увеличение массы воздуха, сжимаемой в цилиндрах, приводит к заметному увеличению температуры в конце такта сжатия, в результате чего возникает вероятность детонации. Для понижения степени сжатия применяется высокооктановое топливо и предусматривается промежуточный охладитель надувочного воздуха, так называемый интеркулер, который является дополнительным радиатором, поскольку повышение температуры воздуха при нагреве от сжатия понижает плотность вдуваемого воздуха, что уменьшает коэффициент полезного действия данной разработки. Кроме того, борьба с повышением температуры предъявляет большие требования к выбору материалов, из которых изготавливаются детали выпускной системы, элементы корпуса компрессора и лопатки турбин.

На сегодняшний день наиболее эффективно используется эффект турбонаддува у дизельных двигателей тяжёлого грузового транспорта, так как именно в автомобилях большой грузоподъемности наиболее оправданно небольшое увеличение расхода топлива, приводящее к значительному повышению мощности двигателя и передаваемого им крутящего момента.

Рассмотрим сравнительные достоинства и недостатки двух видов двигателей. Как правило, у турбированного двигателя при том же самом расходе топлива, что и у “атмосферного”, выше литровая мощность. Это позволяет увеличить мощность мотора, не меняя количество оборотов двигателя. Уточним, что при одинаковом объеме турбированный двигатель выдает на 40% больше мощности, чем “атмосферный”, отличаясь при этом пониженным выбросом вредных веществ. К недостаткам турбированного двигателя следует отнести повышенное требование к качеству топлива. Высокооктановое топливо является более дорогостоящим, но, к сожалению, его использование необходимо для уменьшения возникающей при работе детонации, и понижения степени сжатия в цилиндрах моторов.

В заключении отметим, что основным преимуществом применения турбированного двигателя являются его относительно большая мощность и экологичность, поэтому турбированные двигатели приобретают в последнее время все большую популярность среди автолюбителей всего мира.

Список использованной литературы:

1. Конструкция и расчет автотракторных двигателей: Учебник для высших технических учебных заведений/ Под ред. проф. Ю. А. Степанова, 1957. - 198 с.
2. Автомобильные и тракторные двигатели. (Теория, системы питания, конструкции и расчет): Учебник для вузов по специальности “Автомобили и тракторы” / Под ред. И. М. Ленина. 1969 - 353 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания/ А. С. Хачиян и др., 1985 – 241с.

УДК 62-822; 620.17.05; 62-5.

Вибростенд с гидрообъемным генератором колебаний

А.А. Сыдыков

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Приведены результаты разработки вибростенда с гидрообъемным генератором колебаний и устройством регулирования объемной жесткости упругой оболочки, обеспечивающим настройку собственной частоты колебательной системы. Получено аналитическое выражения для описания объемной жесткости и собственной частоты системы.

Ключевые слова: вибростенд, гидрообъемный генератор, оболочка, объемная жесткость.

Отказы изделий машиностроения при их эксплуатации часто обусловлены транспортной вибрацией и вибрацией от работы собственных силовых установок [1, 2, 3, 4]. Динамические нагрузки при этом весьма значительны и могут приводить не только к сбоям нормального функционирования таких изделий и устройств (потере виброустойчивости), но и к механическим поломкам их конструктивных элементов (потере вибропрочности). Прежде чем указанные изделия пойдут в серийное производство их необходимо испытывать в экстремальных условиях [1, 2, 5, 6].

Рассматриваемый вибростенд с гидрообъемным возбуждением колебаний предназначен для испытаний гидромеханических, пневматических, электрогидравлических и подобных им устройств. Схема вибростенда показана на рис. 1.

Он содержит корпус 1, упругую оболочку 2 (рукав высокого давления), верхнюю 3 и нижнюю 4 пластины и скобу 5 резьбового регулятора. Верхний стержень 6 со сферической головкой соединен со скобой 5 резьбовым соединением и имеет рукоять 7. Нижний стержень 8 жестко соединен со скобой 5. Сферические головки стержней сопряжены с проточками в верхней 3 и нижней 4 пластинах регулятора. Упругая оболочка 2 своими муфтами 9 и 10 вставлена в отверстия в корпусе 1. Правая гайка соединена с переходником 11, в котором установлена заглушка 12 для стравливания воздуха. Левая гайка посредством гидролинии 13 соединяет оболочку с полостью 14 одностороннего гидроцилиндра, плунжер 15 которого, соединен с подпружиненной пружиной 16 платформой 17. С полостью 14 сообщен цилиндр поршня 18, сопряженный с эксцентриком 19, вал которого соединен с гидромотором 20 и маховиком 21. К полости 14 присоединен переходник 22. Точки А и Б в переходниках 11 и 22 соединяется с гидросистемой стенда.

Вибростенд работает следующим образом, рис. 1. С помощью насоса и регулирующей аппаратуры в полости упругой оболочки и полости 14 одностороннего гидроцилиндра создается начальное давление P_0 , которое в дальнейшем поддерживается постоянным. Давление P_0 заставляет плунжер 15 приподняться на своем начальном положении до некоторого уровня, при котором усилия пружин не восстановят равновесное состояние. Этим же давлением P_0 полость оболочки будет расширена за счет сжатия ее стенок. При вращении эксцентрика поршень 18 совершает колебания с частотой ω . Объем жидкости $2w$, вытесняемый за ход поршня, равный $2a_0$, возбуждает колебания плунжера 15 с платформой 17 (w – амплитудное значение вытесняемого объема).

уменьшением h увеличивается ширина опорной площадки и, следовательно, большая часть внешнего резинового слоя участвует в формировании объемной жесткости.

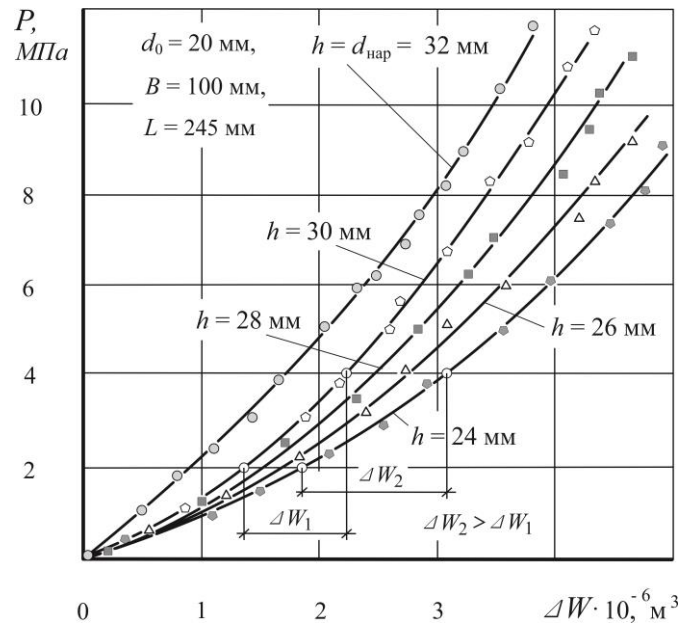


Рис. 2. Зависимость давления от объемной деформации полости оболочки

Верхний график на рис. 2 можно с высокой точностью описать эмпирическим выражением:

$$P = k_1 \Delta W + k_2 (\Delta W)^2, \quad (1)$$

где k_1 и k_2 – эмпирические коэффициенты (для не поджатого рукава высокого давления с параметрами, например $d = 20$ мм и $L = 245$ мм), равные $k_1 = 62,6 \cdot 10^{10}$ (н/м⁵) и $k_2 = 63,9 \cdot 10^{16}$ (н/м⁸).

Учитывая, что поджатие упругой оболочки влияет на наклон графиков, рис. 2, в выражение (1) введем поправочный коэффициент κ_0 :

$$P = \kappa_0 [k_1 \Delta W + k_2 (\Delta W)^2]. \quad (2)$$

Для каждого из графиков на рис. 2, соответствующего поджатию h , определены значения поправочного коэффициента, таблица 1.

h , мм	24	26	28	30	32
κ_0	0,53	0,64	0,76	0,87	1,0

Тогда объемная жесткость оболочки определится дифференцированием выражения (2):

$$c_{об} = \frac{dP}{d\Delta W} = \kappa_0 (k_1 + 2k_2 \Delta W).$$

Полученная формула имеет размерность н/м⁵. Будучи приведенной к площади плунжера 15 жесткость оболочки будет равна $f^2 \kappa_0 (k_1 + 2k_2 \Delta W)$ и иметь размерность н/м, как и жесткость обычной механической пружины.

Тогда собственная частота колебательной системы ω_0 определится выражением (рад/с):

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c + \kappa_0 (k_1 + 2k_2 \Delta W) f^2}{m}}. \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что собственная частота колебательной системы вибростенда зависит от поправочного коэффициента k_0 и, следовательно – от предварительного поджатия оболочки.

При вращении эксцентрика 19 с угловой частотой ω , равной собственной частоте колебательной системы ω_0 , начинается резонанс, сопровождающийся многократным увеличением амплитуды колебаний платформы 17. Величина амплитуды зависит от того, насколько точно совпадают частоты ω и ω_0 . Изменяя поджатие h упругой оболочки 2 можно приближать ω_0 к ω или, наоборот, удалять ω_0 от ω , регулируя амплитуду резонанса и, управляя, таким образом, амплитудно-частотной характеристикой.

Так достигается эффект расширения диапазона управления собственной частотой колебаний и, следовательно, амплитудно-частотной характеристикой колебательной системы вибростенда, образованной плунжером с платформой и пружинами. Благодаря такой конструкции можно реализовать режим частотно-амплитудной модуляции, когда вибрационное воздействие на испытуемый объект имеет вид узкополосного спектра. Такие устройства известны [8, 9], но здесь этот режим колебаний достигается более простыми средствами.

Список использованной литературы:

1. Испытательная техника: Справочник. В 2-х кн. / Под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1982 – Кн. 2. 1982. – 560 с.
2. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник. В 2-х кн. Кн. 2 / Под. ред. В.В. Ключева. – М: Машиностроение, 1978. – 439 с. 7.
3. Нижегородов А.И. Гидропривод испытательного вибростенда с коммутирующим устройством / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 4, С. 31–34.
4. Зедгенизов В.Г. О возможности применения метода амплитудных характеристик для диагностирования аксиально-поршневых гидронасосов / Д. Мехнбол, А.С. Стрельников и др. // Эрденет-Прогресс (Монголия), 2009. – № 1. – С. 29–33.
5. Шкаликов В.С. Измерение параметров вибрации и удара / В.С. Шкаликов, В.С. Пеллинец, Е.Г. Исакович и др. – М.: Изд-во стандартов., 1980. – 280 с.
6. Нижегородов А.И. Стенд для динамических испытаний технических средств в режиме амплитудно-частотной модуляции с гидрообъемным виброприводом / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 10, С. 30–34.
7. Нижегородов А.И. Гидропривод испытательного стенда для возбуждения амплитудно-модулированных колебаний / А.И. Нижегородов // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 5, С. 30–33.
8. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / под. ред. В.Н. Челомей. – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4. Вибрационные процессы и машины / под. ред. Э.Э. Лавендела. – 1981. – 509 с.
9. Нижегородов А.И. Радиально-поршневая гидромашина с фазово-объемным регулированием подачи и режимом амплитудно-частотной модуляции для приводов вибрационных сейсмоиспытательных платформ / А.И. Нижегородов // Вестник машиностроения. – 2014. – № 12, С. 3–8.

Исследование качества и стабильности операции фрезерования кромок на роботизированном комплексе

Е.Н. Семёнов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Приведены результаты исследования шероховатости поверхности и размера фаски на операции фрезерования прямолинейных кромок на РТК. Выдвинуты предложения по улучшению этих показателей с учетом требований к качеству и производительности обработки.

Ключевые слова: промышленный робот, шероховатость, фаска, подача, режим обработки.

После высокопроизводительной механообработки авиационных деталей остаются заусенцы, которые необходимо устранить. Для их удаления и притупления острых кромок детали подвергают финишной обработке путем фрезерования или абразивной обработки [6], [9], [10] до достижения необходимых показателей качества.

Данная работа посвящена исследованию технологических возможностей процесса фрезерования кромок авиационных изделий на робототехническом комплексе на основе манипулятора Kuka KR210 R2700. Важнейшим критерием эффективности технологического процесса является его производительность. Однако, его повышение, как правило, сопровождается ухудшением качества обработки. Таким образом, определение условий для высокопроизводительного фрезерования с учетом соблюдения требований по обеспечению шероховатости поверхности представляется актуальной задачей.

Исследование проводилось на алюминиевых пластинах (марка материала – В95-ПЧТ2) с габаритными размерами $150 \times 50 \times 2$ мм (рисунок 1). Частота вращения шпинделя фиксирована и составляла 5000 об/мин, подача варьировалась от 10 до 400 мм/с, коэффициент чувствительности силомоментного датчика KR от 0,2 до 0,3. Целью исследования является поиск условий повышения производительности (подачи) с получением размера фаски 0,1-0,4 мм и шероховатости $Ra=3$ мкм.

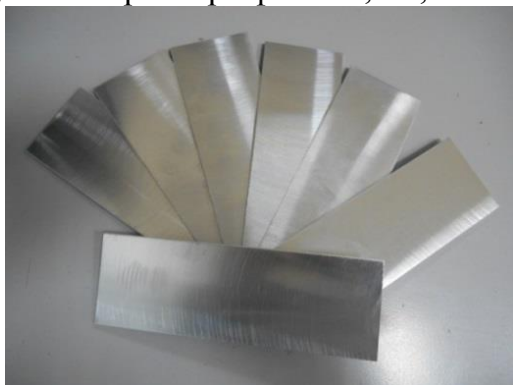


Рис. 1. Обрабатываемые образцы из алюминия Рис. 2. Коническая фреза

Обработка проводилась конической фрезой с углом при вершине 90° (рис. 2). При подачах 10-15 мм/с устанавливался $KR=0,3$, при остальных подачах – 0,2.

После проведения эксперимента были измерены шероховатость и размер фаски обработанных пластин в начале, середине, конце траектории. Результаты представлены в графиках 3 и 4.

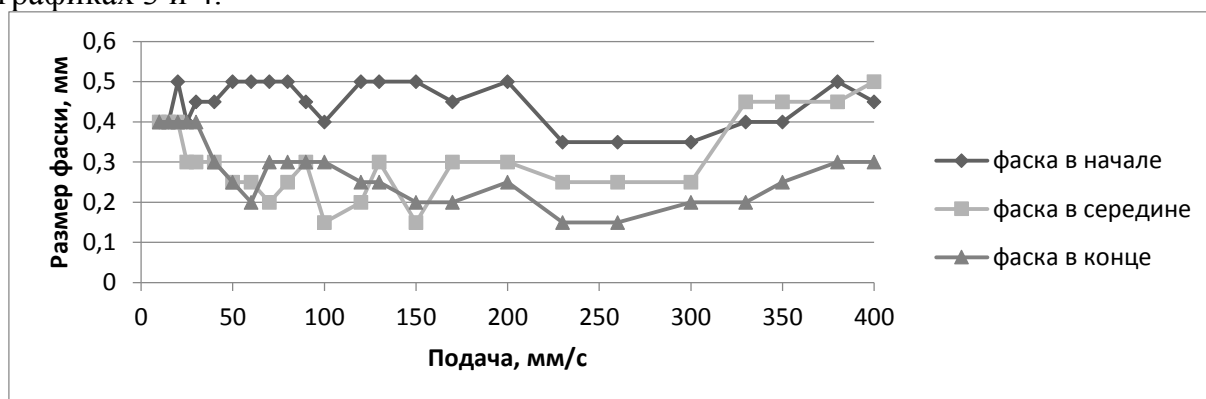


Рис. 3. Зависимость размера фаски от подачи

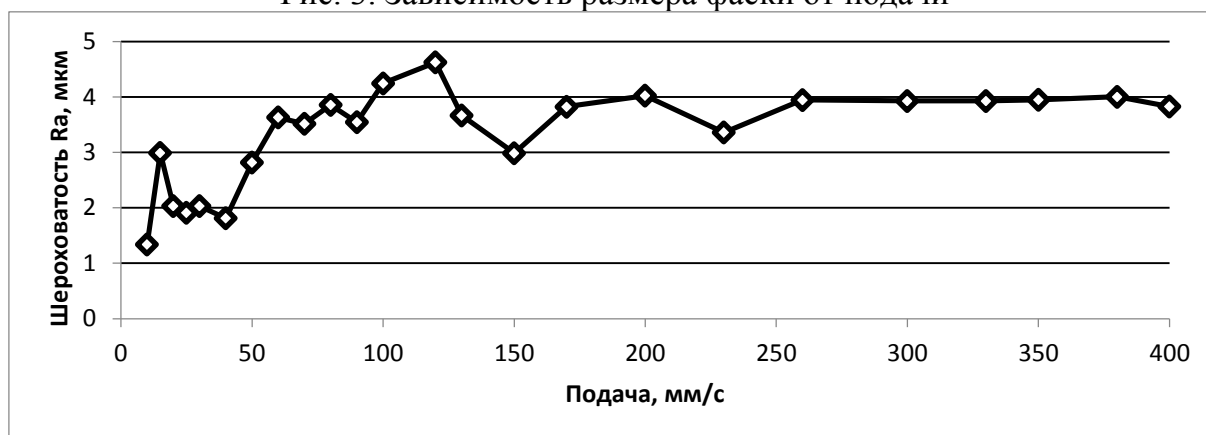


Рис. 4. График зависимости шероховатости от подачи

В соответствии с полученными данными высокопроизводительная обработка характеризуется подачами 250-400 мм/с. На данном интервале шероховатость практически не изменяется и составляет 4 мкм. Дальнейшее увеличение подачи нерационально, так как может привести к усиленному износу или поломке инструмента.

Как следует из представленных зависимостей (рис. 3), требуемый размер фаски (0,1-0,4) реализуется на высоких подачах 230-300 мм/с. Однако, в соответствии с рис. 4 при этом R_a превышает установленное значение 3 мкм.

С другой стороны, на небольших подачах (10-50 мм/с) качество поверхности удовлетворительное ($R_a < 3$ мкм), но размеры фаски имеют пограничное значение 0,4 мм (верхняя граница допуска). Создается впечатление о невозможности реализации вышеуказанных выходных показателей в пределах условий данного эксперимента.

В то же время следует отметить, что обработанная фаска нестабильна на протяжении всей длины обработки. По силовому графику (рис. 5) можно выделить три участка обработки: участок, где происходит врезание при разгоне робота до достижения заданной скорости (здесь же возможны и зарезы); участок, где фрезерование ведется с установившейся скоростью и область торможения робота.

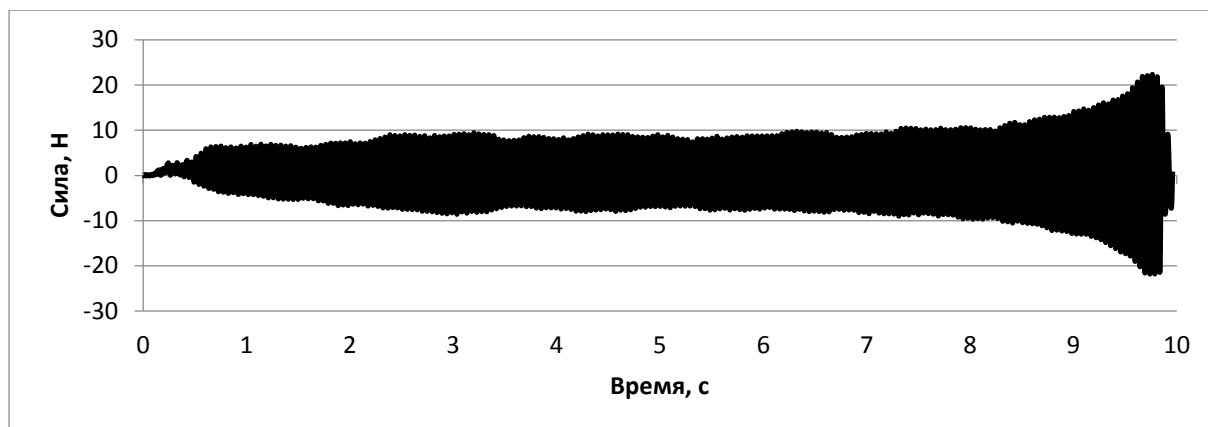


Рис. 5. Изменение сил во время обработки (подача 15 мм/с)

Проведем сравнение профилограммы обработанной кромки (рис. 6) и силового графика при одной и той же подаче.

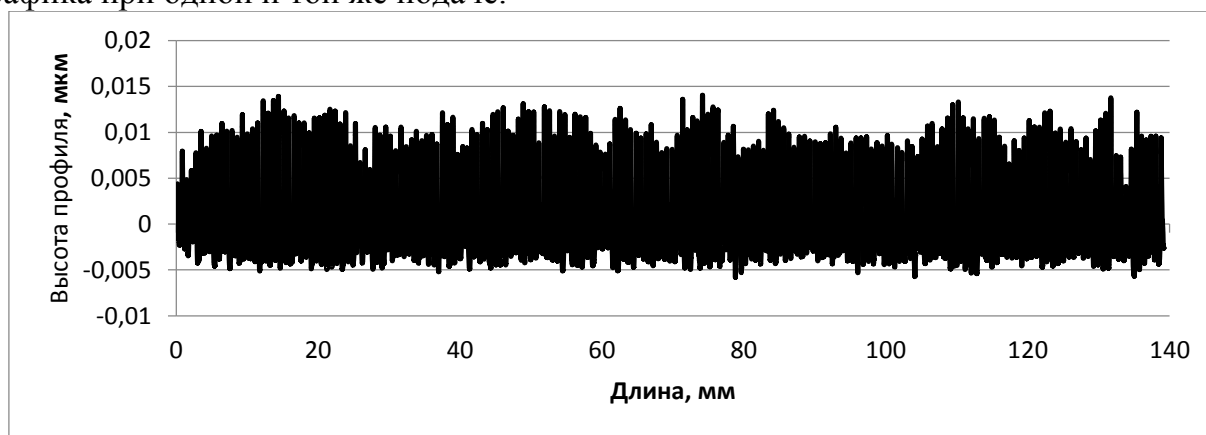


Рис. 6. Профилограмма обработанной кромки (подача 15 мм/с)

В начальном интервале времени с момента увеличения скорости до момента её установления происходит увеличение высоты профиля. На остальных двух участках профилограмма характеризуется наличием чередующихся областей повышения/уменьшения профиля.

Начиная с подачи 20 мм/с коэффициент КР был понижен с 0,3 до 0,2 вследствие невозможности проведения дальнейшей обработки из-за появления сильных колебаний инструмента. Это позволило повысить стабильность (устойчивость) процесса фрезерования.

Таким образом, можно сделать заключение, что при низких подачах (до 50 мм/с) значения размера фаски и шероховатости соответствуют целям эксперимента. При увеличении подачи эти параметры имеют тренд к росту. В то же время с учетом требований к производительности процесса следует тщательнее исследовать возможности РТК в области подач 230-300 мм/с. Для повышения качества обработки рекомендуется повысить частоту вращения шпинделя, а также увеличить коэффициент КР, но при этом возникнет необходимость в преодолении с возникающих автоколебаний.

Список использованной литературы:

1. Исследование влияния коэффициента усиления в канале управления скоростью движения робота на технологические свойства робототехнического комплекса механической обработки кромок деталей. Беломестных А.С., Иванова А.В., Чапышев А.П. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 7 (102). с. 39-47.

2. Эффективное зонирование рабочего пространства промышленного робота KUKA KR210 R2700 extra. Семёнов Е.Н., Сидорова А.В., Беломестных А.С., Чапышев А.П. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 12 (107). с. 86-96.
3. Технологические возможности процессов механизированной финишной обработки деталей с применением автоматических стационарных установок. Чапышев А.П., Иванова А.В. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-5. с. 1627-1634.
4. Исследование точности воспроизведения пространственных контуров промышленными роботами. Иванова А.В., Пономарев Б.Б. Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. № 5. С. 1-11.
5. Робототехнический комплекс удаления заусенцев после фрезерования деталей. Иванова А.В., Пономарев Б.Б., Савилов А.В., Чапышев А.П. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 11 (82). с. 49-53.
6. Кольцов В.П., Беломестных А.С., Чильчegov А.Ю. Экспериментально-аналитическое исследование шероховатой поверхности с использованием фрактальных конструкций. — Инструмент Сибири, 2001, №2(11). с. 23 -25
7. Manufacturing capability of the robotic complex machining edge details. Ivanova A.V., Belomestnykh A.S., Semenov E., Ponomarev B.B. International Journal of Engineering and Technology. 2015. T. 7. № 5. C. 1774-1780.
8. Accuracy Assessment of KUKA KR210 R2700 extra Industrial Robot. E.N. Semionov, A.V. Sidorova, A.E. Pashkov, A.S. Belomestnykh. International Journal of Engineering & Technology. 2016. T. 16. № 1. с. 19-25.
9. Устройство для вибрационной обработки. Филиппов К.Е., Кольцов В.П., Беломестных А.С., Ружников Д.А. патент на изобретение RUS 2064397 27.07.1996
10. Кольцов В.П., Беломестных А.С. Интенсификация виброимпульсной обработки деталей. Тем. сб. научн. докл.- Иркутск: Ирк. гос.техн.ун.-т, 1995. с. 10-12.

Ультразвуковая дробилка

В.Г.Сментына, Ю.И.Чеботарёв

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены новые физические методы дробления каменных материалов с использованием электрогидравлического эффекта и эффекта кавитации. Приведен сравнительный анализ этих эффектов и предложена конструкция ультразвуковой дробилки с описанием устройства и принципа действия.

Ключевые слова: кавитация; дробление материалов; ультразвук, звуковые волны; генератор, преобразователь, электрогидравлический эффект.

Дробление – процесс разрушения кусков руды, угля и другого твердого материала с целью получения требуемой крупности, гранулометрического состава и степени раскрытия минералов.

Экзотическим видом дробления является дробление с помощью электрогидравлическим эффектом (ЭГЭ), называемым так же эффектом Юткина.

Первооткрывателем механизма этого явления по праву считается советский ученый Лев Александрович Юткин, который впервые сформулировал и обозначил новый способ трансформации электроэнергии в механическую как электрогидравлический эффект. Сущность этого эффекта состоит в том, что при прохождении электроразряда высокого напряжения через жидкость в открытом или закрытом сосуде, некоторый объем этой жидкости, находящийся в межэлектродном пространстве, мгновенно вскипает, в результате чего в сосуде образуется газожидкостная смесь. При расширении образовавшегося газа в сосуде возникают высокие и сверхвысокие избыточные гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу. Однако недостатком такого способа дробления является низкая производительность, обусловленная тем, что выход готового продукта на один импульс сравнительно невелик, а частота следования рабочих импульсов по ряду причин небеспределельна, кроме того, недостатком дробилки является низкий срок службы электродов, что приводит к необходимости частых остановок дробилки для ремонта, а также невозможность активировать вновь образованную поверхность готового продукта.

Поиск инновационных усовершенствований, активно проводящийся в последнее десятилетие, привел к возникновению идеи использования здесь ультразвуковой технологии. Ультразвук представляет собой звуковые волны высокой частоты. Применение ультразвука идет, в основном, по двум направлениям: ультразвук с частотой выше 5 МГц (не вызывает кавитации) применяется для исследовательских целей, в том числе для хорошо известного нам УЗИ внутренних органов; ультразвук в диапазоне от 20 до 100 кГц (вызывает кавитацию) широко применяется в промышленности для так называемой силовой ультразвуковой обработки, в процессах гомогенизации, диспергирования, измельчения, эмульгирования, экстракции, очистки и т.д.

Преимуществами ультразвуковой обработки является высокий КПД (до 90 % всей энергии направляется в процесс), отсутствие механических элементов, универсальность аппаратных решений. Рассмотрим структуру ультразвукового устройства.

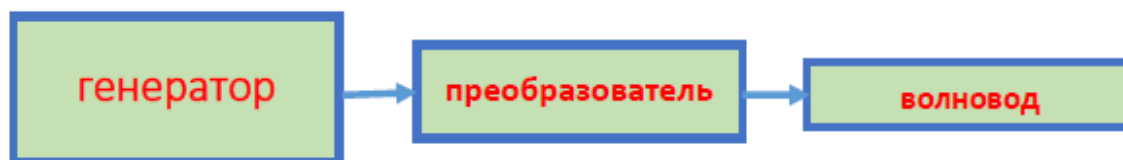


Рис. 1. Структура ультразвукового устройства

Генератор производит электрический ток ультразвуковой частоты, который преобразуется преобразователем в механические колебания. В преобразователе использован магнитоупругий или пьезоэлектрический элемент (последний более эффективен, так как позволяет получить энергию высокой плотности). Волновод передает механические колебания со звуковой частотой в обрабатываемую среду, формируя в ней ультразвуковые волны.

Ультразвуковые колебания запускают процесс кавитации – природного явления, которое выводит процесс ультразвуковой обработки на качественно новый уровень, позволяющий концентрировать энергию в различных точках обрабатываемой среды. При кавитации в жидкости возникают попеременно локальные циклы разрежения и сжатия, что приводит к появлению пузырьков при разрежении, которые взрываются под воздействием сил межмолекулярного притяжения. Распространение пузырьков кавитации приводит к образованию жидких струй внутри жидкости со скоростью до 280

м/с. Все это ведет к разрыву материалов и повышению интенсивности перемешивания.

При кавитации кинетическая энергия движения жидкости преобразуется в тепловую энергию, на месте разрыва пузырьков возникают участки с очень высокой температурой (примерно 5000 К) и давлением (примерно 2000 атм), которые быстро охлаждаются при взаимодействии с окружающей жидкостью. Тем самым создаются уникальные условия для протекания химических взаимодействий.

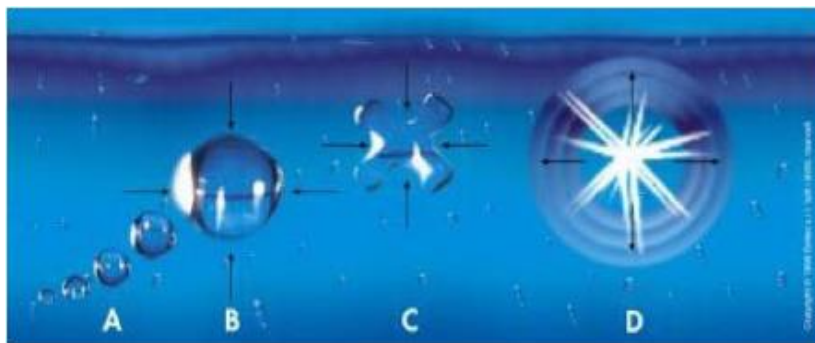


Рис. 2. Рост пузырьков в процессе кавитации



Рис. 3. Возникновение кавитации вокруг волновода

В связи с этим, была разработана дробилка с эффектом кавитации (см. рис. 4).

Данная дробилка состоит из корпуса 1, заполненного водным раствором поверхностно-активного вещества (ПАВ). В верхней части корпуса имеется загрузочный бункер 2. В центре имеется кольцевой магнитострикционный преобразователь 3, к которому подведены провода питания обмоток преобразователя 8 переменного электрического тока, образующих тороидальную обмотку. В нижней части корпуса дробилки смонтирована решетка 7. Ниже решетки имеется наклонное сито 4, под которым установлены конвейеры мелкой 5 и крупной 6 фракции готового продукта.

Дробилка с кавитационным эффектом работает следующим образом: исходное сырье загружается в загрузочный бункер 2 и под действием силы тяжести погружается в водный раствор ПАВ, находящийся в корпусе 1, далее происходит разрушение исходного сырья за счет концентрации энергии в различных точках обрабатываемой среды. При кавитации в жидкости возникают попеременно локальные циклы разреже-

ния и сжатия, что приводит к появлению пузырьков при разрежении, которые взрываются на поверхности исходного каменного материала под воздействием сил межмолекулярного притяжения. Исходное сырье разрушается, и готовый щебень проваливается через отверстия решетки 7 на поверхность наклонного сита 4. Далее щебень, размер зерен которого больше размера ячеек сита 4, скатывается по поверхности сита на конвейер крупной фракции 6 и транспортируется из дробилки, а щебень, размер зерен которого меньше размера ячеек сита 4, проходит сквозь сито и поступает на конвейер мелкой фракции 5, с помощью которого также транспортируется из дробилки.

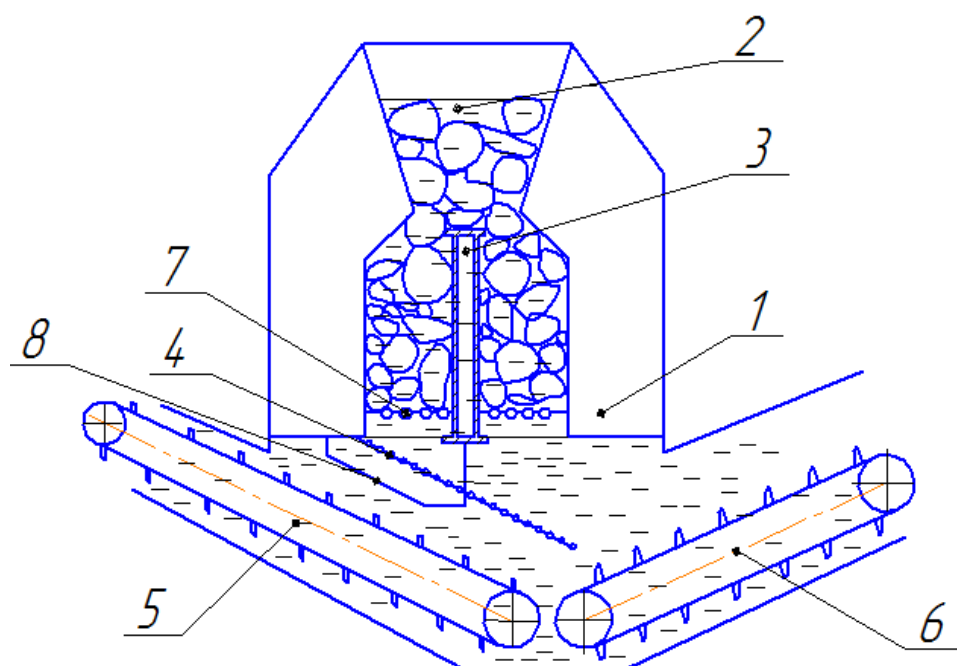


Рис. 4. Дробилка с эффектом кавитации

Дробление каменных материалов, основанное на эффекте кавитации, является новым способом измельчения различных материалов, позволяет получать заданную степень измельчения при определенном гранулометрическом составе продукта и обладает высокой избирательностью дробления. Ультразвуковые устройства для дробления в отличие от механических дробилок не имеют движущихся частей, изготавливаются из обычной конструкционной стали, а их корпус практически не изнашивается при работе. При работе эти устройства не образуют пыли, занимают сравнительно небольшие производственные площади и допускают совмещение в них процессов дробления, смешения и флотации материалов. Одним из главных преимуществ данного метода является его исключительная экологичность, так как способ воздействия кавитации не внесет никаких дополнительных источников загрязнения окружающей среды в планируемые технологии. Рабочей средой в данных дробилках может служить любая жидкость (в основном техническая вода)

Список используемой литературы:

1. Баторшин В.П. Рабочие процессы и выбор параметров вибрационных смесителей. Диссертация... канд. техн. наук. – Л., 1984. – 264с.
2. А. с. 105011 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений / Л.А.Юткин, Л.И. Гольцова. – Заявл. 15.04.50, №416898; Оpubл. в Б. И., 1957, №1.

Обзор поддерживающих приспособлений для ручной сварки

Р.А. Сокольников, М.В. Лаврентьева

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В данной статье приведены приспособления для ручной сварки

Ключевые слова: сварка, центратор, трубопровод.

Сварка торцов труб является часто выполняемой операцией - как в производстве, так и в домашних условиях. Разработано множество приспособлений для сварки труб, облегчающих эту работу и обеспечивающих ее надлежащее качество. Центраторы (так называются эти устройства) обеспечивают соосность свариваемых труб и совмещение их торцевых кромок. По конструкции они бывают наружными и внутренними, первые используются гораздо чаще.

Диапазон рабочих размеров труб, обслуживаемых данным оборудованием, весьма обширен. В частности, центраторы для сварки труб, в зависимости от своей конструкции и габаритов, способны обрабатывать изделия в пределах их диаметров от 25 мм до 6000 мм.

Кроме, собственно, фиксации торцов труб до, во время и после сварки, любой центратор выполняет еще одну важную функцию. Благодаря жесткому захвату трубного корпуса это устройство предотвращает крайне нежелательное дрожание и колебание обрабатываемого объекта. Если этим условием во время сварки пренебречь, то при малейшей нагрузке в будущем полученный шов может разрушиться.

В настоящее время все самые востребованные центраторы разделяются на внешние (наружные) и внутренние. Их названия полностью отвечают месту монтажа указанного оборудования: наружные механизмы крепятся на внешней стороне трубы, внутренние выполняют свои функции, находясь в трубных полостях.

Наружный центратор (рис. 1) представляет собой зажим, который способом обхвата цилиндрической конструкции удерживает концы двух труб в фиксировано-соосном положении. По сравнению с внутренним центратором наружный вариант более легок в установке и удобен в эксплуатации.



Рис.1. Наружный звенный центратор

Еще одной немаловажной характеристикой данного типа центраторов является их способность технически выправлять края трубы, по какой-то причине приобретшие

вид неправильного эллипса. Без устранения такого дефекта практически невозможно обеспечить высококачественный и максимально прочный сварочный шов.

В зависимости от толщины стенок труб и их общих диаметров наружные центрирующие устройства подразделяются на несколько групп.

Технически самой простой категорией таких центраторов является категория звенных устройств. Внешне они напоминают многогранник, снабженный внутренней системой колец-звеньев. В зависимости от типа свариваемого объекта эти звенья могут быть либо одинаковой, либо разной длины, а их количество зависит от диаметра трубы.

Данный тип центраторов применяется для работ с трубами диаметром 50-1500 мм. Закрепляется такое приспособление на корпусе трубы с помощью специальных прижимов.

Внутренние центраторы относятся к технически более сложному типу центрирующих приспособлений, в сравнении с наружными центраторами, монтажному вспомогательному оборудованию. Воздействие на стенки труб указанные центраторы осуществляют изнутри свариваемого цилиндра.

Принципиально функционирование данного оборудования выглядит следующим образом. К жимкам – рабочим органам внутреннего центратора, расположенным в два ряда по всему внешнему диаметру приспособления – посредством гидравлической системы передается определенное усилие. С заданной силой сжатия жимки распирают изнутри трубные торцы.

Таким образом, трубы надежно фиксируются в определенном, соосном друг к другу положении до момента окончания сварки. Благодаря большому гидравлическому усилию, подаваемому на жимки, указанное оборудование хорошо справляется с уже упомянутой выше технологической задачей: корректирует эллипсоидное сечение трубы в сторону правильной цилиндрической конфигурации.

При установке внутри трубопровода такой центратор закрепляется на краю одной трубной секции, а другая секция надвигается на приспособление. В момент фиксации обеих секций между торцами труб остается заданный технологический зазор, необходимый для проведения сварки.

Внутренний центратор перемещается в полости трубопровода при помощи специальной механической штанги. Для протягивания механизма, который обычно отличается достаточно большим весом, применяют различную спецтехнику (в том числе трактора).

Перемещение происходит по всей протяженности трубопровода, поэтому данное вспомогательное оборудование предназначено, как правило, для продолжительного процесса трубоукладки. При этом сварка производится практически без существенных перерывов.

Кроме описанных выше двух наиболее распространенных категорий центраторов в общий перечень разновидностей данной техники входят и другие категории, менее популярные и более специфические. Здесь можно упомянуть такие центраторы, как:

- арочные;
- центраторы-струбцины;
- пружинные (для обработки обсадных труб в различных скважинах);
- центраторы для пропиленовых труб.



Рис.2. Центратор-струбцина

Таким образом, описанное вспомогательное оборудование для организации качественных сварочных работ представляется очень важным для строительной сферы. От правильности выбора и использования указанных приспособлений зависит в конечном счете прочность, надежность сварных соединений и, как следствие, длительность эффективной эксплуатации многочисленных трубопроводов.

Список использованной литературы:

1. Ручная сварка при сооружении и ремонте трубопроводов пара и горячей воды – Юхин Н.А.
2. Справочник сварщика-строителя Бондарь В.Х., Шкуратовский Г.Д.
3. Зыкова, Е.В. Использование сварки при фиксации базирующих элементов с обеспечением высокой точности позиционирования/ Е.В.Зыкова // Тенденции формирования науки нового времени. Сборник статей Международной научно-практической конференции (18 октября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – С. 22 - 26.

УДК 621.923.1

Возможности численного моделирования прижогов с привлечением нечеткой логики

Я.И. Солер, Нгуен Ван Ле, Д.Ю. Казимиров

Иркутский государственный технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Построены модели по прижогам и микротвердостям при плоском шлифовании закаленных деталей из стали 30ХГСА с помощью нечеткой логики. Проведено сравнение их точности с моделями, предсказанными методом наименьших квадратов (НК-оценок). Установлено, что нечеткие модели имеют меньшие ошибки, чем модели НК-оценок: в 1,3 и 2,9 раза для прижогов и микротвердостей соответственно. Подтверждена возможность использования нечетких моделей для предсказания состояния шлифованной поверхности при различных технологических режимах шлифования и для разработки технологических рекомендаций.

Ключевые слова: *прижог, микротвердость, моделирование, нечеткая логика, шлифование, деталь.*

Одним из основных дефектов при шлифовании закаленных стальных деталей жесткими абразивными инструментами являются прижоги. Они представляют собой структурно измененный слой или участок на обработанной поверхности, являющийся следствием теплового воздействия. Появление прижогов приводит к значительному снижению твердости обработанной поверхности, усталостной прочности, износостойчивости и, как следствие, долговечности деталей машин [1]. К сожалению, до сих пор отсутствуют методы их количественной оценки. Нами предложена методика количественной оценки прижогов на базе цифровых технологий [2], которая показала хорошую сходимость с результатами по микротвердости поверхности.

В работе [3] построены численные статистические модели по предсказанию прижогов и микротвердости с использованием метода наименьших квадратов при плоском шлифовании закаленных деталей из стали 30ХГСА. Данные модели характеризуются точностью соответственно 76,5% и 94,14% для прижогов и микротвердостей поверхности деталей. В настоящее время за рубежом метод нечеткой логики используется для моделирования и прогнозирования шероховатости с высокой точностью: 93,103% [4] и 96,39% [5].

В данной работе проведено сравнение прижогов и микротвердостей, предсказанных при плоском шлифовании закаленных деталей из стали 30ХГСА моделями нечеткой логики и множественного дисперсионного анализа НК-оценок.

Методика эксперимента

Шлифование проведено при следующих постоянных условиях: станок модели 3Г71; абразивный круг 01 250×20×76 5NQ46I6VS3, изготовленный фирмой *Norton* из зерен *NQ (Norton Quantum)*. Данный круг показал наилучшую режущую способность из 16-ти испытанных инструментов по результатам моделирования нечеткой логики по мерам положения и рассеяния для шероховатостей и точности формы. Скорость круга $v_k=35$ м/с; СОЖ – 5%-ная эмульсия Аквол – 6 (ТУ 0258-024-00148845-98), подаваемая поливом на деталь с расходом 7-10 л/мин; объект исследования – образцы из закаленной стали 30ХГСА ($\sigma_B=1000-1080$ МПа) с размерами $L \times B \times H=50 \times 40 \times 40$ мм, шлифуемые по площади $L \times B$. Переменные технологические параметры приведены в табл. 1.

Таблица 1

Интервалы варьирования и уровни натуральных и нормированных факторов

Факторы	Интервалы варьирования	Уровни факторов		
		нижний (-1)	основной (0)	верхний (+1)
А-продольная подача $s_{пр}$, м/мин	5	5	10	15
В-поперечная подача $s_{п}$, мм/дв.ход	4	2	6	10
С-глубина резания t , мм	0,0075	0,005	0,0125	0,02
Д-операционный припуск z , мм	0,1	0,1	0,2	0,3

Варьирование технологических факторов соответствовало D -оптимальному плану эксперимента [3] с числом опытов $N=38$ и количеством их дублирования $n=3$ в каждой точке плана. После шлифования поверхность деталей обезжиривали. Съемку, ее оцифровку, конвертирование и расчет прижогов Π_i , % вели по методике [2]. Микротвердость шлифованных поверхностей деталей HV_i , МПа измерена на приборе ПМТ–3 по методике [6]. Ее величины позволяют оценить адекватность предлагаемой методики количественного содержания прижогов и совместно уточнить физико-тепловые явления, протекающие при шлифовании деталей.

Результаты исследования и их обсуждение

Отношение между входными параметрами: $s_{пр}$, $s_{п}$, t , z (табл. 1) – и выходными параметрами: прижогами Π , микротвердостями HV шлифованных поверхностей использовано для составления нечетких правил. Нечеткие лингвистические переменные и нечеткие выражения представлены в табл. 2. Для каждого входного параметра используются три лингвистических переменных: маленький (М); средний (С); большой (Б) а для выходных параметров – пять: очень маленький (ОМ); маленький (М); средний (С); большой (Б); очень большой (ОБ).

Таблица 2

Нечеткие лингвистические переменные для входных и выходных параметров моделей

Входные параметры	Лингвистические переменные				
	М	С		Б	
$s_{пр}$, м/мин	[5; 8,3)	[8,3; 11,6)		[11,6; 15]	
$s_{п}$, мм/дв.х.	[2; 4,6)	[4,6; 7,2)		[7,2; 10]	
t , мм	[0,005; 0,01)	[0,01; 0,015)		[0,015; 0,02]	
z , мм	[0,1; 0,17)	[0,17; 0,23)		[0,23; 0,3]	
Выходные параметры	ОМ	М	С	Б	ОБ
Π , %	[5,3; 17,3)	[17,3; 29,4)	[29,4; 41,5)	[41,5; 53,6)	[53,6; 65,7)
HV , МПа	[4438,4; 4824,5)	[4824,5; 5210,6)	[5210,6; 5596,8)	[5596,8; 5982,9)	[5982,9; 6396]

Для описания нечетких множеств для входных переменных использованы функции принадлежности гауссовой формы, а для выходного параметра – функция принадлежности треугольной формы (Симсона).

Множество из 38 нечетких правил составлено на основе представленных результатов по прижогам и микротвердостям в D -оптимальном плане эксперимента [3]. Нечеткие правила моделировались в программной среде *Mathlab* на основе нечеткой логики *Mamdani* и представлены в табл. 3.

Табл. 4 содержит результаты моделирования прижогов и микротвердостей, полученных методами наименьших квадратов и нечеткой логики в точках D -оптимального плана. Дополнительно рассчитаны их ошибки. Установлено, что средняя ошибка для моделей нечеткой логики меньше, чем для моделей НК-оценок, в 1,3 и 2,9 раза соответственно для прижогов и

Таблица 3

Нечеткие правила моделей

№ точки плана	Входные параметры				Выходные	
	$s_{пр}$	$s_{п}$	t	z	Π	HV
1	С	М	М	М	М	С
2	М	С	М	М	Б	М
3	С	Б	М	М	ОБ	ОМ
4	Б	Б	М	М	ОМ	С
5	М	М	С	М	Б	М
6	Б	М	С	М	ОМ	ОБ
7	С	С	С	М	ОБ	ОМ
8	С	Б	С	М	Б	ОМ

9	С	М	Б	М	С	С
10	С	С	Б	М	Б	С
11	Б	С	Б	М	М	С
12	М	Б	Б	М	ОБ	ОМ
13	М	М	М	С	М	С
14	Б	М	М	С	ОМ	М
15	С	С	М	С	С	Б
16	С	Б	М	С	ОБ	Б
17	С	М	С	С	С	ОМ
18	С	С	С	С	Б	С
19	Б	С	С	С	М	ОБ
20	М	Б	С	С	ОБ	М
21	М	М	Б	С	С	ОМ
22	С	М	Б	С	Б	С
23	М	С	Б	С	Б	С
24	Б	С	Б	С	Б	ОБ
25	С	Б	Б	С	Б	М
26	Б	Б	Б	С	М	ОБ
27	С	М	М	Б	М	С
28	С	С	М	Б	ОБ	С
29	Б	С	М	Б	ОМ	Б
30	М	Б	М	Б	Б	М
31	С	М	С	Б	Б	М
32	М	С	С	Б	ОБ	М
33	С	Б	С	Б	Б	ОМ
34	Б	Б	С	Б	ОМ	Б
35	М	М	Б	Б	С	М
36	М	М	Б	Б	С	М
37	С	С	Б	Б	Б	М
38	С	Б	Б	Б	С	М

Примечание: Структура первого правила: Для модели П – Если $s_{np} - С$ и $s_n - М$ и $t - М$ и $z - М$, то П – М; для модели HV - Если $s_{np} - С$ и $s_n - М$ и $t - М$ и $z - М$, то HV – С.

Таблица 4

Прогнозируемые значения прижогов и микротвердостей моделей нечеткой логики и НК-оценок и их ошибки

№ точки плана	Прижоги, П					Микротвердости, HV				
	$\bar{P}$, %	$\hat{P}_{НК}$, % [3]	$\hat{P}_{НЛ}$, %	$\Delta_{НК}$, %	$\Delta_{НЛ}$, %	$\overline{HV}$, МПа	$\hat{HV}_{НК}$, МПа [3]	$\hat{HV}_{НЛ}$, МПа	$\Delta_{НК}$, %	$\Delta_{НЛ}$, %
1	20,12	32,98	24,8	63,90	23,25	5567,08	5159,46	5400	7,32	3,00
2	45,41	52,57	47	15,76	3,50	5193,73	5032,25	5040	3,11	2,96
3	63,73	55,38	56,9	13,09	10,71	4565,24	5159,46	4720	13,02	3,39
4	11,03	20,89	14	89,34	26,88	5520,71	5808,86	5410	5,22	2,01
5	43,39	27,59	47	36,42	8,31	5009,62	5032,25	5040	0,45	0,61
6	5,85	9,37	14	60,15	139,30	6369,05	5808,86	6090	8,80	4,38
7	62,41	52,52	56,9	15,86	8,84	4438,35	5159,46	4720	16,25	6,35
8	48,72	55,38	46,2	13,67	5,17	4665,60	5159,46	4720	10,58	1,17
9	34,85	32,98	35,5	5,38	1,86	5538,02	5159,46	5390	6,84	2,67
10	43,70	52,52	46,2	20,18	5,73	5383,42	5159,46	5390	4,16	0,12

11	21,82	23,47	24,8	7,56	13,68	5498,94	5808,86	5390	5,64	1,98
12	65,67	60,87	59,3	7,31	9,70	4590,98	5032,25	4660	9,61	1,50
13	23,15	29,89	25,1	29,09	8,41	5418,76	5032,25	5390	7,13	0,53
14	14,38	11,67	14	18,85	2,63	5176,77	5808,86	5060	12,21	2,26
15	38,97	51,16	35,5	31,28	8,90	5635,73	5159,46	5750	8,45	2,03
16	62,54	50,36	56,9	19,47	9,01	5643,42	5159,46	5750	8,58	1,89
17	32,79	35,28	35,5	7,58	8,26	4518,91	5159,46	4720	14,17	4,45
18	49,49	51,16	46,2	3,36	6,66	5432,47	5159,46	5400	5,03	0,60
19	27,86	22,11	24,8	20,64	10,97	6017,58	5808,86	6090	3,47	1,20
20	55,43	55,85	58,8	0,76	6,08	5094,18	5032,25	5040	1,22	1,06
21	33,63	29,89	36,3	11,13	7,93	4779,53	5032,25	4660	5,29	2,50
22	42,45	35,28	46,2	16,90	8,83	5546,98	5159,46	5390	6,99	2,83
23	42,67	51,21	47,5	20,01	11,33	5346,90	5032,25	5380	5,88	0,62
24	41,81	22,11	46,2	47,13	10,49	6256,55	5808,86	6090	7,16	2,66
25	51,18	50,36	46,2	1,59	9,73	5075,32	5159,46	5060	1,66	0,30
26	17,45	15,87	24,8	9,06	42,09	6009,47	5808,86	6090	3,34	1,34
27	27,62	37,58	24,8	36,05	10,22	5533,32	5159,46	5400	6,76	2,41
28	61,94	49,80	56,9	19,61	8,14	5417,86	5159,46	5400	4,77	0,33
29	12,48	20,75	14	66,18	12,14	5748,66	5808,86	5750	1,05	0,02
30	45,45	50,83	47,5	11,85	4,51	5087,83	5032,25	5040	1,09	0,94
31	42,80	37,58	46,2	12,20	7,94	4887,40	5159,46	5060	5,57	3,53
32	54,52	49,85	57,9	8,58	6,20	4822,46	5032,25	5040	4,35	4,51
33	52,01	45,34	46,2	12,82	11,17	4794,62	5159,46	4720	7,61	1,56
34	5,25	10,85	14	106,55	166,43	5681,39	5808,86	5750	2,24	1,21
35	29,88	32,19	36,3	7,72	21,48	5154,13	5032,25	5020	2,36	2,60
36	33,91	32,19	36,3	5,09	7,04	4856,58	5032,25	5020	3,62	3,36
37	46,63	49,80	46,2	6,80	0,92	5151,31	5159,46	5060	0,16	1,77
38	39,73	45,34	35,5	14,12	10,65	5074,61	5159,46	5060	1,67	0,29
$\bar{\Delta}, \%$				23,50	17,76	$\bar{\Delta}, \%$			5,86	2,02

Примечание: $\bar{P}$, $\bar{HV}$ – среднее опытное значение прижогов и микротвердость; $\hat{P}_{НК}$, $\hat{HV}_{НК}$ – их прогнозируемые значения по моделям НК-оценок [3], $\hat{P}_{НЛ}$, $\hat{HV}_{НЛ}$ – их прогнозируемые значения по моделям нечеткой логики; $\Delta_{НК}$, $\Delta_{НЛ}$, $\bar{\Delta}$ – ошибки для моделей НК-оценок, нечеткой логики и средняя ошибка соответственно.

микротвердостей. Их следует использовать для предсказания состояния шлифованной поверхности при различных технологических режимах шлифования и для разработки технологических рекомендаций. Однако они имеют существенный недостаток перед статистическими моделями: они не дают регрессионные уравнения входных и выходных параметров.

В представленной работе подтверждена целесообразность использования нечеткой логики для построения моделей по прижогам и микротвердостям, которые характеризуются соответственно точностью 82,2% и 98%.

Список использованной литературы

1. Эльянов В.Д., Куликов В.Н. Прижоги при шлифовании. М.: НИИМАШ. 1974. 63 с.
2. Солер Я.И., Казимиров Д.Ю., Нгуен В.Л. Количественная оценка прижогов при плоском шлифовании закаленных деталей из стали 40Х абразивными кругами различной пористости. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2015. № 1. С. 6–19.

3. Солер Я.И., Нгуен Ван Ле, Казимиров Д.Ю. Моделирование прижогов при шлифовании закаленных деталей из стали 30ХГСА // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2016. №4 [673]. С. 70-80.

4. Sarhan A.A.D., Sayuti M., Hamdi M. A fuzzy logic based model to predict surface roughness of a machined surface in glass milling operation using CBN grinding tool // World academy of science, engineering and technology. 2012. Vol. 6. P. 564-570.

5. Jaya A.S.M., Hashim S.Z.M., Rahman M.N.A. Fuzzy logic-based for predicting roughness performance of TiAlN coating. in Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), 2010 10th International Conference on. 2010.

6. Солер Я.И., Лгалов В.В. Изучение микротвердости формообразующих деталей штамповой оснастки при абразивном шлифовании // Вестник ИрГТУ. 2012. № 7. С. 48–54.

УДК 621.923.1

Оптимизация выбора кругов при маятниковом шлифовании алюминиевого сплава В950чТ2 по критерию макрогеометрии

Я.И. Солер, Чи Куен Нгуен, Мань Тием Нгуен

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Представлены результаты исследования режущих способностей (РС) высокопористых кругов (ВПК) Norton с различными зёрнами при шлифовании деталей из алюминиевого сплава В950чТ2, широко применяемого для высоконагруженных конструкций летательных аппаратов. Статистический метод не имеет возможностей комплексного анализа выходных параметров процесса. Моделирование в среде MATLAB позволило установить, что минимальные меры положения и рассеяния показателей отклонений от плоскостности (ГОСТ 24642-81): EFE_{max} , EFE_a , EFE_q – гарантируют ВПК из карбида кремния черного 37C46I12VP.

Ключевые слова: шлифование; отклонение от плоскостности, статистика, медиана, мера рассеяния, нечеткая логика, функция желательности.

Основным методом окончательной обработки в машиностроении является маятниковое шлифование, которое должно обеспечивать необходимое качество поверхностей деталей, оказывающее большое влияние на долговечность работы узлов и машины в целом. Одной из подзадач общей проблемы оптимизации технологических операций шлифования является определение оптимальных величин входных переменных, из которых наиболее существенное влияние на показатели процесса шлифования оказывают составляющие характеристики абразивного круга.

Наиболее часто при изучении процесса шлифования в качестве критерия его эффективности выступает шероховатость деталей. Другим не менее важным показателем качества деталей и изделия в целом выступает точность изготовления, значимость которой усиливается при росте нагрузок и скоростей перемещения, а также при возрастании требований к их надежности.

Точность формы плоских деталей характеризуется отклонениями от плоскостности (ГОСТ 24642-81): наибольшим EFE_{max} (основным) характеризующим наибольшие отклонения реальной поверхности от прилегающей плоскости в пределах нормируемого

участка: вспомогательными показателями EFE_a и EFE_q , которые соответственно именуются средним арифметическим и средним квадратичным отклонениями от плоскостности. Основной показатель целесообразно использовать при оценке режущих свойств кругов, а два вспомогательных – при расчете поправочных коэффициентов к базовым моделям множественного дисперсионного анализа (МДА), которые априори прогнозируют наибольшие величины отклонений. Точность формы влияет на определённую выполняемого размера и долговечность соединений деталей. Эти параметры являются нелинейными, взаимозависимыми и трудно поддаются качественной оценке с высокой точностью. Таким образом, физические модели получить не представляется возможным, а их экспериментальные аналоги не могут быть исчерпывающими и имеют ограниченную применимость. В связи с этой причиной решено привлечь нечеткую логику, позволяющую проанализировать большое количество переменных шлифования и охватить широкий диапазон технологических условий.

Нечеткая логика – новая мощная технология, возникшая как наиболее удобный способ построения систем управления сложными технологическими процессами. Она относится к перспективному направлению развития кибернетики, которое предложено и развито *L. A. Zadeh* [1]. Нечеткая логика равнозначна теории нечетких множеств A_l , т.е. классов с размытыми границами, представленными совокупностями упорядоченных пар, составленных из элементов y_l универсальных множеств $\{y_{lv}\}$ и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(y_l)$:

$$A_l = \{(y_l, \mu_A(y_l)) | y_l \in \{y_{lv}\}\}, v = \overline{1; n}.$$

В данной работе предложено использовать нечеткие модели для выбора оптимальных характеристик высокопористых кругов (ВПК) при маятниковом шлифовании деталей из алюминиевого сплава В95очТ2 (зарубежные аналоги – 7075, АА7075, А97075), который имеет химический состав в процентах (ГОСТ 4784-97): $Fe \leq 0,15$; $Si \leq 0,1$; $Mn = 0,2-0,6$; $Cr = 0,1-0,25$; $Ti \leq 0,05$; $Cu = 1,4-2$; $Mg = 1,8-2,8$; $Zn = 5-6,5$; примеси – 0,1 и Al – остальное. Длинномерные детали после термической обработки Т2 в результате образования твёрдых кристаллических соединений получают высокие механические свойства: $\sigma_b = 490-580$ МПа; $\sigma_{0,2} = 430-480$ МПа; $\delta = 7\%$; трещиностойкость $K_{1c} = 34-36$ МПа $\cdot$ м $^{1/2}$ и коррозионную стойкость. Он применяется для высоконагруженных конструкций летательных аппаратов [2,3]. Критерием оптимизации шлифования служит комплекс показателей отклонений от плоскостности, каждый из которых оценивается мерами положения и рассеяния, стремящимися к минимуму.

В России присутствует дефицит карбидов кремния. Качество и сроки поставок кругов с зёрнами из карбида кремния также вызывают много нареканий. В связи с изложенным ведущие машиностроительные предприятия предпочитают использовать абразивные инструменты зарубежного производства. В данной работе исследованы инструменты фирмы *Norton* различной зернистости, в том числе с самыми современными абразивными материалами, мало известными на российском рынке.

Методика исследования. В работе приняты следующие условия реализации опытов: плоскошлифовальный станок – модель 3Г71М; объект исследования – образцы из сплава В95очТ2 с размерами $L \times B \times H = 40 \times 40 \times 45$ мм, шлифуемые по площади $L \times B$ без выхаживания; форма и размеры ВПК *Norton* 01 250 $\times$ 20 $\times$ 76 мм [4]; технологические параметры – скорость круга $v_k = 35$ м/с, продольная подача $s_{пр} = 7$ м/мин, поперечная подача $s_{п} = 1$ мм/дв.ход, операционный припуск $z = 0,15$ мм; СОЖ – 5%-ная эмульсия Аквол–6 (ТУ 0258-024-00148845-98), подаваемая поливом на деталь с расходом 7–10

л/мин; число параллельных опытов (операционная партия) – $n=30$ ($v = \overline{1; 30}$). Выходные данные процесса представлены в общем виде как y_{lv} , где индекс $l = \overline{1; 5}$ отражает характеристики кругов Norton: 1 – 37C46K12VP (базовый), 2 – 37C46I12VP, 3 – 39C46K12VP, 4 – 39C46I12VP, 5 – 5SG46K12VXP. Инструменты $l = \overline{1; 4}$ изготовлены из карбида кремния черного ($l=1;2-37C$) и зеленого ($l=3;4-39C$); ВПК $l=5$ – из зерен микроскопического корунда (синтеркорунда) с содержанием зерен Sol-Gel (SG) в смеси с оксидом алюминия А в отношении 1:1. Круги из зерен 5SG включены в исследование в опытном порядке для проверки возможности их использования для шлифования деталей из алюминиевого сплава.

Отклонения от прямолинейности шлифованных поверхностей измерены на микрокатере 2– ИПМ (ТУ 2-234-229-89) по периметру детали в полярной системе координат, центром которой служит пересечение диагоналей квадрата 40×40 мм в 12-ти сечениях $\varphi=[0^\circ; 330^\circ]$ через 30° . Они могут оказаться больше нуля, если точки измерения по периметру контура находятся выше начала координат, или меньше нуля при их расположении ниже начала координат. Эти отклонения именуются соответственно вогнутостью и выпуклостью. Методика поиска показателей отклонений от плоскостности (ГОСТ 24642-81): EFE_{max} , EFE_a , EFE_q – изложены в работе [5]. В исследовании принята нормальная относительная геометрическая точность: отклонения от плоскостности $EFE = 0,6T$ (ГОСТ 24643-81), где T – допуск на размер детали.

Использование статистических методов при изучении шлифования обусловлено тем, что абразивные зерна имеют произвольную форму, хаотическое расположение в связке, разновысотность в радиальном направлении, различное количество активных зёрен и режущих кромок на единицу площади контакта круга при врезании в заготовку. Изложенное позволяет рассматривать наблюдения непрерывными случайными величинами (СВ), а их поведение оценивать на базе теоретико-вероятностных подходов. Для снижения трудоёмкости расчётов при поиске статистических решений в работе привлечена программа Statistica 6.1.478.0. В этом случае экспериментальные данные целесообразно представлять в виде независимых множеств $l = \overline{1; 5}$:

$$\{y_{lv}\}, v = \overline{1; 30}. \quad (1)$$

Статистические методы разделяются на две разновидности: параметрическую и непараметрическую, в частности ранговую. Каждая из них имеет «свое поле» [6] для эффективного применения. Для первого метода необходимо обеспечить два ограничения, накладываемые на СВ (1): гомоскедастичность (синонимы – однородность или гомогенность дисперсий отклонений) и нормальность распределений. Изложенные требования при шлифовании чаще всего нарушаются в той или иной мере, что может сопровождаться значимым смещением оценок, доверительных границ и коэффициентов доверия. В такой ситуации целесообразнее воспользоваться ранговыми критериями. Они не используют свойств конкретного семейства распределений, в силу чего «на своём поле» обладают преимуществами над своим конкурентом из нормальной теории [6]. СВ оцениваются следующими одномерными распределениями частот [7,8], ГОСТ Р 5725-2-2012:

- мерами положения (опорными значениями)

$$\text{средними } \bar{y}_l = y_{l\bullet}, \quad (2)$$

$$\text{медианами } \tilde{y}_l; \quad (3)$$

- мерами рассеяния (прецизионностью)

$$\text{стандартами отклонений } SD_l, \quad (4)$$

$$\text{размахами } R_l = (y_{max} - y_{min})_l, \quad (5)$$

$$\text{квартильными широтами } KШ_l = (y_{0,75} - y_{0,25})_l. \quad (6)$$

где $y_{0,75}$ и $y_{0,25}$ – процентиля, охватывающие 75%-ов и 25%-ов (1);

Из теоретической статистики известно, что на одномерных распределениях частот (2), (4), (5) базируется параметрический метод, а на (3), (6) – ранговые статистики. Тестирование (1) на однородность дисперсий отклонений и нормальность распределений рассмотрено в [6,9].

Для подтверждения нуль-гипотезы (H_0) о нормальном распределении воспользовались критерием Шапиро–Уилка. Параметрический метод представляет наиболее строгие требования к однородности дисперсий отклонений СВ. Учитывая сказанное, проверку H_0 относительно дисперсий вели по трём группам критериев ($p = \overline{1;3}$): 1 – Левене, 2 – Хартли, Кохрена, Бартлетта (программой объединены в одну группу), 3 – Брауна-Форсайта. При этом H_0 принимается, если количество решений f_0 в её пользу получено не менее двух.

Реализация процесса моделирования нечёткой логики для (2)–(6) проведено в среде *MATLAB* с использованием специального пакета расширения *Fuzzy Logic Toolbox*. Последний обладает простым и хорошо продуманным интерфейсом, позволяющим легко проектировать и диагностировать нечёткие модели [10–14]. Для количественной оценки точности формы деталей использована функция желательности d , предложенная Харрингтоном [14].

Результаты исследования и их обсуждение. Итоги тестирования (1) на однородность дисперсий множеств для всех показателей точности свидетельствуют, что гипотезы H_0 относительно их гомогенности отклонены по всем статистикам $p = \overline{1;3}$. Аналогичные результаты предсказаны по нормальному закону распределений. В связи с изложенным «своим полем» для интерпретации (1) выбран непараметрический метод статистики, характеристиками одномерного распределения для которого служат (3) и (6). В таблице 1 представлены результаты наблюдений для параметров макрогеометрии, полученные при шлифовании плоских деталей из алюминиевого сплава В95очТ2 различными кругами $l = \overline{1;5}$. При моделировании в среде *MATLAB* их принято рассматривать входными данными процесса моделирования.

Таблица 1

Входные данные качества поверхности деталей для моделирования нечеткой логики

Круг $l = \overline{1;5}$	Параметры качества					
	EFE_{maxl} , мкм		EFE_{al} , мкм		EFE_{ql} , мкм	
	$\tilde{y}$	КШ	$\tilde{y}$	КШ	$\tilde{y}$	КШ
1 – 37C46K12VP	5,00(5)	3,00	3,33(4)	2,02	3,51(4)	2,10
2 – 37C46I12VP	5,00(5)	1,00	3,12(4)	1,23	3,30(4)	0,99
3 – 39C46K12VP	5,00(5)	2,25	3,42(4)	2,33	3,61(4)	2,18
4 – 39C46I12VP	7,00(6)	4,00	3,71(4)	1,72	4,33(5)	2,00
5 – 5SG46K12VXP	13,00(7)	2,50	7,83(6)	1,73	8,441(6)	1,67
Примечание. В скобках указаны квалитеты точности по ГОСТу 24643-81						

Как видно из таблицы 1, наилучшими РС по мерам положения и рассеяния среди ВПК $l = \overline{1;3}$ обладает инструмент 37C46I12VP ($l=2$), поскольку при равных медианах $\tilde{y}=5$ мкм характеризуется самой высокой прецизионностью $КШ_2=1$ мкм. Отличительными свойствами этого ВПК является зерна из карбида кремния черного и самая низкая твердость I – мягкая. Это редкий случай, когда при шлифовании одним кругом одновременно получены самые низкие (3) и (6). Для данного ВПК можно ограничиться

оценками непараметрического метода статистики. Для ВПК $l=1;3$ этого сделать невозможно. В частности, по основному показателю EFE_{maxl} лучшим предсказан ВПК $l=3$, а по вспомогательным показателям EFE_{al} , EFE_{ql} – ВПК $l=1$. На базе непараметрического метода статистики РС ВПК $l=4;5$ также не представляется возможным предсказать. По этой причине апробирована целесообразность применения метода нечеткой логики для создания экспертной системы классификации кругов по всем исследуемым параметрам с учетом опорных значений и прецизионности. Для этого на вход системы подаются атрибуты параметров EFE_{maxl} , EFE_{al} , EFE_{ql} , учитывающие величины (3) и (6), а выходом служат оценки точности формы деталей [15]. Полученные результаты отражены в таблице 2.

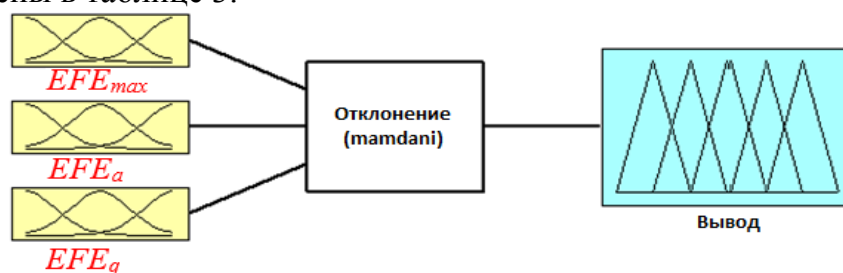
Таблица 2

Результаты нечеткой логики по выбору ВПК для каждого из исследуемых параметров

Круг l	Функция желательности d_l		
	EFE_{maxl}	EFE_{al}	EFE_{ql}
1 – 37C46K12VP	0,820	0,862	0,862
2 – 37C46I12VP	0,827	0,870	0,870
3 – 39C46K12VP	0,824	0,851	0,860
4 – 39C46I12VP	0,710	0,825	0,680
5 – 5SG46K12VXP	0,402	0,495	0,500

Установлено, что по предварительным данным атрибутов отклонений от плоскостности (3) и (6) наилучшие результаты показаны ВПК $l=2$, т.е. при шлифовании кругом из карбида кремния черного с твердостью I , а наихудшие имеет ВПК $l=5$ с зернами синтеркорунда.

По результатам, представленным в таблице 2, создана общая модель для выбора ВПК $l = \overline{1;5}$ в условиях одновременного снижения мер положения и рассеяния по всем параметрам отклонений от плоскостности. Модель содержит четыре переменные: три входных и одно выходное (рисунок). Значение каждой переменной входа представлено числовым диапазоном $[0; 1]$, классифицированным пятью классами, которые подробно отражены в таблице 3.



Система комплексной оценки параметров качества деталей по всем параметрам отклонений от плоскостности

Таблица 3

Параметры «оценка» при поиске оптимальных ВПК по комплексной оценке качества шлифованных деталей

Вид оценки	Параметры выхода				
	Очень плохо	Плохо	Удовлетворительно	Хорошо	Очень хорошо
Лингвистическая					
Числовая d	$[0,0; 0,2)$	$[0,2; 0,37)$	$[0,37; 0,63)$	$[0,63; 0,80)$	$[0,8; 1,00]$

В таблице 4 представлены результаты влияния РС ВПК на комплексную оценку точности формы деталей из высокопрочного алюминиевого сплава В95очТ2.

Таблице 4

Влияние РС ВПК на комплексную оценку точности формы

Круг l	d_l	Вывод
1 – 37C46K12VP	0,864	Очень хорошо
2 – 37C46I12VP	0,873	Очень хорошо
3 – 39C46K12VP	0,856	Очень хорошо
4 – 39C46I12VP	0,785	Хорошо
5 – 5SG46K12VXP	0,472	Удовлетворительно

Интегральное моделирование нечеткой логики позволило установить, что ВПК $l = \overline{1;3}$ получили одинаковую лингвистическую оценку «очень хорошо», т.е. обладают одинаковыми РС, и их можно считать равнозначными. Однако по функции d_l на первой позиции по РС находится ВПК $l=2$, как было установлено ранее при дифференцированной оценке в таблице 1. Одновременно решена проблема по кругам $l=1;3$: небольшие преимущества при интегральной оценке РС моделирование нечеткой логики отданы ВПК 37C46K12VP ($l=1$). Круги $l=4;5$ находятся на последних двух позициях. Установлено, что абразивный круг с зерном 5SG ($l=5$) не рекомендуется использовать при шлифовании деталей из алюминиевых сплавов.

Полученные результаты позволят минимизировать погрешности формы плоских деталей из сплава В95очТ2 и повысить стабильность процесса шлифования, а в глобальной перспективе на этапе технологической подготовки производства повысить эффективность робастного управления шлифованием.

Вывод

1. Точность формы влияет на определённость формы деталей и долговечность их соединений. Она характеризуется большим количеством параметров, которые являются нелинейными, взаимозависимыми и трудно поддаются качественной оценке с высокой точностью.

2. При использовании моделирования нечеткой логики в среде *MATLAB* получены, что ВПК 37C46I12VP имеет наилучшие РС по комплексной оценке точности формы при шлифовании плоских деталей из высокопрочного алюминиевого сплава В95очТ2.

Список использованной литературы:

1. Zadeh L.A. Fuzzy logic. // IEEE Transactions on Computers, 1988. Vol. 21. №4. pp. 83–93.
2. Elatharasan Govindaraj. Corrosion Analysis of Friction Stir-welded AA 7075 Aluminium Alloy. Strojnicki Vestnik // Journal of Mechanical Engineering, 2014. Vol. 60 Issue 1. pp 29–34.
3. Hari Vignesh S. “Analysis of Process Parameters in Machining of 7075 Aluminium Alloy Using Response Surface Methodology” // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181. Vol. 3 Issue 1, January, 2014. pp 1065–1071.
4. Совершенство абразивных технологий. Каталог Norton, 2009. 429 с.
5. Soler Ya.I., Nguyen V.L. Selection of synthesis corundum Crain in Grinding flat parts from hardened steel 30ChGSA the macrogeometry criterion // Applied mechanics and material. Vol. 788, 2015. pp 95–101.
6. Hollander M., Wolfe D.A. Nonparametric statistical methods, Second Edition // Wiley-Interscience, 1999. 787 p.

7. Уиллер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами // Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 469 с.
8. Soler Ya.I., Kazimirov D.Yu. Selecting abrasive wheels for the plane grinding of airplane parts of the basis surface roughness // Russian engineering research, 2010. Vol.30, No.3. pp 251–261.
9. Закс Л. Статистическое оценивание // пер. с нем. М.: Статистика, 1976. 598 с.
10. Ali Y.M., Zhang L.C. A fuzzy model for predicting burns in surface grinding of steel // Int J Mach Tool Manu 44, 2004. 563 p.
11. Vyatchenin D.A. Nechetkiye metody avtomaticheskoy klassifikatsii: Monografiya. Minsk: UP Tekhnoprint, 2004. 219 p.
12. Kofman A. Vvedeniye v teoriyu nechetkikh mnozhestv // Per. s frants. М.: Radio i svyaz', 1982. 432 p.
13. Leonenkov A.V. Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i FuzzyTech. SPb.: BKHV-Peterburg, 2005. 736 p.
14. Harrington E.C. The desirability function // Industrial Quality Control, 1965. Vol 21, pp 494–498.
15. Солер Я.И. Нгуен М.Т. Поиск оптимальной зернистости нитридборовых кругов при плоском шлифовании деталей из стали 06X14H6Д2МВТ-Ш по микрорельефу поверхности в условиях моделирования нечеткой логики // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. 2015. №6. С 96–111.

УДК 621.923: 621.922

Качество поверхности деталей из алюминиевых сплавов, зачищенных лепестковым кругом

Д.А Стародубцева

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Представлены результаты исследования качества поверхности детали из алюминиевых сплавов, зачищенных лепестковым кругом. Выявлен характер изменения шероховатости поверхности от режимных параметров обработки.

Ключевые слова: зачистка; обработка лепестковым кругом; режимы обработки; качество поверхности; шероховатость.

Современные процессы получения деталей сложной формы из алюминиевых сплавов зачастую предусматривают в качестве окончательной обработки зачистку поверхностей деталей лепестковым кругом (ЛК).

Как правило, лепестковые круги, представляют собой ступицу и радиально расположенные и жестко закрепленные на ее периферии листы шлифовальной шкурки. При обработке лепестковый круг прижимается к обрабатываемой поверхности (на величину «осадки»). Под действием центробежных сил от вращения круга и давления поверхности детали за счёт «осадки», абразивные лепестки отгибаются, прижимаясь абразивной стороной к поверхности детали, за счет чего происходит съём материала и формирование физико-механических характеристик поверхностного слоя.

Использование этого вида обработки позволяет существенно снизить затраты на зачистку, повысить производительность и качество обработанной поверхности.

Необходимо отметить, что применение лепестковых кругов для зачистки имеет некоторые особенности, без знания которых нельзя добиться высокой эффективности использования ее в производстве.

При зачистке лепестковыми кругами различных деталей в каждом случае создается необходимость определения оптимальных условий обработки: выбор конструкции круга, абразивных свойств шлифовальной шкурки и режимных параметров, при назначении которых обязателен учет формы и прочностных свойств материала детали. Основными режимными параметрами обработки являются частота вращения и величина осадки.

Величина осадки является одним из главных режимных параметров, от которого зависят силы в зоне резания, обеспечивающие сьем материала, формирование профиля и значения параметров шероховатости поверхности.

При анализе оборудования для проведения экспериментов, выбор был остановлен на токарно-винторезном станке JET GH-1880 ZX DRO RFS, что объясняется широким диапазоном частот вращения привода главного движения станка, и удобством закрепления в резцедержателе станка исследуемого образца. При этом, регулирование величины осадки (прижима) круга проводили с помощью привода поперечной подачи (рис. 1).



Рис. 1. Процесс установки лепесткового круга и образца для исследования

В качестве объекта исследования служил лепестковый круг марки КЛ 350x100x83, зернистостью Р80, закреплённый на оправке, которую устанавливали в центрах токарно-винторезного станка.

Для исследования были подготовлены образцы из алюминиевых сплавов В95пчТ2В и 1163РДТВ, с габаритными размерами 110x110x5 мм. Каждый образец был промаркирован, для дальнейшей идентификации. Шероховатость образцов до и после обработки контролировали профилометром Taylor Hobson Form Talysurf i200.

В качестве режимных параметров процесса резания лепестковым кругом были назначены следующие характеристики: частота вращения лепесткового круга, (об/мин), величина осадки (прижима), (мм), и время обработки, (сек.).

Частота вращения выбиралась исходя из возможностей оборудования с учётом возможных условий промышленной эксплуатации круга. Величину осадки устанавливали по лимбу привода поперечной подачи. Время обработки для каждого образца было установлено постоянным, с целью стабилизации процесса обработки, равным 30 сек.

Режимы обработки образцов представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Условия обработки образцов			
Номера и материал образцов	Частота вращения ЛК, об/мин	Осадка, мм	Время обработки, сек.
11-15 (В95пчТ2В), 21-24 (1163РДТВ)	60	6	30
	315		
	870		
	1400		
	1800		
16-110 (В95пчТ2В), 26-29 (1163РДТВ)	870	2	30
		4	
		6	
		8	
		10	

Полученные результаты

Анализ полученных на диаграммах зависимостей (рис. 2 а), б), в)) показал, что с увеличением частоты вращения лепесткового круга шероховатость поверхности R_a увеличивается до определенного значения, затем стабилизируется и далее практически не изменяется. Это касается обоих алюминиевых сплавов.

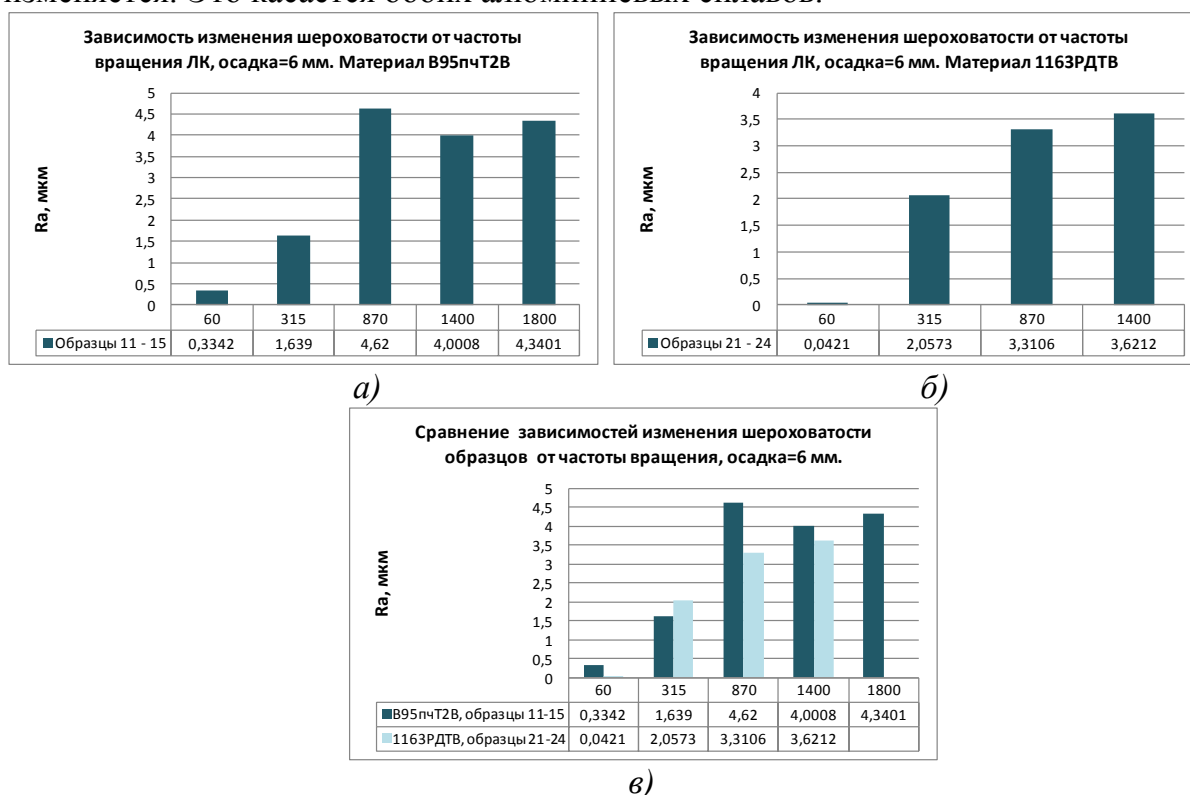


Рис. 2. Характеристики изменения шероховатости образцов в зависимости от частоты вращения лепесткового круга при постоянной осадке

При сопоставлении характеристик изменения шероховатости от частоты вращения лепесткового круга (значение величины осадки= $const$), можно говорить о некотором росте шероховатости с увеличением частоты вращения. Последнее объясняется тем, что при увеличении частоты вращения ЛК плотность прилегания лепестков к обрабатываемой поверхности увеличивается, за счёт роста центробежных сил, возрастает

и количество зерен, царапающих материал. В результате возрастает величина съема металла, и практически полностью удаляются следы предыдущей фрезерной обработки.

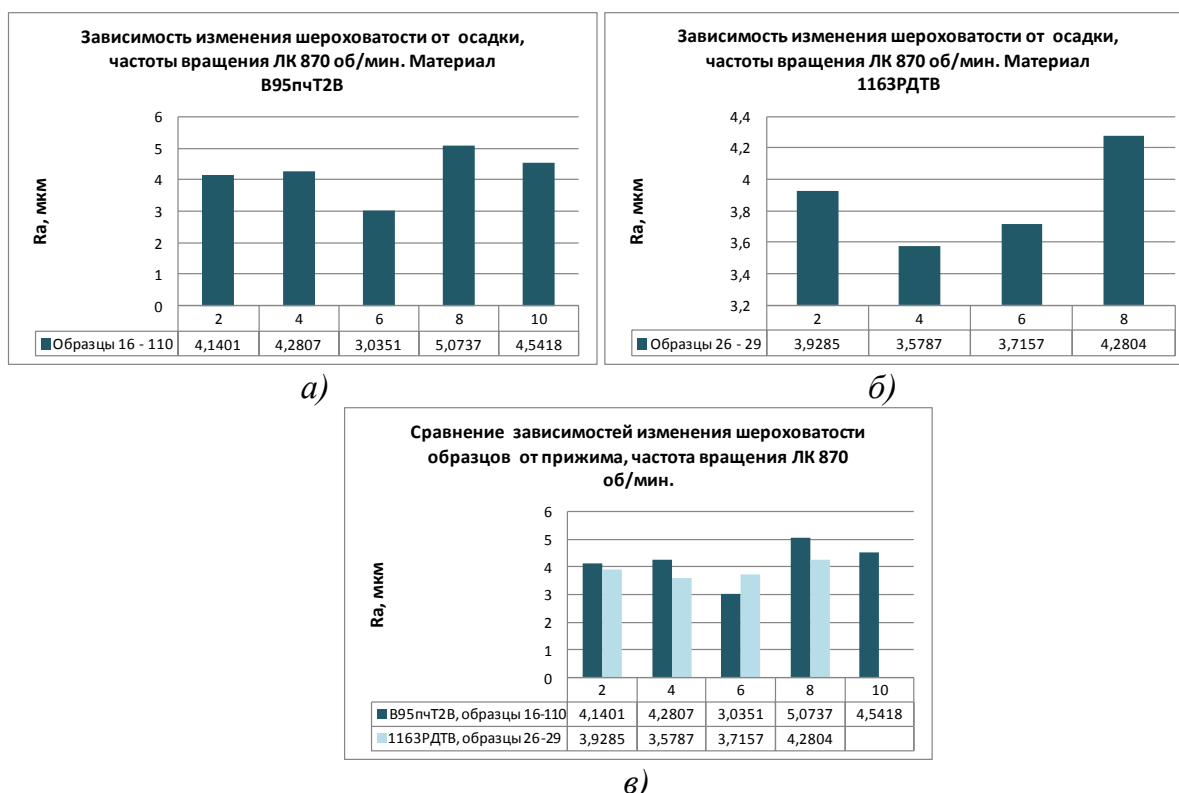


Рис. 3. Характеристики изменения шероховатости образцов в зависимости от значения осадки лепесткового круга при постоянной частоте вращения

Зависимости параметра шероховатости Ra , полученные при постоянном значении частоты вращения (870 об/мин,) при изменении величины осадки от 2 до 10 мм, изменяются незначительно (рис. 3). Из чего можно сделать предварительный вывод о минимальном влиянии осадки на значения шероховатости.

Полученные значения служат подготовкой для проведения полного факторного эксперимента, где будут учтены данные результаты.

Список использованной литературы:

1. Димов Ю. В. Перспективы использования лепестковых кругов при изготовлении деталей самолета // Повышение эффективности технологических процессов в машиностроении: Сб. научн. тр. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ. – 2000. – 3-10 с.
2. Кольцов В. П., Стародубцева Д. А., Козырева М. В. Анализ зависимостей съема и шероховатости поверхности детали при обработке лепестковыми кругами по результатам факторного эксперимента // Журнал «Вестник Иркутского государственного технического университета», номер 1(96) 2015. – 32-41 с.
3. Чапышев А. П., Иванова А. В. Технологические возможности процессов механизированной финишной обработки деталей с применением автоматических стационарных установок // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-5. С. 1627-1634.

Регулирование точности червячного зацепления

Р.Н.Субботин, Ф.Б. Отомирзаев, А. В. Высоцкая

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В данной статье рассмотрены параметры точности червячного зацепления и проведен расчет размерной цепи, определяющий точность смещения средней плоскости червячного колеса с осью червяка. Наиболее распространенным методом является метод регулирования. Расчет размерной цепи позволяет рассчитывать допуски и предельные отклонения параметров и обеспечивать наиболее экономичным путем точность червячного редуктора при изготовлении, ремонте и эксплуатации.

Ключевые слова: точность червячного зацепления; точность смещения средней плоскости колеса. Размерная цепь. Метод регулирования.

Процесс создания любого механизма от формирования его служебного назначения до получения в готовом виде разделяется на два этапа: проектирование и изготовление. Первый этап завершается разработкой конструкции и представлением ее в чертежах. Второй этап завершается реализацией конструкции с помощью производственного процесса. Производственный процесс должен обеспечить требуемое качество механизма, наименьшую его себестоимость и повышение производительности труда.

Все, что составляет механизм, связано между собой с помощью размерных цепей, представляющих собой совокупность взаимосвязанных размеров. При расчете размерных цепей определяют размеры поверхностей деталей, относительное положение деталей в механизме, относительное положение исполнительных поверхностей механизма, соответствующее его служебному назначению.

Процесс сборки – это заключительный этап в изготовлении механизма. Достижение требуемой точности механизма в технологическом процессе ее изготовления осуществляется через размерные цепи.

Свойства и закономерности размерных цепей выражаются аналитическими зависимостями, позволяющими рассчитывать номинальные размеры, допуски, предельные отклонения и обеспечивать наиболее экономичным путем точность изделий при конструировании, изготовлении, ремонте и во время эксплуатации.

Рассмотрим спроектированную нами червячную передачу.

1. Расчет и нормирования точности червячной передачи

1.1 Выбор степеней точности червячной передачи

Исходные данные:

Коэффициент диаметра червяка $q=10$

Число зубьев колеса $z_2=39$;

Модуль $m=8$ мм;

Делительный диаметр $d=312$ мм;

Окружная скорость $V_{окр}=6,05$ м/с ;

Передаточное число $u=19,5$;

Ширина венца зубчатого колеса $b=72$ мм;

Межосевое расстояние $=196$ мм.

Система допусков червячных передач (ГОСТ 3675-81) устанавливает 12 степеней точности червячных колес.

Степень точности проектируемого червячного колеса устанавливается в зависимости от окружной скорости колеса. По ГОСТ 3675-81, исходя из $V_{\text{окр}}=6,05$ м/с, для червячных колес выбираем 7-ую степень точности по норме плавности. Кинематическую степень точности и степень по контакту зубьев червячного колеса с витками червяка также назначаем по 7-й степени точности.

1.2 Выбор вида сопряжения, зубьев колеса в передаче

Вид сопряжения в передаче выбирается по величине гарантируемого бокового зазора.

Боковой зазор – это зазор, между нерабочими профилями зубьев который необходим для смазки, компенсации погрешности при изготовлении, при сборке и для компенсации изменения размеров от температурных деформаций.

Величину бокового зазора необходимую для размещения слоя смазки ориентировочно можно определить по зависимости:

$$J_{\text{нmin p}} = 0,01 \cdot m = 0,01 \cdot 8 = 0,08 \text{ мм};$$

По рассчитанной величине $J_{\text{нmin p}} = 0,08$ мм в зависимости от межосевого расстояния $a_w=196$ мм из таблицы 17 ГОСТ 3675-81 выбираем вид сопряжения – С причем, выполняется условие:

$$J_{\text{нmin r}} = 0,115 \text{ мм} > J_{\text{нmin p}} = 0,08 \text{ мм}.$$

Тогда обозначение точности червячного зацепления будет иметь вид:

7 - С ГОСТ 3675-81.

Выбор показателей для контроля червячного колеса

Выбор показателей, для контроля червячного колеса с $Z=39$ проводится согласно ГОСТ 3675-81.

Результаты выбора показателей допуска на них и средств контроля сводим в таблицу 1.

Таблица 1

Показатели и приборы для контроля червячного колеса.

Нормы точности	Наименование и условное обозначение контролируемого параметра	Условное обозначение и численное значение допуска	Наименование и модель прибора
1 Кинематическая норма	F_{ir}'' - колебание измерительного межосевого расстояния	$F_{ir}'' = 88,2 \text{ мкм}$	Межцентромер МЦ-400Б
2 Норма плавности	f_i'' колебание измерительного межосевого расстояния на один зуб	$f_i'' = 40 \text{ мкм}$	Межцентромер МЦ-400Б
3 Норма полноты контакта	Суммарное пятно контакта: по высоте зуба по длине зуба	65% 60%	Контрольно обкатный станок
4 Норма бокового зазора	E_{ss} —толщина витка червяка по хорде T_{ss} - допуск на толщину витка червяка по хорде	$E_{ss} = 210 \text{ мкм}$ $T_{ss} = 110 \text{ мкм}$	Зубомер хордовый ЗИМ-16

$F_i'' = 1,4F_r$, где F_r – допуск на радиальное биение червячного колеса.

$$F_r = 63 \text{ мкм}; F_i'' = 1,4 \cdot 63 = 88,2 \text{ мкм}$$

Допуск на радиальное биение поверхности вершин находятся по зависимости:

$$F_{da} = 0,1 \cdot m = 0,1 \cdot 8 = 0,8 \text{ мм}; \text{ допуск на торцовое биение:}$$

$$F_T = F_\beta \cdot d / 100 = 0,016 \cdot 312 / 100 = 0,05 \text{ мм},$$

где F_β – допуск на погрешность направления зуба; $F_\beta = 16 \text{ мкм}$

d – делительный диаметр ;

Чтобы червячная передача могла выполнять свое служебное назначение, в процессе ее изготовления необходимо обеспечить кинематическую точность передачи, заданный боковой зазор в зацеплении червяка с колесом. Совпадение средней плоскости колеса с осью червяка, требуемую точность углов скрещивания осей вращения червяка и колеса.

Согласно ГОСТ 3675-81 для норм контакта зубьев колеса и витков червяка регламентируются следующие показатели точности зацепления червячной передачи:

- предельные отклонения межосевого расстояния $\pm f_a$ – разность действительного и номинального межосевых расстояний в собранной передаче (рис.1,а); $f_a = \pm 67 \text{ мкм}$ [2].
- предельные отклонения средней плоскости червячного колеса $\pm f_x$ – расстояние между средней плоскостью, перпендикулярной его оси. И проходящей через ось червяка в собранной передаче (рис.1,б); $f_x = \pm 70 \text{ мкм}$ [2].
- предельные отклонения межосевого угла $\pm f_\Sigma$ – разность между действительными номинальным межосевыми углами в передаче (рис.1,в); $f_\Sigma = \pm 17 \text{ мкм}$ [2].

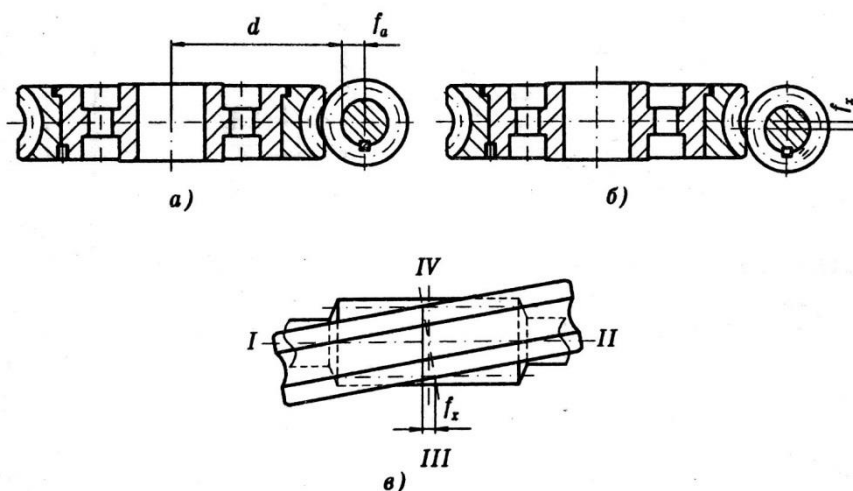


Рис.1. Показатели точности зацепления червячной передачи

Методы обеспечения первых двух требований те же, что и при обеспечении аналогичных условий при сборке цилиндрических зубчатых передач.

Наиболее распространенным методом совмещения средней плоскости червячного колеса с осью червяка является метод регулирования. При этом можно использовать подвижные и неподвижные компенсаторы.

В конструкции редуктора, показанного на рис 2, предусмотрено регулирование осевого положения червячного колеса относительно червяка путем изменения толщины одной из прокладок под крышки. При выборе в качестве компенсатора левой прокладки задачу совмещения средней плоскости червячного колеса с осью червяка разрешает размерная цепь А (рис.2).Замыкающим звеном данной размерной цепи является $A_\Delta = \pm f_x$.

Звенья размерной цепи:

$A_{\Delta} = 0^{+0,07}_{-0,07}$ мм - замыкающее звено;

$A_1 = 94 \pm 0,2$ мм – увеличивающее звено;

$A_2 = 0$ мм - неподвижный компенсатор;

$A_3 = 20^{+0,1}$ мм – уменьшающее звено;

$A_4 = 23_{-0,5}$ мм – ширина подшипника, уменьшающее звено;

$A_5 = 15^{+0,1}$ мм - уменьшающее звено;

$A_6 = 36_{-0,4}$ мм – 0,5 ширины червячного колеса, уменьшающее звено;

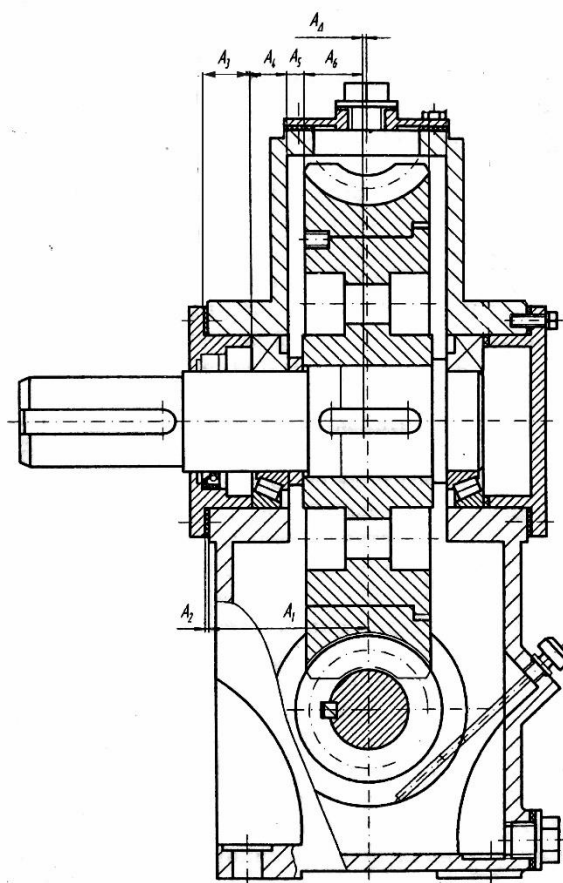


Рис. 2. Размерные цепи червячного редуктора

Проверим правильность назначенных номинальных размеров:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{n+1}^{m-1} A_i = (94+0) - (20+23+15+36) = 0$$

Определим допуски и середины допусков всех звеньев

Величина допуска TA_i	Середина поля допуска ΔTA_i
$TA_{\Delta} = 0,14$ мм	$\Delta TA_{\Delta} = 0$
$TA_1 = 0,4$ мм	$\Delta TA_1 = 0$
$TA_3 = 0,1$ мм	$\Delta TA_3 = +0,05$ мм
$TA_4 = 0,5$ мм	$\Delta TA_4 = -0,025$ мм
$TA_5 = 0,1$ мм	$\Delta TA_5 = +0,05$ мм
$TA_6 = 0,4$ мм	$\Delta TA_6 = -0,02$ мм

Используя вероятностный метод, определим производственный допуск

$$TA'_{\Delta} = 1,2 \sqrt{\sum_{i=1}^n TA_i^2} = 0,92 \text{ мм.}$$

Наибольшая возможная величина компенсации

$$TA_k = TA_{\Delta} - TA_{\Delta} = 0,92 - 0,14 = 0,8 \text{ мм}$$

Число прокладок $Z = TA_k / TA_{\Delta} = 0,8 / 0,14 = 5,71$ (принимаем 6 прокладок).

При таком методе расчета числа прокладок в каждой из ступеней у части изделий размер исходного звена может выйти за пределы TA_{Δ} , в этом случае возможно появление брака. Поэтому расчет количества ступеней неподвижных компенсаторов необходимо вести по формуле:

$z = TA_k / (TA_{\Delta} - TA_{\text{ком}})$, где $TA_{\text{ком}}$ - величина допуска, установленного на размер неподвижного компенсатора, зависящего от принятого метода обработки компенсатора; при шлифовании $TA_{\text{ком}} = 0,035 \text{ мм}$ [1].

$$Z = TA_k / (TA_{\Delta} - TA_{\text{ком}}) = 0,8 / (0,14 - 0,035) = 7,62 \text{ (принимаем 8 прокладок)}.$$

Уточняем допуск на размер неподвижных компенсаторов

$$TA_{\text{ком}} = TA_{\Delta} - (TA_k / 8) = 0,04 \text{ мм}$$

Толщина 1-й прокладки определится $S = TA_k / z = 0,8 / 8 = 0,1 \text{ мм}$

$$S_2^1 = 0,1 - 0,04 \text{ мм}$$

Толщина 2-й прокладки $S_2^2 = 2 \cdot S_2^1 = 0,2 - 0,04 \text{ мм}$

Толщина 8-й прокладки $S_2^8 = 8 \cdot S_2^1 = 0,8 - 0,04 \text{ мм}$

Таким образом, используя размерный анализ сборочной размерной цепи, можно обеспечить точность сборки червячного редуктора; в рассмотренном случае предельные отклонения средней плоскости червячного колеса.

Список использованной литературы:

1. Размерный анализ в машиностроении: учебное пособие / С.Г. Емельянов. А.М. Рудской, П.Н., Учаев и др. ; Курск. Гос. Техн. Ун-т.- Старый Оскол: ТНТ, 2010-332с.
2. ГОСТ 3675–81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические. Допуски.

УДК629.083

Диагностика гидропривода по наличию механических примесей в рабочей жидкости

М.С.Тен, А.Н.Стрельников

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Объектом исследования данной работы является диагностика гидропривода по параметрам рабочей жидкости на стенде. Работа стенда основана на эффекте Холла. Диагностируемая жидкость с металлическими частицами износа механизмов в гидроприводе проходит через специальное электрическое устройство подключенным к вольтметру для определения изменения напряжения из-за смены концентрации металлических частиц в жидкости.

Ключевые слова: Гидравлика, гидравлическая жидкость, магнитные поля, датчик Холла, металлические частицы, ЭДС, износ.

Эксплуатационная работа строительной и дорожной техники и его оборудования, во многом зависит от надежной работы его оборудования. На сегодняшний день гидравлический привод является преобладающим, так как он имеет более высокую удельную мощность, приходящуюся на единицу суммарного веса элемента; возможность бесступенчатого регулирования скорости в широком диапазоне, но для обеспечения нормальной работы техники необходимо своевременно и качественно проводить диагностику оборудования.

Наличие в гидравлической жидкости металлических частиц приводит к преждевременному износу трущихся деталей насоса, распределительных устройств, манжетных уплотнений гидроцилиндров.

Для определения степени загрязнения гидравлической жидкости предлагается следующее устройство и принцип, который основан на эксперименте. В эксперименте взято одно из проявление магнитной составляющей силы Лоренца в веществе открытым в 1879 году Американским физиком Эдвином Гербертом Холлом (1855–1938) называемом эффектом Холла.

Его сущность состоит в том что, если через проводящую пластинку пропускать ток, а перпендикулярно пластинке направить магнитное поле, то в направлении поперечном току (и направлению магнитного поля) на пластинке появится напряжение:

$$U_h = \left(\frac{R_h \times H \times I \times \sin w}{d} \right) \quad (1)$$

где R_h - коэффициент Холла, зависящий от материала проводника; H – напряженность магнитного поля; I - ток в проводнике; w - угол между направлением тока и вектором индукции магнитного поля (если $w = 90^\circ$, $\sin w = 1$); d - толщина материала.[5]

За основу устройства стенда был взят механизм используемый в датчиках холла. Когда заряженные частицы проходят через магнитное поле, на них действуют конкретные силы, и они отклоняются от собственной прямолинейной линии движения. Данный сгусток заряженных частиц принадлежит к электронам, идущих через проводник. Когда электротоковый проводник находится в магнитном поле, непосредственно в поперечном к линии движения электронов, заряженные частички отклоняются от ее прямолинейной траектории. Таким образом, одна сторона проводника становится отрицательной, а другая положительной. Именно данное проявление и получило название напряжение Холла рис.1.[4]

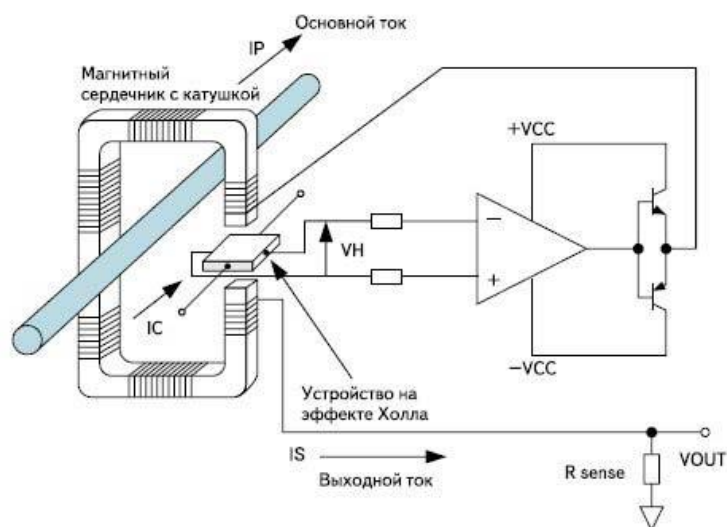


Рис.1. Принцип работы датчика Холла

Разделение зарядов продолжается, пока усилие заряженных частиц из электрического поля не уравнивает силы, создаваемые магнитным полем. Если текущая величина постоянна, то напряжение Холла является мерой плотности магнитного потока. Есть две формы, по которым производится измерение датчиков на эффекте Холла. Одним из них является линейный метод, где сила выходного сигнала изменяется линейным путем с плотностью магнитного потока. Другой метод известен как пороговое отклонение, где присутствует резкое падение напряжения перед выходом при определенной плотности магнитного потока. [4]

На представленном стенде (рис.2) производится испытания сначала чистого гидравлического масла. Процесс диагностики на стенде происходит за счет электродвигателя 1 передачи им крутящего момента по муфте 2 центробежному насосу 3 для нагнетания рабочей жидкости из бака 7 по напорной линии через первичную обмотку 4 и вторичную обмотку 5, далее на одновитковой соленоидной катушке 5 подается постоянное напряжения 12 В для появления магнитной индукции в контуре.

При изменении силы тока в проводнике меняется магнитное поле, т.е. изменяется магнитный поток, создаваемый этим током. Изменение магнитного потока ведет к возникновению вихревого эл поля и в цепи появляется ЭДС индукции, где величина магнитного потока зависит от концентрации металлических частиц в масле. После появления ЭДС индукции во вторичной обмотке 5 и прохождении рабочей жидкости в параллельно намотанной первичной обмотки 4 появляется напряжение которое измеряется вольтметром 6 в течении 1-10 минут. При прохождении мелких металлических частиц через магнитное поле катушек, напряжение в катушке 4 будет меняться. Затем проделывают те же операции с испытуемыми гидравлическими маслами. Полученные данные сводятся в график и сравнивают данные для определения повышения концентрации металлической стружки в жидкости.

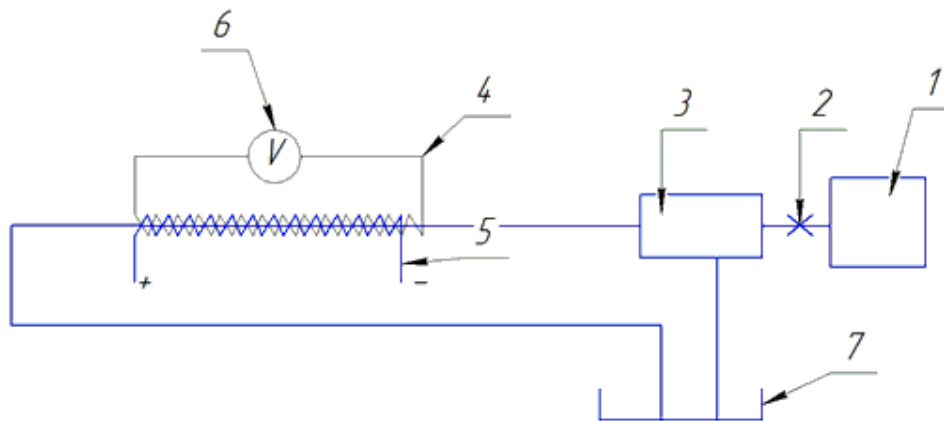


Рис. 2. Стенд для диагностики износа гидрооборудования по средствам измерения рабочей жидкости

1 – Электродвигатель; 2 – муфта; 3 – центробежный насос; 4, 5 – катушки; 6 – вольтметр; 7 – бак.

Быстрый темп развития технологий приводят к развитию гидроприводов и к его усложнения. Улучшается весь перечень используемых в них гидроаппаратов, что приводит к расширению перечня возможных неисправностей оборудования. Потому необходимость в постоянной разработке нового или модернизирование уже существующих методов диагностики гидропривода никогда не остановиться, что не просто устранит возникающие неполадки, но и успешно предупредит их. В этой связи диагностика гидросистемы с помощью нашего стенда может стать успешным решением современных вопросов диагностики. Она сможет успешно предотвратить износ трущихся пар

механизмов и заранее предупредить отказ или сильного износа механизмов, что приведет к снижению времени простоя оборудования при ремонте, а также снижению экономических затрат.

Список использованной литературы:

1. Богдан Н.В., Жилевич М.И., Красневский Л.Г. Техническая диагностика гидросистем: Научное издание. –Мн.: Белавтотракторостроение, 2000. – 120 с.: ил.
2. Диагностика технологических систем: учебное пособие. Часть 2/ А.Н. Гаврилин, Б.Б. Мойзес; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014-128 с.
3. Харазов А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 1с.: ил
4. <http://www.asutpp.ru/datchiki/datchiki-xolla.html>
5. <http://elektrik.info/main/fakty/97-yeffekt-xolla-i-datchiki-na-ego-osnove.html>

УДК 629.3.014.2

Перспективы отечественного тракторостроения

А.С. Худченко, Е.А. Малинин

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены данные из истории отечественного тракторостроения, развития тракторостроения и состояния отрасли на сегодняшний день, а так же предприятия по производству тракторов и перспективы тракторостроения в России.

Ключевые слова: тракторостроение, тракторные заводы, производство, промышленность, тяговый класс.

Среди большого числа машин, используемых в народном хозяйстве, тракторы занимают одно из первых мест. Они помогают механизировать процессы в сельскохозяйственном производстве, служат для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, для транспортных целей, рытья канав, корчевки пней и многих других работ.

Тракторостроение, как отрасль промышленности, существует с 1917, когда начался массовый выпуск тракторов в США на заводах Форда. В СССР эта отрасль ведет начало с 1923г. - с начала производства тракторов заводом «Красный Путиловец».

Большинство тракторных заводов в России сформировались как универсальные, имеющие полный комплект вспомогательных, заготовительных, основных и ремонтных производственных мощностей. Гиганты тракторостроения имеют такие производства как литейное (чугунолитейное, сталелитейное, цветнолитейное, цеха точного литья), кузнечное, прессово-сварочное, механосборочное, ремонтное, энергетическое, термическое, гальваническое, окрасочное и другие.

Выпуск унифицированных моделей тракторов в 60-е годы прошлого века дал возможность начать переход к созданию отдельных специализированных предприятий по выпуску агрегатов, узлов и деталей: заводы гидроагрегатов, моторные заводы, заводы топливной аппаратуры, шестерен, тракторных трансмиссий, поршней и др.

Главные заводы тракторостроения в России находятся в основном в Северо-Кавказском, Поволжском, Западно-Сибирском, Уральском, Центральном, Центрально-Черноземном и Волго-Вятском регионах. Это отвечает специфике расположения и специализации сельского хозяйства.

Например, на заводе «Ростсельмаш», а также в Красноярске и Таганроге, сосредоточено производство зерноуборочных комбайнов.

Липецкий тракторный завод ведёт свою историю с 1943 года. Ему принадлежит знаменитая линейка тракторов «Кировец», первый из которых был выпущен в 1944 году. Основной продукцией завода были гусеничные пропашные трактора моделей Т-38М, КДП-35 и КД-35, а также колёсный трактор модели Т-40.

Челябинский тракторный завод, является одной из наиболее крупных в стране машиностроительных компаний, в сферу деятельности которой входит разработка и производство двигателей, а также силовых агрегатов. Предприятие ведёт свою историю с 1933 года и с тех пор является основным производителем тяжёлых гусеничных тракторов в стране. В настоящее время Челябинский тракторный выпускает: трубоукладчики, тракторы ДЭТ-250М2, Т10М, а также специальную технику на их базе.

В продукцию компании входят и силовые установки – дизельные генераторы мощностью до 100 кВт, дизельные двигатели мощностью 12 – 1000 л.с. Выпускаются и товары народного потребления, в том числе и мини-трактор «Уралец»^[3].

Владимирский тракторный завод (ВТЗ), находящийся в составе Владимирского моторо-тракторного завода, в основном выпускает машины для коммунального хозяйства. Завод был пущен в строй в 1944 г. Основные модели тракторов — Т-30, Т-45, ВТЗ-032, стоимость которых в зависимости от комплектации составляет 4—5 тыс. долл. Завод имеет реальные шансы укрепить свое положение на рынке. Его дешевая продукция может быть востребована индивидуальными частными хозяйствами и коммунальными службами. Эти тракторы хорошо подходят для уборки урожая.^[4]

Петербургский тракторный завод — дочерняя компания ОАО «Кировский завод». Ситуация на заводе несколько лучше, чем у конкурентов. Его реструктуризация началась в середине 90-х годов. Завод был разукрупнен, и самые рентабельные подразделения приступили к серийному производству современного трактора К-744/734 («К» значит «Кировец»), ориентированного на дальнейшее зарубежье, в частности на немецкий рынок. В новых моделях используются импортные запчасти. Завод уже заключил контракт на поставку деталей к своим тракторам с компанией «Bosch». Стоимость новых тракторов от 70 до 100 тыс. долл. Эта цена пока высока для российских покупателей, но в два раза ниже цены на иностранные тракторы аналогичного типа.^[5]

Большинство тракторных заводов в России сформировались как универсальные, имеющие полный комплект вспомогательных, заготовительных, основных и ремонтных производственных мощностей. Гиганты тракторостроения имеют такие производства как литейное (чугунолитейное, сталелитейное, цветнолитейное, цеха точного литья), кузнечное, прессово-сварочное, механосборочное, ремонтное, энергетическое, термическое, гальваническое, окрасочное и другие.

Выпуск унифицированных моделей тракторов в 60-е годы прошлого века дал возможность начать переход к созданию отдельных специализированных предприятий по выпуску агрегатов, узлов и деталей: заводы гидроагрегатов, моторные заводы, заводы топливной аппаратуры, шестерен, тракторных трансмиссий, поршней и др.

Кризисные годы последнего десятилетия прошлого века тракторостроительные предприятия России пережили очень тяжело: в 2003 г. выпуск тракторов составил всего

лишь 3,9% от производства 1990 г. В последние годы отечественное тракторостроение не покрывает возрастающий спрос, он частично удовлетворяется за счет импорта.

В начале 2000-х годов многие тракторные заводы и компании объединились в концерн «Тракторные заводы России», который контролирует работу многих промышленных предприятий и торговых компаний. Концерн был основан в 2003 году и на сегодняшний день имеет в своем обороте около 50 миллиардов рублей. На сегодняшний день концерн представляет собой перспективную развивающуюся организацию с большими планами по строительству новых заводов.

Сегодня самое большое количество тракторов выпускается в Западной Европе: в Италии, Германии, Франции, Англии, Финляндии. Затем идут Индия, Китай, Центральная и Восточная Европа, США, Канада, Латинская Америка. Кризисные явления способствуют увеличению концентрации производства и укрупнению корпораций – мировых производителей тракторов. В России сформировались мощные корпоративные структуры: «Новое содружество», Концерн «Тракторные заводы», «Петербургский тракторный завод».

Тракторные заводы играют огромную роль для развития большинства видов хозяйственной деятельности: не только сельского и лесного хозяйства, но и промышленности. На их основе выпускаются различную сельскохозяйственную технику, землеройные машины – бульдозеры, скреперы, тягачи.

Сейчас в России отмечается большая нехватка полноприводных и колесных тракторов тягового класса 0,6–3, а также моделей 4К4а классической компоновки. Это касается тракторов наиболее популярного тягового класса 1,4, имеющих мощность 80–120 л.с. и 120–160 л.с. Второго тягового класса, весьма редко и ограниченно выпускаются тракторы третьего тягового класса. Предприятия в стране доминируют пока лишь в тяговых классах 0,6–0,9.

Отмечается особенно острая нехватка колесных исправных тракторов всех тяговых мощностей и классов с нормативным сроком использования, причем в основном в парке тракторов физически устаревший модельный ряд с увеличенным максимальным возрастом в 2010 г. до 17 лет, тогда как этот показатель в 1990 г. составлял девять лет, т. е. данные тракторы отслужили уже давно свой срок.

На данный момент, Россия от ведущих западных стран существенно отстает по числу тракторов на сотню гектаров пашни.

Возрождению тракторостроения в РФ в первую очередь способствовать должно в производстве скорейшее освоение практически только вчера разработанных и почти готовых конструкций модернизированных или новых тракторов с дальнейшим наращиванием до необходимых объемов их выпуска.

Тракторные заводы России, обладая весьма мощным производственным потенциалом, в перспективе способны переломить столь плачевную ситуацию, потеснив иностранных поставщиков на внутреннем рынке как из ближнего, так и из дальнего зарубежья. Сейчас отечественное тракторостроение активно реструктуризируется с образованием промышленных объединений (к примеру, «Агромашхолдинг» и пр.), делая ставку на новизну, эффективность, и рост производства сельхозмашин, новых и усовершенствованных конструкций.

В настоящее время существуют и активно работают над новыми разработками тракторов:

- Алтайский тракторный завод;
- Владимирский моторо-тракторный завод;
- Волгоградский тракторный завод;

- Кировский тракторный завод;
- Липецкий тракторный завод;



Рис. 1. Кировец серии К-744Р. Новинка Кировского завода г. Санкт-Петербург

- Онежский тракторный завод;
- Орский завод тракторных прицепов;
- Петербургский тракторный завод;
- Чебоксарский тракторный завод;
- Челябинский тракторный завод.

В 2015 году на территории России выпущено порядка 6300 тракторов, в том числе 5200 тракторов сельскохозяйственного назначения. Доля отечественных моделей составила всего 46,8% от общего количества произведенных тракторов. Такие данные приводятся аналитической и консалтинговой

компанией "АСМ-холдинг".

Производство российских тракторов по сравнению с 2014 годом снизилось на 19,6%, а сельскохозяйственных тракторов – на 19,3%. При этом на ЗАО "Петербургский тракторный завод" в 2015 году производство тракторов увеличилось в 1,9 раза, а на ОАО "Череповецкий литейно-механический завод" – в 4,6 раза.

Поставленная задача для страны реально может быть решена при реализации конструктивного перспективного ряда тракторов до 2020 года.

Список используемой литературы:

1. Курасов В.С., Трубилин Е.И., Тлишев А.И. Тракторы и автомобили, применяемые в сельском хозяйстве: Учебное пособие. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2011. – 132 с.
2. Холопов В.Н. Тракторы и автомобили: Курс лекций. Красноярск: СибГТУ, 2006. – 91 с.
3. Metaprom.ru
4. <http://geo.1september.ru/articlef.php?ID=200601107>
5. <http://geo.1september.ru/articlef.php?ID=200601107>

УДК 621.95.025.7

Обработка точных отверстий в смешанных пакетах набором инструментов*Н.С. Чащин*

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Описана технология последовательной обработки отверстий с использованием инструмента немецкой фирмы MAPAL и ручных сверлильных машин производства Seti-Тес. Дано описание технических возможностей машин для черновой (сверление) и чистовой (зенкерование/развертывание) обработки отверстий. Приведены характеристики режущего инструмента. Проведены экспериментальные исследования по последовательной обработке отверстий с использованием двух и трех инструментов для формирования отверстий. Выявлено влияние смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) на качество отверстий при развертывании. Измерены диаметры и исследованы шероховатости отверстий в каждом слое пакета.

Ключевые слова: сверление, зенкерование, развертывание, смешанный пакет; полимерный композиционный материал; титановый сплав.

В современном авиастроении возрастает доля композиционных материалов в ответственных высоконагруженных узлах, что приводит к возрастанию требований к точности их обработки.

В частности для формирования сквозных отверстий, в композиционных материалах используют методы классического сверления [1, 3, 4] и орбитального сверления [2]. Для повышения качества полученных отверстий применяют дополнительные операции обработки: зенкерование, развертывание.

Методика испытаний

Обрабатываемые материалы.

Образец для испытаний представляет собой смешанный пятислойный пакет состава «титановый сплав OT4 - титановый сплав BT20

- углепластик (связующее PRISM EP2400 RS AK-00-RE-013-032-2012; наполнитель 24K IMS-1/4 AK-00-RE-013-032-2012; стеклоткань G120 AK-00RE-013-018-2012)-титановый сплав BT20 - алюминиевый сплав 1933 ».

Оборудование.

Сверлильная машина ST2200 SE:

STSE8554 (для сверления) фирмы Seti-Тес с автоматической импульсной подачей. Фиксация в кондукторе при помощи байонетного крепления. Встроенный микролубликатор для подачи тумана смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) в зону резания. Тестируемая сверлильная машина имеет частоту вращения шпинделя 258 об/мин (для инструмента диаметром 12 мм скорость резания 9,75 м/мин), подачу 0,032 мм/об. Осевая амплитуда колебаний 0,1 мм, частота 1,5 колебания на оборот.

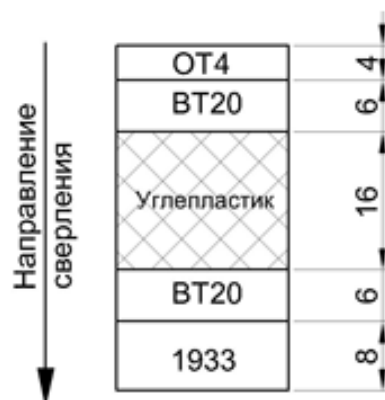


Рис. 1. Эскиз смешанного пакета

Сверлильная машина ST2200 SE: STSE8555 (для зенкерования и развертывания) фирмы Seti-tes с автоматической импульсной подачей. Фиксация в кондукторе при помощи байонетного крепления. Встроенный микролубликатор для подачи тумана СОТС в зону резания. Тестируемая сверлильная машина имеет частоту вращения шпинделя 131 об/мин (для инструмента диаметром 14 мм скорость резания 5,76 м/мин), подачу 0,18 мм/об. Осевая амплитуда колебаний 0,25 мм, частота 1,5 колебания на оборот.

Режущий инструмент.

Спиральное сверло MAPAL (артикул MI 30707779) Ø12,03. Сверло из твердого сплава с покрытием, с полированными канавками, с внутренними каналами, угол при вершине 135°. Хвостовик резьбовой 7/16" – 20 UNF.

Зенкер MAPAL (артикул MI 30720007) Ø13,8. Зенкер из твердого сплава с покрытием, с внутренними каналами, количество зубьев 3. Хвостовик резьбовой 7/16" – 20 UNF.

Развертка MAPAL (артикул MI 30707779) Ø14,02. Развертка из твердого сплава с покрытием, с внутренними каналами, направление спирали левое 7°, количество зубьев 6. Хвостовик резьбовой 7/16" – 20 UNF.

Экспериментальные работы

Испытания заключались в последовательной обработке сквозных отверстий в образцах с использованием различных режущих инструментов с подачей СОТС. Исследования разделены на три этапа по разным условиям обработки:

- I) Сверление с СОТС, зенкерование с СОТС, развертывание без СОТС
- II) Сверление с СОТС, зенкерование с СОТС, развертывание с СОТС;
- III) Сверление с СОТС, развертывание с СОТС.

После развёртывания полученные отверстия были подвергнуты измерению диаметра и шероховатости.

На рисунках 2, 3 представлены графики, отражающие изменения изучаемой величины от наработки инструмента. Данные поделены на три этапа в зависимости от условий обработки.

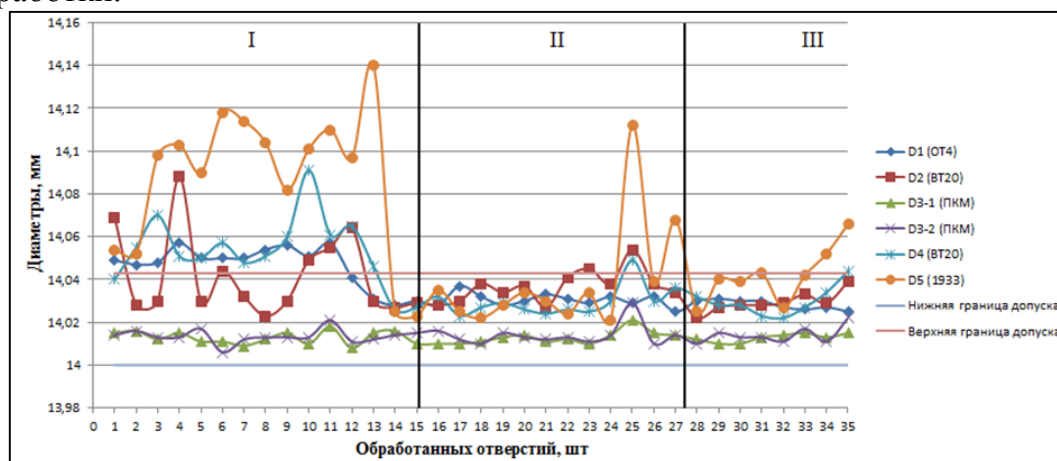


Рис. 2. Графики изменения диаметров

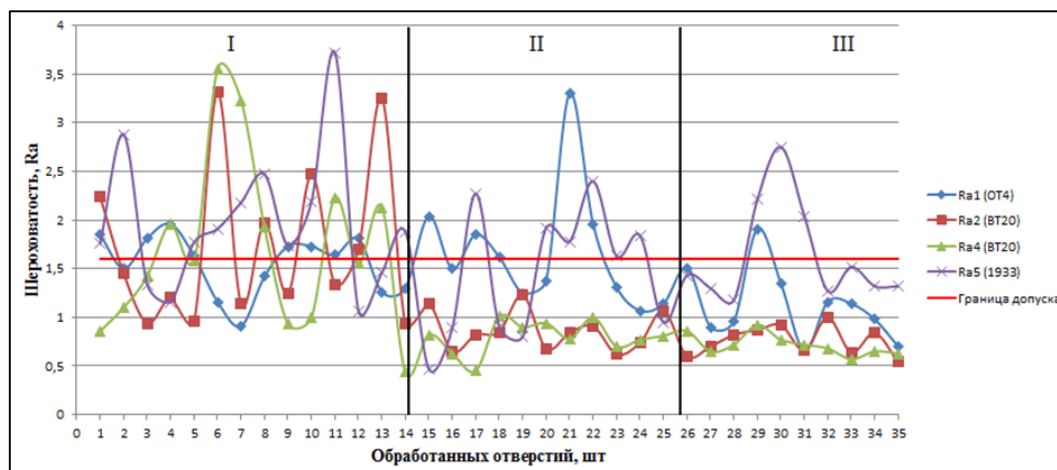


Рис. 3. Графики изменения шероховатости в металлических элементах

Из графиков видно, что отсутствие СОТС на I этапе привело к ухудшению качества получаемых отверстий: точность диаметров отверстий соответствует IT 12 (размах вариации диаметров 140 мкм), шероховатость превышает границу допуска во всех слоях. Припуск на развертывание после зенкера 0,2 мм.

На II и III этапах полученные результаты измерений имеют близкие значения. Следовательно, добавление дополнительного инструмента нецелесообразно (т.к. трудоемкость будет выше), но в то же время пропуск операции зенкерования отверстий на III этапе приводит к забиванию стружечных канавок развертки. Поэтому после каждого цикла обработки необходимо очищать инструмент, что увеличивает вспомогательное время. Для решения этой проблемы нужна доработка инструмента: увеличение стружечных канавок, изменение геометрии режущей части.

Список использованной литературы:

1. Иванов Ю.Н. Сверление отверстий в смешанных пакетах // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 1 (5). С. 1402–1406.
2. Чащин Н.С., Иванов Ю.Н. Обработка отверстий в смешанных пакетах методом орбитального сверления // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 11 (106). – С. 44–49.
3. Иванов Ю.Н., Чапышев А.П., Каверзин Е.Я. Экспериментальное исследование влияния теплового расширения обрабатываемых материалов при сухом сверлении отверстий в пакетах структуры «полимерный композиционный материал – титановый сплав» // Вестник ИрГТУ. 2013. № 10 (81). С. 36–42.
4. Пикалов А.А. Особенности разделки отверстий в смешанных пакетах КМ-Ti-Al // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 4 (2). С. 669–676.

УДК 539.3

Вариантное проектирование несущей панели авиационных конструкций из условия жесткости на основе методов геометрического моделирования формы

А.А. Черняев

Приокский государственный университет,
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Рассматривается задача вариантного проектирования несущих панелей с опиранием по контуру в виде лонжеронов и стрингеров, когда задано ограничение на величину максимального прогиба элементов заполнения такой панели в виде упругих пластинок. Путем геометрического моделирования формы области пластинок с помощью конформных радиусов и использованием геометрических методов строительной механики предлагается подбирать варианты заполнения несущей панели пластинками различных форм обладающих равной жесткостью.

Ключевые слова: вариантное проектирование, несущая панель, геометрическое моделирование, конформные радиусы, пластинки, жесткость, максимальный прогиб.

Вариантное проектирование является важным этапом в создании экономичных конструкций, в том числе пластинчатых и пластинчато-стержневых, где одним из основных критериев является условие жесткости.

В настоящее время для расчета и моделирования таких конструкций используют различные, конечно-элементные, программы для ЭВМ типа ANSYS, а для решения задач оптимизации – математические модели и алгоритмы на их основе. Известны и другие подходы. Однако в решении задач вариантного проектирования и оптимизации, связанных с выбором формы (варьировании геометрических параметров) пластинчатой конструкции их применение становится затруднительным. Как показали исследования [1], для решения этой задачи может быть успешно использованы геометрические методы строительной механики.

1 Конформные радиусы

Конформные радиусы – это радиусы, получаемые при конформном отображении плоской области на внутренность и внешность круга. Формулы для нахождения внутреннего $\dot{r}$ (здесь и далее будем иметь ввиду его максимальное значение) и внешнего $\bar{r}$ конформных радиусов для ряда односвязных областей с выпуклым контуром имеют вид [2, 3]:

– для круга радиуса a

$$\dot{r} = a, \bar{r} = a; \quad (1)$$

– для правильных n -угольников

$$\dot{r} = \frac{\tilde{A}(1-1/n)}{2^{1-\frac{2}{n}} \tilde{A}\left(\frac{1}{2}\right) \tilde{A}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{n}\right)} L, \quad \bar{r} = \frac{\tilde{A}(1+1/n)}{2^{1+\frac{2}{n}} \tilde{A}\left(\frac{1}{2}\right) \tilde{A}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{n}\right)} L, \quad (2)$$

где n – число сторон; L – здесь и далее, периметр; $\Gamma(x)$ – здесь и далее, Г-функция (Гамма-функция);

– для произвольных треугольников с углами $\pi\alpha, \pi\beta, \pi\gamma$

$$\dot{r} = 4\pi \cdot f(\alpha) f(\beta) f(\gamma) \cdot \rho, \quad \bar{r} = A/\pi\dot{r}, \quad (3)$$

где $f(x) = \frac{1}{\tilde{A}(x)} \left\{ \frac{x^x}{(1-x)^{1-x}} \right\}^{1/2}$; ρ – радиус описанного круга; A – площадь;

– для равнобедренных треугольников с $\alpha = \beta$ выражения (3) примут вид

$$\dot{r} = 4\pi \cdot f^2(\alpha) f(\gamma) \cdot \rho; \quad \bar{r} = \frac{\text{ctg}\alpha \cdot h^2}{\pi\dot{r}}, \quad (4)$$

где α – равный угол при основании; h – высота;

– для прямоугольных треугольников с $\alpha = \pi/2$ выражение (3) для $\bar{r}$ примет вид

$$\bar{r} = \frac{\sin 2\alpha \cdot c^2}{4\pi\dot{r}}, \quad (5)$$

где α – угол при гипотенузе; c – гипотенуза;

– для ромбов с углом $\pi\alpha$

$$\dot{r} = \frac{\pi^{1/2}}{\tilde{A}\left(\frac{\alpha}{2}\right)\tilde{A}\left(\frac{1-\alpha}{2}\right)} L, \quad \bar{r} = \frac{\pi^{1/2}}{8\tilde{A}\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)\tilde{A}\left(\frac{1+\alpha}{2}\right)} L, \quad (6)$$

– для эллипсов с полуосями a и b ($a \geq b$)

$$\dot{r} = \bar{r} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} q^{n(n+1)} \right\}^{-1} \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} q^{n^2} \right\}^{-1}, \quad \bar{r} = \frac{a+b}{2}, \quad (7)$$

где $q = (a-b)^2 / (a+b)^2$;

– для прямоугольников со сторонами a и b ($a \geq b$)

$$\dot{r} = \frac{2}{\pi} b \left(1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} q^{n^2} \right)^{-2}, \quad \begin{cases} \frac{a}{\bar{r}} = \pi \cos^2 \alpha \sum_{k=0}^{\infty} \frac{((2k-1)!!)^2}{2^{2k} (k+1)!k!} \cos^{2k} \alpha; \\ \frac{b}{\bar{r}} = \pi \sin^2 \alpha \sum_{k=0}^{\infty} \frac{((2k-1)!!)^2}{2^{2k} (k+1)!k!} \sin^{2k} \alpha, \end{cases} \quad (8)$$

где $q = e^{-\pi a/b}$, α – аргумент комплексных чисел (точек окружности, образами которых при конформном отображении служат вершины прямоугольника); $(-1)!! = 1$.

2 Физико-математическая аналогия максимального прогиба пластинок с конформными радиусами

В работе [4] была установлена физико-математическая аналогия максимального прогиба w_0 при поперечном изгибе пластинок с отношением конформных радиусов $\dot{r}/\bar{r}$, основанная на вариационном представлении собственного значения дифференциального уравнения свободных колебаний пластинок, конформном представлении внутренней области при отображении на единичный круг и математической аналогии задач свободных колебаний и поперечного изгиба пластинок:

$$w_0 \leq k \frac{\dot{r}}{\bar{r}} \cdot \frac{qA^2}{D}, \quad (9)$$

где k – числовая константа, зависящая от вида граничных условий и обращающая выражение (9) в равенство: для круглой пластинки в случае жесткого защемления ($k = 1,583 \cdot 10^{-3}$) и для правильной n -угольной пластинки с $n \rightarrow \infty$ в случае шарнирного опирания ($k = 6,180 \cdot 10^{-3}$); q – интенсивность равномерно распределенной по всей площади нагрузки; A – площадь пластинки; $D = Et^3/12(1 - \nu^2)$ – цилиндрическая жесткость; t – толщина пластинки; ν – коэффициент Пуассона.

Из выражения (9) следует, что при заданных параметрах q , A , D и граничных условиях пластинки отношение $\dot{r}/\bar{r}$ выступает в качестве единственного аргумента, однозначно определяющего верхнюю оценку максимального прогиба пластинки. Другими словами, отношение конформных радиусов $\dot{r}/\bar{r}$ является геометрическим аналогом максимального прогиба. Это означает, что, не решая известного дифференциального уравнения эллиптического типа четвертого порядка, описывающего задачу поперечного изгиба пластинок

$$D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = q,$$

а, рассматривая лишь геометрическую задачу, связанную с анализом изменения отношения $\dot{r}/\bar{r}$ при изменении геометрических параметров и формы пластинок, можно оценивать качественную и количественную стороны изменения максимального прогиба.

Как показали исследования [4] неравенство (9) позволяет получать приемлемые оценки лишь для пластинок по форме близкой к правильной, поэтому оно было заменено следующим выражением

$$w_0 = k_w \cdot \frac{qA^2}{D}, \quad (10)$$

где $k_w = f(\dot{r}/\bar{r})$ – функциональный коэффициент пропорциональности, зависящий кроме как от отношения $\dot{r}/\bar{r}$, определяющего «правильность» или «симметричность» формы пластинки, еще и от вида граничных условий; этот коэффициент представляет значение максимального прогиба в общем (безразмерном) виде.

В работе [4] были построены графические зависимости « $k_w - \dot{r}/\bar{r}$ » (рис. 1).

На рис. 1 точке 3 соответствует правильная треугольная пластинка, точке 4 квадратная, точке 3' – равнобедренная прямоугольная треугольная. Кривая 0-3'-3-4 кроме указанных форм пластинок, объединяет все многоугольные, стороны которых касаются вписанной окружности (ромбические).

Эта закономерность основана на возможности представления площади A областей указанных форм пластинок через внутренний $\dot{r}$ и внешний $\bar{r}$ конформный радиусы

$$A = \pi \dot{r} \bar{r}. \quad (11)$$

Для правильных n -угольных и ромбических областей равенство (11) следует из выражений для $\dot{r}$ и $\bar{r}$ как данных, которые выводятся из формулы Э.Б. Кристоффеля – Г.А. Шварца, для треугольных установлено Х.Р. Хиги [2].

3 Вариантное Проектирование

Проанализируем возможность использования рассмотренной аналогии для решения задачи вариантного проектирования несущих панелей с опиранием по контуру в виде лонжеронов и стрингеров, когда задано ограничение на величину максимального

прогиба элементов заполнения такой панели (пластинок). Требуется подобрать варианты заполнения несущей панели пластинками различных форм, которые имеют одинаковый заданный прогиб (рис. 2).

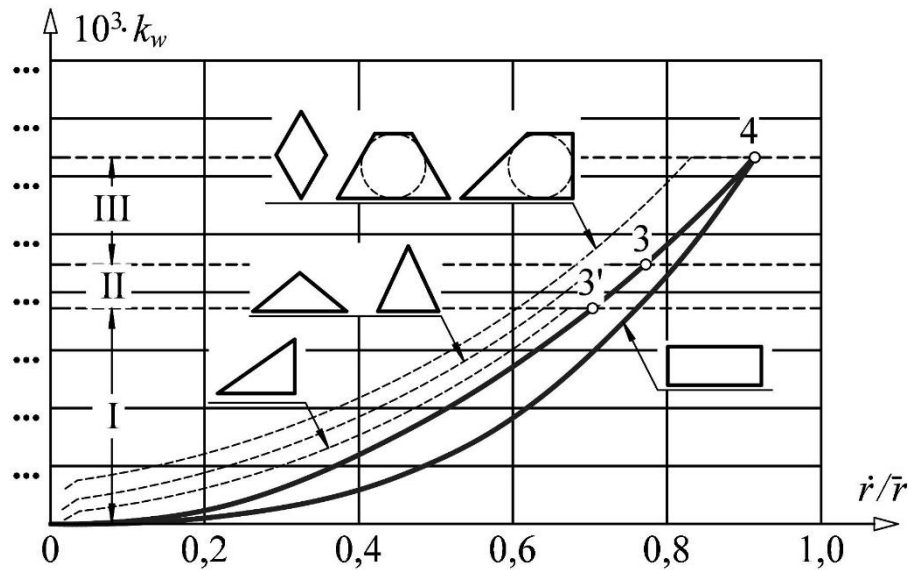
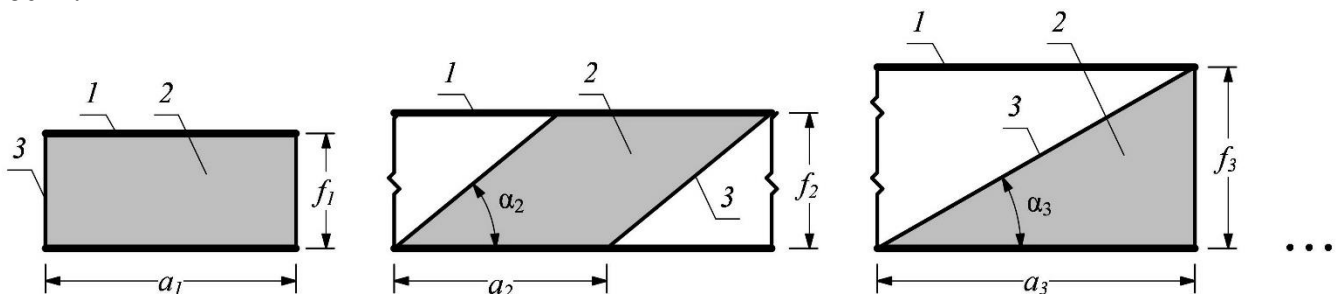


Рис. 1 Графические зависимости « максимальный прогиб k_w из (10) – отношение конформных радиусов $\dot{r}/\bar{r}$ »

Рассмотрим полученные графические зависимости «максимальный прогиб – отношение конформных радиусов» (рис. 1). Поскольку $\dot{r}/\bar{r}$ характеризует форму пластинок, то решение поставленной задачи будем осуществлять в следующей последовательности:



1 – лонжерон; 2 – пластинка; 3 – стрингер (нервюр)

Рис. 2. Несущая панель с двумя опорными параллельными направляющими (лонжеронами)

1 Для заданного значения прогиба и граничных условий определяем отношение конформных радиусов $\dot{r}/\bar{r}$ для пластинок простых форм.

2 По полученным значениям отношения $\dot{r}/\bar{r}$ находим геометрические параметры, однозначно определяющие форму пластинок; на основании изопериметрических свойств максимального прогиба [4] из пластинок простых форм с использованием геометрических преобразований строим пластинки сложных форм (параллелограммные [5], трапециевидные [6] и др.), имеющие заданный прогиб.

3 Полученные пластинки приводятся к равной (единичной) площади A .

Разработана методика задачи вариантного проектирования несущих панелей с опиранием по контуру в виде лонжеронов и стрингеров, когда задано ограничение на величину максимального прогиба элементов заполнения такой панели (пластинок).

Список использованной литературы:

1. Коробко А.В. Геометрическое моделирование оптимизационных задач строительной механики, связанных с выбором формы выпуклой плоской области // Материалы для строительных конструкций: тезисы докладов III Международной научной конференции. Днепропетровск, 1994. С. 106-107.
2. Поля Г., Сега Г. Изопериметрические неравенства в математической физике. М.: КомКнига, 2006. 336 с.
3. Казанцев В.П., Золотов О.А., Долгополова М.В. Электростатика на плоскости. Нормировка потенциала. Емкости уединенного проводника и линии относительно точки. Конформные радиусы // Вестник КрасГУ. Серия: физ.-мат. науки. 2005. №1. С. 32-38.
4. Коробко В.И., Черняев А.А. Решение задач поперечного изгиба пластинок с использованием конформных радиусов // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. №6. С. 16-22.

УДК 621.746.047:621.86

Разработка конструкций цилиндров манипуляторов дуговой сталеплавильной печи*О.Н. Чиченева¹, Вас. В. Точилкин², В.И. Умнов³*¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, г. Москва, Ленинский пр., 4² Магнитогорский государственный технический университет, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38³ Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Рассмотрена возможность модернизации манипулятора эркера дуговой сталеплавильной печи. Разработаны пневматические схемы манипуляторов и отдельные конструкции пневматических цилиндров.

Ключевые слова: дуговая сталеплавильная печь, манипулятор, пневмопривод, цилиндр

Совершенствование механизмов и оборудования дуговых сталеплавильных печей играет огромную роль в развитии металлургических машин. На рисунке 1 представлена компоновка дуговой сталеплавильной печи - ДСП 120 в момент выпуска стали. Данные ДСП находятся во многих электросталеплавильных цехах (ЭСЦ).

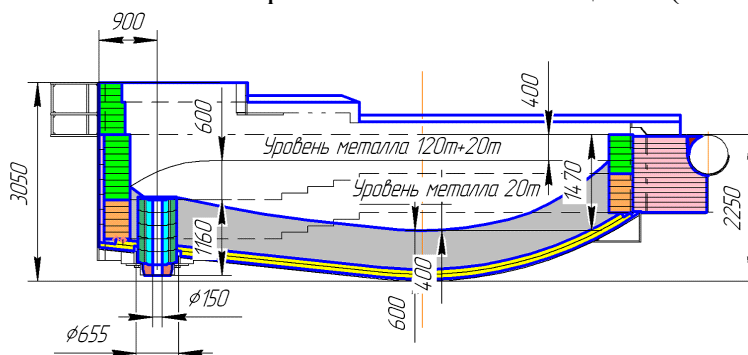


Рис.1. Дуговая сталеплавильная печь ДСП 120

В настоящее время на металлургических предприятиях [1-4] дуговые сталеплавильные печи работают эффективно, но их производительность уменьшают различные простои. В частности, это простои, вызванные неполадками в пневматических системах манипуляторов ДСП, в том числе пневматического манипулятора эркера. Наиболее ответственным узлом этой конструкции является пневмоцилиндр. Для того, что бы сделать их надежнее, в данной разработке предлагается усовершенствованная конструкции цилиндра.

Пневмопривод (рисунок 2) предназначен для открывания и закрывания эркерного шиберного затвора электропечи [1]. Затвор закрывает отверстие для выпуска жидкого металла из ДСП. Отверстие футеровано огнеупорами в виде разливочных элементов - стаканов, внутреннее отверстие выпускного стакана заделывается смесью на основе кварцевого песка, что предохраняет затвор от прожига [5-8].

При выпуске (при открытом затворе) песок выдавливается жидким металлом, производится выпуск. Затвор движется поступательно по расположенным горизонтально направляющим с помощью роликов. В движение приводится пневмоцилиндр. Воздух поступает из воздухопровода цеха, проходит через блок подготовки воздуха, где очищается в фильтре от твердых частиц величиной 0,005 мм и более, частиц воды и компрессорного масла. Маслораспылитель блока служит для внесения в сжатый воздух распыленного масла с целью смазки трущихся поверхностей пневматических устройств. В блоке подготовки воздуха предусмотрен регулятор давления для понижения давления сжатого воздуха и поддержания его на заданном уровне. Далее сжатый воздух подается к пневмораспределителю, который предназначен для изменения потоков сжатого воздуха. Пневмораспределитель имеет электропневматическое одностороннее управление с пружинным возвратом. При подаче того или иного сигнала к электромагниту, распределитель подает сжатый воздух либо в штоковую (при этом затвор открывается), либо в поршневую полость пневмоцилиндра (затвор закрывается).

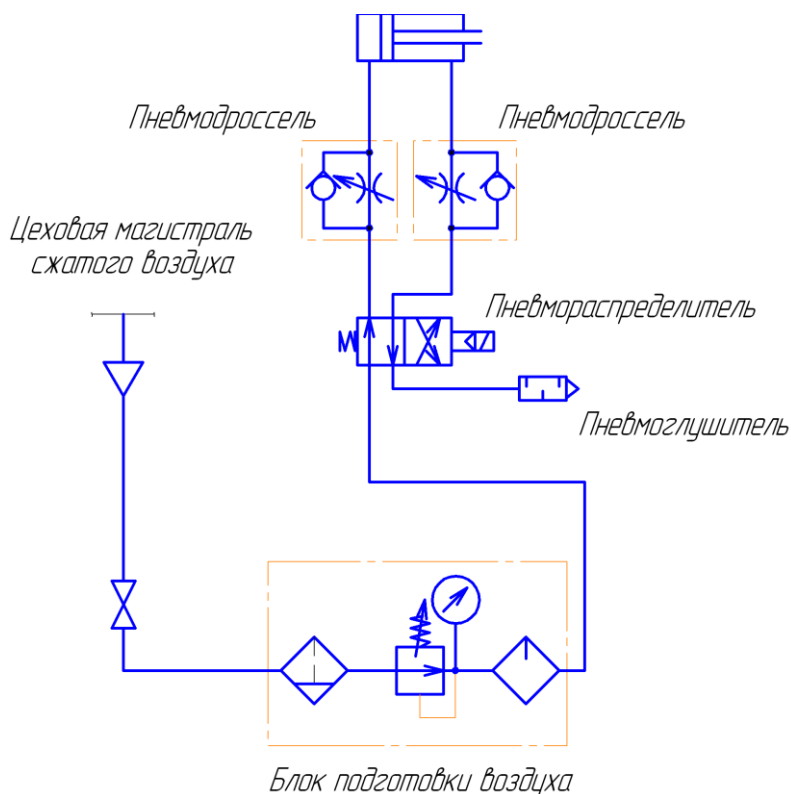


Рис. 2. Схема пневмопривода

Сжатый воздух при подаче в пневмоцилиндр проходит через дроссель, позволяющий регулировать расход. В обратном направлении воздух проходит свободно через обратный клапан. На линии выхлопа пневмораспределителя установлен пневмоглушитель для снижения уровня шума при сбросе сжатого воздуха в атмосферу [8].

На рисунке 3 представлена расчетная схема пневматического цилиндра [4]. Определены усилия, необходимые для открытия шиберного затвора печи. Прилагаемое к пневмоцилиндру, должно быть больше сопротивлений, действующих на затвор:

$$F_{\text{ц}} > F_{\text{сопр}},$$

где $F_{\text{сопр}} = F_{\text{тр}} + F_{\text{случ}}$.

Здесь $F_{\text{тр}}$ – сила трения от жидкого металла, находящегося в печи;

$$F_{\text{тр}} = Nf,$$

где f – коэффициент трения; $N = F_{\text{г}}$ – реакция в затворе от жидкого металла, находящегося в печи, с учетом особенностей работы шиберного устройства [1];

$F_{\text{случ}}$ – случайные сопротивления (дополнительные нагрузки от жидкого металла и шлака, трение в направляющих и т.п.).

Из-за воздействия высокой температуры порядка 100 °С в зоне работы пневмопривода, а при выпуске жидкого металла увеличивается до 350 °С. Конструктивным недостатком пневмоцилиндра являются: воротниковые манжеты, уплотнительные кольца, грязесъёмное уплотнение. Воздействие высокой температуры отрицательно сказывается на прочностных характеристиках установленных резиновых изделиях, следовательно, происходит повышение скорости износа взаимодействующих между собой деталей, вызывающих задиры внутренней полости гильзы пневмоцилиндра. Влияние данных недостатков на технологический процесс и экономическую составляющую включает в себя снижение производительности ЭСПЦ от простоя ДСП, увеличение аварийных простоев, связанных с заменой цилиндра, увеличение затрат на ремонт [8].

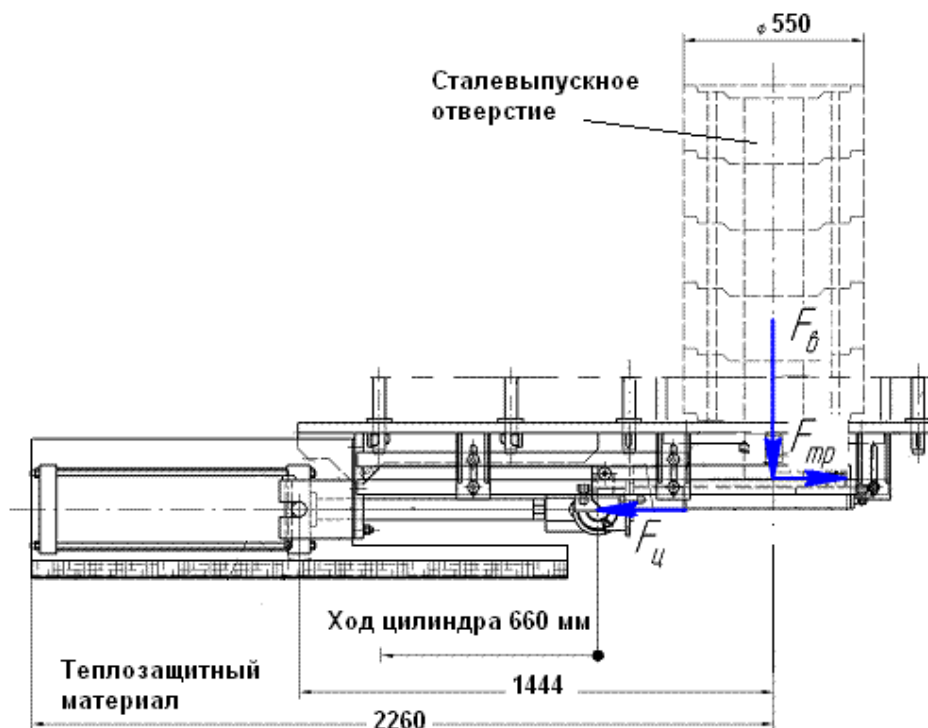


Рис. 3. Пнемоцилиндр для отсечки

Проанализировав технические характеристики и экономические показатели продукции резино-технических изделий (РТИ), была выбран материал ECORUBBER I.

Выводы:

1. Определены основные параметры для оценки характеристик пневматического цилиндра, что позволит обеспечить рациональную работу эркера ДСП, а также других печей ЭСПЦ при модернизации.
2. Предложены новые конструкции РТИ, установка воротниковых манжет, уплотнительных колец, грязесъемного уплотнения (пыльника), изготовленного из материала ECORUBBER I, позволила исключить аварийные простои агрегата ДСП, связанные с заменой пневмоцилиндра, увеличить межремонтный период, снизить затраты на ремонт.

Список использованной литературы:

1. Вдовин К. Н. Непрерывная разливка стали. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок: монография / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, И. М. Ячиков. - Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2014. - 348 с.
2. Точилкин В.В. Исследование работы и характеристик элементов гидропривода металлургических машин: учеб. пособие. / В.В. Точилкин, А.М. Филатов, Н.А. Чиченев, С.А. Иванов, А.Д. Кольга, В.С. Вагин. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. - 207 с.
3. Точилкин В.В. Исследование работы и характеристик элементов гидроавтоматики металлургических машин: учеб. пособие. / В.В. Точилкин, А.М. Филатов, Н.А. Чиченев, С.А. Иванов, А.Д. Кольга, В.С. Вагин. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. 168 с.
4. Падалко В.А. Разработка пневматических систем манипуляторов дуговой сталеплавильной печи / В.А.Падалко В.А., О.Н. Чиченева О.Н., Василий В. Точилкин // Механическое оборудование металлургических заводов: Междунар. сб. науч. тр. под ред. Корчунова А.Г. Вып. 2. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. – С. 41-43.
5. Точилкин В.В. Автоматический манипулятор для отсечки конверторного шлака / В.В. Точилкин, А.Д. Кольга // Известия вузов. Черная металлургия. – 1995. - № 10. - С. 68-69.
6. Точилкин В.В. Электромеханические манипуляторы для транспортирования и ориентации устройств, обеспечивающих защиту струи стали при разливке / Точилкин В.В., Вдовин К.Н. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2004. - № 2. - С. 111–112.
7. Точилкин В.В. Пневматические манипуляторы для отсечки конвертерного шлака / Точилкин В.В. // Вестник машиностроения. - 2007. - № 10. С. 42 – 44.
8. Точилкин В.В. Пневмопривод металлургических манипуляторов : Монография / В.В. Точилкин, А.М. Филатов - Магнитогорск: МГТУ, 2005. - 211 с.

УДК 621.01

Разработка технологии изготовления приспособлений с максимально возможным выполнением раскройных, сверлильных и резьбонарезных операций на высокопроизводительных обрабатывающих центрах типа DMU

А.В.Шелепов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматриваются проблемы связанные с выполнением раскройных, сверлильных и резьбонарезных операций на высокопроизводительных обрабатывающих центрах типа DMU. А так же описание решение данной проблемы.

Ключевые слова: *Оснастка, ход инструмента, обработка, шпиндель, уменьшение времени, улучшение условий труда.*

Станки с числовым программным управлением широко используются при производстве оснастки для сборки. Управляющие программы с хорошей точностью изготовят раму для сборочного приспособления. Просверлит отверстия в нужном месте, нарежет резьбу, выполнит раскройную операцию.

Данные станки позволяют обеспечить хорошую частоту поверхности.

Производят быстрое изготовление деталей, из-за технологических режущих характеристик станка.

Данная разработка будет основана на станке DMU 100 (рисунок 1). Данный тип станка является пятикоординатным.

Перемещение по трем осям XYZ, и вращение по XY осям.



Рис. 3. Станок DMU 100

Это позволяет обрабатывать некоторые детали в один установ. И уменьшить время

изготовления изделия. Это большой плюс станка. Но есть не маловажный фактор. То, что приспособление должно быть сконструировано так, чтобы при движении фрезы по контуру обработки, не было столкновение с прижимами, или с любым элементом приспособления. Это может вывести из строя шпиндель станка, и повлиять на точность обработки в дальнейшем, или привести к дефекту детали который приведет к браку.

Моей задача состоит в том чтобы спроектировать приспособление, которое снизит риск удара фрезы и позволит выполнить обработку с наименьшими установками.

Для примера представлю раму, для сборки узла типа «Нервюра 3». Данная рама является балочного типа. В ней имеются, отверстия для установки упоров, отверстия установки поперечной балки для штыревых фиксаторов, которые являются базовым элементом (рисунок 2). Карманы для облегчения веса рамы.

Одним из важных факторов является базирование рамы. Для того чтобы точно обработать контур рамы. Предложу базовые отверстия в раме и базовый палец в плите оснастки. Так как станок оборудован измерительной головкой. То можно будет определив положение отверстий рамы, относительно базового пальца. Внеся в программу толщину и высоту балки.

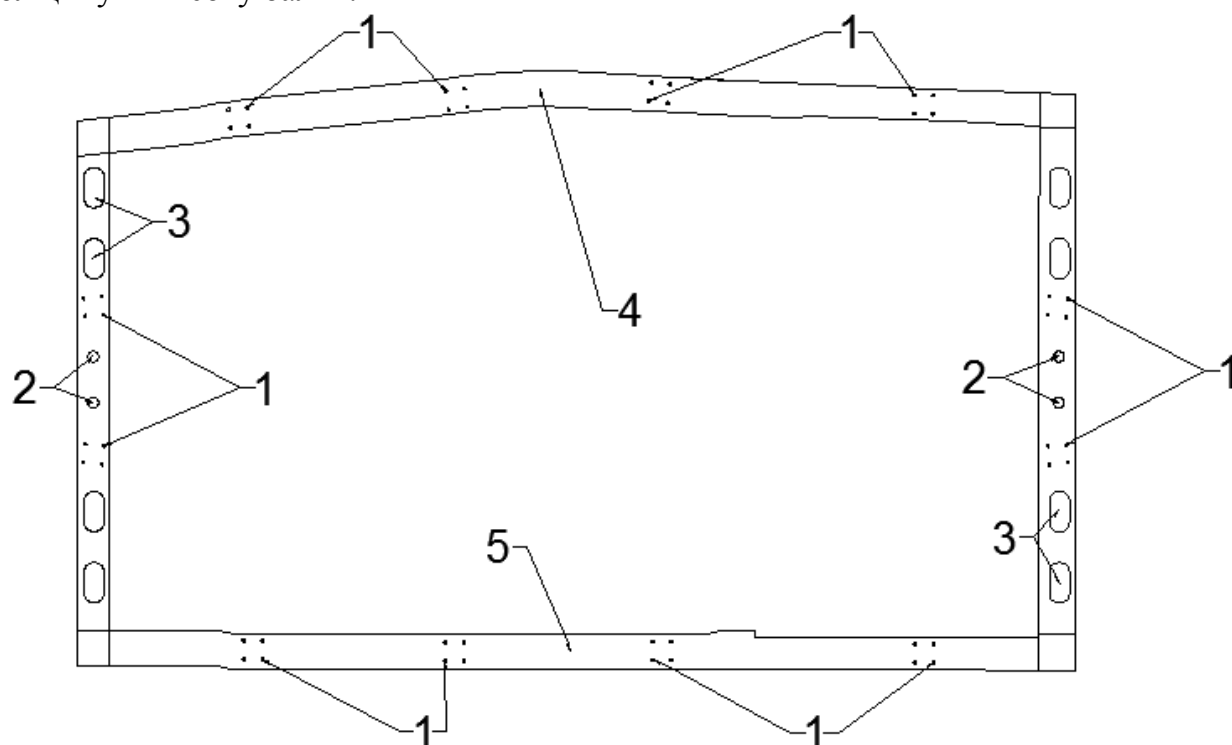


Рис. 2. Рама нервюры

1- отверстия под прижимы; 2- отверстия под балки; 3- карманы; 4- верхняя балка; 5- нижняя балка;

Таким образом скорректировав программу станка, при обработке рамы (рис. 3).

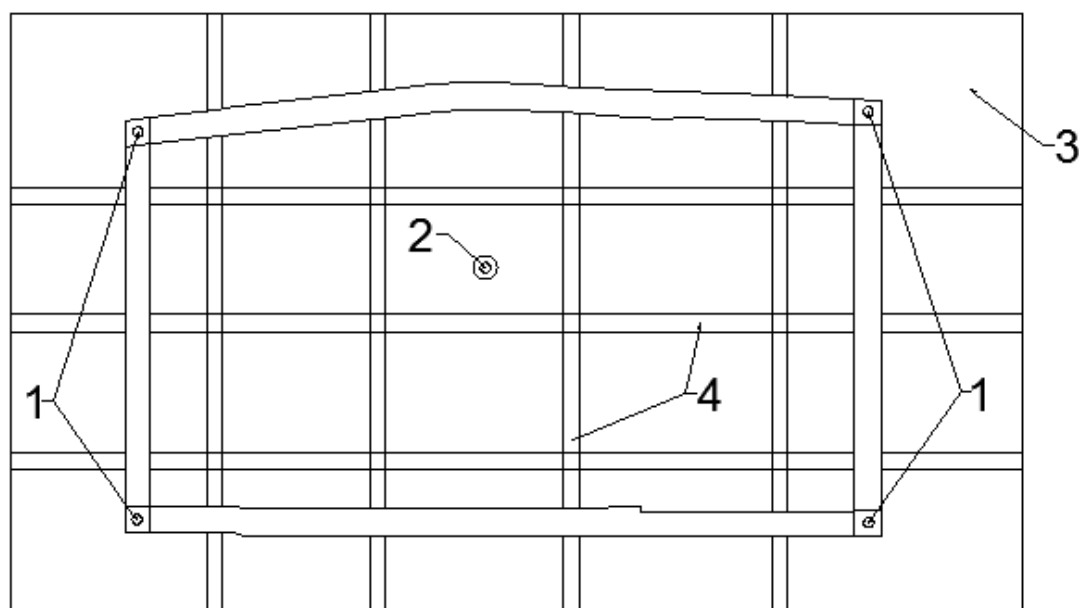


Рис. 3. Базовые элементы рамы

1-базов отверстия рамы; 2- палец; 3- плита; 4- пазы для установки прижимов;

Установление прижимов при обработке будет производиться с учетом хода инструмента. Прижимы должны быть расположены таким образом, чтобы было больше рабочих ходов фрезы. В таком случае при обработке будет установлено минимум 12 прижимов (рисунок 4).

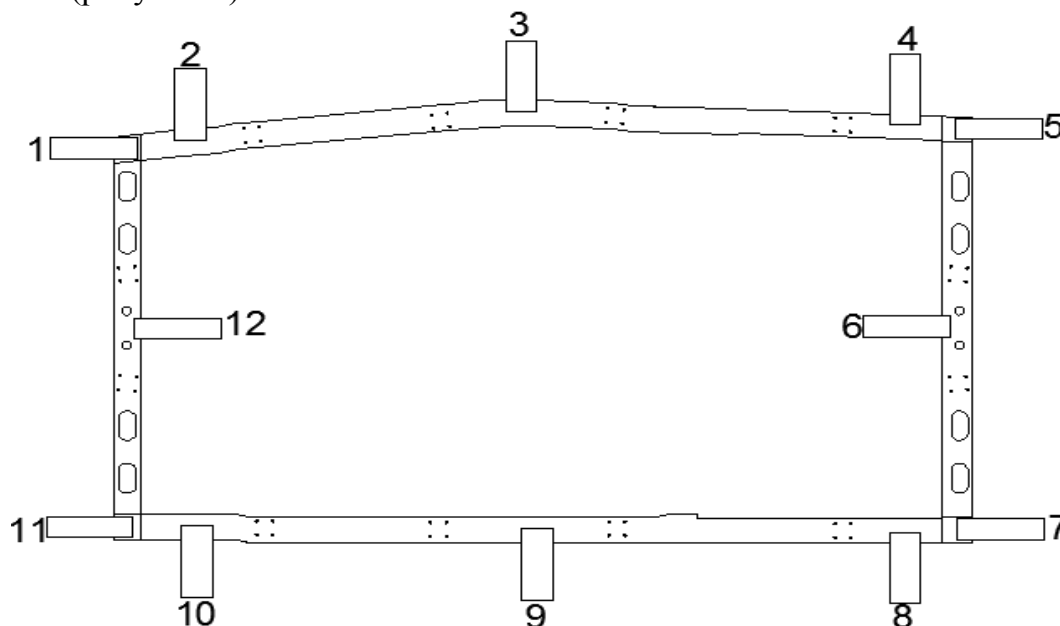


Рис. 4. Схема установки прижимов

Такая схема позволит зафиксировать раму. И при обработке позволит, обработать большую часть рамы, тем самым уменьшить время изготовления приспособления. Единственное что врезание фрезы будет не на всю глубину. А только на 60%. Но в этом случае. Можно использовать второй установ. При нем также можно за базировать и зафиксировать данную раму. Такая схема по моему мнению будет распространена не только для данной рамы. Но и для рамы меньших размеров. Так как прижимы не зафиксированы, и могут перемещаться вдоль пазов. А система базирования позволит корректировать программы. И так же производить обработку приспособления, для разных типов узлов.

УДК 621.83

Профилирование пространственного цилиндрического кулачка механизма с качающимся толкателем, снабженным роликом

А.В.Шматкова, Д.С. Брижатюк

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведен пример решения прикладной задачи в рамках выполнения курсового проекта по общинженерной дисциплине «Теория машин и механизмов» методом начертательной геометрии.

Ключевые слова: цилиндрический кулачок, качающийся толкатель, ролик, ТММ, курсовой проект ТММ, графическое интегрирование.

Методы начертательной геометрии применяются при решении прикладных задач в Теории машин и механизмов. Несмотря на то, что на сегодняшний день существуют программы позволяющие профилировать кулачки в автоматическом режиме, такие как *APM WinMachine*, *Inventor* и др., графо-аналитический метод служит базой для понимания геометрических особенностей синтеза различных типов кулачков. Без знания теории проектирования, в этих программных продуктах, очень сложно ориентироваться по заданию исходных данных, а также правильно оценивать полученный результат.

В рамках выполнения курсового проекта по теории машин и механизмов студентам было предложено спрофилировать цилиндрический кулачок с качающимся роликовым толкателем. Результаты выполненной работы приведены в данной статье.

Проектирование кулачка данного типа производится путем развертки цилиндра на плоскость. Цилиндрический кулачок с профильным пазом на боковой поверхности, обеспечивающим кинематическое замыкание высшей пары, вращается с постоянной угловой скоростью. Толкателю через ролик сообщается движение, закон изменения которого зависит от очертания профиля паза. При профилировании кулачка закон движения толкателя считается заданным. Отсутствие жестких ударов при синтезе кулачковых механизмов достигается заданием графика зависимости аналога ускорения от угла поворота кулачка.

В данной задаче закон движения толкателя на фазе удаления и фазе приближения – косинусоидальный, с мягкими ударами.

Полный угол качания толкателя $\beta = 30^\circ$, длина толкателя $l_{BC} = 0,100 \text{ м}$, допускаемый угол давления $\gamma_{\max} = 30^\circ$, фазовые углы $\varphi_{\text{удал.}} = \varphi_{\text{прибл.}} = 180^\circ$ и $\varphi_{\text{д.ст.}} = \varphi_{\text{бл.ст.}} = 0^\circ$.

Для построения закона движения толкателя от угла поворота по заданному закону изменения аналога ускорения от угла поворота воспользуемся методом графического интегрирования (рис.1).

$$S'' = \frac{\pi^2 \cdot h}{2 \cdot \varphi_{\text{удал.}}(\text{прибл.})} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{\varphi_{\text{удал.}}(\text{прибл.})} \cdot \varphi\right), \quad 0 \leq \varphi \leq \varphi_{\text{удал.}}(\text{прибл.}) \quad (1)$$

Определим длину хорды:

$$h = S_{\max} = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\beta^\circ}{2}\right) = 2 \cdot 0,100 \cdot \sin\left(\frac{30^\circ}{2}\right) = 51,7638 \text{ мм}$$

Определим координаты для оси аналога ускорения:

$$S''(0) = \frac{3,14^2 \cdot 51,7638}{2 \cdot 180^\circ \cdot 0,0174} \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{180^\circ} \cdot 0^\circ\right) = 25,882 \text{ мм};$$

$$S''(1) = \frac{3,14^2 \cdot 51,7638}{2 \cdot 180^\circ \cdot 0,0174} \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{180^\circ} \cdot 22,5^\circ\right) = 23,912 \text{ мм};$$

$$S''(2) = \frac{3,14^2 \cdot 51,7638}{2 \cdot 180^\circ \cdot 0,0174} \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{180^\circ} \cdot 45,0^\circ\right) = 18,301 \text{ мм};$$

$$S''(3) = \frac{3,14^2 \cdot 51,7638}{2 \cdot 180^\circ \cdot 0,0174} \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{180^\circ} \cdot 67,5^\circ\right) = 9,905 \text{ мм};$$

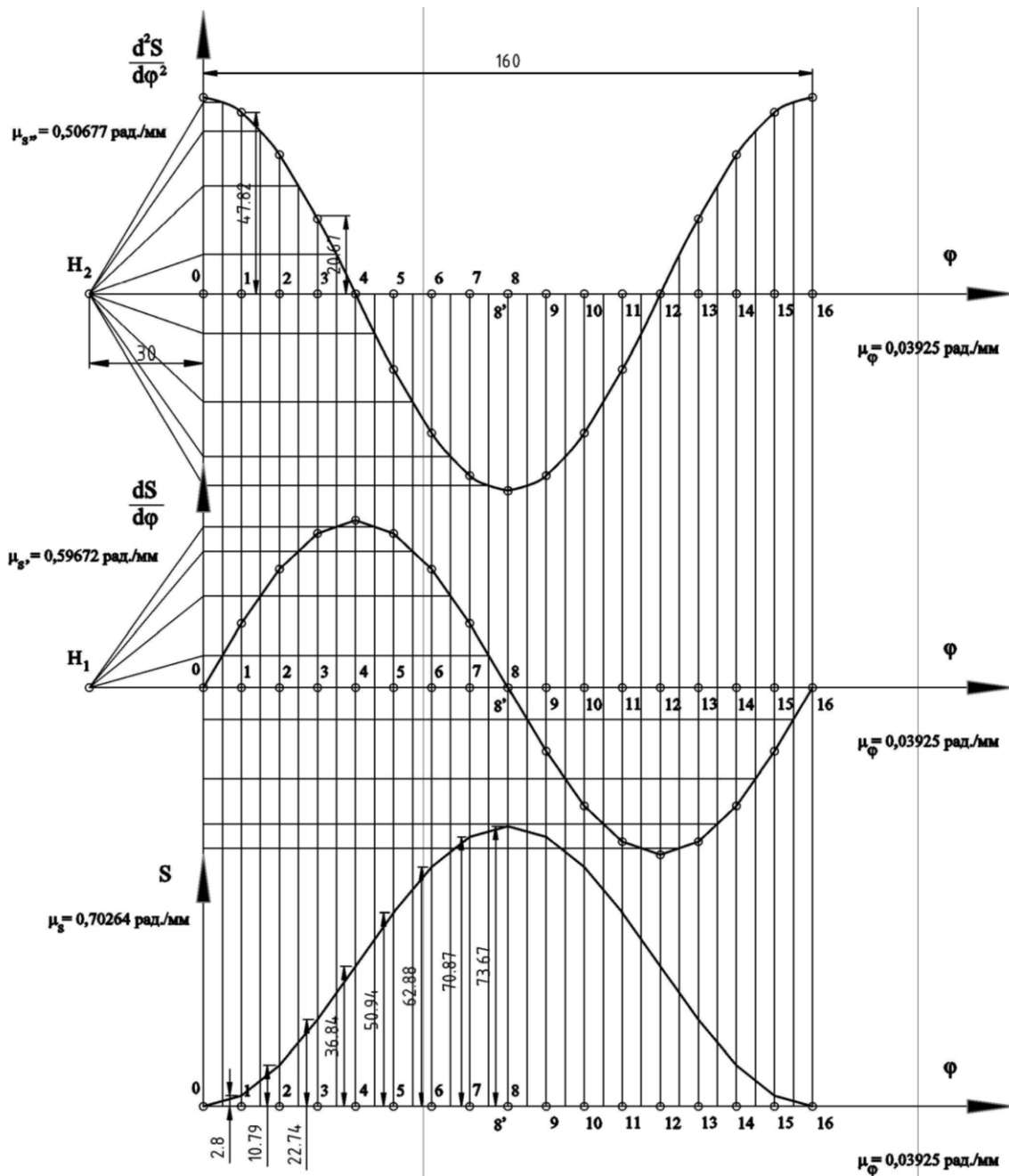


Рис.1

$$S''(4) = \frac{3,14^2 \cdot 51,7638}{2 \cdot 180^\circ \cdot 0,0174} \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{180^\circ} \cdot 90,0^\circ\right) = 0 \text{ мм};$$

$$S''(5) = \frac{3,14^2 \cdot 51,7638}{2 \cdot 180^\circ \cdot 0,0174} \cdot \cos\left(\frac{180^\circ}{180^\circ} \cdot 112,5^\circ\right) = -9,905 \text{ мм};$$

$$S''(6) = \dots \text{ м.}$$

На рисунке 1 эти координаты увеличены в два раза.

Определяем размеры фазовых углов на графике в линейном масштабе:

$$[\varphi_{удал.}] = [\varphi_{прибл.}] = \frac{\varphi_{удал.}}{\mu_{\varphi}^{(2)}} = \frac{180}{2,25} = 80,0 \text{ мм.}$$

$$\mu_{\varphi}^{(1)} = \frac{2 \cdot \pi}{\text{размер на чертеже}} = \frac{2 \cdot 3,14}{160} = 0,03925 \frac{\text{радиан}}{\text{мм}};$$

$$\mu_{\varphi}^{(2)} = \frac{2 \cdot \pi}{\text{размер на чертеже}} = \frac{2 \cdot 180^{\circ}}{160} = 2,25 \frac{^{\circ}}{\text{мм}}.$$

Определяем масштабный коэффициент для оси перемещения толкателя S :
 $\mu_{s1} = \frac{h}{h_1} = \frac{51,7638}{73,67} = 0,70264 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$; где h_1 – максимальная величина перемещения толкателя, полученная на графике зависимости перемещения от угла поворота кулачка для фаз удаления и возвращения (рис.1).

Для построения развертки необходимо определить расчетный радиус среднего цилиндра кулачка, рассчитывают его по динамическому критерию – углу давления в высшей кинематической паре. Расчетным радиусом называют радиус, при котором во всех положениях механизма угол давления будет меньше допустимого максимального угла давления.

$$r_{p.k.} = \beta' \cdot l_{BC} \cdot \cos \gamma_{\max} / \sin \left(\gamma_{\max} + \frac{\beta}{2} - \beta \right). \quad (2)$$

В соответствии с заданным законом движения толкателя:

$$\beta = \frac{\beta}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{\pi \cdot \varphi}{\varphi_{удал.}} \right); \quad \beta' = \frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{\pi \cdot \beta}{2\varphi_{удал.}} \sin \frac{\pi \cdot \varphi}{\varphi_{удал.}};$$

$$r_{p.k.} = \frac{\pi \cdot \beta \cdot l \cdot \cos \gamma_{\max} \cdot \sin(\pi \cdot \varphi / \varphi_{удал.})}{2 \cdot \varphi_{удал.} \cdot \sin \left(\gamma_{\max} + \frac{\beta}{2} \cdot \cos(\pi \cdot \varphi / \varphi_{удал.}) \right)} \text{ мм.} \quad (3)$$

Подставив исходные данные в полученное выражение (3), вычисляем расчетный радиус среднего цилиндра кулачка (табл.1).

$$r_{p.k.}(0) = \frac{3,14 \cdot 30^{\circ} \cdot 100 \cdot \cos 30^{\circ} \cdot \sin(3,14 \cdot 0^{\circ} / 180^{\circ})}{2 \cdot 180^{\circ} \cdot \sin \left(30^{\circ} + \frac{30^{\circ}}{2} \cdot \cos(180^{\circ} \cdot 0^{\circ} / 180^{\circ}) \right)} = 0 \text{ мм.}$$

$$r_{p.k.}(1) = \frac{3,14 \cdot 30^{\circ} \cdot 100 \cdot \cos 30^{\circ} \cdot \sin(3,14 \cdot 22,5^{\circ} / 180^{\circ})}{2 \cdot 180^{\circ} \cdot \sin \left(30^{\circ} + \frac{30^{\circ}}{2} \cdot \cos(180^{\circ} \cdot 22,5^{\circ} / 180^{\circ}) \right)} = 12,515 \text{ мм.}$$

Таблица 1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$r_{p.k.}, \text{ мм}$	0	12,515	23,708	35,843	45,322	50,959	48,257	31,1923	...

Принимаем радиус цилиндра кулачка: $r_{p.k.} = 51 \text{ мм}$.

Для построения развертки кулачка также необходимо, пользуясь полученными графиками рис.1, определить перемещения толкателя в каждом положении кулачка (табл.2).

Таблица 2

$\begin{matrix} M \\ m \end{matrix}$	фаза удаления									фаза приближения									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	$\begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 4 \end{matrix}$	15	16	
	$\mu_s = 0,70264 \text{ мм/мм}$																		

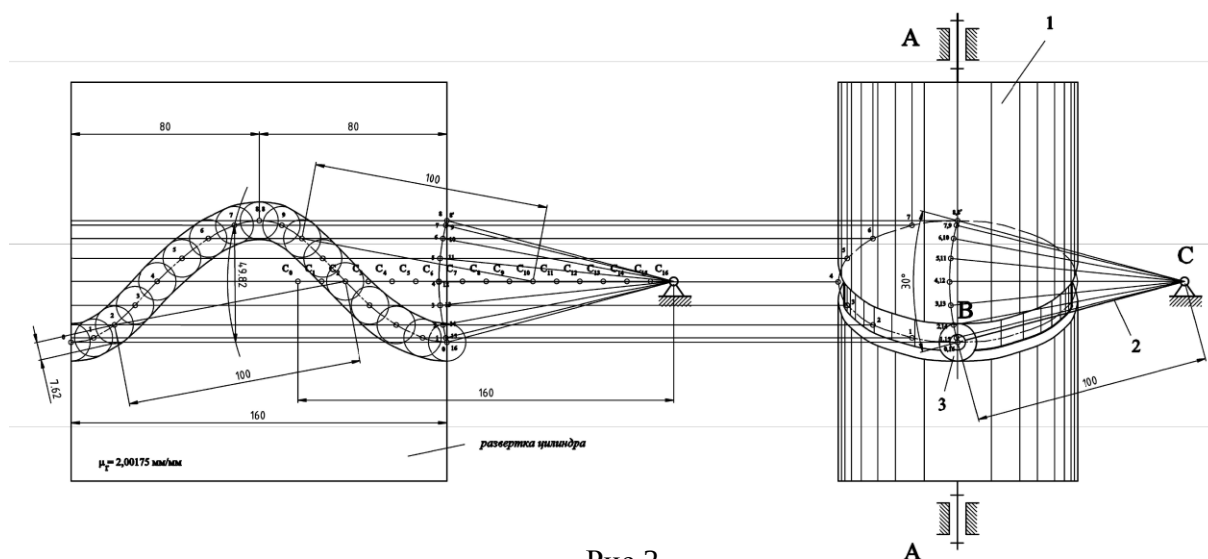


Рис.3

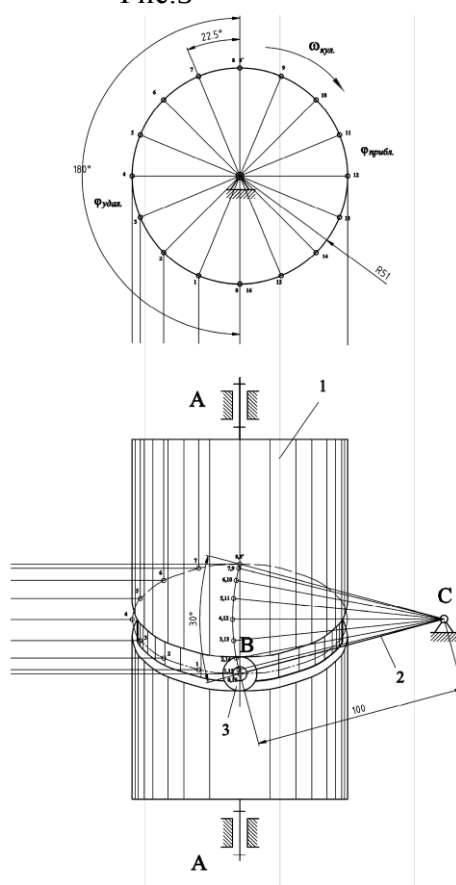


Рис.4.

Действительный профиль кулачка, представлен как огибающая относительных положений ролика с обеих сторон (рис.4).

Список использованной литературы:

1. Юдин В.А., Барсов Г.А., Чупин Ю.Н. Сборник задач по теории машин и механизмов: Учеб. пособие. - 2-ое изд., перераб. И доп. – М.: Высш. школа, 1982. - 215 с., ил.
2. Шматкова А.В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. - 169 с.

Расчёт на прочность привода опрокидывателя вагонов с редуктором ЦДН-130А при переходе на зацепление Новикова

А.В. Кулешов¹, В.К. Еремеев², Л.Б. Цвик³

ОАО Иркутский завод тяжёлого машиностроения,
664007, г. Иркутск, ул. Октябрьской революции, 1
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.
Иркутский государственный университет путей сообщения,
664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского 15

Требование повышения мощности привода вагоноопрокидывателей при их модернизации сопряжено с изменением ресурса работы редукторов. Для обеспечения восприятия большего момента предложено решение о замене тихоходной пары с эвольвентным зацеплением на передачу Новикова с двумя линиями зацепления, имеющее бо́льшие размеры суммарного пятна контакта, а, следовательно, и меньшие контактные давления в зацеплении. Рассмотрению этапов принятия конструкторских решений при проектировании цилиндрических редукторов с ограниченными габаритами посвящена данная статья.

Ключевые слова: вагоноопрокидыватель боковой стационарный (ВБС), вагоноопрокидыватель роторный стационарный (ВРС), зацепление Новикова, двойная линия зацепления (ДЛЗ), профиль исходного контура УРАЛ-2Н, контактное взаимодействие пары «зубчатое колесо-шестерня», напряженно-деформированное состояние, рендеринг (фотореалистичность).

Постановка вопроса

Вагоноопрокидыватели предназначены для механизации разгрузки большегрузных железнодорожных полувагонов грузоподъемностью до 134 т. Вагоноопрокидыватели применяются на металлургических комбинатах, балкерных и бункерных терминалах, горно-обогатительных фабриках для повышения производительности разгрузочных операций. Опрокидыватели вагонов изготавливаются двух видов: с боковой разгрузкой (рисунок 1) и роторной разгрузкой (рисунок 2). Основные характеристики современных опрокидывателей представлены в таблицах 1-3. В таблицах 1-3: вес брутто полувагонов: 60 т – устаревшие модели 4-хосных полувагонов с осевой нагрузкой 15 тс (в эксплуатации не находятся); 93 т – серийно выпускаемые полувагоны с осевой нагрузкой 23,5 тс; 110 т – перспективные полувагоны с осевой нагрузкой 25 и 27 тс (пойдут в серию до 2015 и до 2030 года соответственно); 125 т – перспективные полувагоны с осевой нагрузкой 30 тс (пойдут в серию после 2030 года), устаревшие модели 6-ти осных полувагонов (в эксплуатации не находятся); 134 т – устаревшие модели 8-ми осных полувагонов (в эксплуатации не находятся).

Вагоноопрокидыватель состоит из: опорной рамы; исполнительного органа в виде ротора или люльки; роликовых опор; привалочных стенок; двух приводов вращения ротора с тормозным устройством (рисунок 3); устройства очистки кузова от груза (виброочистка); системы смазки; системы автоматизации; поста управления оператора и т.п. Дополнительно может включать: щит отбойный; щит тыловой; бункер; ограждающие конструкции; толкатель вагонов; пост проверки габарита вагона или технического состояния и т.п.

В составе привода вращения ротора вагоноопрокидывателя (рисунок 3) используется асинхронный трехфазный электродвигатель, вращающий момент с которого передается через двухступенчатый цилиндрический редуктор на открытую цилиндрическую прямозубую шестерню, связанную с зубчатым венцом ротора.

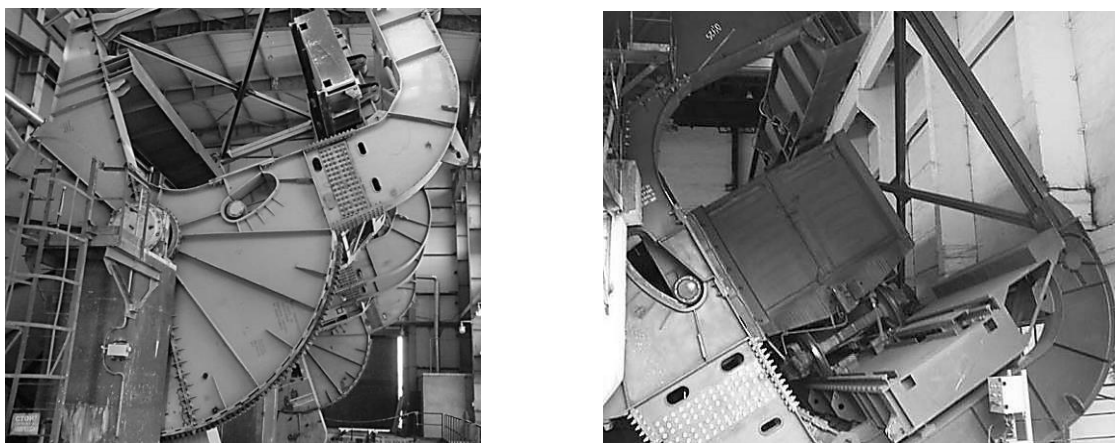


Рис. 1. Вагоноопрокидыватель боковой стационарный (ВБС)

Таблица 1

Характеристики опрокидывателей ВБС

Наименование параметров вагоноопрокидывателей		ВБС-93	ВБС-100
Грузоподъемность разгружаемых полувагонов, т		до 93	до 100
Параметры полувагонов, разгружаемых вагоноопрокидывателем, мм	высота	3 800	4 000
	общая длина	16 400	16 400
	ширина	3 220	3 300
Габаритные размеры вагоноопрокидывателя, мм	длина	25 360	25 840
	ширина	10 430	10 350
	высота	12 530	11 630
Теоретическое количество циклов полувагонов/час		20	
Поворот ротора вагоноопрокидывателя, град		175	
Колея дорожного пути вагоноопрокидывателя, мм		1520	
Род тока / Напряжение, В / Частота, Гц		переменный / 380 / 50	
Температура окружающей среды работы, °С		от –45 до +60	
Суммарная мощность электродвигателей, кВт		220	250
Общая масса вагоноопрокидывателя, т		350	380

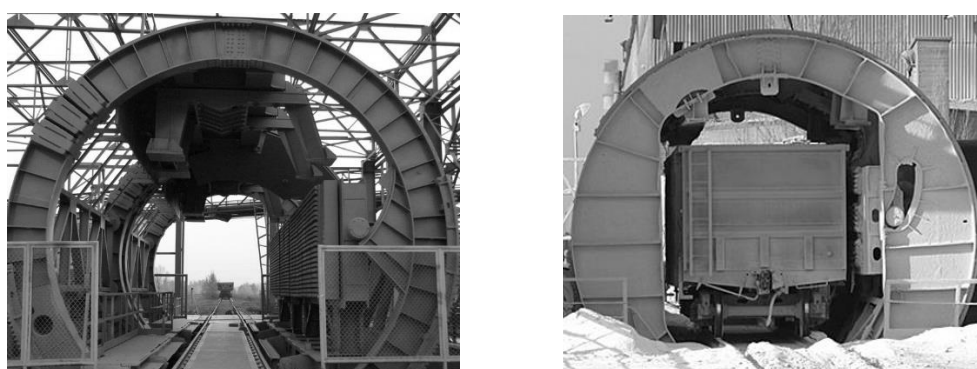


Рис.2. Вагоноопрокидыватель роторный стационарный (ВРС)

На входном (быстроходном) валу устанавливаются тормозные полумуфты. Основными положениями модернизации вагоноопрокидывателей являются повышение несущей способности исполнительного органа и увеличение мощности привода (согласно таблицы 3). При этом увеличивается момент на тихоходном (силовом) валу редуктора, что снижает его ресурс. В типовых конструкциях приводов используется две шевронные

пары эвольвентного зацепления, но опыт эксплуатации показал не способность воспринимать данным редуктором всего спектра силовых моментов без изменения массо-габаритных размеров самого редуктора (что ограничено компоновкой опрокидывателя).

Таблица 2

Характеристики опрокидывателей ВРС

Наименование параметров вагоноопрокидывателей		ВРС-93	ВРС-93-110	ВРС-125	ВРС-134
Грузоподъемность разгружаемых полувагонов, т		до 93	до 110	до 125	до 134
Параметры полувагонов, разгружаемых вагоноопрокидывателем, мм	высота	3 800	3 780	3 800	3 800
	общая длина	16 400	16 400	16 400	16 400
	ширина	3 220	3 200	3 220	3 220
Габаритные размеры вагоноопрокидывателя, мм	длина	16 770	17 470	22 760	22 770
	ширина	9 634	9 634	9 184	9 634
	высота	8 748	8 748	8 445	9 038
Поворот ротора вагоноопрокидывателя, град		175			
Время выгрузки вагоноопрокидывателем, с		75			
Колея дорожного пути вагоноопрокидывателя, мм		1520			
Род тока / Напряжение, В / Частота, Гц		переменный / 380 / 50			
Температура окружающей среды, °С		от –45 до +60			
Суммарная мощность электродвигателей, кВт		144	144	144	144
Общая масса вагоноопрокидывателя, т		190	200	220	220

Таблица 3

Характеристики опрокидывателей ВРС модернизированных

Наименование параметров вагоноопрокидывателей		ВРС-93-110М	ВРС-125М	ВРС-134М
Грузоподъемность разгружаемых полувагонов, т		до 110	до 125	до 134
Параметры полувагонов, разгружаемых вагоноопрокидывателем, мм	высота	3 780	3 970	3 780
	общая длина	16 400	20 240	16 400
	ширина	3 200	3 190	3 200
Габаритные размеры вагоноопрокидывателя, мм	длина	17 470	22 770	17 470
	ширина	9 634	8 590	9 634
	высота	9 038	8 450	9 038
Поворот ротора вагоноопрокидывателя, град		175		
Время выгрузки вагоноопрокидывателем, с		75		
Колея дорожного пути вагоноопрокидывателя, мм		1520		
Род тока / Напряжение, В / Частота, Гц		переменный / 380 / 50		
Температура окружающей среды, °С		от –45 до +60		
Суммарная мощность электродвигателей, кВт		148	156	156
Общая масса вагоноопрокидывателя, т		205	225	225

Поэтому было принято решение о рассмотрении возможности замены эвольвентной силовой пары на зацепление Новикова. Для принятия взвешенного решения требовалось осуществить выбор подходящего исходного контура (исходный контур по ГОСТ

15023-76 или УРАЛ-2Н) [1;2] и выполнить расчет характеристик зацепления (модуль, углы наклона профиля и т.п.), а также провести прочностной расчет контактной пары «зубчатое колесо-шестерня».

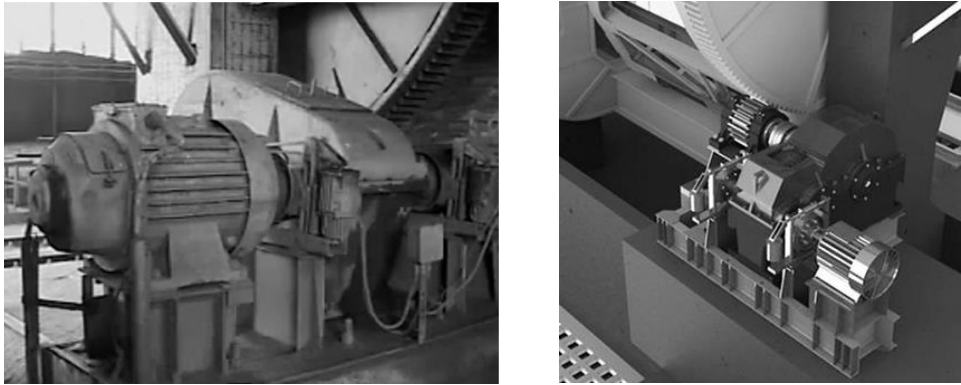


Рис.3. Привод вращения ротора вагоноопрокидывателя

Эвольвентное зацепление. Парные зубчатые колеса имеют взаимосопряженные торцовые профили зубьев, выполненные по эвольвенте (рисунок 4). Нормаль к эвольвенте в точке касания торцовых профилей проходит через полюс зацепления P и при вращении зубчатых колес сохраняет неизменное положение. В торцовой плоскости колес точка контакта перемещается вдоль рабочего участка линии зацепления зубьев LL . При работе передачи под нагрузкой образуется вытянутая вдоль контактной линии площадка контакта с незначительной шириной и большой протяженностью вдоль линии зубьев. Эвольвентная передача малочувствительна к отклонению межосевого расстояния, имеет благоприятный характер распределения нагрузки вдоль линии зубьев.

Зацепление Новикова. Поверхности головок зубьев колеса с выпуклыми торцовыми профилями взаимодействуют с поверхностями ножек зубьев парного колеса с вогнутыми торцовыми профилями (рисунок 5). Линии зацепления в торцовой плоскости здесь нет, и начальный пространственный контакт зубьев происходит в точке L_0' . В процессе зацепления точка контакта движется от одного торца к другому с перекатыванием одного зуба по длине другого. Соприкосновение торцовых профилей взаимодействующих зубьев в точке происходит только в момент пересечения ими линии, обозначенной в торцовой плоскости точкой L_0' . Контактная точка перемещается параллельно полюсной линии P (линии касания начальных цилиндров). Передача Новикова имеет высокую чувствительность к отклонению межосевого расстояния. При ее работе под нагрузкой образуется площадка контакта со значительным размером по высоте зубьев и с большой локализацией вдоль линии зубьев. Для обеспечения непрерывности зацепления передача Новикова выполняется с коэффициентом осевого перекрытия зубьев $\epsilon^B \geq 1$. Зубья колёс в торцевом сечении очерчены окружностями близких радиусов. Площадка контакта зубьев перемещается не по профилю зуба, как в прямозубом эвольвентном зацеплении, а вдоль него. Угол давления и скорость перемещения не изменяется.

Различают два вида зацеплений Новикова: с одной линией зацепления (ОЛЗ) заплосные или доплосные и с двумя линиями зацепления (ДЛЗ) дозаплосные.

Преимущества: более высокая нагрузочная способность по контактным напряжениям и напряжениям изгиба (в 1,5-1,7 раз); меньший уровень шума; более высокие передаточные числа; передача менее чувствительна к перекосам зубчатых колёс вследствие точечного контакта зубьев.

Недостатки: зацепление Новикова очень чувствительно к изменению межосевого расстояния, следовательно, требует более высокой точности установки колёс, более высокой жёсткости валов и их опоры; в передачах с ОЛЗ требуется разный инструмент для нарезания зубьев колеса и шестерни, так как они имеют разный профиль.

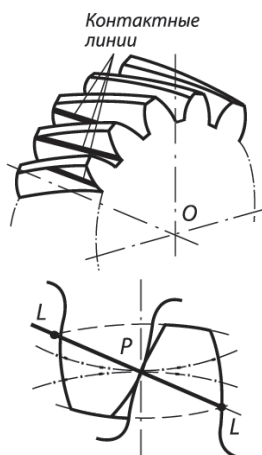


Рис.4. Эвольвентное зацепление.

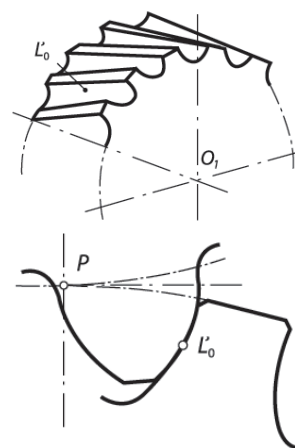


Рис. 5. Зацепление Новикова

Прочностной расчет контактных пар осуществляется по утвержденным методикам, [3;4;5] основанных на аналитических или эмпирических зависимостях. Однако, для более полной картины деформирования узлов в процессе работы зацепления, также применяются численные методы, основанные на методе конечных элементов, позволяющие оценить не только контактную и изгибную прочность зубчатого зацепления, но и смоделировать работу обода, диска и ступицы колеса как единого деформируемого тела [6]. Пример расчета зубчатого шевронного колеса представлен на рисунке 6. Расчетная схема представляет $\frac{1}{2}$ модели контактирующей пары с соответствующими ограничениями степеней свободы и нагрузкой в виде момента. Напряженно-деформированное состояние модели показывает распределение напряжений по объему тела.



Рис. 6. Расчетная схема контактной пары и НДС зубчатого колеса под действием эксплуатационного нагружения и контактного давления от шестерни

Конструкция силовых узлов спроектированного редуктора ЦДН-130А представлена на рисунке 7. Материалы элементов: эвольвентные колеса – 45Л ГОСТ 977-88; колесо Новикова – 30ХНМЛ ГОСТ 977-88; вал и эвольвентный вал-шестерня – 40Х ГОСТ 4543-71; вал-шестерня Новикова – 40ХН ГОСТ 4543-71.

Внешний вид и внутренняя компоновка цилиндрического двухступенчатого редуктора (межосевое расстояние 1300 мм (800+500), передаточное отношение 63, вариант сборки 35) с зубчатой муфтой и полумуфтами представлены на рисунке 8.



Рис. 7. Силовые узлы редуктора ЦДН-130А (рендеринг SW)



Рис. 8. Редуктор ЦДН-130А-63-35 в сборе (рендеринг SW)

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 17744-72. Передачи Новикова с двумя линиями зацепления цилиндрические. Расчет геометрии.
 2. ГОСТ 15023-76. Передачи Новикова цилиндрические с двумя линиями зацепления. Исходный контур.
 3. Матлин М. М., Иткис М. Я., Шандыбина И. М., «Зацепление Новикова: Реальные возможности». Журнал «Редукторы и приводы», № 4, 5 (10) – 2007.
 4. Приводы машин. Справочник. Под ред. В. В. Длоугого. – Л.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
 5. Кистьян Я. Г. Методика расчета зубчатых передач на прочность (ЦНИИТ-МАШ). – М.: МАШГИЗ, 1963. – 244 с.
 6. Рычков С. П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 784 с.
- Примененное программное обеспечение: КОМПАС-3D v.16 фирмы АСКОН; Femap with NX Nastran v.11.1 корпорации Siemens PLM Software; SolidWorks 2015 фирмы Dassault Systemes; MathCad v.15.0 фирмы Parametric Technology Corporation.

УДК 629.039.58

Предварительный анализ эффективности теплоизоляции двигателя автомобиля при стоянках в зимних условиях Якутии*Е.Е. Анисимов*Северо-восточный федеральный университет им.М.К.Аммосова,
677000, г. Якутск, ул. Белинского, д. 58.

Приведены результаты предварительного анализа эффективности теплоизоляции двигателя автомобиля при стоянках в зимних условиях Якутии. Разработан алгоритм численного решения одномерного уравнения с граничными условиями. Проведены вычислительные эксперименты и получены результаты вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: уравнение теплопроводности; эффективная теплоизоляция; двигатель; вычислительные эксперименты; многомерные уравнения.

Рассматривается стальное тело в виде прямоугольного параллелепипеда (рис. 1) по габаритам соизмеримое с размерами двигателя легкого автомобиля нагретое до температуры T_n накрытое теплоизоляционным материалом (например, базальтом). Нестационарное температурное поле $T_i(x, y, z, t)$ ($i = 1, 2$) в теле с покрытием описывается трехмерным уравнением теплопроводности [1]

$$c_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \lambda_i \left(\frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_i}{\partial z^2} \right), \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

где c_i – удельная теплоемкость; λ_i – коэффициент теплопроводности; индекс 1 относится к стальному телу, 2 – к покрытию. На свободных поверхностях Γ_j ($j = 3, 4, 5, 6$) задаются условия конвективного теплообмена с окружающей средой с температурой $T_{окр}$:

$$\lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial n} \Big|_{\Gamma_j} = -\alpha(T_i - T_{окр}). \quad (2)$$

Коэффициент теплообмена α рассчитывается по известным формулам и зависит от скорости и направления потока воздуха, температуры окружающей среды, формы, характерного размера [5]. На границе тела и покрытия Γ_k выполняется условие идеального теплового контакта

$$T_1|_{\Gamma_k} = T_2|_{\Gamma_k}, \quad \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n} \Big|_{\Gamma_k} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n} \Big|_{\Gamma_k}. \quad (3)$$

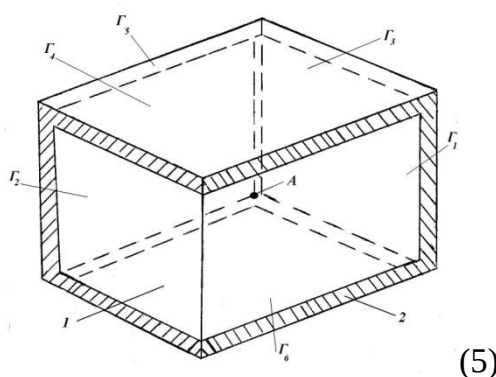
Предполагая симметрию температурного поля по двум пространственным переменным, например, по x и y , зададим условие симметрии:

$$\frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\Gamma_m} = 0, \quad (4)$$

где $m = 1, 2$.

Заданы начальные условия:

$$T_1(x, y, z, 0) = T_n, \quad T_2(x, y, z, 0) = T_{окр}.$$



(5)

Рис. 1. Расчетная схема стального тела 1 с теплоизоляционным покрытием 2: А – контрольная точка.

Алгоритм численного решения одномерного уравнения с граничными условиями

Исходя из того, что решение многомерного уравнения теплопроводности сводится к решению одномерных уравнений, рассмотрим одномерное уравнение с соответствующими граничными условиями и построим алгоритм его решения. Поскольку теплофизические характеристики в теле с покрытием меняются кусочно-непрерывно, положим их зависящими от пространственной переменной и рассмотрим уравнение вида:

$$c(x) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(x) \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (5)$$

с начальным условием

$$T(x, 0) = T_{окр}, \quad (6)$$

с граничным условием III рода

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha (T - T_{окр}) \quad (7)$$

и условие симметрии

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L} = 0.$$

Использование однородной разностной схемы сквозного счета позволяет опустить условия идеального теплового контакта.[2]

Вычислительные эксперименты

Расчеты проводились при следующих теплофизических характеристиках материалов.

Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_1 = 45 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ и удельная теплоемкость $c_1 = 3451950 \frac{Дж}{м^3 \cdot ^\circ C}$.

Коэффициент теплопроводности покрытия (Базальт [10]) равен $\lambda_2 = 0,038 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ и удельная теплоемкость покрытия $c_2 = 19550 \frac{Дж}{м^3 \cdot ^\circ C}$.

Шаг по времени $\tau = 0,5$ часа.

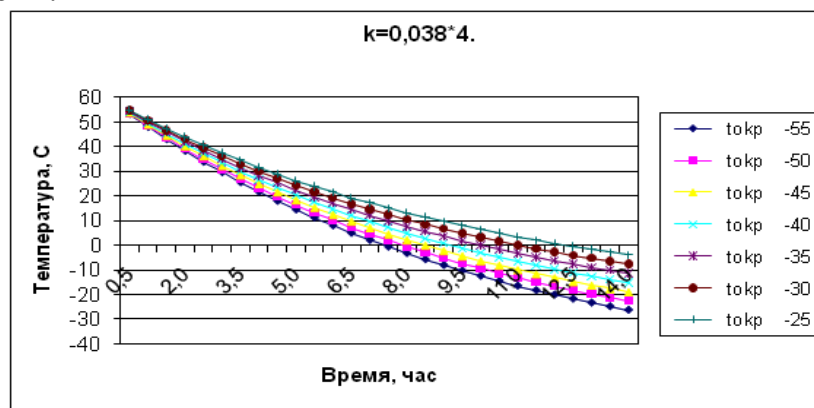
Пространственная сетка $31 \times 21 \times 21$.

Результаты вычислительного эксперимента

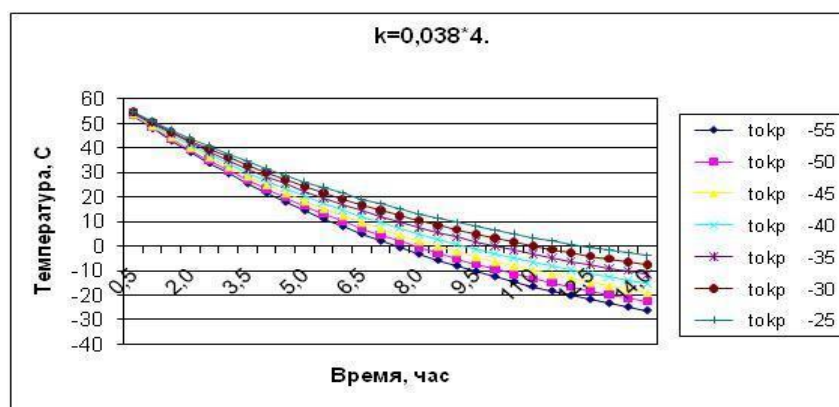
Задача решалась методом конечных разностей сведением многомерной задачи к цепочке одномерных. Для решения соответствующих одномерных задач использовались однородные разностные схемы и метод прогонки.

Расчеты показывают, что распределение температуры в стальном теле практически однородно, что объясняется высокой теплопроводностью металла. На рис. 2 (а, б, в) показаны изменения по времени температуры в контрольной точке А, расположенной в нижней части тела под базальтовым покрытием толщиной 3 см, при различных температурах окружающей среды в диапазоне от минус 55 до минус 25 °С. На практике в теплоизоляционном изделии не проявляются теплоизоляционные свойства используемого материала. Это связано с конвективным переносом тепла через изделие. В связи с этим в расчетах коэффициент теплопроводности покрытия взят в 4 раза выше теплопроводности базальта, т. е. теплоизоляционные свойства занижены в 4 раза. Таким образом, в расчетах введен «коэффициент запаса». Даже в этом случае при температуре окружающей среды минус 55 температура в контрольной точке до 0 °С остывает в течении 7,5 часов. Если коэффициент запаса теплоизоляционного материала взять равным 5, то тело остывает в течении 6,5 часов. При коэффициенте 6 время остывания равно 5,5 часов. Отметим, что результаты расчета практически не изменяются при изменении начальной температуры покрытия в диапазоне от +20 до – 55 °С. Таким образом, предварительное прогревание покрытия не приводит к увеличению длительности сохранения теплоты.

а)



б)



в)

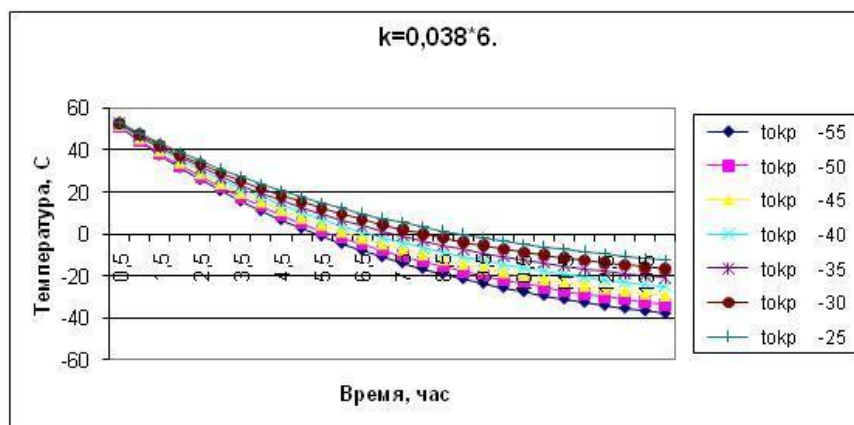


Рис. 2. Изменение температуры в контрольной точке исследуемого тела по времени при различных коэффициентах теплопроводности материала покрытия k .

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Предварительный анализ эффективности теплоизоляции двигателя автомобиля при стоянках в зимних условиях Якутии можно провести на основе численного решения многомерного уравнения параболического типа.
2. Разработан алгоритм численного решения многомерного уравнения теплопроводности и программа, реализующая алгоритм.
3. Математическое моделирование теплового состояния двигателя автомобиля, накрытого теплоизоляционным материалом (базальтом) толщиной 3 см, показывает возможность продолжительного сохранения теплоты и запуска двигателя без подогрева.

Список использованной литературы:

1. Алабовский А.Н., Недужий И.А. Техническая термодинамика и теплопередача: Учеб. пособие.- 3-е изд., перераб. и доп.- Выща шк., 1990.- 255 с.:ил. С.163-165
2. Крапушкин С.В., Учебное пособие. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2015. — 81 с. С. 37-41

Данные авторов

1. **Абдулжабборов Алишер Абдуносир Угли**, студент группы ГМ-14, ИРНИТУ
2. **Анисимов Евсей Евсеевич**, магистр-инженер, старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервис.
3. **Алейников Дмитрий Павлович**, аспирант кафедры ТОМП.
4. **Александра Васильевна Высоцкая**, доцент кафедры КСМ, ИРНИТУ.
5. **Антонов Дмитрий Владимирович**, магистрант, ИРНИТУ.
6. **Анфёров Михаил Анисимович**, доктор технических наук, профессор кафедры теории и технологии механообработки.
7. **Арганов Владислав Владимирович**, студент группы СМо-13-1, ИРНИТУ.
8. **Бабков Михаил Викторович**, аспирант кафедры СДМиГС, ИРНИТУ.
9. **Багаутдинов Марсель Равильевич**, студент, ИРНИТУ.
10. **Баева Ксения Николаевна**, студент кафедры автомобильных дорог, ИРНИТУ.
11. **Базулин Иван Евгеньевич**, студент, Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, кафедра «Мехатронные системы и процессы формообразования имени С.С. Силина».
12. **Бакшеева Елизавета Николаевна**, студент группы МРб-12-1.
13. **Балла Олег Михайлович**, к.т.н., доцент кафедры ТОМП.
14. **Бальзаминов Василий Валерьевич**, студент группы СМ-11-1.
15. **Баранчикова Надежда Ивановна**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры ГСиХ, ИРНИТУ.
16. **Бейчук Данил Дмитриевич**, студент группы СМо-13-1, ИРНИТУ.
17. **Белоклоков Игорь Юрьевич**, студент группы КТОд-403.
18. **Беляев Александр Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры СДМиГС, ИРНИТУ.
19. **Благинин Виктор Андреевич**, аспирант кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, ИРНИТУ.
20. **Бобарика Игорь Олегович**, к.т.н., доцент кафедры СМиЭАТ, ИРНИТУ.
21. **Божеева Татьяна Владимировна**, ст. преподаватель кафедры СМиЭАТ, ИРНИТУ.
22. **Бойко Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», ИРНИТУ.
23. **Борисов Владимир Евгеньевич**, доцент кафедры «Управления воздушным движением и навигации», ИРНИТУ.
24. **Братусь Сергей Юрьевич**, аспирант ИРНИТУ.
25. **Брижатюк Дмитрий Сергеевич**, студент института группа СДМ-14-1, ИРНИТУ.
26. **Брянских Татьяна Борисовна**, аспирант кафедры строительные, дорожные машины и гидравлические системы, ИРНИТУ.
27. **Бурков Дмитрий Германович**, аспирант кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
28. **Бурлакова Анастасия Андреевна**, студент группы НКб-12-1, ИРНИТУ.

29. **Бутузова Александра Борисовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Менеджмент и логистика на транспорте», ИРНИТУ.
30. **Вечер Анастасия Сергеевна**, студент группы ТТБ-14-2, ИРНИТУ.
31. **Волков Дмитрий Иванович**, доктор технических наук, профессор Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, кафедра «Мехатронные системы и процессы формообразования имени С.С. Силина».
32. **Вшивков Юрий Федорович**, сотрудник центра новых информационных технологий ИГУ.
33. **Габитова Каролина Игоревна**, студент группы ИСМб-12-1, ИРНИТУ.
34. **Гавриченко Кристина Сергеевна**, магистрант группы ЛМБМ-15, ИРНИТУ.
35. **Гаер Максим Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
36. **Галушко Егор Александрович**, преподаватель, ИРНИТУ.
37. **Говорков Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89086608912, e-mail: govorkov_as@istu.edu.
38. **Гусев Игорь Николаевич**, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой самолетостроения и эксплуатации авиационной техники ИРНИТУ.
39. **Гущин Сергей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
40. **Демидов Андрей Игоревич**, аспирант кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
41. **Джурук Дмитрий Сергеевич**, преподаватель кафедры ОРД и СТ в ОВД.
42. **Дорофеева Анна Андреевна**, студент группы СОб-15-4, ИРНИТУ.
43. **Дорофеева Наталья Леонидовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и строительной механики, ИРНИТУ.
44. **Дургам Т. Аль-Хаммар** - магистрант кафедры Механика и математическое моделирование Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток).
45. **Еловенко Денис Александрович**, кандидат технических наук, ИРНИТУ.
46. **Елфимова Ирина Михайловна**, заведующая лабораториями кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
47. **Елфимова Наталия Алексеевна**, студент группы ТТб –15 – 2, ИРНИТУ.
48. **Еремеев Валерий Константинович**, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирование и стандартизация в машиностроении ИРНИТУ.
49. **Ерофеев Михаил Святославович**, студент группы СМ-12-1.
50. **Жиляев Антон Семенович**, аспирант кафедры автоматизированных систем.
51. **Заболотский Андрей Петрович**, студент группы СМо13-1, кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
52. **Зарицкий Алексей Константинович**, студент группы СМ-12-1, института АМиТ, ИРНИТУ.
53. **Захаренко Анатолий Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, ИРНИТУ.

54. **Зедгенизов Антон Викторович**, к.т.н. доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, докторант, ИРНИТУ.
55. **Земцов Сергей Сергеевич**, студент группы АТб-12-1 ИРНИТУ.
56. **Зеньков Евгений Вячеславович**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов и строительной механики, ИРНИТУ.
57. **Зотов Игорь Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
58. **Зыкова Елена Викторовна**, программист УЦКТ кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
59. **Игруша Владимир Андреевич**, аспирант каф. ТиОМП, ИРНИТУ.
60. **Исматиллаев Тимурлан**, студент 2 курса ГБПОУ «Муравленковский многопрофильный колледж», группы А-14 профессия «Автомеханик»
61. **Ишенин Дмитрий Александрович**, студент группы ЭЛб-12-1, ИРНИТУ.
62. **Казимиров Денис Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств», ИРНИТУ.
63. **Карелин Николай Игоревич**, бакалавр 3 курса кафедры менеджмента и логистики на транспорте ИРНИТУ.
64. **Карлина Юлия Игоревна**, магистрант гр. ТММ-15-1, ИРНИТУ.
65. **Киселева Ирина Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительно-дорожных машин и гидравлических систем, ИРНИТУ.
66. **Кобыльский Анатолий Григорьевич**, директор ООО «Агротехника».
67. **Ковальчук Ольга Сергеевна**, студент группы ТТб-12-1, ИРНИТУ.
68. **Колесников Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазового дела, ИРНИТУ.
69. **Кольган Аггя Сергеевна**, аспирант кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
70. **Комин Роман Александрович**, магистрант гр. ЛМБм-15-1, ИРНИТУ.
71. **Коптелов Олег Германович**, научный сотрудник.
72. **Королев Павел Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, Председатель комитета по развитию лесной промышленности и лесного хозяйства при Торгово-Промышленной палате Восточной Сибири.
73. **Кравченко Анатолий Владимирович**, доцент факультета военного обучения.
74. **Кривель Сергей Михайлович**, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Института математики, информатики и экономики ИГУ.
75. **Кудряшов Андрей Иванович**, студент группы ЭЛб-12-1.
76. **Кузлякина Валентина Васильевна**, доктор технических наук, профессор кафедры Механика и математическое моделирование Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет).
77. **Кузнецов Николай Юрьевич**, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт».
78. **Кузнецов Николай Константинович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой конструирования и стандартизации в машиностроении.

79. **Кузьмин Александр Александрович**, руководитель исследовательской работы студентов, педагог ГБПОУ «Муравленковский многопрофильный колледж».
80. **Кулешов Алексей Владимирович**, ведущий конструктор ООО «ИЗТМ-Инжиниринг».
81. **Лаврентьева Мария Вячеславовна**, программист каф. СМ и ЭАТ, тел.: 89500505213, e-mail.: mira.amazon@gmail.com
82. **Ле Ба Хань**, аспирант, ИРНИТУ.
83. **Левашев Алексей Георгиевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
84. **Ледовских Екатерина Владимировна**, студент группы СМ013-1, кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
85. **Леонович Дмитрий Сергеевич**, студент группы ОУОм-15-1, ИРНИТУ.
86. **Лобова Анастасия Юрьевна**, студент гр. МРб-12-1 кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
87. **Лукьянов Анатолий Валерьянович**, доктор технических наук, профессор кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, ИРНИТУ.
88. **Лысенко А.В.**, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», ИРНИТУ.
89. **Лыткина Алла Александровна**, ст. преподаватель кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
90. **Макаров Владимир Иванович**, кандидат технических наук, заместитель коммерческого директора.
91. **Максимов Виктор Владиславович**, студент гр. МРб-12-1, техник УИЛ трехмерного моделирования и информатизации в машиностроении, ИРНИТУ.
92. **Максимова Оксана Вадимовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование и технология электронных средств», ИРНИТУ.
93. **Малинин Евгений Анатольевич**, студент группы СДМ-13-1, кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, ИРНИТУ.
94. **Марков Алексей Сергеевич**, аспирант кафедры Автомобильный транспорт», ИРНИТУ.
95. **Марков Леонид Георгиевич**, студент гр. СМ-12-2, ИРНИТУ.
96. **Масол Ангелина Григорьевна**, аспирант кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
97. **Минаев Николай Владимирович**, магистрант гр. ВПОм-15_1, ИРНИТУ.
98. **Мироненко Владимир Витальевич**, аспирант кафедры самолето- и вертолетостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
99. **Михайлов Александр Юрьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры менеджмента и логистики на транспорте ИРНИТУ.
100. **Михеев Александр Олегович**, студент гр. ЭЛб-11-1, ИРНИТУ.
101. **Москвитин Виктор Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
102. **Мулланурова Татьяна Васильевна**, студент группы ТБб-15-2, институт недропользования, ИРНИТУ.
103. **Нгуен Ван Ле** – аспирант кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств», ИРНИТУ.
104. **Нгуен Ван Хуан**, аспирант, ИРНИТУ.

105. **Нгуен Мань Тием**, аспирант кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
106. **Нгуен Чи Киен**, аспирант кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
107. **Неклева Дарья Сергеевна**, студент группы ТТб-12-1, ИРНИТУ.
108. **Нестеренко Владимир**, студент 2 курса ГБПОУ «Муравленковский многопрофильный колледж», группы А-14 профессия «Автомеханик».
109. **Новиков Игорь Николаевич**, студент гр. СДМ 14-1, ИРНИТУ.
110. **Однокурцев Константин Андреевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры СМиЭАТ, ИРНИТУ.
111. **Осипов Артур Геннадьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и стандартизация в машиностроении», ИРНИТУ.
112. **Оскорбин Сергей Владимирович**, студент гр. СМ-12-1, ИРНИТУ.
113. **Отамирзаев Фахриёр Бахтиёр угли**, ИРНИТУ.
114. **Пайкин Дмитрий Борисович**, магистрант гр. ОУОм-14, ИРНИТУ.
115. **Паршинова Ольга Андреевна**, студент группы ТТб-12-1, ИРНИТУ.
116. **Петраковский Михаил Вячеславович** студент гр. ТТб 12-2 кафедры менеджмент и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
117. **Петраковский Михаил Вячеславович**, студент гр. ТТб 12-2 кафедры менеджмент и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
118. **Печкин Владимир Анатольевич**, доцент, к.т.н., кафедры менеджмент на автомобильном транспорте, ИРНИТУ.
119. **Пешков Дмитрий Сергеевич**, студент гр. СДМ 15-1, ИРНИТУ.
120. **Поддубный Иван Тахирович**, студент гр. КТб-13-2, ИРНИТУ.
121. **Полещук Данил Павлович**, студент гр. ЭЛб-14, ИРНИТУ.
122. **Полномочнов Анатолий Викторович**, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель Иркутского филиала ФГБУ «Россельхозцентр».
123. **Полонский Анатолий Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры самолётостроения и эксплуатации авиационной техники, ИРНИТУ.
124. **Преловская Евгения Сергеевна**, аспирант кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
125. **Прокофьев Сергей Борисович**, студент группы АТб-12-1, ИРНИТУ.
126. **Прокофьева Оксана Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
127. **Пуслис Владислав Валерьевич**, студент группы ПГ-15-1, институт недропользования, ИРНИТУ.
128. **Рабиевская Софья Александровна**, магистрант ИРНИТУ.
129. **Семёнов Евгений Николаевич**, аспирант кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, ИРНИТУ.
130. **Сидоренко Сергей Геннадьевич**, студент ИАМиТ группы СМо-13-1, ИРНИТУ.
131. **Слободчикова Надежда Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, ИРНИТУ.
132. **Сментына Владислав Геннадьевич**, студент гр. НКб-12, ИРНИТУ.
133. **Снытко Антон Денисович**, студент гр. СМо-12, ИРНИТУ.
134. **Сокольников Роман Анатольевич**, студент группы СМ-12-1, ИРНИТУ.

135. **Солер Яков Иосифович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
136. **Сосинская Софья Семеновна**, кандидат технических наук, профессор кафедры ТиОМП, ИРНИТУ.
137. **Стародубцева Дарья Александровна**, аспирантка кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
138. **Стрельников Александр Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, ИРНИТУ.
139. **Субботин Руслан Николаевич**, техник УИЛ «Трехмерного моделирования и информатизации в машиностроении», ИРНИТУ.
140. **Сыдыков Антон Анатольевич**, студент группы НКб-12-1, ИРНИТУ.
141. **Тарасюк Юлия Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
142. **Тарханова Наталья Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
143. **Тен Михаил Симонович**, студент гр. НКб-12-1, ИРНИТУ.
144. **Тихонов Александр Геннадьевич**, научный сотрудник, ИРНИТУ.
145. **Токарев Дмитрий Олегович**, студент гр. СМ-12, ИРНИТУ.
146. **Точилкин Василий Викторович**, аспирант кафедры литейного производства и материаловедения ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».
147. **Умнов Виктор Иванович**, старший преподаватель кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, ИРНИТУ.
148. **Федотов Александр Иванович**, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт», тел. 8-3952-40-58-53, e-mail: fai@istu.edu
149. **Федотова Алёна Сергеевна**, студент гр.ЭЛб-14, тел.: 89996827154, e-mail: fedotova.alion@yandex.ru
150. **Хороших Светлана Андреевна**, студентка гр. ПТЭб-14-1 института Энергетики ИРНИТУ.
151. **Худченко Александр Сергеевич**, старший преподаватель, кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, ИРНИТУ.
152. **Цвик Лев Беркович**, доктор технических наук, профессор кафедры вагоны и вагонное хозяйство ИрГУПС.
153. **Чашин Николай Сергеевич**, аспирант кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, ИРНИТУ.
154. **Чеботарев Юрий Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительные, дорожные машины и гидравлические системы, ИРНИТУ.
155. **Черняев Андрей Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, ИРНИТУ.
156. **Чикалина Светлана Леонидовна**, к.т.н. доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, ИРНИТУ.
157. **Чимитов Павел Евгеньевич**, к.т.н доцент каф. СМ и ЭАТ ИрНИТУ.
158. **Чиченева Ольга Николаевна**, доцент кафедры инженерной графики и дизайна НИТУ «МИСиС».
159. **Чичикин Денис Анатольевич**, студент группы ОБДз-10, ИРНИТУ.

160. **Шабалин Антон Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.
161. **Шаймарданова Лилия Ануровна**, студентка гр. КТОд-403, ИРНИТУ.
162. **Шаров Максим Игоревич**, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте ИРНИТУ.
163. **Шелепов Александр Владимирович**, студент гр. СМ-12-1, ИРНИТУ.
164. **Шигвалеева Екатерина Андреевна**, студент группы ЭУНб-14-1, ИРНИТУ.
165. **Шматкова Анна Викторовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, ИРНИТУ.
166. **Шуджвири М. Адил Хашим** - магистрант кафедры Механика и математическое моделирование Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток).
167. **Яньков Олег Сергеевич**, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», ИРНИТУ.
168. **Яценко Ольга Валерьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительных производств, ИРНИТУ.

За дополнительной информацией обращаться в ред. коллегию Говоркову А.С., e-mail: govorkov_as@istu.edu, тел. 89086608912.

АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ СИБИРИ

Сборник статей VII Всероссийской
научно-практической конференции
(г. Иркутск, 13-16 апреля 2016г.)

**55-летию со дня организации
Института авиамашиностроения и транспорта ИРНИТУ**

Ответственные за выпуск А.С. Говорков, П.Е. Чимитов

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 05.04.16

Формат 60x84/8

Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 27,375

Уч.изд.л. 28,5. Тираж 150 экз. Зак. _____

Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83