

Авиамашиностроение и транспорт Сибири

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

(г. Иркутск, 16-18 апреля 2015 г.)



Иркутск - 2015



ФГБОУ ВО «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ СИБИРИ

Сборник статей V Всероссийской
научно-практической конференции

(г. Иркутск, 16–18 апреля, 2015 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского
технического университета
2015



УДК 629+656(082)
ББК 39Я45

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Авиамашиностроение и транспорт Сибири : сб. статей V Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 16–18 апреля, 2015 г.) – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. – 380 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 – Зедгенизов А.В. – канд. техн. наук, доцент;

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

© Иркутский национальный
исследовательский технический
университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Применение численного моделирования газодинамических трактов для задач модернизации рабочих камер установок <i>В.В. Бальзаминов, И.О. Бобарика</i>	8
Самоорганизация системы исследования и обеспечения безопасности сложных механических объектов <i>А.Ф. Берман, О.А. Николайчук</i>	13
Комплексная оценка достоверности моделирования обтекания экраноплана в системе ANSYS <i>Ю.Ф. Вишивков, Е.А. Галушко, С.М. Кривель</i>	22
Концепция траекторного управления экранопланом <i>Е.А. Галушко, Ю.Ф. Вишивков, С.М. Кривель</i>	30
Композитные корпусные детали обшивки авиадвигателя ПС-90А <i>Э.В.Горбунов, А.В. Кравченко</i>	38
Возрождение применения экранопланов в транспортной системе России <i>И.Н. Гусев, А.В. Караманов</i>	41
Оценка возможностей и достоверности MatLab + Simulink при моделировании функционирования гидравлической системы летательного аппарата <i>Д.А. Гусельников, Н. А. Шелков</i>	47
Моделирование возмущенного движения самолета в задачах исследования устойчивости и управляемости на основе MatLab <i>Д. А. Гусельников, Н. А. Шелков</i>	50
Водородное топливо для топливных элементов <i>А.В. Данеев, В.Ц. Ванчиков</i>	54
Практическое применение модуля Routing Electrical системы NX при проектировании электрожгутов беспилотного летательного аппарата <i>А.К. Зарицкий, А.С. Говорков</i>	58
Обеспечение требований монтажа авиационной станции предупреждения об облучении <i>Я.В. Копытко, И.Н. Зотов</i>	66
Монтаж сборочной оснастки с помощью РТК <i>К.А. Однокурцев, А.А. Матвеев</i>	71
Практическое применение модуля «Симуляция кинематики » в системе Siemens NX 9 на примере узла беспилотного летательного аппарата <i>Р.А. Сокольников, А.С. Говорков</i>	79

Влияние изменения толщины профиля на аэродинамику крыла летательного аппарата
В.С.Сусанин, Н.В. Курлаев..... 85

Перспективы использования безэталонного монтажа сборочной оснастки на ИАЗ
И.В. Фокин..... 90

Применение композиционных материалов в авиастроении
Ю.В.Фокин, Т.В. Божеева..... 94

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Определение частоты вращения шарикового центробежного обкатника при обработке ППД восстановленных нежестких валов
А.В. Горбунов, В.Ф. Горбунов 97

Разработка комплексной обработки рабочих поверхностей гильз гидроцилиндров высокого давления
Е.В. Зеньков, В.Н. Москвитин 106

Повышение прочности гидроцилиндров высокого давления методом автофретирования
В.Н. Москвитин, С.Ю. Павликова, В.А. Захаров, Е.В. Зеньков..... 111

Эластичный абразивный инструмент для финишной обработки деталей
Д.Б. Подашев, Ю.В. Макргейм 117

Виртуальное исследование работоспособности клапана с гофрированным запорным органом в системе инженерного анализа SIMULA/Abaqus
Е.С. Попова, Нгуен Ши Хьен 126

Решение связанной задачи взаимодействия жидкости и конструкции в исследовании клапана с эластичным элементом.
В.Б. Ракицкая, П.А. Сиротина 133

Оценка точности формы шлифованных плоских деталей из закаленной стали 30ХГСА абразивными кругами Norton
Я.И. Солер, В.Л. Нгуен 141

Апробирование нечеткой логики в условиях оптимизации процесса выхаживания при шлифовании деталей из стали 13Х15Н5АМ3 по шероховатости поверхности
Я.И. Солер, М.Т. Нгуен..... 148

Программный модуль корректировки управляющих программ движения робота для организации работы обратной связи по силе резания
А.П. Чапышев, Чу Минь Тхань 157

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

- Технологическая подготовка в средних образовательных учреждениях
Д. Ю. Бузинаев, Н. Г. Филиппенко, С. И. Попов, А.В. Лившиц 163
- Автоматизация научных исследований фазовых превращений в полимерных материалах
Д. В. Буторин, Н. Г. Филиппенко, С. Н. Филатова, А.В. Лившиц 169
- Устройство для изготовления топливных брикетов с использованием электротермической установки высокочастотного нагрева
С.И. Воротынов, С.Н.Филатова, А.В.Лившиц, Н.Г.Филиппенко..... 175
- Усовершенствование технологического процесса изготовления крупногабаритного кривошипного вала
Д. В. Заборских, Н. Г. Филиппенко, С. И. Попов..... 181

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРОДОВ И МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТЕ

- Исследование ночных пассажиропотоков из аэропорта г. Иркутска и внедрение ночных автобусных маршрутов
Ю.И. Адамович, С.А. Яценко 184
- Пути снижения уровня загрузки УДС в крупных городах
Д.Г. Бурков, Д.В. Корчева..... 189
- Оценка условий движения пешеходов в местах размещения остановочных пунктов
Я.А. Давыдова, А.О. Лазаренко, С.Л. Чикалина 193
- Оценка транспортного спроса к гипермаркетам на примере «Апельсин» г. Ангарск
А.В. Зедгенизов, О.С. Чан..... 199
- Необходимость развития велосипедной инфраструктуры в г. Иркутске
Н. И. Карелин, М. И. Шаров 205
- Информация, её содержание и функции в системе управления транспортным предприятием
О.С. Ковальчук, Л.П. Федорова..... 209
- Оценка транспортного спроса к медицинским учреждениям на примере поликлиник г. Иркутска
Д.В.Корчева, Д.Г. Бурков..... 213
- Особенности классификации автомобильных дорог в РФ
Р.Ю. Лагерев, С.Ю. Лагерев..... 220
- Обоснование необходимости введения светофорного регулирования
Н.Е. Лаптева, С.Л. Чикалина 225
- Бенчмаркинг аэропорта Иркутск
Я.Д. Литкевич, С.А. Шведина 229

Подготовка управленческого персонала в России и за рубежом <i>С.Ю. Попова, Л.П. Федорова</i>	237
Маркетинг как функция управления персоналом (производством) <i>О.Н. Праскова, Л.П. Федорова</i>	241
Обзор методов укрепления грунтов оснований дорожных одежд автомобильных дорог и улично-дорожных сетей населенных пунктов <i>Н.А. Слободчикова, К.В. Плюта, А.А. Дзогий</i>	245
Предложение по развитию сети улиц успокоенного движения в центре г.Иркутска <i>В.В. Яворская, С.Л. Чикалина</i>	250
СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	
Устройство для укрепления откосов дорог на базе автогрейдера. <i>М.В. Бабков, А.В. Захаренко</i>	255
Современные методы диагностирования аксиально-поршневых гидронасосов <i>Д. С. Бирюков, А.Н. Стрельников</i>	260
Радиально-поршневая гидромашинa с фазово-объемным регулированием подачи и режимом амплитудной модуляции для приводов сейсмоиспытательных платформ <i>А.А. Бурлакова, А.И. Нижегородов</i>	265
Применение новейших технологий и машин для выполнения комплекса подготовительных работ в дорожном строительстве <i>Е.В. Волкова, К.В. Плюта</i>	271
Применение мобильного комплекса термического обезвреживания (инсинератора): КТО-50 при строительстве скважин <i>М.А. Иванова, С.Б. Клименкова, Р.С. Золотуев</i>	278
Диагностирование аксиально-поршневых насосов виброакустическим методом. <i>В.В. Конев, А.Н. Стрельников</i>	283
Технико-экономическая эффективность использования подметально- уборочной машины <i>М. П. Куксов</i>	291
Диагностирование методом переходных характеристик элементов гидропривода. <i>М.А. Никитенко, В.Г. Зедгенизов, А.Н. Стрельников</i>	296
Вибростенд с гидрообъемным роторным генератором колебаний для испытаний макетов и фрагментов зданий на сейсмостойкость <i>А.А. Сыдыков, А.И. Нижегородов</i>	304
Оборудование для разработки мерзлых и прочных грунтов <i>К.Г. Тушинцев, Ю.И. Чеботарев</i>	308

Исследование процесса окраски деталей и машин с элементами автоматизации
А.С.Худченко, Д.А.Андронов 314

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ СОВРЕМЕННЫХ МАШИН

Динамические свойства механических соединительных устройств планетарного типа с неуравновешенными сателлитами
В.Г. Грудинин 319

Устройство для подъёма и поворота колесных пар железнодорожных вагонов
В.К. Еремеев, А.Л. Гольцман..... 330

Разработка метода испытания материалов при двухосном напряженном состоянии
Е.В. Зеньков, Л.Б. Цвик..... 335

Исследование эффективности алгоритмов управления упругими колебаниями многомассовых мехатронных систем на основе концепции обратных задач динамики
Н.К.Кузнецов, Б. Х.Ле, Ш. Х. Нгуен 341

Анализ конструкций двигателей внутреннего сгорания
А.Г. Осипов, А.Н. Портнов 347

Проект лопастного двигателя внутреннего сгорания
А.Г. Осипов, А.Н. Портнов 354

Совершенствование элементов манипуляторов комплекса разлива стали
В. В. Точилкин , В.И. Умнов 361

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Подготовка к профессиональной деятельности студентов направления «нефтегазовое дело» при изучении курса «начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика»
Н.А. Горбань, А.В. Горбань, М.Д. Солдатова..... 368

Приёмы адаптированного обучения графическим дисциплинам
И. И. Кострубова, К. Вагнер 373

Условия эксплуатации горнорудных машин на предприятиях Сибири и Северо-Востока страны
И. И. Кострубова, И. А.Толтаев..... 378

АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 533.69.04

Применение численного моделирования газодинамических трактов для задач модернизации рабочих камер установок

В.В. Бальзаминов, И.О. Бобарика

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

Выполнено численное моделирование работы сушильной камеры «Ермак», модернизация ее конструкции в соответствии с результатами и сравнение с данными физического эксперимента.

Ключевые слова: газодинамика, модернизация, численное моделирование, установка.

Бальзаминов Василий Валерьевич, студент группы СМ-11-1, тел.: 89140102483, e-mail: vaald333@mail.ru

Бобарика Игорь Олегович, к.т.н., доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89148845679, e-mail: Vobarika@istu.edu

С развитием численного моделирования аэродинамических процессов появилась возможность проводить исследования различных аэродинамических явлений без осуществления физического эксперимента.

Рассмотрена проблема обеспечения соответствия паспортным характеристикам установки для термомодификационной вакуумно-импульсной сушилки «Ермак».

Общий вид камеры установки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид камеры
Технические характеристики установки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики камеры

Технические характеристики	Значение
Максимальная температура теплоносителя, °С	180
Влажность древесины после сушки, %	3-6
Длительность цикла сушки, ч	12
Рабочий объём камеры, м ³	15

В процессе эксплуатации установки было выявлено следующее:

Неравномерность сушки (остаточная влажность в различных местах отличается в десятки раз);

Значительное превышение времени сушки (в 2 раза).

Проведение серии физических экспериментов с загруженной установкой для анализа различных вариантов модернизации представлялось экономически нецелесообразным, поэтому был поставлен виртуальный эксперимент в программном продукте FloEFD в учебно-исследовательской лаборатории моделирования аэродинамики, конструкции и прочности ЛА ИРНТУ.

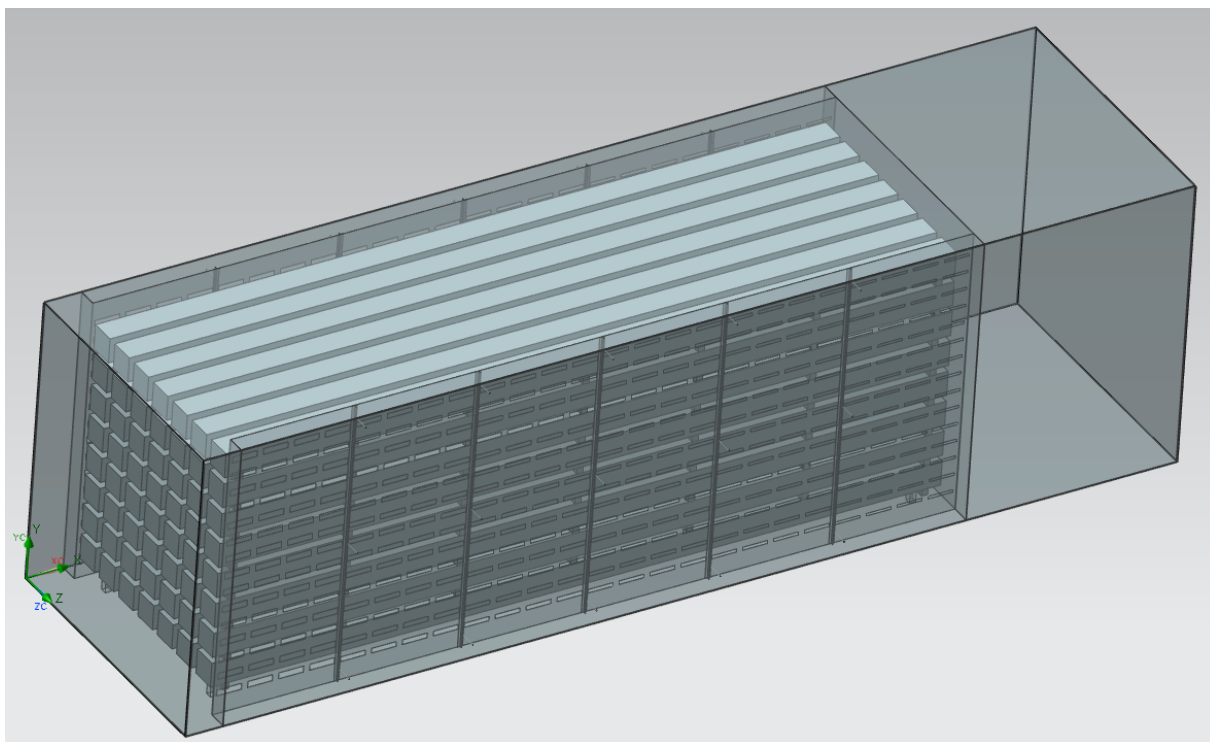


Рисунок 2 – Модель камеры до модернизации

Анализ выполнялся в несколько этапов.

На первом этапе проводился анализ существующей конструкции, который выявил наличие перетекания потока воздуха над и под штабелем, интенсивное вихреобразование во входном канале в связи с особенностями конструкции (см. рисунки 3, 4).

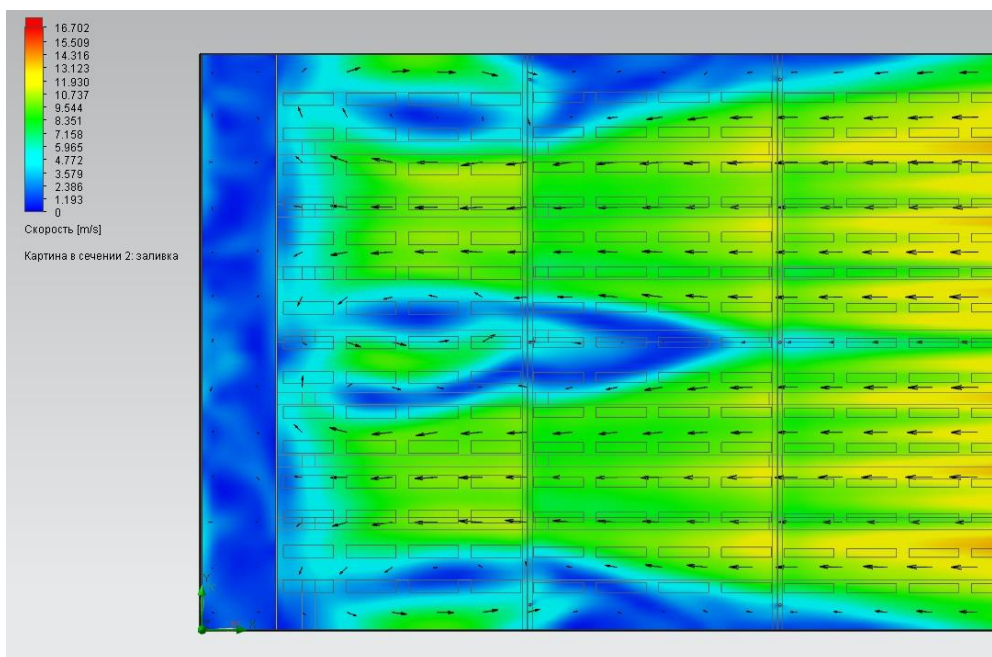


Рисунок 3 – Вихреобразование во входном канале до модернизации

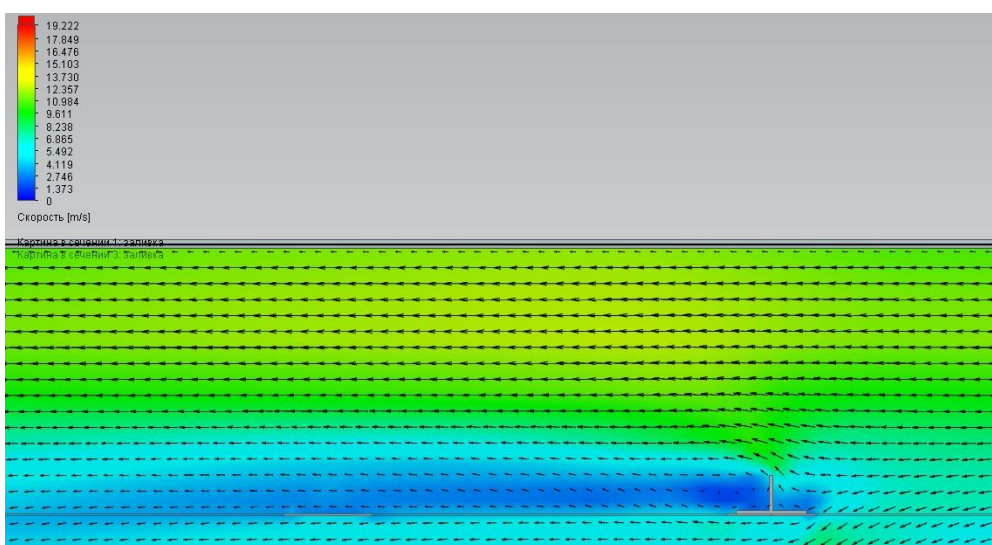


Рисунок 4 – Вихреобразование во входном канале до модернизации

Для упрощения анализа было предложено проводить оценку не по влажности, а по скорости потока, соотнося её в обратной пропорции с влажностью, полученной в физическом эксперименте. При проверке получено подтверждение корреляции данных.

В качестве модернизации предложено:

- исключить тавровые профили во входном канале, являющиеся источниками вихреобразования;
- установить направляющие лопатки для предотвращения вихреобразования во входном канале;
- выполнить сужение входного канала с установкой направляющих элементов – перегородок;

- изменить взаимное расположение решёток во входном и выходном каналах для оптимизации потока;
- установить юбки для предотвращения перетекания потока воздуха над и под штабелем.

На втором этапе была выполнена серия виртуальных экспериментов для каждого из вариантов.

В результате получена модернизированная конструкция, обеспечивающая равномерный поток в рабочей части (см. рисунки 5 и 6).

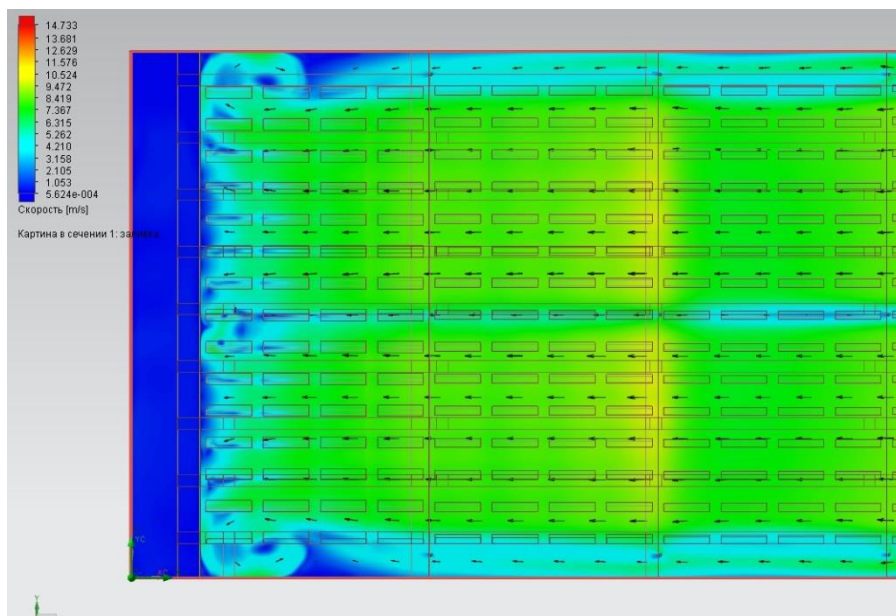


Рисунок 3 – Вихреобразование во входном канале после модернизации

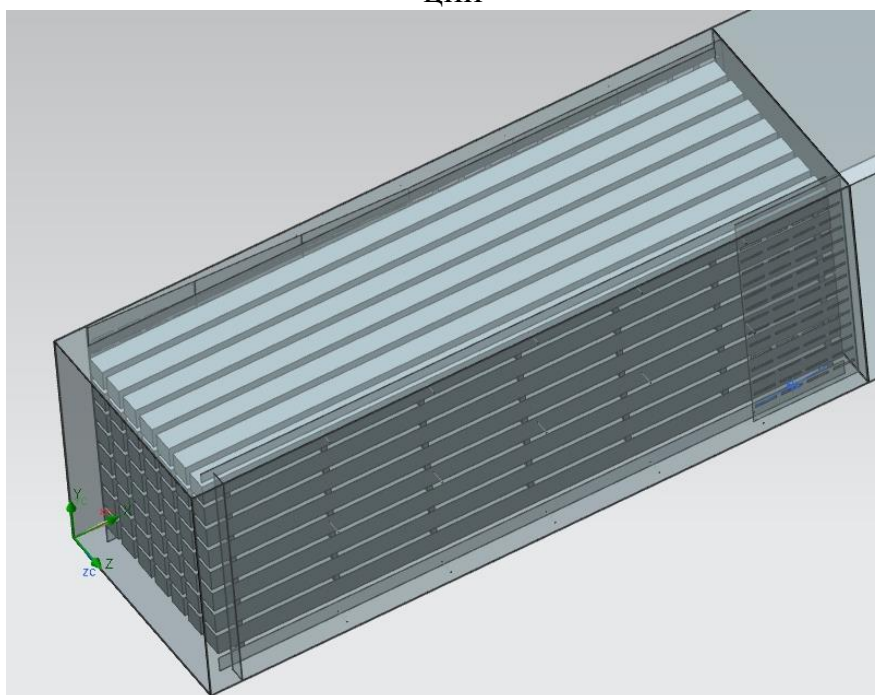


Рисунок 6 – Модель камеры после модернизации (решётки условно не показаны)

По результатам выполненных газодинамических анализов была выполнена модернизация установки с внедрением в конструкцию описанных элементов. По результатам тестовой сушки были определены параметры влажности древесины в 27 точках по каждому из 7 сечений рабочей части установки. (аналогично описанным ранее). Полученные результаты подтвердили, в общем, соответствие паспортным характеристикам установки как по влажности, так и по времени сушки. Таким образом, отмечается возможность и при необходимости целесообразность оценки интересующих параметров материала через коррелирующие параметры среды при минимальном объёме оценок степени корреляции и существенном упрощении расчётной модели для виртуального эксперимента.

Список использованной литературы

1. Руководство пользователя FloEFD 13/0 for Siemens NX 7.5. Москва. 350стр.
2. Установка импульсной сушки пиломатериала «Ермак-30». Паспорт. г. Новосибирск. 13стр.

Самоорганизация системы исследования и обеспечения безопасности сложных механических объектов

А.Ф. Берман, О.А. Николайчук

ФГБУН Институт динамики систем и теории управления, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134

Самоорганизующийся алгоритм обеспечения надежности и безопасности Сложных Механических объектов (СМО) представлен тремя взаимосвязанными контурами, осуществляющими взаимосвязанное решение задач на основе критериальных параметров порядка каждого и кибернетических самоорганизующихся связей как внутри, так и между контурами. Разработана иерархическая модель параметров порядка, обеспечивающая понижение размерности фазового пространства состояний СМО и повышение эффективности взаимодействия специалистов различных научных дисциплин. Одним из факторов повышения эффективности мультидисциплинарного взаимодействия является возможность включения в алгоритм исследования дополнительной информации получаемой благодаря связи с внешней средой посредством взаимодействия с экспертами.

Ключевые слова: самоорганизация, надежность, безопасность, модель, параметры порядка, фазовое пространство, мультидисциплинарность, аттракторы, алгоритм, исследование, взаимодействие

Берман Александр Фишелевич, д.т.н. профессор кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, НИ ИрГТУ, т.+79148925548, berman@icc.ru.

Николайчук Ольга Анатольевна, д.т.н. профессор кафедры прикладной информатики, ИГУ, nikoly@icc.ru

Введение. Одной из причин нарушения безопасности являются повреждения и разрушения элементов Сложных Механических объектов (СМО). Для снижения опасности требуется дальнейшее совершенствование исследований, направленных на более широкое использование знаний специалистов и экспертов различных научных дисциплин и направлений [1-4]. Необходимо повышать степень коллективности решения данной проблемы, что бы, не только обеспечивать несущую способность и ресурс элементов, но и совершенствовать средства снижающие последствия. Это переводит проблему в разряд мультидисциплинарных. Конечной целью решения проблемы является научно-обоснованная система предупреждения катастрофических отказов, обусловленных повреждением и разрушением СМО.

Применение принципов самоорганизации [5-7] для решения широкого спектра прикладных проблем показывает, что обеспечение самоорга-

низации может существенно повысить эффективность и качество создания и применения искусственных объектов.

Самоорганизующаяся система - это система, обладающая свойством изменяться в целях самосовершенствования (например, в целях сохранения стабильности параметров, характеризующих эту систему) [8].

Постановка задачи. Выявление и описание всего многообразия свойств и параметров, характеризующих процессы, явления, события и состояния, приводящие к деградации СМО начиная от дефектов в элементах до катастрофического отказа, отражает причинно-следственный комплекс изменения состояния, однако требует обработки огромных объемов, зачастую неформализованной информации. Выявление многих из этих свойств и параметров представляет неформализованную процедуру и требует привлечения специалистов различных научных направлений и дисциплин.

Сколько-нибудь эффективных или пригодных, для использования в реальных системах поддержки принятия решений, моделей отражающих взаимосвязь перечисленных свойства и отношений и обеспечивающих междисциплинарные взаимодействия нам неизвестны. Это обусловлено отсутствием необходимого математического описания закономерностей процесса деградации техногенных объектов при различных сочетаниях внешних воздействий, свойств материалов и элементов из них изготовленных и входящих в состав компонентов и СМО. Тем не менее, задачи обеспечения техногенной безопасности с той или иной степенью эффективности решаются благодаря сочетанию эвристических, математических и экспериментальных методов и наличию специализированных средств исследования и обеспечения техногенной безопасности конкретных объектов.

Одной из причин нарушения безопасности СМО является непредвиденное исчерпание опасным объектом ресурса и/или несущей способности. Обоснование этих свойств осуществляется с помощью расчетных схем, базирующихся на знаниях о свойствах материалов, конструируемых или применяемых компонентов и элементов, воздействующих факторах. Эти знания позволяют обосновать (рассчитать) геометрическую форму, размеры, сформулировать определенные требования и тем самым представить возможное пространство состояний объекта и обеспечить безопасность.

Научные дисциплины призванные решать перечисленные задачи имеют существенно различные приоритеты, критерии оценки, методы и способы достижения целей. Например, специалистов по обеспечению функциональных свойств объекта (скорость, грузоподъемность и т.д.) мало интересует то, каким образом достигается несущая способность и требуемый ресурс. Но участвуя в общем процессе создания они могут, например, изменить функциональные параметры, если ранее назначенные приводят к существенным, экономически неоправданным затратам на обеспечение требуемого ресурса, несущей способности, а значит и безопасности.

Изучение основ самоорганизации показывает [9-12], что они могут обеспечить эффективное достижение свойств объекта за счет самоорганизации коллективных решений. Обоснованию некоторого алгоритма самоорганизации, который позволит повысить эффективность исследований, направленных на повышение уровня техногенной безопасности и посвящен данный доклад.

Описание фазового пространства технического состояния в понятиях самоорганизации. Мультидисциплинарная проблема требует для своего решения знаний множества специалистов и экспертов различных отраслей знаний. При этом успешное решение мультидисциплинарной проблемы возможно только в том случае, если она одновременно рассматривается в трех аспектах: методологическом (формирование предмета исследований понятного всем участникам); организационном (обеспечение эффективного взаимодействия и коммуникаций); информационном (базы данных и знаний коллективного пользования).

Ранее авторами [13-16] разработана структура фазового пространства, построенная на основе декомпозиции пространства состояний Сложных Технических Систем (СТС) по информационному аспекту и по физическому процессу деградации, представленному различными уровнями размерности, и отражающая динамику состояний СТС: от дефектов деталей до техногенных чрезвычайных ситуаций.

Разработанная структура положена в основу иерархической модели параметров порядка динамики состояний СМС (рис.1). Классы фазового пространства, отражающие уровни размерности физического процесса деградации, названы Классами Критических Состояний (ККС) рассматриваемой системы. В этих классах система должна находиться расчетное время и для этого обосновываются обобщенные параметры, необходимые для обеспечения устойчивости системы. В понятиях теории самоорганизации устойчивое состояние системы в каждом классе описывается некоторым **аттрактором**. Динамика состояний системы представлена переходом от класса к классу (1.1→2.1→3.1→4.1, см. рис. 1). При этом устойчивость системы понижается и она приближается к классу параметров порядка, отражающих «опасность состояния».

Задача состоит в том, чтобы обосновать решения, которые позволят как можно дольше удерживать систему в первых трех безопасных ККС. Когда система переходит в четвертый ККС, нужны особые решения и параметры, которые позволят снизить последствия пребывания системы в четвертом ККС.

Описания ККС на выделенных информационных уровнях различаются между собой в объемах и специфике специальных знаний, и позволяет сосредоточить экспертов (или экспертные системы) различных отраслей знаний на достижение общей цели в пределах рассматриваемого ККС и информационного уровня.

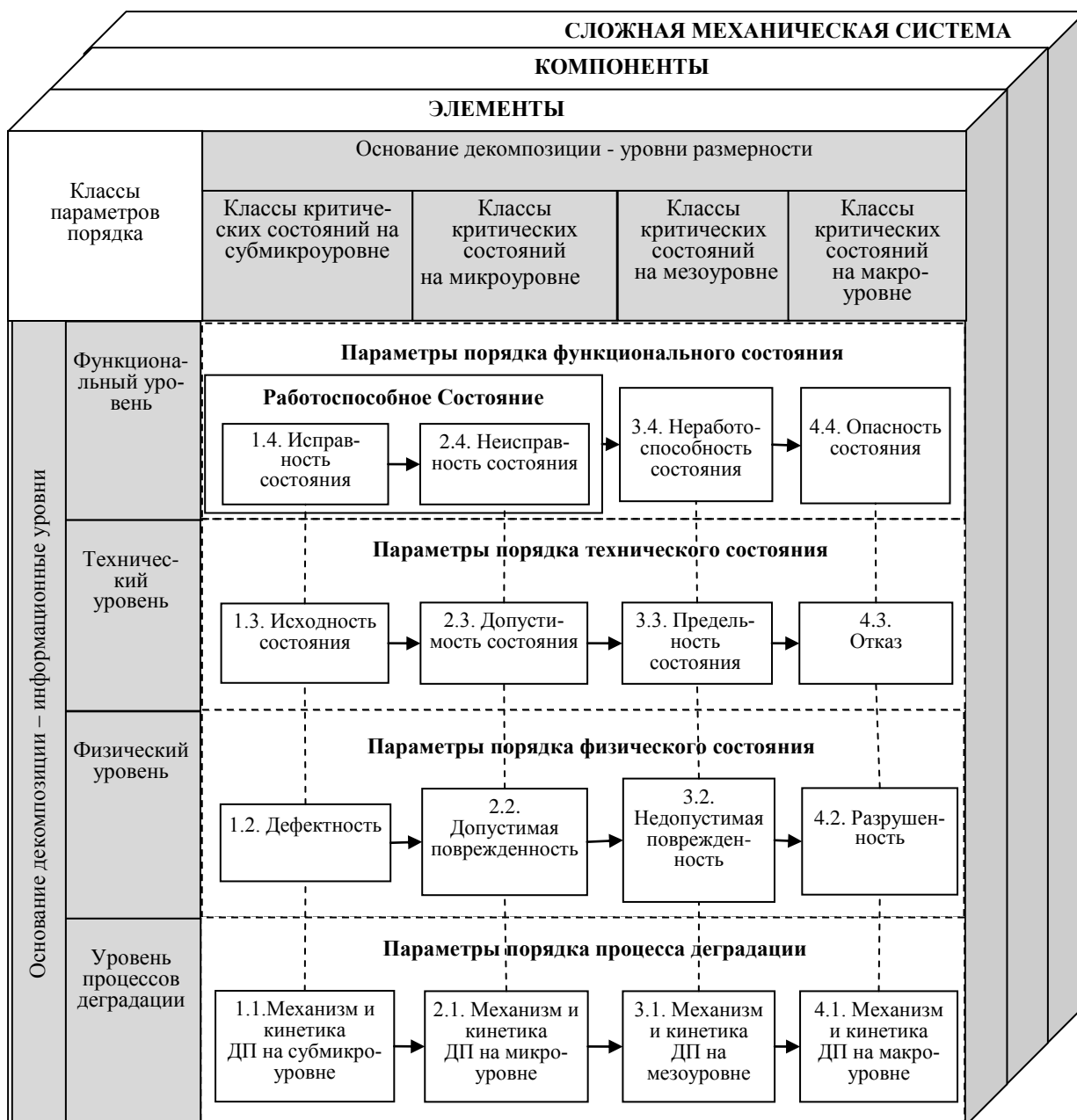


Рисунок 1 – Модель декомпозиции параметров порядка состояний СМС (ДП – деградационный процесс)

Далее в рамках классов критических состояний на каждом информационном уровне предлагается выделить локальные классы параметров порядка, которые обобщенно описывают классы параметров состояния. Например (рис.1), на уровне процессов деградации – это класс механизма и кинетики деградационных процессов на субмикроуровне, на физическом уровне – это класс дефектности, на техническом уровне – это класс исходности состояния и т.д. Каждый класс отражает параметры порядка, характеризующие любой СМО, а конкретный СМО представляется некоторой номенклатурой параметров состояния.

Параметры порядка призваны уменьшить объем информации, рассматриваемой при принятии решений в каждом классе критических состояний. Данный подход позволяет специалистам разных отраслей знаний в целом оценивать динамику технического состояния системы, не углубляясь в закономерности процессов каждого класса.

Обобщенный алгоритм самоорганизации системы исследования. Целью самоорганизующейся системы исследования является поиск проектных решений, обеспечивающий достижение требуемых свойств СМО, в полуавтоматическом и/или автоматическом режимах. Для этого осуществляется моделирование того или иного сценария нарушения безопасности и самоорганизующееся формирование свойств СМО в соответствие с целями и параметрами каждого Критического Класса Состояний.

Обоснование Параметров Порядка (ПП) ККС включает решения мультидисциплинарных проблем и задач, относящихся к некоторым отраслям знаний, и для определения номенклатуры ПП для СМО определенного вида и типа. Исследование и принятие решений в каждом локальном классе осуществляется коллективом экспертов или экспертными системами рассматриваемого и близлежащих классов. Их задачей является обоснование ПП для конкретных элементов, компонентов и СМС в целом представленных параметрами состояния.

Алгоритм самоорганизации свойств СМС (рис.2), обеспечиваемый моделью декомпозиции ПП, включает основные этапы исследования для элементов, компонентов и СМС в целом на основе процесса деградации (от 1.1 до 4.1) для классов критических состояний каждого информационного уровня (от 1.1 до 4.4). Реализация алгоритма осуществляется тремя взаимосвязанными иерархическими контурами как в полуавтоматическом, при участии экспертов, так и в автоматическом режиме при подключении специализированных экспертных систем:

- первый контур предназначен для решения монодисциплинарных задач посредством самоорганизации методов в пределах условно одной научной дисциплины и обеспечивается целевыми функциями и кибернетическими связями входов и выходов одного локального класса, а также критериальными параметрами;

- второй контур предназначен для решения междисциплинарных задач посредством самоорганизации методов нескольких научных дисциплин, представленных смежными локальными классами, и обеспечивается целевыми функциями и кибернетическими связями между ними как в пределах ККС одного информационного уровня, так и разных информационных уровней, а также критериальными параметрами;

- третий контур предназначен для решения мультидисциплинарных задач посредством самоорганизации методов слабосвязанных научных дисциплин и обеспечивается целевыми функциями и кибернетическими связями между любыми удаленными классами, а также соответствующими

критериальными параметрами. Этот контур обеспечивает ввод и обработку дополнительной информации в любом классе.

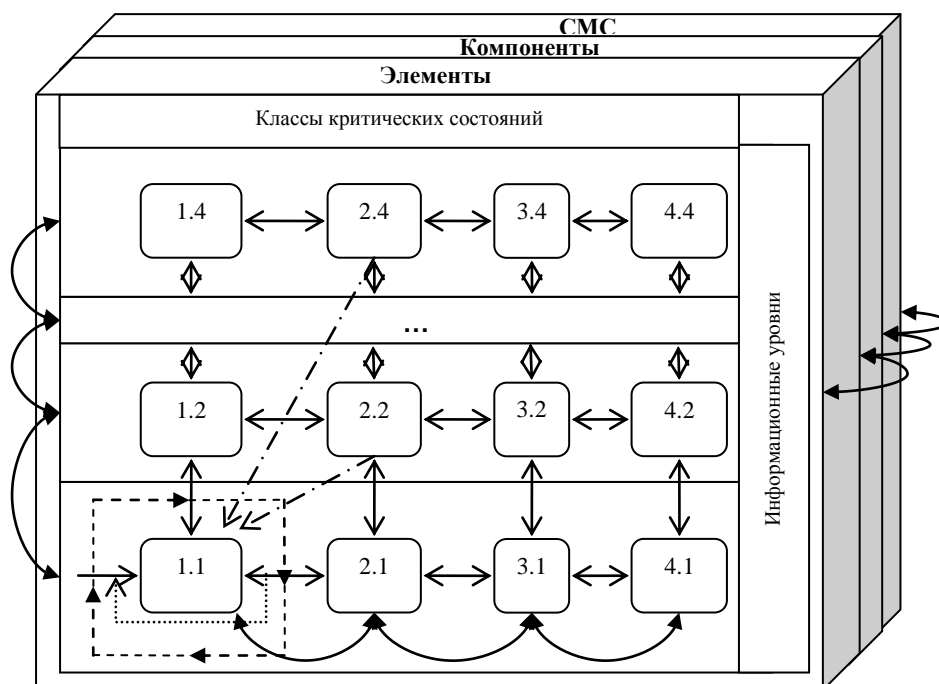


Рисунок 2 – Алгоритм самоорганизации и контуры его обеспечения:
 ———> - алгоритм самоорганизации этапов исследования;> - первый контур для решения монодисциплинарных задач; -----> - второй контур для решения междисциплинарных задач; ····> - третий контур для решения мультидисциплинарных задач; ———> - переходы между контурами.

Алгоритм самоорганизации включает два потока обмена информацией на основе описанных контуров:

- 1) «вперед» (состояние 1.1 → состояние 4.4) – моделирование динамики, оценка динамики (определение параметров порядка), принятие решений (корректирование решений на основе полученных оценок);
- 2) «назад» (состояние 4.4 → состояние 1.1) – результаты оценок, принятые решения, предложения специалистов по принятию решений (взаимодействие специалистов).

Для каждого этапа исследования должно формироваться соответствующее информационное и алгоритмическое обеспечение (совокупность онтологий, база данных, баз знаний, математических модулей, экспертных систем и т.д.).

Инициализация алгоритма самоорганизации на любом этапе исследования осуществляется в результате появления новой информации, полученной путем либо моделирования, либо ввода ее экспертами (специалистами). В результате обеспечивается взаимодействие системы с внешней

средой (экспертами) и соответствующими СППР, экспертными системами и др.

После коллективного обоснования параметров порядка осуществляется обоснование качественных и количественных параметров состояния, отражающих те или иные ПП. Вопрос о том, какие при этом будут решаться задачи и какие параметры состояния обосновываться, зависит от конкретного СМО и в данной работе не рассматривается.

Заключение. В работе осуществлена попытка совершенствования методологии мультидисциплинарных исследований, направленной на обеспечение техногенной безопасности, на основе некоторых принципов самоорганизации. Конечной целью самоорганизации является создание объектов по заданным критериям на основе принятия согласованных проектных решений коллективом экспертов (специалистов) или экспертными системами, представляющими множество научных дисциплин и направлений.

В работе сформулированы параметры порядка, чтобы уменьшить объемы информации регламентируемой к совместной обработке. Искусственное сжатие информации, обеспечивает переход «от многочисленных параметров состояния к малочисленным параметрам порядка». Это позволяет, минуя тонкости специальных научных дисциплин, обеспечить возможность понимания задач специалистами различных научных дисциплин, благодаря представлению дискретной последовательности событий и состояний с помощью более распространенных терминов и понятий, а также прозрачности целей и задач для всех участников исследования.

С другой стороны, возможность привлечения экспертов различных научных дисциплин позволяет выявлять и использовать дополнительную информацию (знания), ранее не включенную в модели, которая может привести к новым нестандартным решениям при обеспечении техногенной безопасности. В этом случае обрабатываемая информация не ограничивается только мнением специалистов отраслей науки соответствующих рассматриваемому классу, но и дополняется информацией, которая, по мнению специалистов других отраслей знаний (как соседних, так и более удаленных классов), может способствовать получению более эффективного решения. Вследствие этого возникает проблема самоорганизации алгоритма, необходимого для решения задач с учетом новой совокупности обрабатываемой информации ранее не представленной в модели посредством взаимодействия системы с внешней средой через экспертов (специалистов).

Самоорганизация в принятии решений – это некоторым образом формализованная процедура обеспечиваемая алгоритмом, включающим три взаимосвязанных контура осуществляющих решение моно-, меж- и мультидисциплинарных задач на основе кибернетических связей как внутри, так и между контурами.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 15-07-05641 «Разработка принципов, моделей и методов создания и поддержки интеллектуальных мультиагентных систем для прогнозирования техногенных чрезвычайных ситуаций».

Список использованной литературы

1. *Махутов Н.А.* Прочность и безопасность. Фундаментальные и прикладные исследования. Новосибирск: Наука. 2008. – 523 с.
2. Безопасность России. Фундаментальные исследования проблем техногенной безопасности. Акимов В.А., Махутов Н.А., Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. и другие. – М.: МГОФ «Знание», 2013. – 576 с.
3. *Берман А.Ф., Николайчук О.А.* Структуризация процесса исследования безопасности сложных технических систем // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 1999, №6. – С. 3-12.
4. *Берман А.Ф.* Информатика катастроф // Проблемы безопасности и ЧС. – 2012, №3. – С.17-37.
5. *Хакен Г.* Синергетика. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. Пер. с англ.// Изд. 3-е. – М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2014. – 320 с.
6. *Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В., Потапов А.Б.* Нелинейная динамика: Подходы, результаты, надежды. – М.: Комкнига, 2006. – 280 с.
7. *Колесников А.А.* Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного синтеза. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 240 с.
8. ГОСТ Р 43.0.4-2009. Информационное обеспечение техники и операторской деятельности. Информация в технической деятельности. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2010.
9. *Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. – М.: Наука, 2006.
10. *Каляев И.А., Капустян С.Г., Гайдук А.Р.* Самоорганизация в мультиагентных системах // Известия Южного федерального университета. Технические науки. Выпуск № 3. – Том 104. – 2010. – С.14-20.
11. *Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г.* Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – М.: Физматлит, 2009. – 280 с.
12. *Кириков И.А., Колесников А.В., Листопад С.В.* Исследование эффекта самоорганизации в компьютерных системах поддержки принятия решений на примере многоагентных систем // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – Выпуск № 10. – 2010. – С.79-90.
13. *Берман А.Ф., Николайчук О.А.* Пространство технических состояний уникальных механических систем // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2007, №1. – С.14-22.
14. *Берман А.Ф., Николайчук О.А.* Модели, знания и опыт для управления техногенной безопасностью // Проблемы управления. – 2010, №2. – С.53-60.

15. *Berman A.F., Nikolaychuk O.A., Yurin A.Y.* Intelligent planner for control of failures analysis of unique mechanical systems // *Expert Systems with Applications*, vol. 37 (2010), pp. 7101–7107.

16. *Berman A.F., Nikolaychuk O.A., Yurin A.Yu., Pavlov A.I.* A methodology for the investigation of the reliability and safety of unique technical systems // *Journal of Risk and Reliability. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers.* – Vol. 228, 2014. – Pp.29-38

Комплексная оценка достоверности моделирования обтекания экраноплана в системе ANSYS

Ю.Ф. Вшивков, Е.А. Галушко, С.М. Кривель

Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, 664047, г. Иркутск, ул. Коммунаров 3.

В статье приводятся основные результаты оценки достоверности расчета аэродинамических характеристик несущей системы вблизи подстилающей поверхности. Оценка выполнена на основе сопоставления результатов расчета с экспериментальными данными и результатами расчетов других авторов с использованием альтернативных методов.

Ключевые слова: аэродинамические характеристики; экраноплан.

Вшивков Юрий Федорович, ассистент кафедры летательных аппаратов, e-mail: 1988ufv@mail.ru

Галушко Егор Александрович, инженер кафедры летательных аппаратов, e-mail: Photon91@mail.ru

Кривель Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой летательных аппаратов, e-mail: krivel66@mail.ru

Вычислительная аэродинамика в настоящее время интенсивно внедряется в практику аэродинамического проектирования благодаря бурному развитию компьютерных технологий. Одним из общепризнанных лидеров в этой области является программный пакет конечно-элементного анализа ANSYSInc.

Пакет ANSYS является обширной и сложной CAD или CFD системой, ориентированной на решение широчайшего круга задач конечно-элементного анализа. Его приложение к конкретным практическим задачам требует серьезного анализа результатов моделирования на предмет достоверности и применимости результатов. Настоящая работа посвящена оценке достоверности расчета аэродинамических характеристик экраноплана с использованием ANSYS CFX и ANSYS FLUENT, проведению методических исследований по выбору параметров программ ANSYS для расчета, определению допустимых кинематических параметров обтекания (области применимости пакета программ). Существенной особенностью работы является предмет ее исследования – экраноплан (несущая система экраноплана) с реализацией на некоторых режимах отрывного обтекания с интенсивным вихреобразованием.

Для оценки достоверности были выбраны экспериментальные данные работы [2]. Эта работа была выполнена специально для оценки достоверности различных методов расчета аэродинамических характеристик, в частности, метода дискретных вихрей. Исследуемое тело представляет со-

бой крыло квадратной формы с тонким симметричным профилем (рисунок 1).

Такая форма крыла предполагает наличие мощных, оказывающих значительное влияние на аэродинамические характеристики, перетеканий через боковые кромки и отрыв потока с передней кромки крыла уже на относительно небольших углах атаки.

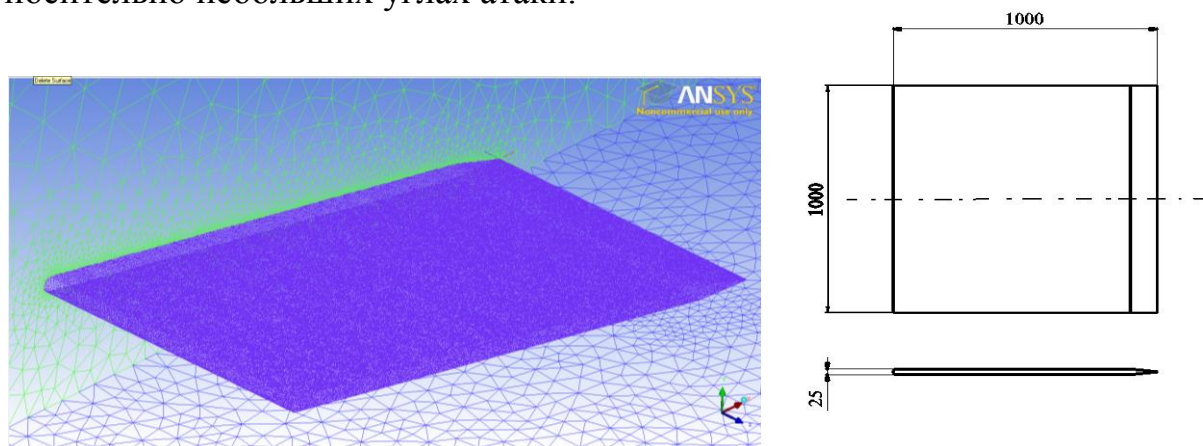


Рисунок 1 - Модель крыла малого удлинения

Задание геометрии и построение сетки модели производились в ANSYS IcemCFD, расчет выполнялся в ANSYS FLUENT, а для создания визуализации обтекания, полей давления и скоростей использовался ANSYS CFDPost. Исследуемая 3D модель была помещена в специально смоделированное ограниченное пространство в виде канала прямоугольного сечения (математический аналог аэродинамической трубы). Начало и конец этой трубы являлись, соответственно, входом и выходом потока. Расчеты выполнялись для всего спектра расчетных сеток, представляемых ANSYS. Максимальное число конечных элементов достигало примерно 2...3 миллиона. Материальное тело –воздух. В качестве модели турбулентности была выбрана k - ϵ -модель (кинетическая энергия турбулентности k и скорость ее диссипации ϵ). Скорость невозмущенного потока задавалась реальной из условий эксперимента (40 м/с).

В работе [2] экран моделировался при помощи зеркально-отображенных моделей крыльев, которые с помощью специального устройства крепились к ферме аэродинамических весов и при изменении угла атаки основного крыла синхронно поворачивались на зеркально-отображенный угол при сохранении заданного зазора между кромками схода.

ANSYS предлагает наиболее корректный метод моделирования экрана подвижный экран. Это обеспечивается заданием на экране граничного условия подвижной стенки (movingwall). В этом типе граничного условия стенка движется со скоростью невозмущенного потока. Проводились расчеты для всего спектра возможностей ANSYS по заданию поверхности

экрана (экран задавался как: стенка трубы с реальными свойствами и идеальная стенка трубы без трения воздушной среды).

Следует отметить, что на создание сетки и на сам расчет для компьютера с процессором AMDPhenomIIХ6 1090Т (6 ядер), оперативной памятью 8 ГБ и операционной системой Windows 7 64-bit SP1, требуется, в среднем, около 1 ч 30 мин.

Пример сопоставления результатов расчета и экспериментальных данных приведен на рисунках 2, 3, 4, 5.

Следует обратить внимание, что при общем удовлетворительном совпадении результатов расчета, существует существенное качественное расхождение при нулевом угле атаки α по значению коэффициента подъемной силы c_{y_a} . Данный вопрос подвергся самому серьезному изучению и явился одним из примеров преимущества применения ANSYS даже в сравнении с физическим экспериментом. Моделирование экрана подвижной поверхностью с достаточно полным описанием реального взаимодействия воздуха и экрана позволило описать известные и подтвержденные специальными исследованиями эффекты взаимодействия экрана и несущей системы. В качестве примера на рисунке 6 показано наличие зоны разряжения в окрестности задней кромки на угле атаки 5 градусов, однако при дальнейшем увеличении угла атаки она отсутствует. Причина состоит в изменении формы канала в окрестности задней кромки и поджатие струек.

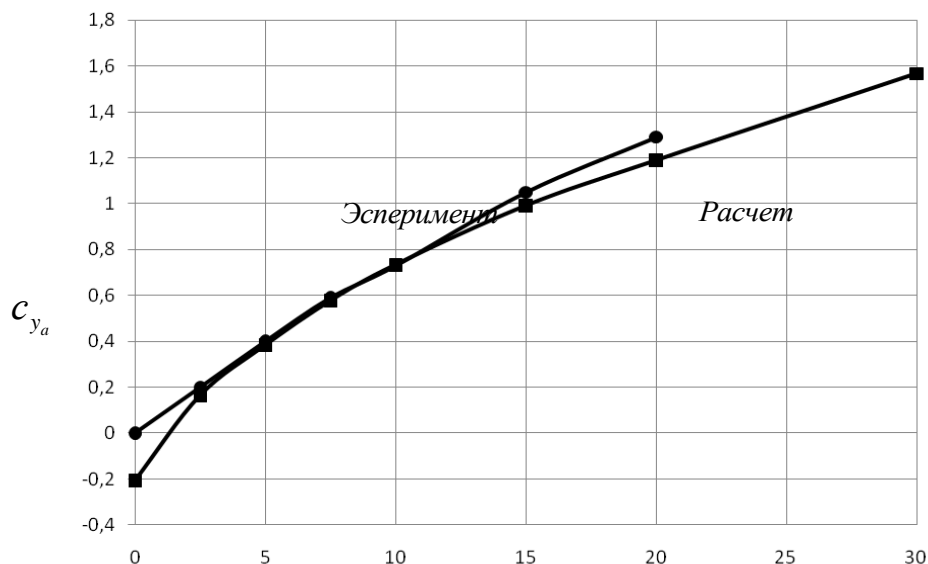


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента подъемной силы $c_{y_a}^\alpha$ от угла атаки α при относительном отстоянии от поверхности раздела $\bar{h} = 0,05$

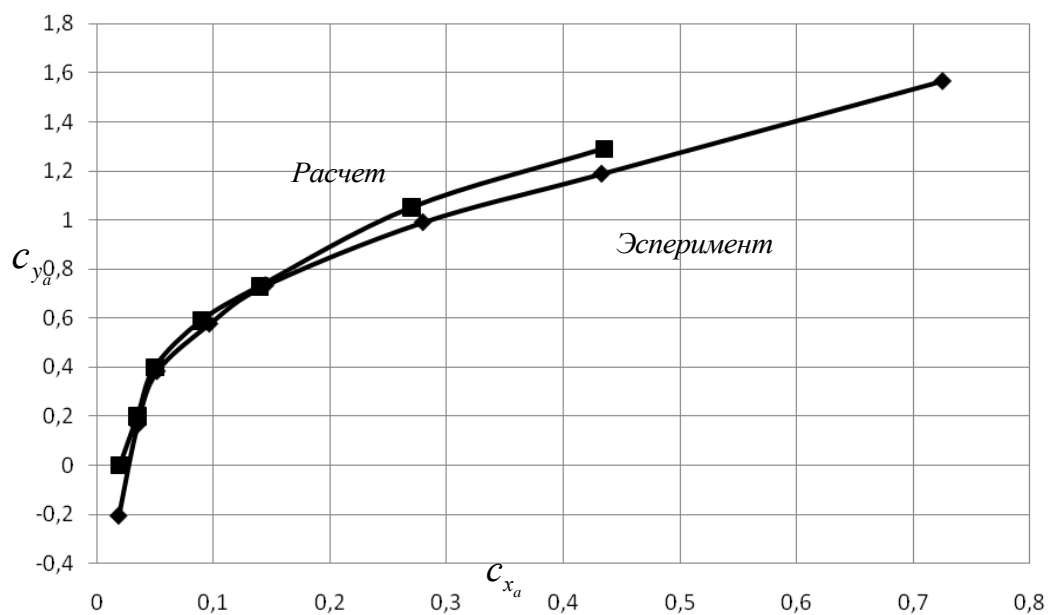


Рисунок 3 - Поляра крыла при относительном отстоянии от поверхности раздела $\bar{h}=0,05$

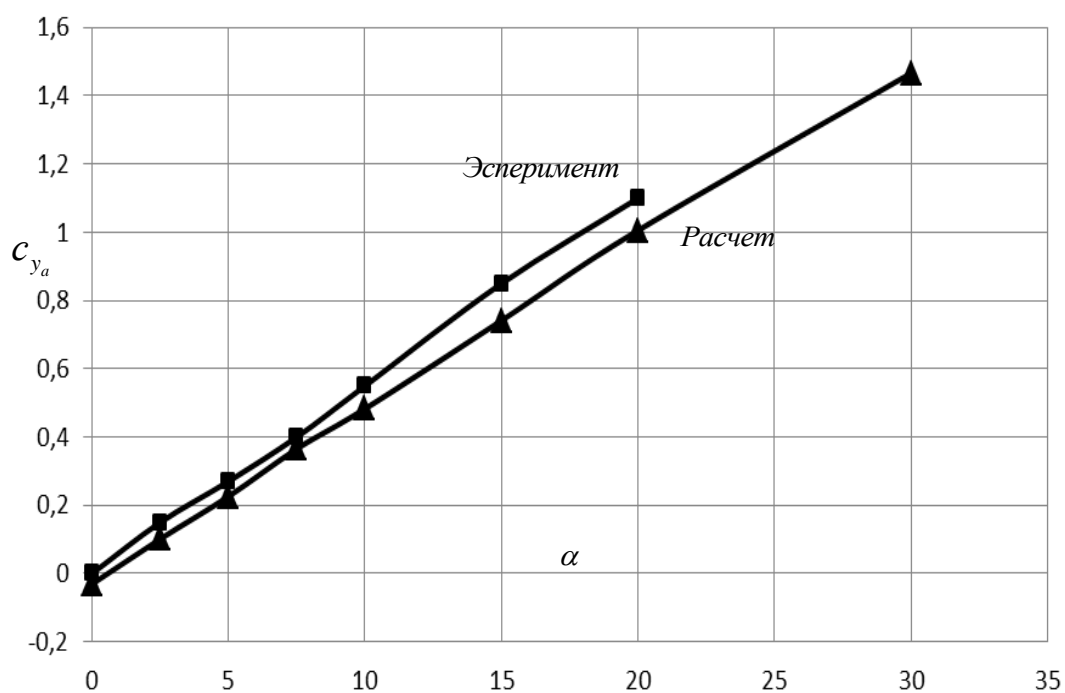


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента подъемной силы c_{y_a} от угла атаки α при относительном отстоянии от поверхности раздела $\bar{h}=0,2$

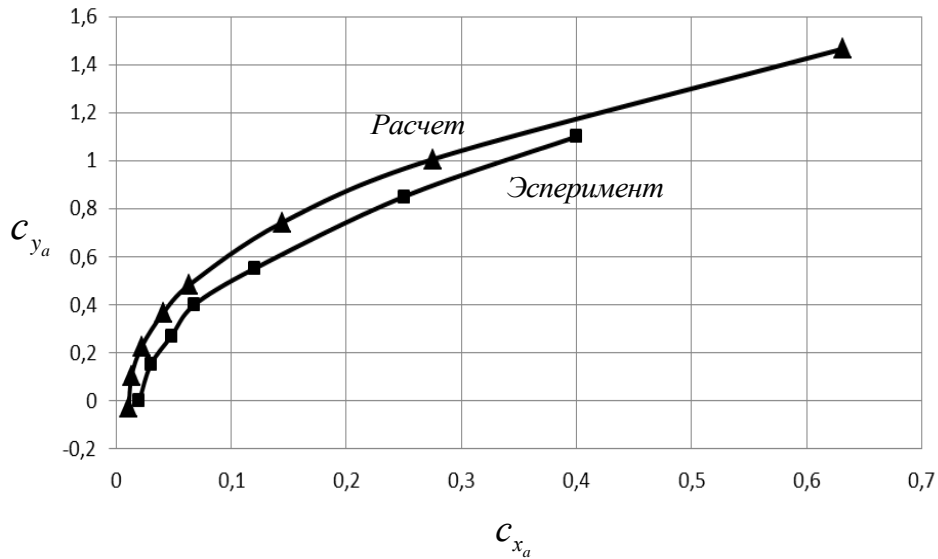


Рисунок 5 - Поляра крыла при относительном отстоянии от поверхности раздела $\bar{h} = 0,2$

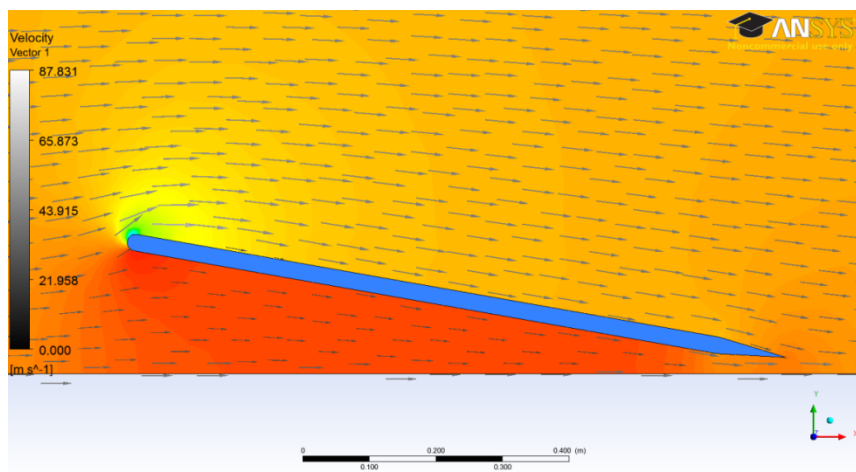


Рисунок 6 - Поле местных скоростей и давлений в плоскости симметрии крыла, угол атаки $\alpha = 5$ градусов

Переход к моделированию обтекания более сложных компонок так же требует постоянного или промежуточного контроля достоверности результатов (качественного и количественного). Так, высокая инженерная ответственность исследования, представленная на рисунке 7 несущей системы экраноплана, потребовала проведения специальных, достаточно сложных экспериментальных работ.

Было выполнено три комплекса экспериментальных работ: параметрические исследования компоновки; визуализация обтекания; исследования распределенных аэродинамических характеристик.

Проведены параметрические экспериментальные исследования компоновки экраноплана с целью получения аэродинамических характеристик и выбора оптимальных (рациональных) параметров аэродинамической

компоновки [1]. Наибольший интерес представляют экспериментальные данные визуализации обтекания исследуемой компоновки в вертикальной гидродинамической трубе [4] и исследование распределенных по поверхности компоновки местных давлений (коэффициентов давления).

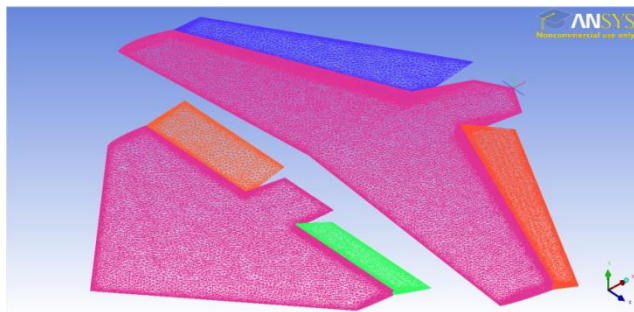


Рисунок 7 - Несущая система экраноплана схемы тандем

Вертикальная гидродинамическая труба позволяет визуализировать обтекание модели методом красок или водородных пузырьков. Метод водородных пузырьков заключается в следующем. Экспериментальная модель выполняется из диэлектрического материала с выводом электропроводящих элементов в местах, где необходимо организовать выход мельчайших пузырьков водорода. Обычно это передние, задние и боковые кромки несущих поверхностей. За счет организованной разницы потенциалов импульсного постоянного тока между моделью и корпусом трубы явление электролиза воды приводит к образованию поверхностей водородных пузырьков, движущихся вместе с жидкостью. Скорость всплытия мелких пузырьков пренебрежимо мала. Использование различных способов организованных подсветок и использование фото- и видеофиксации позволяет изучать и документировать особенности обтекания (в том числе, с интенсивным вихреобразованием) различных неподвижных и подвижных объектов (рисунок 8).

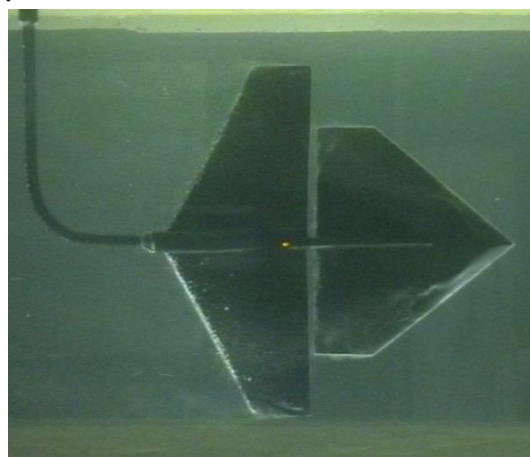


Рисунок 8 - Спектр обтекания несущей системы на виде в плане при угле атаки $\alpha = 10$ градусов

На рисунке 9 представлены результаты расчетов, демонстрирующие совпадения с результатами описанного выше эксперимента. Метод сопоставления результатов расчетов с экспериментальными данными, безусловно, является самым надежным методом оценки достоверности расчетов.

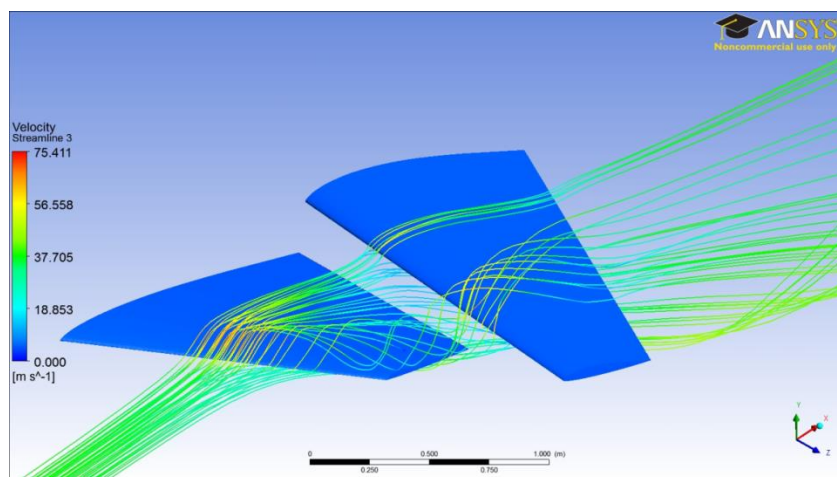


Рисунок 9 - Результаты расчета для угла атаки $\alpha = 10$ градусов линии тока и схема образования вихревой пелены на передней несущей поверхности

В рамках настоящей работы была выполнена экспериментальная работа по исследованию распределенных по поверхности несущей системы местных давлений. Поверхность модели дренирована (рисунок 10). Измерение давления производится батарейным манометром высокой точности.

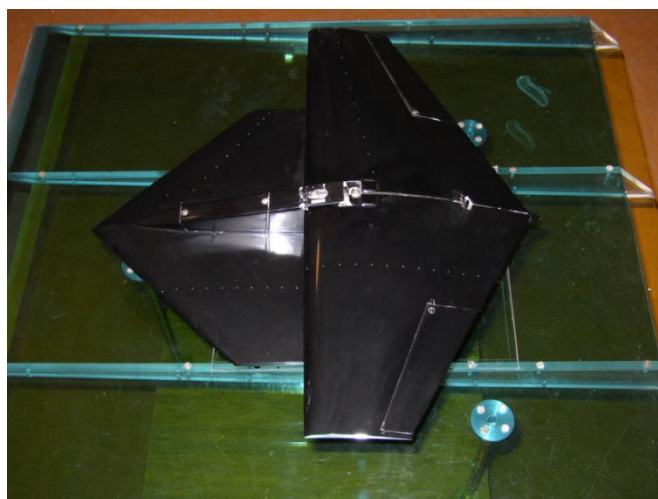


Рисунок 10 - Экспериментальная модель несущей системы с моделью экрана со сливом собственного пограничного слоя

Сравнение экспериментальных данных с результатами расчетов позволило сделать вывод о высокой достоверности численного моделирова-

ния во всем диапазоне востребованных параметров расчета (углов атаки и скольжения, отстояний от поверхности раздела, углов отклонения органов управления и т.д.). Полученные оценки достоверности результатов расчета позволяют обеспечить высокую надежность исследований динамики движения, устойчивости и управляемости экраноплана [3, 5].

Список использованной литературы

1. Акулов О.В., Курганский В.Г., Кривель С.М. Аэродинамическое проектирование экраноплана схемы «утка» оригинальной компоновки с обеспечением рациональных летно-технических и пилотажных характеристик / О. В. Акулов, В. Г. Курганский, С. М. Кривель // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации России: сборник научных трудов по материалам 1-й Научно-практической конференции преподавателей, научных работников и аспирантов. 6 ноября 2009 г. – Иркутск: ИФ МГТУ ГА, 2009. – 256 с.: ил.
2. Барщев И.В. Аэродинамические характеристики частей летательных аппаратов вблизи земли и в ограниченных потоках/ И. В. Барщев [и др.] // Влияние формы в плане на аэродинамические характеристики крыла малого удлинения в ограниченном потоке. Отчет по НИР, номер государственной регистрации 78075544. Ч. 2. Харьков: Харьковский авиационный институт, 1978. 80 с.: ил.
3. Вшивков Ю.Ф. Синтез эффективной автоматической системы управления экранопланов / Ю. Ф. Вшивков, Е. А. Галушко, С. М. Кривель // Решетневские чтения: материалы 17 Международной научной конференции, посвященной памяти генер. конструктора ракет.-космич. систем акад. М. Ф. Решетнева (12...14 нояб. 2013 г., Красноярск): в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2013. Ч. 1. – 522 с.: ил.
4. Горяинов А.М. Опыт визуализации течений в гидродинамических исследованиях методами водородных пузырьков и красок / А.М. Горяинов, А.Е. Заволженский, С.М. Кривель // Голография: фундаментальные исследования, инновационные проекты и нанотехнологии: материалы 26 школы по когерентной оптике и голографии. Иркутск: Издательство «Папирус», 2008. 568 с.: ил.
5. Вшивков Ю.Ф. Комплексная оценка достоверности расчёта аэродинамических характеристик сложных объектов с использованием ANSYS/ Ю. Ф. Вшивков, Е. А. Галушко, С. М. Кривель // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» (МИАЖ «Crede Experto»)/ № 1 (03). Март 2015 (<http://ce.ifmstuca.ru>)

Концепция траекторного управления экранопланом

Е.А. Галушко, Ю.Ф. Вшивков, С.М. Кривель

Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, 664047, г. Иркутск, ул. Коммунаров 3.

В статье излагаются подходы к проектированию экраноплана с заданными маневренными характеристиками и широким эксплуатационным диапазоном скоростей горизонтального полета. Задачи обеспечения маневренности выдвигают особые требования к эксплуатационному диапазону углов атаки и реализуемых коэффициентов подъемной силы. Предлагается аэродинамическая компоновка экраноплана, удовлетворяющая выдвигаемым требованиям.

Ключевые слова: экраноплан; маневренность; коэффициент подъемной силы; аэродинамическая компоновка.

Вшивков Юрий Федорович, ассистент кафедры летательных аппаратов, e-mail: 1988ufv@mail.ru

Галушко Егор Александрович, инженер кафедры летательных аппаратов, e-mail: Photon91@mail.ru

Кривель Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой летательных аппаратов, e-mail: krivel66@mail.ru

Общепринято считать, что основным достоинством экранопланов перед средствами водного транспорта является более высокая скорость перевозок, а перед летательными аппаратами – относительно большее аэродинамическое качество. Именно эти свойства должны обеспечить достаточно высокую транспортную эффективность в своем сегменте [2]. В качестве основной проблемы проектирования экранопланов обычно справедливо выдвигается проблема обеспечения устойчивости и управляемости [4]. Существуют концепции обеспечения приемлемой устойчивости средствами автоматики (например, [5]) или за счет самостабилизации экраноплана [6].

Однако, нисколько не принижая исключительную важность указанных подходов, необходимо учитывать необходимость обеспечения приемлемых эксплуатационных свойств экраноплана в процессе их реализации при практическом применении. Под эксплуатационными свойствами, в рамках данной работы, будем понимать те параметры управления движением экраноплана, которые определяют саму возможность и целесообразность его практического применения в заданных условиях эксплуатации.

Рассмотрим задачу обеспечения маневренности экраноплана по направлению полета на примере относительно легкого экраноплана. Применение экранопланов большой грузоподъемности и размерности изначально предполагает: использование их на достаточно жестко нормиро-

ванных маршрутах и специализацию экраноплана под узкую группу конкретных транспортных задач. Применение относительно легких экранопланов предполагает исключительную целевую гибкость.

Полет над рекой, шириной 100 м, предполагает радиус разворота экраноплана не более 200 м при повороте русла на угол 90 градусов. Анализ водных артерий, например, Восточной Сибири показывает, что часто и этого недостаточно. Необходимо учитывать то, что для обеспечения конкурентной транспортной эффективности экраноплан должен обладать достаточно высокой скоростью полета $V = 150 \dots 250 \text{ км/ч}$.

Для разворота экраноплана необходимо создать силу, направленную в сторону разворота. Эта сила может складываться из составляющих подъемной и боковой аэродинамических сил. Уменьшение вертикальной суммарной аэродинамической силы, менее величины силы веса, не допускается. На рис. 1 изображен радиус горизонтального разворота экраноплана r в зависимости от скорости полета V и величины «разворачивающей» перегрузки $n_{\text{БОК}}$. Под разворачивающей перегрузкой $n_{\text{БОК}}$ понимается величина:

$$n_{\text{БОК}} = Z_{\text{БОК}}/(mg),$$

где $Z_{\text{БОК}}$ – суммарная сила составляющих аэродинамических сил, направленная параллельно подстилающей поверхности; m – масса экраноплана; g – ускорение свободного падения.

Принято считать, что основным способом разворота экраноплана является разворот без крена. Возможность создания значительной «разворачивающей» перегрузки за счет боковой аэродинамической силы в этом случае сталкивается с неизбежным ограничением угла скольжения (угла дрейфа). Разворот экраноплана с креном означает переход экраноплана практически в «самолетный» режим полета с неизбежным изменением аэродинамических характеристик, устойчивости и управляемости. Кроме этого, выдвигаются самые высокие требования к точности управления экраноплана по крену вследствие близости экрана и сложности самого маневра разворота с креном с точным контролем высоты полета. Следует заметить, что у экраноплана наблюдаются существенные изменения несущих свойств в случае изменения относительного отстояния от подстилающей поверхности с изменением угла крена γ , степени поперечной устойчивости экраноплана m_x^β (которая при малых углах крена велика), эффективности органов поперечного управления. Эти факторы приводят к необходимости реализации больших, чем у самолетов градиентов изменения угла атаки и значительно более сложных, существенно нелинейных, законов отклонения рулевых поверхностей. На рис. 2 представлены потребные углы крена для разворота с радиусом 200 м (для случая маневрирования без скольжения). Углы крена представляются значительными.

Таким образом, можно сделать вывод, что единственным способом обеспечения маневренности экраноплана в горизонтальной плоскости яв-

ляется существенное снижение скорости полета и маневрирование на малой скорости. Следует заметить, что кардинальным способом расширения эксплуатационного диапазона скоростей в область малых скоростей является применение динамических способов поддержания экраноплана. Например, использование воздушной подушки позволяет снизить скорость полета до предельно малой и выполнить разворот без крена. В этом случае следует учесть значительную протяженность участка торможения. Маневрирование с креном резко снижает возможности применения динамических способов поддержания. Расширение диапазона скоростей в область малых скоростей требует создания аэродинамической компоновки экраноплана с широким диапазоном допустимых углов атаки при удовлетворительных аэродинамическом качестве, характеристиках устойчивости и управляемости.

Предлагаемая в настоящей работе компоновка представляет собой две несущие поверхности (рис. 3), расположенные друг за другом по схеме тандем. Данная компоновка имеет достаточно высокие значения коэффициента подъемной силы, сохраняет стабильность в обтекании до значительных углов атаки, обеспечивает достаточно высокую эффективность управляющих поверхностей. Важным является незначительное изменение продольного момента при изменении угла атаки и линейный характер этого изменения.

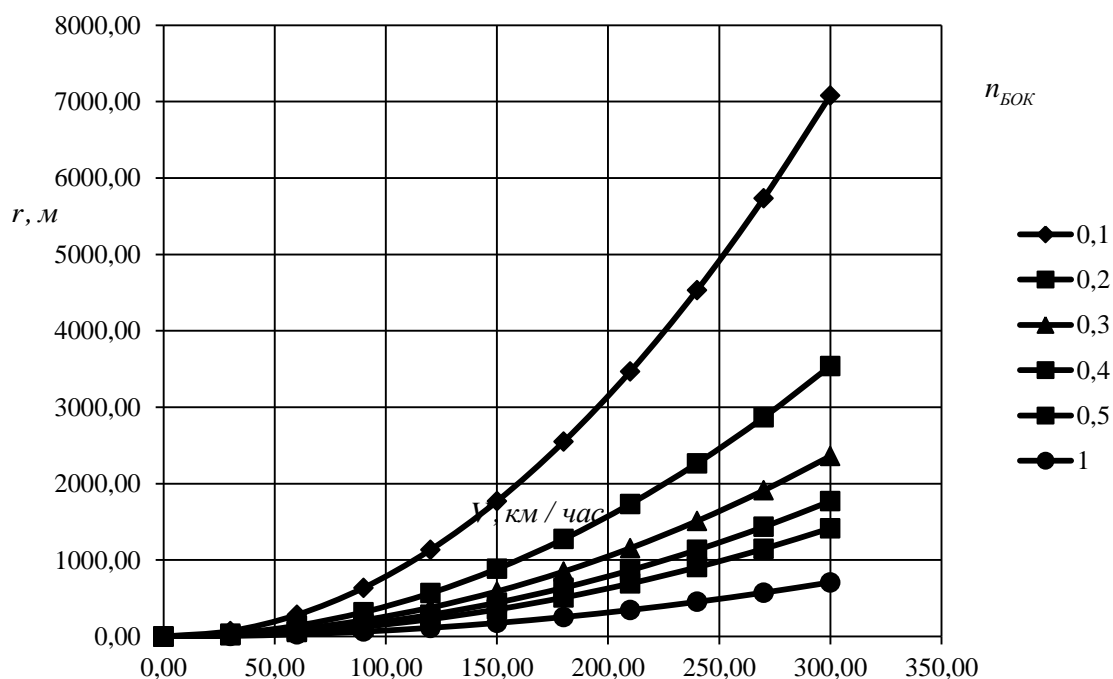


Рисунок 1 - Зависимость радиуса разворота экраноплана r от скорости его полета V и величины «разворачивающей» перегрузки $n_{БОК}$

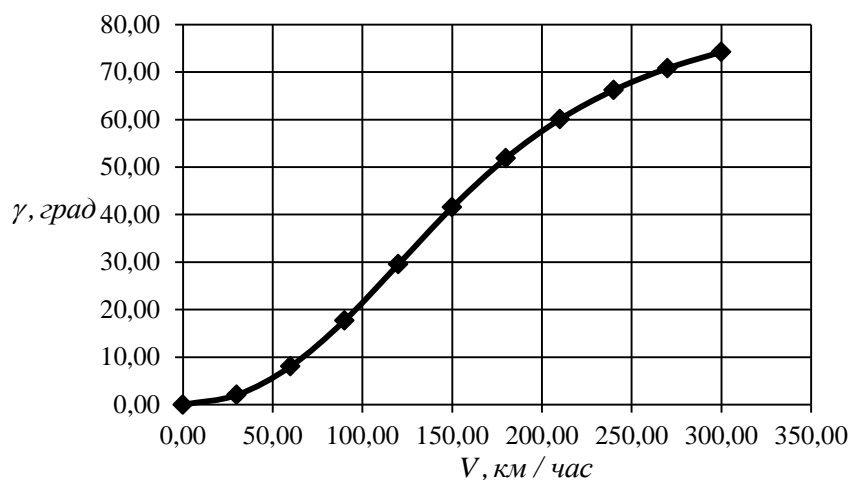


Рисунок 2 - Зависимость потребного угла крена γ от скорости полета экраноплана V при развороте с радиусом 200 м

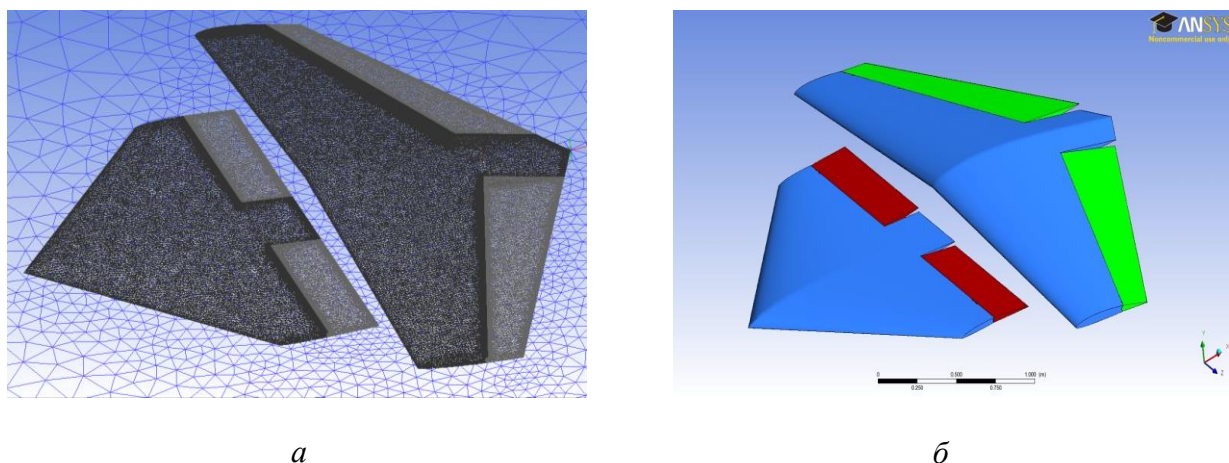


Рисунок 3 - Геометрические характеристики компоновки:

а – общий вид компоновки в плане с указанием элементов расчетной сетки; б – расчетная схема компоновки

Результаты исследований компоновки изложены в ряде работ (например, [1, 3, 7]). В настоящей работе представлены результаты моделирования обтекания компоновки с использованием пакета программ ANSYS.

На рисунке 4 демонстрируются основные аэродинамические характеристики компоновки. Аэродинамическое качество компоновки на малых углах атаки достигает значения 25. В качестве характерной площади принята площадь заднего крыла компоновки. Результаты расчетов приведены для относительного отстояния от экрана $\bar{h}=0,1$. Наибольший коэффициент подъемной силы c_{y_a} достигается на угле атаки $\alpha = 27$ градусов и равен 3,427. Значительный коэффициент подъемной силы на малых углах атаки α

обеспечивается углами установки переднего (около 4 градусов) и заднего (примерно 10 градусов) углов.

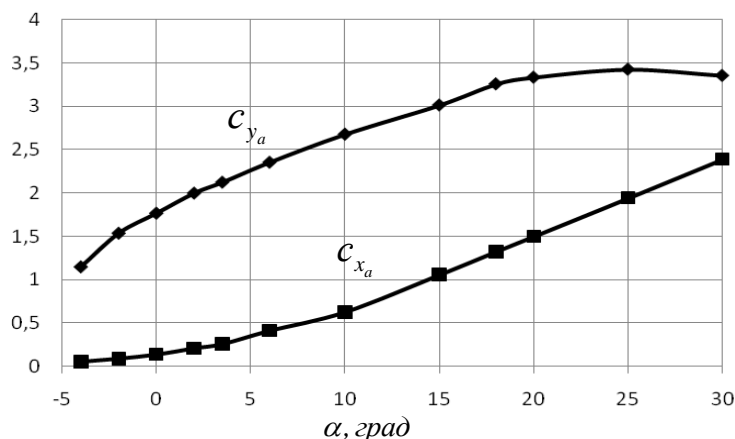


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента подъемной силы C_{y_a} и коэффициента лобового сопротивления C_{x_a} от угла атаки α

Основные особенности аэродинамических характеристик компоновки определяются характером ее обтекания (рисунок 5). При увеличении угла атаки на передней кромке первого крыла образуются два вихря. Вихри проходят над верхней поверхностью первого (переднего) крыла и под воздействием разряжения над передней кромкой заднего крыла и зоны повышенного давления под задним крылом смещаются на верхнюю поверхность заднего крыла. Фактически несущая система представляет собой разрезное крыло с обратной щелью. Элементы крыла работают в тесном взаимодействии друг с другом. Вихри являются устойчивыми, так как их оси направлены под небольшим углом к вектору скорости обтекания компоновки. Наличие вихрей над верхней поверхностью несущих плоскостей создает дополнительное разрежение, которое улучшает несущие свойства компоновки, и обеспечивает отсутствие дополнительных отрывов потока до, безусловно, значительных углов атаки. При этом на нижней поверхности несущих поверхностей создаются значительные зоны повышенного давления.

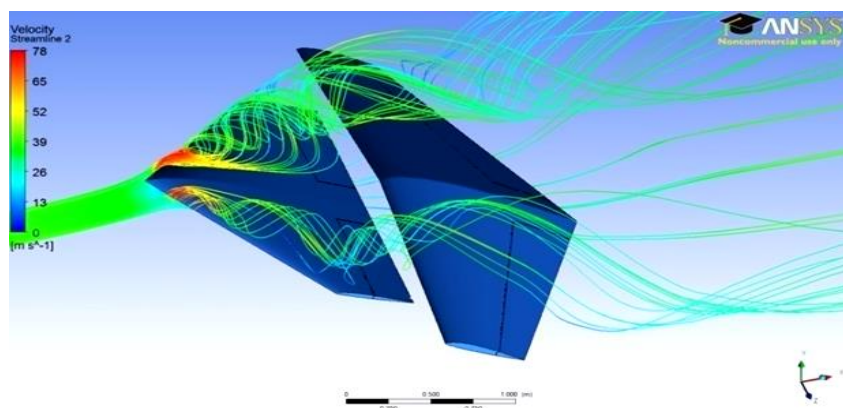


Рисунок 5 - Вихревая структура обтекания компоновки

Важным качеством компоновки является линейный характер изменения коэффициента продольного момента m_z и его высокая чувствительность к отклонению управляющих поверхностей в различных направлениях и в разных сочетаниях (рисунок 6). Здесь угол отклонения управляющей поверхности передней несущей поверхности обозначен как δ_1 , управляющей поверхности задней несущей поверхности – δ_2 . Отрицательное значение угла означает его отклонение задней кромкой вниз.

На рисунке 7 изображены результаты расчета коэффициента подъемной силы компоновки c_{y_a} в зависимости от угла атаки α для различных углов крена γ . Под углом крена γ понимается угол между плоскостью симметрии экраноплана и вертикальной по отношению к подстилающей поверхности плоскости. Вертикальная плоскость проходит через продольную ось экраноплана. Однако считаем, что экраноплан поворачивается по крену вокруг оси, расположенной в районе боковой кромки задней несущей поверхности и направленной параллельно продольной оси экраноплана. Как видно, увеличение угла крена γ до 40 градусов приводит к уменьшению коэффициента подъемной силы c_{y_a} примерно в 2 раза при углах атаки α до 15 градусов.

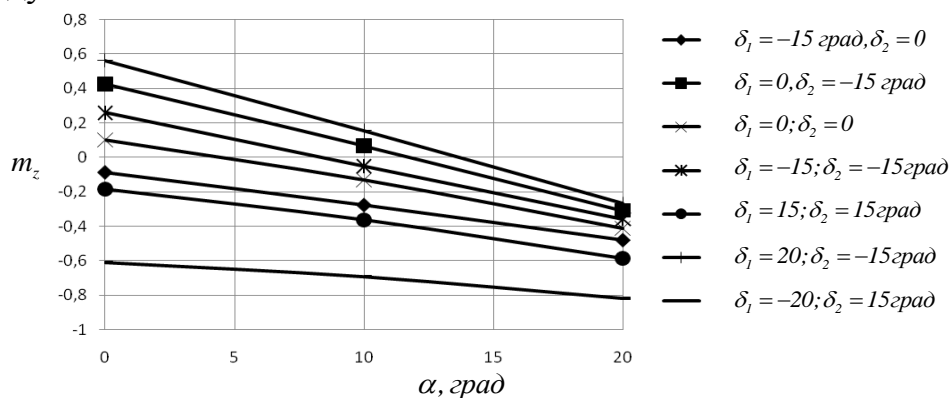


Рисунок 6 - Зависимость коэффициента продольного момента m_z от угла атаки α и варианта отклонения управляющих поверхностей

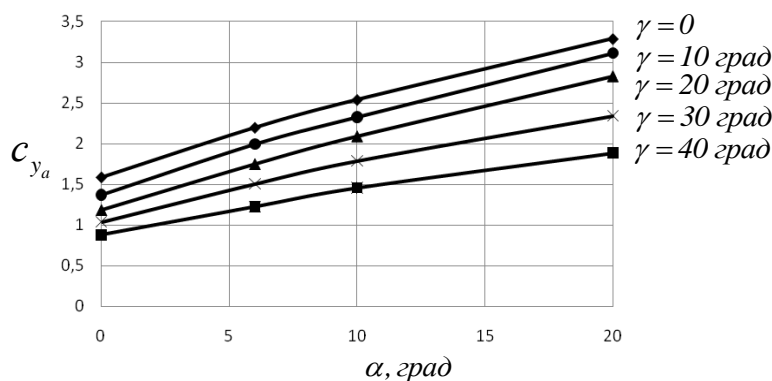


Рисунок 7 - Зависимость коэффициента подъемной силы c_{y_a} от угла атаки α и угла крена γ

Важным фактором увеличения коэффициента подъемной силы C_{y_a} является использование управляющих поверхностей (рисунок 3) в качестве закрылков (рисунок 8). Отклонение управляющих поверхностей на передней и задней управляющих поверхностях на угол 15 градусов вниз приводит к увеличению коэффициента подъемной силы в полтора раза на угле атаки 0 градусов. Интересно, что примерно такой же результат достигается при отклонении управляющей поверхности вниз только на заднем крыле. Отклонение управляющей поверхности на переднем крыле вниз, с одной стороны, увеличивает давление под передней несущей поверхностью и разрежение над ней, но, с другой стороны, приводит к увеличению схода потока перед задней несущей поверхностью, что приводит на ней к обратному эффекту.

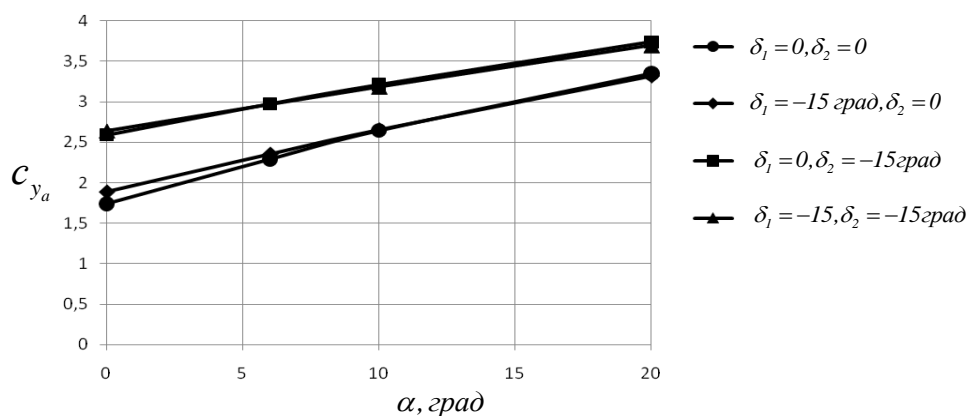


Рисунок 8 - Зависимость коэффициента подъемной силы C_{y_a} от угла атаки α и варианта отклонения управляющих поверхностей в режиме закрылков

Предлагаемая несущая система экраноплана позволяет (на примере относительного отстояния от поверхности экрана $\bar{h}=0,1$):

1) Обеспечить достаточно высокий коэффициент подъемной силы C_{y_a} и приемлемое аэродинамическое качество K на малых углах атаки α . Так, для крейсерской скорости 200 км/ч реализуемая удельная нагрузка на крыло составит примерно 350 кг/м^2 , что соизмеримо с удельной нагрузкой на крыло транспортных самолетов при значительно больших крейсерских скоростях полета.

2) Возможность сохранения стабильных аэродинамических характеристик компоновки в широком диапазоне углов атаки α позволяет существенно расширить эксплуатационный диапазон скоростей горизонтального полета. Так, для удельной нагрузки на крыло 350 кг/м^2 минимально допустимая скорость горизонтального полета составляет примерно 145 км/ч только при увеличении угла атаки α . Отклонение управляющей поверхно-

сти на заднем крыле на угол $\delta_2 = -15$ градусов без увеличения угла атаки α обеспечивает минимальную скорость полета – 167 км/ч. Одновременное увеличение угла атаки и отклонение управляющей поверхности на заднем крыле позволят реализовать минимальную скорость полета 135 км/ч.

3) Значительный диапазон углов атаки α и высокая эффективность управляющих поверхностей компоновки в режиме закрылков потенциально могут существенно расширить возможности по управлению величиной подъемной силы (углом крена γ) при маневрировании экраноплана в горизонтальной плоскости.

Список использованной литературы

1. Акулов О.В., Курганский В.Г., Кривель С.М. Аэродинамическое проектирование экраноплана схемы «утка» оригинальной компоновки с обеспечением рациональных летно-технических и пилотажных характеристик / О.В.Акулов, В.Г.Курганский, С.М.Кривель // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации России: сборник научных трудов по материалам 1-й Научно-практической конференции преподавателей, научных работников и аспирантов. 6 ноября 2009 г. – Иркутск: ИФ МГТУ ГА, 2009. – 256 с.: ил.

2. Белавин Л.И. Экранопланы. Л.: Судостроение, 1977. С. 232.

3. Вшивков Ю.Ф. Синтез эффективной автоматической системы управления экранопланов / Ю. Ф. Вшивков, Е. А. Галушко, С. М. Кривель // Решетневские чтения: материалы 17 Международной научной конференции, посвященной памяти генер. конструктора ракет.-космич. систем акад. М. Ф. Решетнева (12...14 нояб. 2013 г., Красноярск): в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2013. Ч. 1. – 522 с.: ил.

4. Жуков В.И. Особенности аэродинамики, устойчивости и управляемости экраноплана. М.: Издательский отдел ЦАГИ, 1997. С. 80.

5. Зайцев С.В. Система управления продольным движением легкого экраноплана с воздействием на руль высоты: дис. ... канд. тех. наук / С. В. Зайцев. Казань, 2004. 135 с.

6. Суржик В.В. Методы структурно-параметрического синтеза математических моделей экранопланов: дис. ... д-ра тех. наук / В. В. Суржик. Иркутск, 2010. 278 с.

7. Вшивков Ю.Ф. Концепция и результаты аэродинамического проектирования экраноплана с широким диапазоном эксплуатационных углов атаки / Ю. Ф. Вшивков, Е. А. Галушко, С. М. Кривель // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» (МИАЖ «Crede Experto»)/ № 1 (03). Март 2015 (<http://ce.if-mstuca.ru>)

Композитные корпусные детали обшивки авиадвигателя ПС-90А

Э.В.Горбунов, А.В.Кравченко

Сибирский государственный аэрокосмический университет, 660014 г. Красноярск, пр. имени газеты «Красноярский рабочий», 31

Проведен краткий анализ свойств композитных материалов, исследована возможность и эффективность применения их в авиационном двигателестроении.

Ключевые слова: композиты, надежность, эксплуатация, двигатель, самолет.

Горбунов Эрик Вячеславович, студент факультета гражданской авиации и таможенного дела, тел.:89082090238 E-mail: eric.gorbunov@bk.ru

Кравченко Анатолий Владимирович, доцент факультета военного обучения, тел.: 89138333840, e-mail: anatollii@mail.ru

Композиты нашли свое применение не только в военном авиастроении, но и в гражданском, и начали активно использоваться и применяться для решения множества проблем, довольно успешно. При использовании композитных корпусных деталей в авиадвигателе ПС-90А уменьшилась масса, увеличилась надежность, увеличился срок эксплуатации и т.д.

Композиционный материал (КМ), композит — искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с четкой границей раздела между ними. В большинстве композитов (за исключением слоистых) компоненты можно разделить на матрицу (или связующее) и включенные в неё армирующие элементы (или наполнители). В композитах конструкционного назначения армирующие элементы обычно обеспечивают необходимые механические характеристики материала (прочность, жёсткость и т. д.), а матрица обеспечивает совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений и агрессивной химической среды [2].

Основные преимущества композитов перед традиционными материалами состоит из: стойкость к коррозии и агрессивным средам, малый вес конструкций, короткий технологический цикл.

ПС-90А — российский турбовентиляторный двигатель с максимальной тягой 16 000 кгс. По схеме является двухконтурным турбореактивным двигателем со смешением потоков (внутреннего и наружного контуров). Устанавливается на пассажирские самолёты семейства Ил-96 (Ил-96-300, Ил-96-400), Ту-204 (Ту-204-100, Ту-204-300, Ту-214), и семейство самолётов Ил-76 (Ил-76МД-90, Ил-76ТД-90, Ил-76МФ).

Тонкостенные малонагруженные корпусные детали авиадвигателя являются наиболее перспективными с точки зрения использования полимерных композиционных материалов. Легкий доступ, возможность периодического визуального контроля, диагностики и замены в случае необходимости обеспечивают их надежную работу при эксплуатации двигательной установки. В композитном исполнении корпусные детали обладают массой на 20% меньше, чем металлические аналоги.

В настоящее время в серийном производстве находятся следующие узлы двигателя ПС-90А: кожух сопла со звукопоглощающим контуром, обтекатель сопла и задний обтекатель реверсивного устройства, обеспечивающие снижение массы двигателя на 21 кг. На этапе внедрения и опытной отработки находятся: диафрагма, корпус подвесок, силовой корпус, корпус створок, внешний обтекатель реверсивного устройства, панель со звукопоглощающим контуром, кожух внутренний, обтекатель, кожух, корпус, обеспечивающие дополнительное снижение массы двигателя на 39 кг. На стадии проектирования находятся: корпус вентилятора, лопатка спрямляющая, решетка реверсивного устройства, силовая панель, с планируемым выигрышем по массе до 63 кг.

Таким образом, суммарное снижение массы двигателя ПС-90А при использовании композитных деталей составляет порядка 123 кг от сухой массы двигателя в 2950 кг. Это приводит к увеличению коммерческой нагрузки для среднемагистральных самолетов типа ТУ-204, оснащенных двумя двигателями ПС-90А на 246 кг, а для дальнемагистральных самолетов типа ИЛ-96-300 с четырьмя двигателями на 492 кг. Очевидное преимущество композитов привело к тому, что в настоящее время при создании нового двигателя ПС-90А12 уже на этапе проектирования закладываются требования выполнения ряда корпусных деталей из композиционных материалов.

Формование композитных корпусных деталей осуществляется методом ручной укладки на оправку различным образом ориентированных слоев стекло и карбопрепрегов. Большинство деталей выполняются полностью из композитов, хотя в некоторых конструктивных решениях предусматривается использование металлических фланцев, которые могут быть впоследствии заменены на фланцы из композиционных материалов по мере отработки последних.

В общем случае на корпусные детали авиадвигателя действует сложная система сосредоточенных и распределенных нагрузок, основными из которых являются: внутреннее давление, растягивающая нагрузка от газовых сил и равнодействующая инерционных сил, приложенная в центре масс конструкции. Кроме того, отдельные детали могут быть подвержены избыточному наружному давлению, воздействию набегающего наружного потока, а также сжимающим усилиям, возникающим при сборке конструкции обшивки авиадвигателя.

Наиболее нагруженными элементами деталей при этом являются фланцевые узлы крепления, которые в рассматриваемых конструктивных вариантах выполнены из тех же материалов, что и сами детали и составляют с ними одно целое. Согласно требованиям технического задания фланцы должны обеспечивать надежное крепление в диапазоне температур от -60°C до 100°C при действии инерционных сил с перегрузкой $5733g$ и вибрационных нагрузок с частотой от 5 до 200 Гц, амплитудой виброускорения до $3,5g$, а также обладать ресурсом работы 25 000 часов за период 10 лет [1].

В настоящее время разрабатываются методики расчета композиционных фланцев на прочность, позволяющие прогнозировать ресурс корпусных деталей, в которых они используются.

Необходимо отметить, что несмотря на сложности производства композитов, доля их использования в производстве ЛА будет расти. Это положительно скажется на безопасности полетов, снижении массы, улучшении аэродинамических характеристик ЛА.

Список использованной литературы

1. Макин Ю.Н., Основы производства ЛА и АД. Конструкции их композиционных материалов.
2. <https://ru.wikipedia.org>

Возрождение применения экранопланов в транспортной системе России

И.Н. Гусев, А.В. Караманов

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

Одной из важнейших современных научно-технических проблем является создание новых перспективных транспортных средств с улучшенными эксплуатационными, экономическими и экологическими характеристиками. Создание такого транспорта особенно актуально для регионов Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока со слаборазвитой транспортной системой и легкокоранимой природой. Решить эту проблему можно, создавая бесконтактные транспортные аппараты с динамическим принципом поддержания. Важное место среди них занимают экранопланы (ЭП) – аппараты, использующие положительное влияние опорной поверхности на аэродинамические характеристики. Целесообразность создания экранопланов обусловлена их бóльшей экономической эффективностью по сравнению с самолетами, вертолетами, СПК и другими аппаратами; специфическими особенностями, в частности отсутствием контакта с опорной поверхностью, отсутствием необходимости оборудованных взлетно-посадочных полос и сложного аэродромного хозяйства, высокой скоростью, амфибийностью, независимостью от погоды, экологичностью [1].

Область применения экранопланов может быть самой разнообразной. Они могут быть использованы для грузопассажирских перевозок в районах Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока, где автомобильные и железные дороги развиты слабо и основная доля грузопассажирских перевозок приходится на водный транспорт, срок эксплуатации которого ограничен. Поэтому для этих районов возможно использование экранопланов по акваториям больших и средних рек как для пассажирских перевозок, так и для перевозок различных грузов, почты, ценного сырья, нефти, газа. При этом решается важнейшая проблема их эксплуатации в течение всего года, а это приведет к большой экономической эффективности. Большой социальный эффект принесет внедрение этих транспортных средств в народное хозяйство страны, так как приведет к созданию нового быстроходного вида транспорта и новой отрасли машиностроения – экранопланостроения.

В эпоху международной экономической интеграции применение экранопланов как транспортного средства на морских и океанских трассах

позволит не только снизить себестоимость перевозок, но и приведет к возникновению новых торговых маршрутов.

Интенсивные исследования в области околоэкранный аэродинамики и создания экранопланов ведутся как в России, так и за рубежом. Наибольший вклад в практическое экранопланостроение внесен работами, проводившимися под руководством Р.Е. Алексеева, продолжением которых являлась постройка серии экранопланов и одновременное развитие материальной базы, охватывающей все циклы производства. Однако, несмотря на большую важность и теоретические достижения в области аэродинамики и проектирования экранопланов, промышленное производство в постперестроечные годы было полностью свернуто в России.

Проектные проработки экранопланов и строительство опытных экземпляров (или мелкой серии) в Российской Федерации выполняют сейчас следующие организации: ОАО «ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева», ОАО «ТАНК им. Г.М. Бериева», ОАО «ОКБ Сухого», различные ЗАО и ООО, а также студенческие КБ и конструкторские коллективы при ВУЗах.

Главной проблемой, возникающей при создании экранопланов является отсутствие нормативно-правовой базы, что существенно сдерживает развитие и практическое внедрение гражданских экранопланов.

Проектирование, строительство, продажа и коммерческая эксплуатация любого транспортного средства невозможна без наличия национальных или международных Правил, гарантирующих обеспечения надлежащего уровня безопасности и его проверки.

Сложность заключается в базовых определениях международной морской организации (ИМО) и международной организации гражданской авиации (ИКАО) [2].

Базовые определения ИМО и ИКАО. Воздушное судно (ИКАО) – любой аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет его взаимодействия с воздухом, исключая взаимодействие с воздухом, отраженным от земной поверхности.

Экраноплан (ИМО) – многорежимное судно, которое в своем основном эксплуатационном режиме летит, с использованием экранного эффекта, над водной или иной поверхностью, без постоянного контакта с такой поверхностью, и поддерживается в воздухе, главным образом, аэродинамической подъемной силой, генерируемой на воздушном крыле (крыльях), корпусе, или их частях, которые предназначены для использования действия экранного эффекта.

И динамическая и статическая составляющие давления воздуха под крылом ЭП в экранном режиме рассматриваются как результат взаимодействия с воздухом, отраженным от земной поверхности.

Таким образом, по определению ИКАО: экраноплан в своем основном режиме не является воздушным судном. Это обстоятельство и многоре-

жимность эксплуатации существенно затруднили создание нормативной базы для ЭП и обусловили их принадлежность к морскому транспорту.

Определения ИМО эксплуатационных режимов экранопланов:

- 1) «Амфибийный» («Amphibian mode») – специальный кратковременный режим амфибийного ЭП, когда он поддерживается, главным образом, статической воздушной подушкой и медленно движется над поверхностью, иной, чем вода.
- 2) «Водоизмещающий» («Displacement mode») – режим, при котором вес судна, как при движении, так и без движения полностью или преимущественно поддерживается гидростатическими силами.
- 3) «Глиссирования» («Planing mode») – режим нормальной эксплуатации судна на поверхности воды, при котором негидростатические силы существенно или преимущественно поддерживают вес судна.
- 4) «Переходный» («Transitional mode») – промежуточный режим между режимами водоизмещения и глиссирования.
- 5) «Экранный» («Ground effect mode») – основной эксплуатационный режим полета судна вблизи поверхности воды или иной опорной поверхности в диапазоне высот действия «экранного эффекта».
- 6) «Взлета/Посадки» («Take off/Landing mode») – промежуточный режим между режимами глиссирования и экранным.
- 7) «Перелет» («Fly-over mode») – кратковременное и ограниченное увеличение высоты полета экранопланов типа «В» или «С», превышающее высоту, при которой существует действие «экранного эффекта» и не превосходящее минимальной безопасной высоты полета воздушного судна по требованиям ИКАО.
- 8) «Самолетный» («Aircraft mode») – полет ЭП типа «С» за пределами высоты действия «экранного эффекта» и минимальной безопасной высоты полета воздушного судна по требованиям ИКАО.

Классификация ИМО типов ЭП:

Тип А: судно, которое сертифицировано для эксплуатации только внутри зоны действия «экранного эффекта». Во всех режимах эксплуатации он подчиняется требованиям ИМО.

Тип В: судно, которое сертифицировано кратковременно и на ограниченную величину увеличивать высоту полета за пределы действия «экранного эффекта, но на расстояние от поверхности, не превосходящее 150 м. Он также подчиняется требованиям ИМО, способен (в экстренной ситуации) кратковременно увеличивать высоту полета для перелета через другое судно, препятствие или иных целей. Максимальная высота такого «перелета» («подлета») должна быть меньше, чем минимальная безопасная высота полета воздушного

судна по требованиям ИКАО (над морем – 150 м). Ограничение высоты в 150 м контролируется ИКАО.

Тип С: судно, которое сертифицировано эксплуатироваться вне зоны действия «экранного эффекта» при высоте, превышающей 150 м. Как типы А и В, он подчиняется требованиям ИМО во всех режимах эксплуатации кроме «самолетного».

В «самолетном» режиме он является «воздушным судном» по ИКАО и его безопасность должна обеспечиваться только требованиями ИКАО, с учетом особенностей экранопланов. Следует обратить внимание, что ЭП типа С принципиально отличается от гидросамолета тем, что экранный режим для него является основным эксплуатационным по определению, он предназначен и спроектирован длительно работать, главным образом, в этом режиме. «Самолетный» режим является для него вспомогательным и неэкономичным, в то время, как для гидросамолета, полет на большой высоте является основным расчетным режимом эксплуатации.

Для координации деятельности создана ассоциация разработчиков, производителей и потребителей экранопланов в России (г. Москва) [3].

Российские компании, входящие в состав Ассоциации «Экраноплан»:

- ООО «Экранопланостроительное объединение «Орион», г. Москва (разработка и строительство экранопланов);
- ООО «Экранополет», г. Москва (разработка конструктивной документации и поставка продукции);
- ООО «Инвестиционная Промышленно-Финансовая Группа», г. Москва (разработка и строительство экранопланов);
- ОАО «Судостроительный завод «Волга», г. Нижний Новгород (опытные образцы экранопланов);
- ООО «Небо+Море», г. Мытищи (разработка и строительство экранопланов);
- ООО «Амфикон», г. Нижний Новгород (разработка и строительство экранопланов);
- ЗАО «Мирэл», г. Москва (строительство экранопланов);
- ООО «НПФ «Портал» г. Москва (радиосистемы и комплексы);
- ООО «АлексМарин-МилПол», г. Москва (композитные материалы, строительство катеров и экранопланов);
- ООО «МоторКом», г. Москва (двигатели внутреннего сгорания нового поколения);
- ООО «КБ Стороженко», г. Волгодонск (двигательно-движительные комплексы);
- ОАО «Горизонт», г. Ростов-на-Дону (радиоэлектронная аппаратура);
- ООО «ОнегоКомпозит», г. Петрозаводск (изготовление экранопланов из композитных материалов);

- ООО «Авиасистемы», г. Москва (разработка и испытание проектов экранопланов);
- ООО «Дуга», г. Москва (альтернативная энергетика, международное продвижение проектов экранопланов).



Рисунок 1 – Проекты экранопланов «Ассоциации «Экраноплан»

Консолидация усилий в рамках государственно-частного партнерства всех заинтересованных федеральных и региональных органов исполнительной власти, научных и производственных предприятий позволит обеспечить достижение следующих целей:

1. сохранить приоритет России в области экранопланостроения, в том числе и в интересах вооруженной защиты ее интересов;
2. создать мобильный элемент системы контроля морских и океанских направлений и коммуникаций в оперативно и экономически важных для России районах Мирового океана;
3. обеспечить интересы России в исключительной экономической зоне и разработку шельфа окраинных морей;
4. обеспечить развитие удаленных регионов Арктики, Сибири и Дальнего Востока;
5. создать предпосылки к построению высокоэффективной системы спасения на водных акваториях;
6. создать и развить промышленное производство экранопланов, инновационного вида транспорта – транспорта 21 века.

Список используемой литературы

1. Гусев И.Н. Улучшение эксплуатационных возможностей экранопланов схемы «Утка»//Изв. Вузов. Авиационная техника. 1995, № 2. с. 9-13.
2. Богданов А.И. Современное состояние и проблемы развития отечественных и международных нормативно-правовых документов по безопасности гражданских экранопланов.//<https://docviewer.yandex.ru/print.xml?uid>.
3. Варакосов Ю.Г. Основные результаты деятельности ассоциации разработчиков, производителей и потребителей экранопланов «Экраноплан». <https://docviewer.yandex.ru/print.xml?uid>.

Оценка возможностей и достоверности MatLab + Simulink при моделировании функционирования гидравлической системы летательного аппарата

Д.А. Гусельников, Н. А. Шелков

Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, 664047, г. Иркутск, ул. Коммунаров 3.

В данной работе решается задача разработки математической модели гидравлической системы самолета, которая позволяет:

- достаточно достоверно описать функционирование системы;
- смоделировать работу системы в случае ее нештатной работы, неисправностей и отказов подсистем и агрегатов.

Ключевые слова: математическая модель, гидравлическая система, MatLab, Simulink.

Гусельников Дмитрий Алексеевич, инженер кафедры летательных аппаратов, e-mail: demon02121992@mail.ru

Шелков Никита Александрович, старший лаборант кафедры летательных аппаратов, e-mail: nikeshelkov@mail.ru

Математическое моделирование производилось в системе программирования MatLab с использованием приложения Simulink [1], которая позволяет в значительной степени автоматизировать наиболее трудоемкий этап моделирования. Она позволяет составлять и решать сложные системы алгебраических и дифференциальных уравнений, описывающих заданную функциональную схему (модель), обеспечивая удобный и наглядный визуальный контроль за поведением созданного пользователем виртуального устройства.

MatLab + Simulink содержит отдельную библиотеку SimHydraulics [2]. С помощью продукта SimHydraulics можно рассчитать давление и напор жидкости в системе. Предлагаемые инструменты позволяют смоделировать преобразование гидравлической энергии в крутящий момент гидромотора или в поступательное перемещение силового цилиндра, приводящие в действие различные механизмы, а так же оценить эффект, вызванный открытием и закрытием клапанов. Для получения максимально точных результатов в состав SimHydraulics добавлена библиотека распространенных рабочих жидкостей. Таким образом, пакет SimHydraulics позволяет решать задачи статики, кинематики и динамики различных гидравлических систем.

К достоинствам реализации моделирования гидравлических систем при помощи SimHydraulics в Simulink могут быть отнесены простота со-

здания моделей, наглядность и высокая скорость вычислений при моделировании систем с большим числом элементов.

В отличие от большинства других блоков Simulink, которые выполняют математические действия или обрабатывают сигналы, блоки SimHydraulics представляют собой непосредственно элементы гидравлических систем или связи между ними. При этом набор стандартных блоков достаточно широк и позволяет моделировать практически любые гидравлические системы.

В качестве объекта исследования для проверки достоверности результатов расчетов в Simulink выбран реальный гидравлический стенд НТЦ-36.100. Этот стенд позволяет изучать устройство и определение рабочих и кавитационных характеристик шестеренного насоса; устройство и определение характеристик гидроцилиндра; исследование характеристик объемного регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена (с дроссельным принципом регулирования) и др.

В работе исследовалась схема, представленная на рисунке 1, соответствующая характеристикам объемного регулируемого гидропривода с поступательным движением выходного звена.

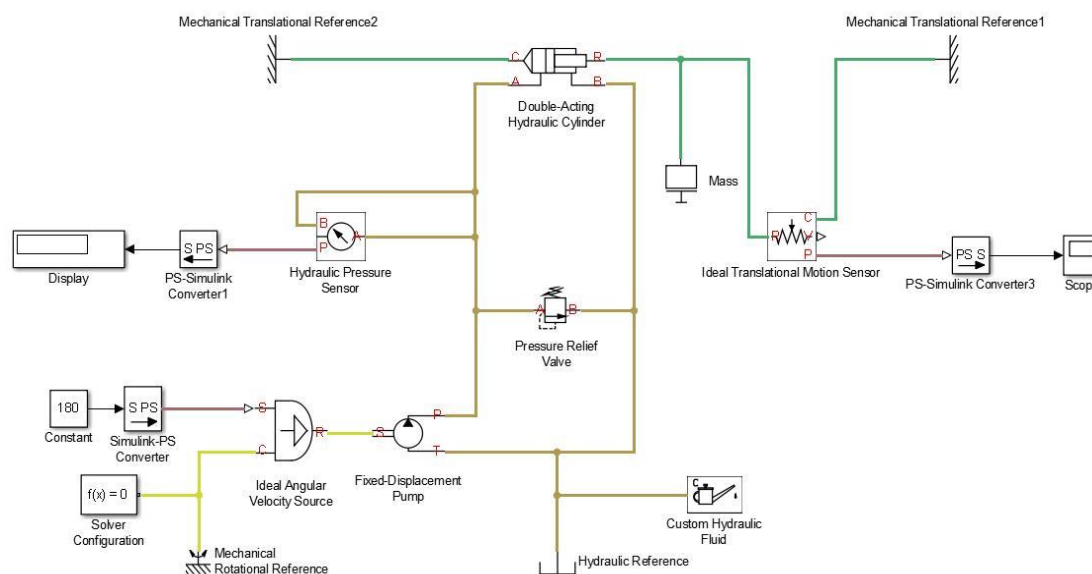


Рисунок 1 - Принципиальная гидравлическая схема, реализованная в Simulink

В ходе проведенной работы были получены следующие параметры: перепады давлений жидкости при наличии различных видов сопротивлений (обратный клапан, колено, трубопровод, фильтр и др.), определено время перемещения полного хода поршня при различных режимах работы, путем регулирования расхода жидкости.

Полученные значения в Simulink, были сопоставлены с реальными значениями стенда НТЦ-36.100 и показали достаточно хорошее совпадение исследуемых параметров.

Список использованной литературы

1. Дьяконов В. П. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 768 с.: ил.
2. Руппель А.А., Сагандыков А.А., Корытов М.С. Моделирование гидравлических систем в MatLab: Учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172с.

Моделирование возмущенного движения самолета в задачах исследования устойчивости и управляемости на основе MatLab

Д. А. Гусельников, Н. А. Шелков

Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, 664047, г. Иркутск, ул. Коммунаров 3.

В работе рассматривается вопрос создания методики и разработки программного комплекса исследования динамики устойчивости и управляемости ЛА на основе полнофакторной модели динамики и аэродинамики ЛА.

Ключевые слова: модель, аэродинамика, устойчивость, управляемость.

Гусельников Дмитрий Алексеевич, инженер кафедры летательных аппаратов, e-mail: demon02121992@mail.ru

Шелков Никита Александрович, старший лаборант кафедры летательных аппаратов, e-mail: nikeshelkov@mail.ru

Задача исследования устойчивости и управляемости ЛА, как одна из основных задач динамики полета, остается на сегодняшний день весьма актуальной. Особенно в приложении к проектированию летательных аппаратов нетрадиционных схем и принципов полета, например, экранопланов.

Оценить эти характеристики можно следующими способами:

- 1) с помощью критериев статической и динамической устойчивости и управляемости;
- 2) с помощью математических моделей и основанных на них пилотажных стендов;
- 3) с помощью физической модели.

В настоящей работе предлагается метод расширяющий возможности первого способа до задач, решаемых на уровне практической значимости второго подхода.

Динамика движения ЛА описывается следующими уравнениями:

$$m \frac{dV}{dt} = P \cdot \cos \alpha_p - X_a - G \cdot \sin \theta;$$

$$m \frac{d\theta}{dt} = Y_a + P \cdot \sin \alpha_p - G \cdot \cos \theta;$$

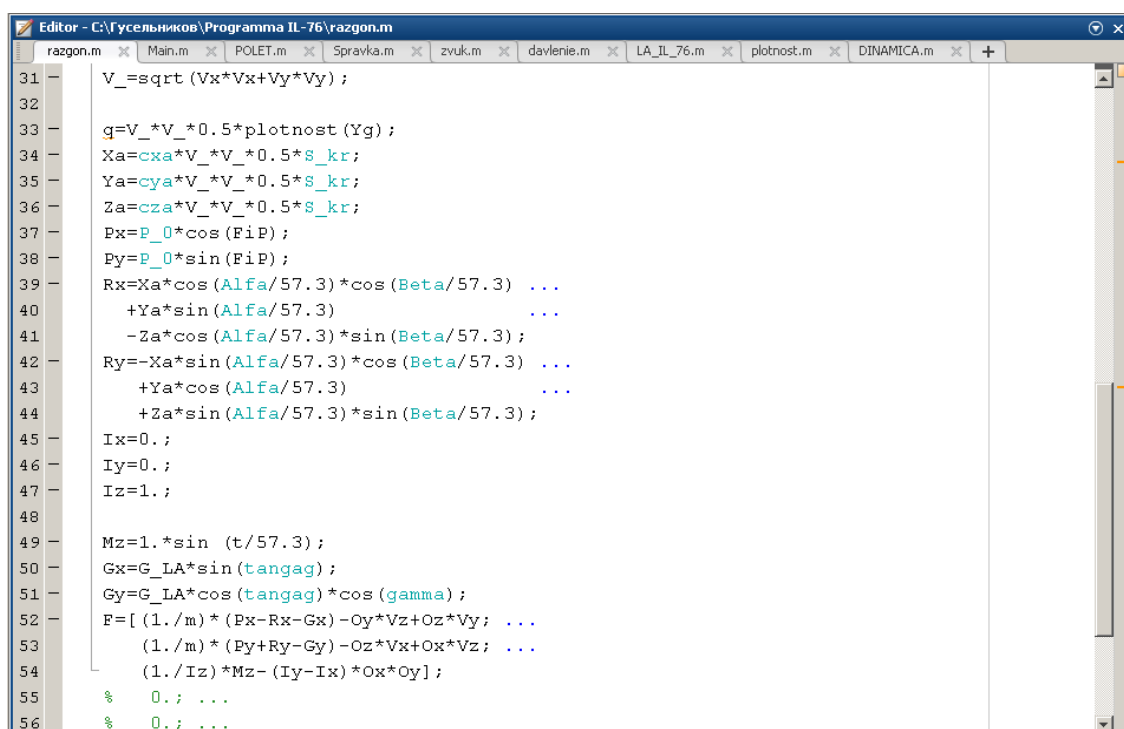
$$I_z \frac{d\omega_z}{dt} = M_{z_0} + M_z^\alpha \cdot \alpha + M_z^{\sigma_{PB}} \cdot \sigma_{PB} + M_z^{\omega_z} \cdot \omega_z + M_z^{\dot{\alpha}} \cdot \dot{\alpha} + \dots$$

В качестве инструмента используется программа MatLab, позволяющая решать задачи технического вычисления [1]. Возможности MatLab очень обширны, и позволяют находить решение уравнений и систем, про-

изводить интегрирование и дифференцирование вычислять пределы и т.д. Также программа позволяет создавать графические приложения в среде GUIDE, содержащиеся в нескольких файлах.

Решение данных дифференциальных уравнений возможно с применением численных методов, которые реализуются с применением решателя ODE45[2].

В программе реализуются различные режимы полета ЛА, путем задания исходных данных, возмущающих воздействий и т.д. Алгоритм расчета представленных дифференциальных уравнений, аэродинамические характеристики прописываются в отдельных m-файлах (рисунок 1).



```
Editor - C:\Гусельников\Programma IL-76\razgon.m
razgon.m x Main.m x POLET.m x Spravka.m x zvuk.m x davlenie.m x LA_IL_76.m x plotnost.m x DINAMICA.m x +
31 - V=sqrt (Vx*Vx+Vy*Vy) ;
32
33 - q=V_*V_*0.5*plotnost (Yg) ;
34 - Xa=cxa*V_*V_*0.5*S_kr;
35 - Ya=cya*V_*V_*0.5*S_kr;
36 - Za=cza*V_*V_*0.5*S_kr;
37 - Px=P_0*cos (FiP) ;
38 - Py=P_0*sin (FiP) ;
39 - Rx=Xa*cos (Alfa/57.3) *cos (Beta/57.3) ...
40 -   +Ya*sin (Alfa/57.3) ...
41 -   -Za*cos (Alfa/57.3) *sin (Beta/57.3) ;
42 - Ry=-Xa*sin (Alfa/57.3) *cos (Beta/57.3) ...
43 -   +Ya*cos (Alfa/57.3) ...
44 -   +Za*sin (Alfa/57.3) *sin (Beta/57.3) ;
45 - Ix=0. ;
46 - Iy=0. ;
47 - Iz=1. ;
48
49 - Mz=1.*sin (t/57.3) ;
50 - Gx=G_LA*sin (tangag) ;
51 - Gy=G_LA*cos (tangag) *cos (gamma) ;
52 - F= [ (1./m) * (Px-Rx-Gx) -Oy*Vz+Oz*Vy; ...
53 -      (1./m) * (Py+Ry-Gy) -Oz*Vx+Ox*Vz; ...
54 -      (1./Iz) *Mz- (Iy-Ix) *Ox*Oy] ;
55 - % 0.; ...
56 - % 0.; ...
```

Рисунок 1 – m-файл

Например, задание исходных данных и выбранного режима полета представлены на рисунке 2. Результат расчета выводится в отдельном графическом окне (рисунок 3).

Программа позволяет исследовать поведение ЛА в случае возмущенного движения и его летные характеристики на этапе предварительного проектирования. Аэродинамические характеристики летательного аппарата определяются с использованием Ansys–моделирования [3]. Внешние возмущающие воздействия (отклонение аэродинамических управляющих поверхностей, изменение режима работы двигателя, порыв ветра и т.п.) определяются исследователем на этапе задания исходных данных в любой комбинации.

Анализ характера изменения параметров возмущенного движения позволяет оценить пилотажные характеристики качественно, так и определить количественные показатели устойчивости и управляемости летательного аппарата.

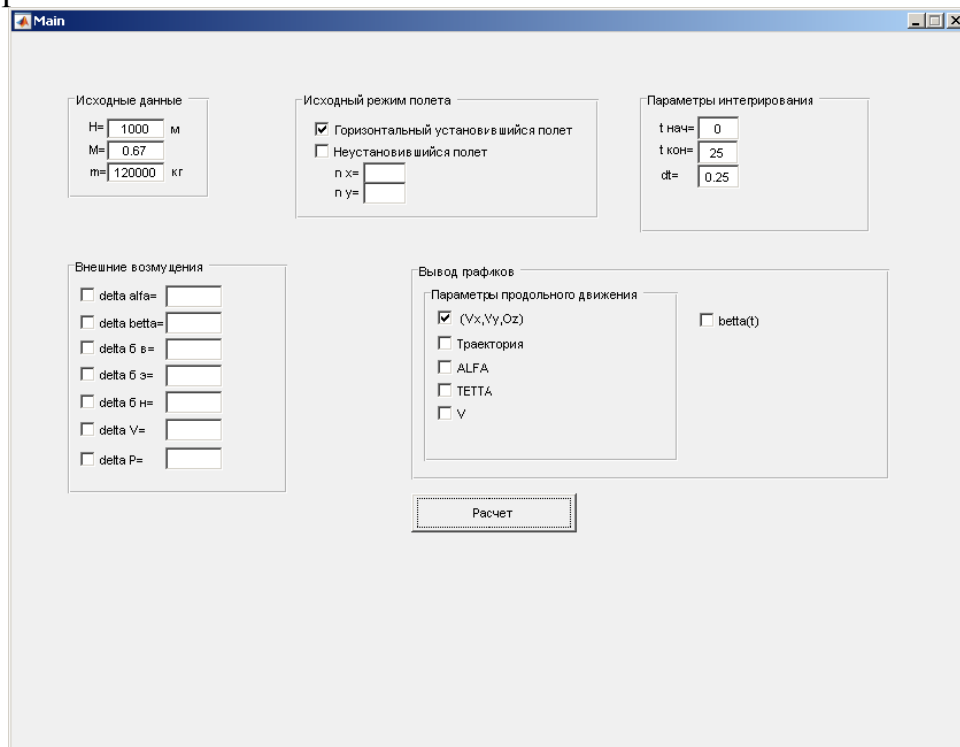


Рисунок 2 – Окно задания исходных и начальных данных и управления ходом расчета

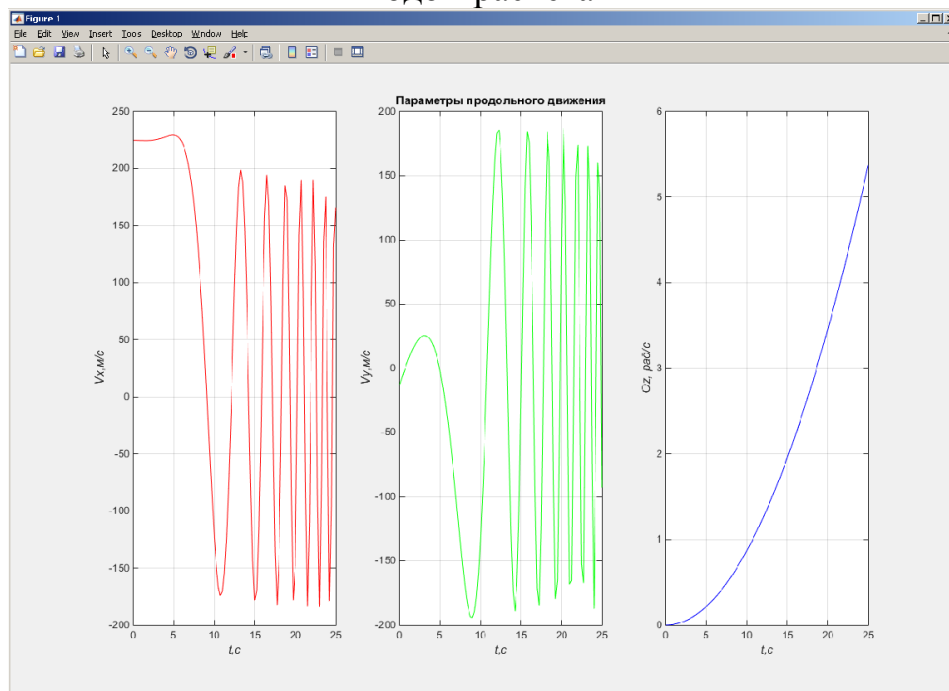


Рисунок 3 – График

Список использованной литературы

1. Лазарев Ю. Ф. Начала программирования в среде MatLab: Учебное пособие. – К.:НТТУ "КПИ", 2003. – 424с.
2. Ануфриев И. Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. – СПб.:БХВ-Петербург, 2002 – 736с.:ил.
3. *Вшивков Ю.Ф.* Комплексная оценка достоверности расчёта аэродинамических характеристик сложных объектов с использованием ANSYS/ Ю. Ф. Вшивков, Е. А. Галушко, С. М. Кривель // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» (МИАЖ «Crede Experto»)/ № 1 (03). Март 2015 (<http://ce.if-mstuca.ru>)

Водородное топливо для топливных элементов

А.В. Данеев, В.Ц. Ванчиков

Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

Показаны преимущества использования водородного топлива для топливных элементов.

Ключевые слова: водородное топливо, топливные элементы, электричество, силовая установка.

Данеев Алексей Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и защита информации, тел.: 89086669007, e-mail: daneev@mail.ru
Ванчиков Виктор Цыренович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и защита информации, тел.: 8904188834, e-mail: vanchikov.viktor@yandex.ru

В настоящее время за рубежом и в нашей стране созданы легковые автомобили [1], автобусы [2], подводные лодки с электродвигателями, получающими электрическую энергию от топливных элементов [3]. В свое время высокая эффективность получения электрической энергии при помощи топливных элементов доказана использованием их на космических кораблях. Так, институт Fuelcell Propulsion Institute из Денвера предоставил проект по созданию дизельного локомотива мощностью 1200 кВт, питаемый энергией электрохимического горения водорода в топливных элементах [4]. Благодаря этому можно сократить расходы на топливо на 20 %.

В топливных элементах, работающих в качестве электрохимического генератора (ЭХГ), осуществляется прямое превращение водородного топлива в электричество, минуя малоэффективные процессы преобразования энергии в двигателях внутреннего сгорания. Вследствие этого, электрохимическое горение водорода идет при невысоких температурах и практически без потерь. К примеру, испытания вышеуказанного ЭХГ, проведенные сотрудниками лаборатории «Теплосиловые установки и альтернативные топлива» ВНИИЖТа совместно со специалистами ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия», показали следующие положительные качества топливных элементов. К ним относятся: высокий КПД, способность к перезагрузке, небольшой расход водородного топлива на холостом ходу, отсутствие изнашиваемых движущихся деталей, малое время регламентных

работ, бесшумность рабочего процесса, экологическая чистота отводимых газов, поскольку единственным продуктом реакции является вода, что позволяет с большой эффективностью применить в качестве силовых установок [3], например, для электрокар внутривозовского транспорта. При этом топливный водород получают из природного газа путем окисления его кислородом воздуха. В реакциях окисления катализатором служит платина.

В отличие от вышеуказанного способа получения топливного водорода, в работах [5, 6] приведены результаты опытов получения водорода из растворимого проводника тока в электролите. При данном способе получения водорода металлические пластины погружают в емкость с раствором электролита, при этом для увеличения объема выделенного водорода, пластины подключают параллельно к кабелям электропитания тяговых двигателей электрокар (широко используемых на предприятиях машиностроения). Такое подключение металлической пластины увеличивает общее сечение проводников тока к электродвигателю, уменьшая при этом величину электрического сопротивления, что приводит к минимально возможному расходу электрической энергии через пластины. Здесь электрический ток, протекающий по кабелям к электродвигателю, попутно производит водород на поверхности растворяемого в электролите металла. Полученный таким образом водород идет на поддержание электрохимического горения в топливных элементах электропитания тяговых двигателей электрокар. Вследствие этого достигается увеличение общего КПД энергоустановок внутривозовского транспорта. Производство 1 м³ топливного водорода будет дешевле производства 1 м³ природного газа в три раза [7].

В случае получения топливного водорода на стационарных электроустановках, например, в электролитных или электросварочных цехах, то газ можно накапливать в твердых аккумуляторах на основе металлгидридов (емкостью по газу 70 м³).

Что касается об актуальности применения ЭХГ для России, свидетельствуют перспективные проекты использования водорода в электроустановках на топливных элементах для локомотивов [3]. Так, например, в западных странах проблема энергетического использования водорода приобретает законодательную, организационную, техническую и межгосударственную основу. В США, г. Майами, создана штаб-квартира Международной ассоциации по проблемам водородной энергетики, в которую вошли 82 государства. В промышленно развитых странах – США, Японии, Канаде, Швеции, Германии, Норвегии, Швейцарии – уровень потребления его наиболее высок и продолжает увеличиваться [8].

В качестве топлива водород привлекателен, прежде всего, высокой теплотворной способностью 12,6 МДж/м³, что выше три раза, чем у природного газа (4,1 МДж/м³). В настоящее время в мире получают около 30

млн т водорода в год. Согласно прогнозам, через 40 лет производство водорода увеличиться в 20-30 раз [7].

В нижеприведенном рисунке показана схема получения топливного водорода. При этом, не нарушая существующую схему электропитания тяговых электродвигателей, установку для получения водорода 7 подключают параллельно к силовому кабелю 2 (рисунок 1).

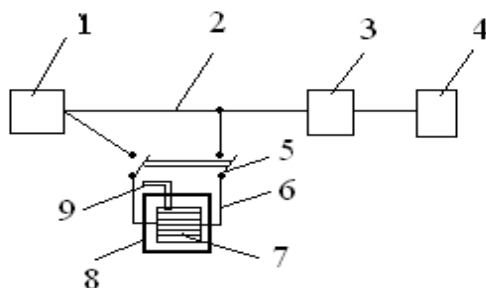


Рисунок 1 – Схема получения топливного водорода:

1 – тяговые электродвигатели и другие потребители электрической энергии; 2 – силовой кабель; 3 - трансформатор; 4 – источник электрической энергии (ЭХГ); 5 – выключатель; 6 – кабель подключения ванны; 7 – ванна, содержащая электролит, в котором находятся металлические пластины (или стружки, служащие как проводники электрического тока), и подключается к кабелю 6; 8 – корпус установки для получения водорода, изготовленного из диэлектрического материала; 9 – отводная трубка, через которую водород направляется в топливные элементы или в твердые аккумуляторы на основе металлгидридов (емкостью по газу 70 м³) для использования в бытовых нуждах.

Заключение

Использование водородного топлива в топливных элементах, работающих в качестве электрохимического генератора, увеличивает общий КПД энергоустановок.

Список использованной литературы

1. Ивлев С.Н., Мирзоев Т.К. Перспективы создания автомобилей на топливных элементах в ОАО «АВТОВАЗ» // Информационный бюллетень Национальной газомоторной ассоциации. 2005. № 4. С. 29-30.
2. Фофанов Г.А., Нестрахов А.С., Соколов Б.А., Глухих И.Н., Худяков С.А., Щербаков А.Н. Энергоустановки на топливных элементах // Железнодорожный транспорт. 2005. № 9. С. 48-49.

3. Григорович Д.Н., Нестрахов А.С., Фофанов Г.А, Щербаков А.Н. Исследования по созданию энергоустановки на топливных элементах для перспективного локомотива // Вестник ВНИИЖТ, 2006. № 2. С. 28-30.
4. www.cnews.ru/cgi-bin/oranews
5. Ванчиков В.Ц., Ванчиков А.В. Коррозия проводника тока: Депонированная рукопись. М.: ВИНТИ, 1999. № 1125-В91.
6. Ванчиков В.Ц. Очистка воды растворимыми электродами // Экология промышленного производства, 2006. № 4. С. 36-38.
7. Чехова А.Н. Перспективы использования комплементарных нанотехнологий в промышленном производстве и их риски // Экология промышленного производства, 2007. № 1. С. 51-57.
8. Лисов О.М., Степанов В.Е. Энергетика, экология и альтернативные источники энергии // Экология промышленного производства, 2006. № 1. С. 47-55.

Практическое применение модуля Routing Electrical системы NX при проектировании электрожгутов беспилотного летательного аппарата

А.К. Зарицкий, А.С. Говорков

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

Аннотация. В статье рассматриваются практическое использование инструмента Routing Electrical (электрическая маршрутизация) системы NX 9 Siemens PLM Software при проектировании электрожгутов беспилотного летательного аппарата типа квадрокоптер F450.

Ключевые слова: электрическая маршрутизация; модель изделия; квадрокоптер.

Зарицкий Алексей Константинович, студент гр. СМ-12, тел.: 89025442096, e-mail: annzar@mail.ru

Говорков Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89086608912, e-mail: govorkov_as@istu.edu

Современная экономическая ситуация ставит перед промышленными предприятиями сложную задачу по выпуску конкурентоспособной продукции в минимально короткие сроки с наибольшей эффективностью. Одни из наиболее мощных САПР – Simens NX компании EDS, CATIA французской фирмы Dassault Systemes (которая продвигает ее вместе с IBM) и Pro/Engineer от PTC (Parametric Technology Corp.). Главная особенность таких мощных САПР — обширные функциональные возможности, высокая производительность и стабильность работы — все это результат длительного развития..

Возможность применения модуля Routing Electrical была рассмотрена в работе [1] и выявила ряд задач, которые могут быть решены при проектировании систем квадрокоптера DJI F450.

Рассмотрим пример проектирования электрического жгута на примере простого аккумулятора, состоящего из элементов питания (1), обмотки (2) и контакта (3) (рисунок 1).

Проектирование состоит из следующих этапов:

- 1) подготовка;
- 2) определение рабочих деталей;
- 3) создание портов;

4) создание траектории.

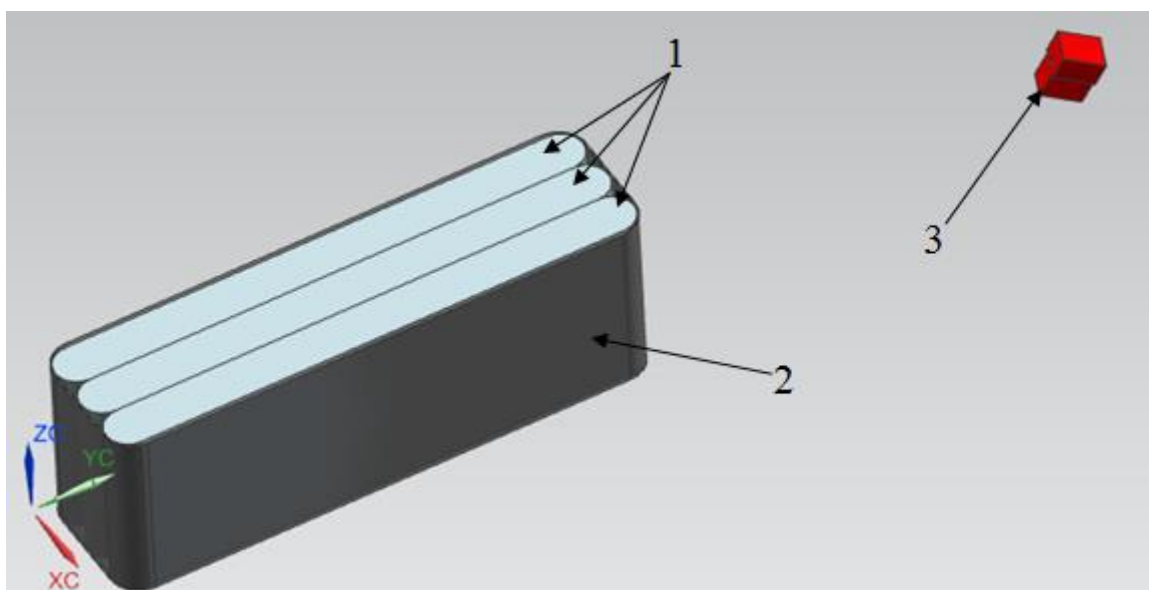


Рисунок 1- Аккумулятор: 1-элементы питания; 2- обмотка; 3- контакт.

1. Подготовка

На этапе подготовки необходимо проверить включены ли дополнительные команды для данного модуля.

Для этого в NX выполняется следующая последовательность команд: Файл/Все приложения/Маршрутизация/ проверить отмечены ли галочкой строки Жгут и Прокладка кабеля и отметить их если это необходимо.

После этого на панели инструментов Routing Electrical появятся дополнительные команды необходимые для проектирования.

2. Определение рабочих деталей

На этом этапе определяются детали, которые в последствии будут соединяться электрическими жгутами.

В нашем примере соединяться будут 2 детали это контакт и средний элемент питания.

Для определения рабочих деталей в древе навигатора модели перейдем на вкладку Навигатор электрических компонент, затем кликнув правой кнопкой мыши по строке Рабочая деталь из выпадающего списка выбрать Компонент/Создать.

Появляется окно Мастера создания компонент (рисунок 2).

Выбираем необходимую нам деталь, к примеру контакт, щёлкнув по ней левой кнопкой мыши, в окне Мастера создания компонент появляется имя выбранного нами компонента, затем выбираем необходимый нам тип компонента из списка в нашем случае это Устройство, в поле Идентификатор устройства (Device ID) вписываем номер устройства, например 01.

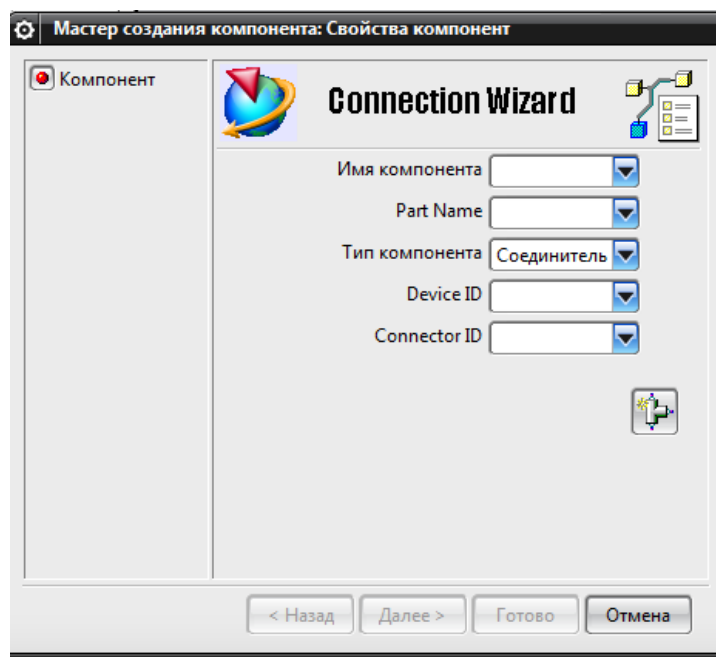


Рисунок 2 - Окно Мастера создания компонент

Для определения следующей детали жмём клавишу Далее, и повторяем ту же последовательность действий. Когда будут определены все детали жмём кнопку Готово.

Заметим что в древе модели в разделе Навигатор электрических соединений появились детали под назначенными нами ID (рисунок 3).

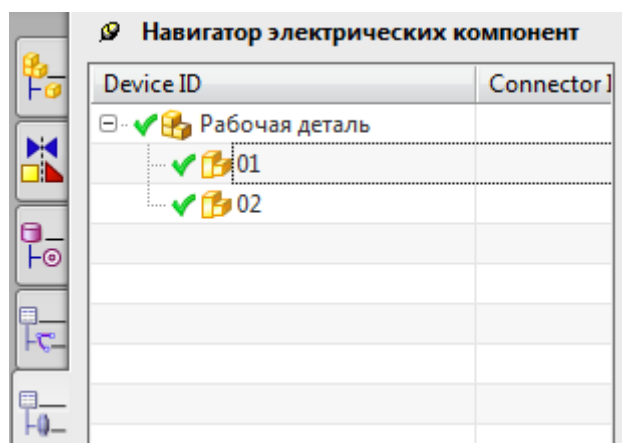


Рисунок 3- Навигатор электрических компонент после определения деталей

3. Создание портов

Порт – объект модуля электрической маршрутизации, представленный в системе NX в виде векторов направления и вращения. Порты используются для ориентации элементов электрических сетей друг относительно друга при их соединении.

Можно определять различные типы портов, в зависимости от использования. Базовыми типами портов являются Фитинги, Крепежи, и Мультипорты, каждый из которых отображается по-разному.

Фитинг (Fitting) - одиночный порт для входа одного жгута (провода), рисунок 4.

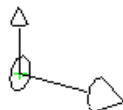


Рисунок 4 – Одиночный порт *Fitting*

Крепеж (Fixture) - для точек крепления (хомутов и т.д.), рисунок 5.

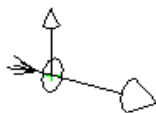


Рисунок 5 – Порт для точек крепления *Fixture*

Позволяет разместить деталь на траектории. Используется для держателей, клемм, фиксаторов и других деталей, используемых для предотвращения перемещения. Крепежи не соединяются с другими портами.

Мультипорты (Multi) - множественный порт, рисунок 6.

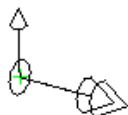


Рисунок 6 – Множественный порт *Multi*

Для проектирования портов выбираем команду Дополнительно/Определить деталь (рисунок 7). (Расположение команды показано для ленточной панели инструментов.)

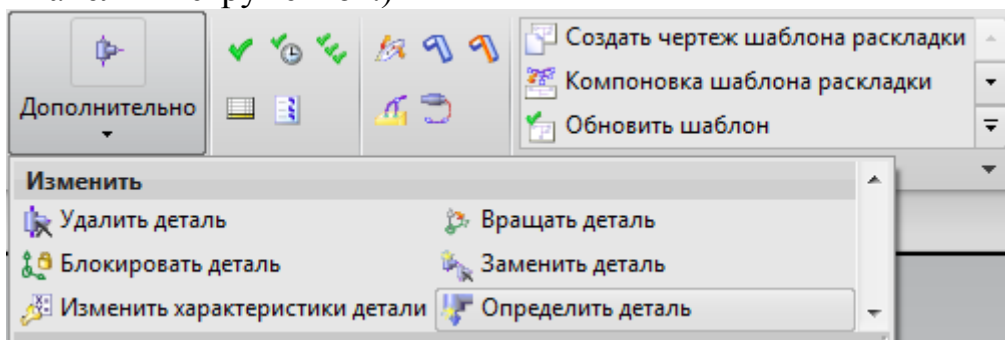





Рисунок 7- Расположение команды *Определить деталь*

В появившемся окне в списке Объект маршрутизации выбираем Мультипорт и на панели ниже выбираем команду Новый .

В появившемся окне (рисунок 8) производим следующую последовательность действий.

Шаг 1 : Начало - Выбираем точку, откуда пойдет порт.

Шаг 2 : Вектор выравнивания - Указываем вектор выравнивания (откуда подойдет к порту “провод”).

Шаг 3 : Вектор вращения - задаем только при необходимости (позволит более легко позиционировать компоненты).

После чего следует нажать ОК.

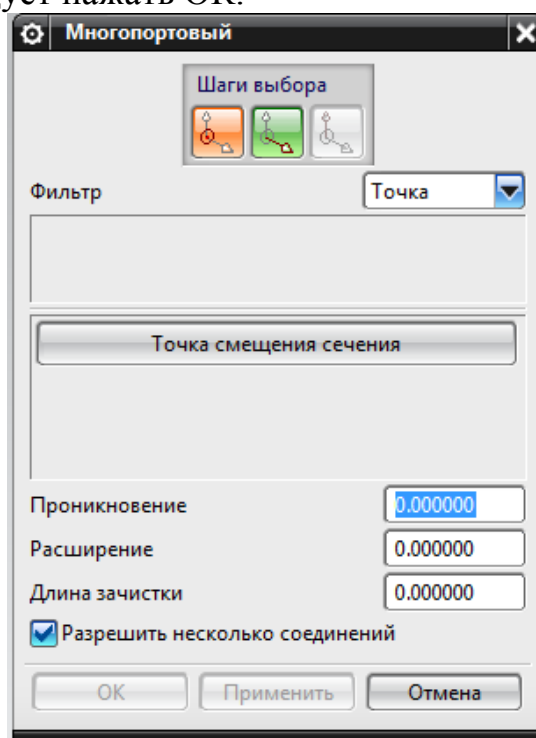



Рисунок 8 - Окно создания мультипорта

Программа переносит нас в окно создание терминалов (клемм)(рисунок 9).

Сначала называем терминалы, к примеру 1 и 2, затем необходимо расположить терминалы. Для этого дважды кликаем мышкой на нужном терминале и при помощи необходимого нам метода размещаем терминал.

После этого после номера терминала появится символ “*” это означает что pin (терминал) назначен. Нажимаем ОК. Повторяем эти операции до того момента как не будут созданы и определены все порты и терминалы.

4. Создание траектории

Для создания траектории воспользуемся командой Трасса по сплайну . Эта команда позволяет проложить трассу от одного порта к другому либо при помощи произвольно заданных точек либо через промежуточные специально созданные вспомогательные детали определяющие траектория (кронштейны, хомуты и т.д.).

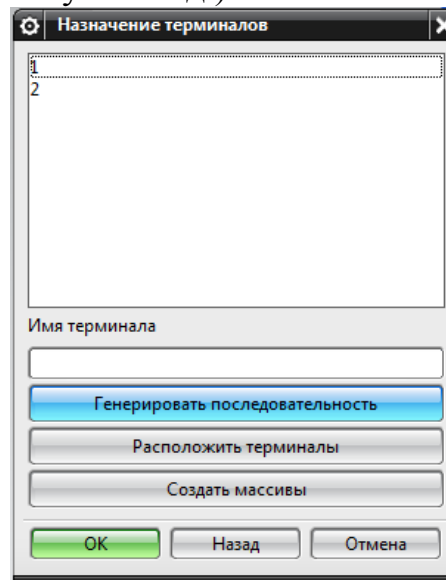


Рисунок 9 - Окно назначения терминалов

В нашем примере после нажатия команды выбираем порт на батарее, ставим промежуточную точку и выбираем порт на контакте. Нажимаем ОК. После этого получаем траекторию прокладки провода (рисунок 10). При двойном нажатии на траекторию можно вызвать окно для её изменения. В нём можно задать дополнительные точки или изменить положение созданных.

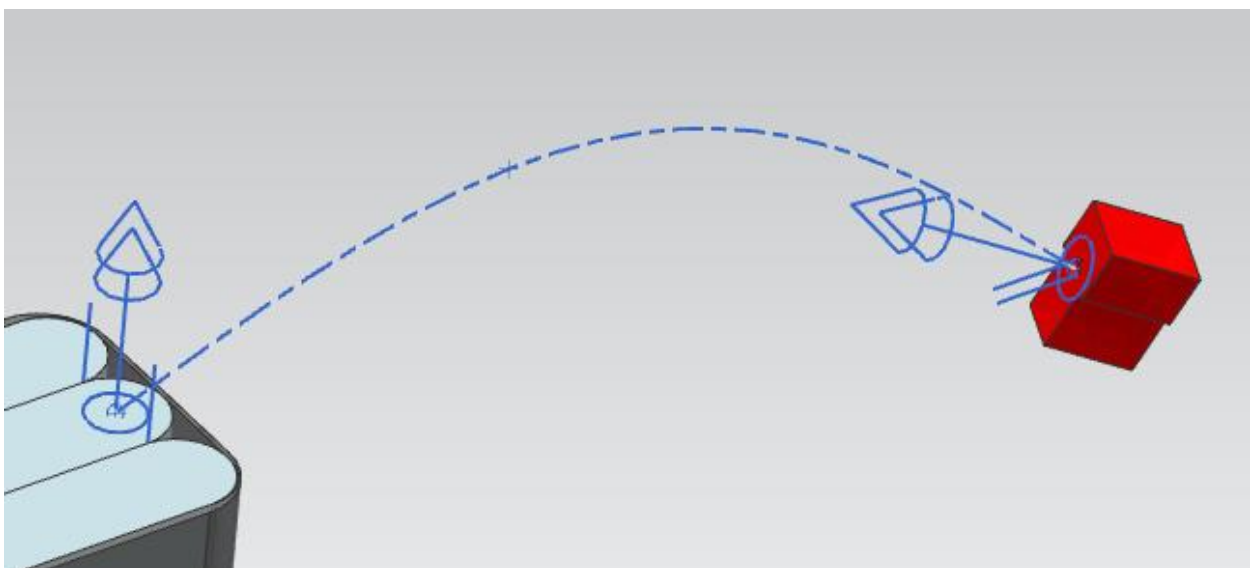


Рисунок 10 - Траектория провода

Виртуальная модель электрожгута, соединяющая элемент аккумулятора с контактом показана на рисунке 11.

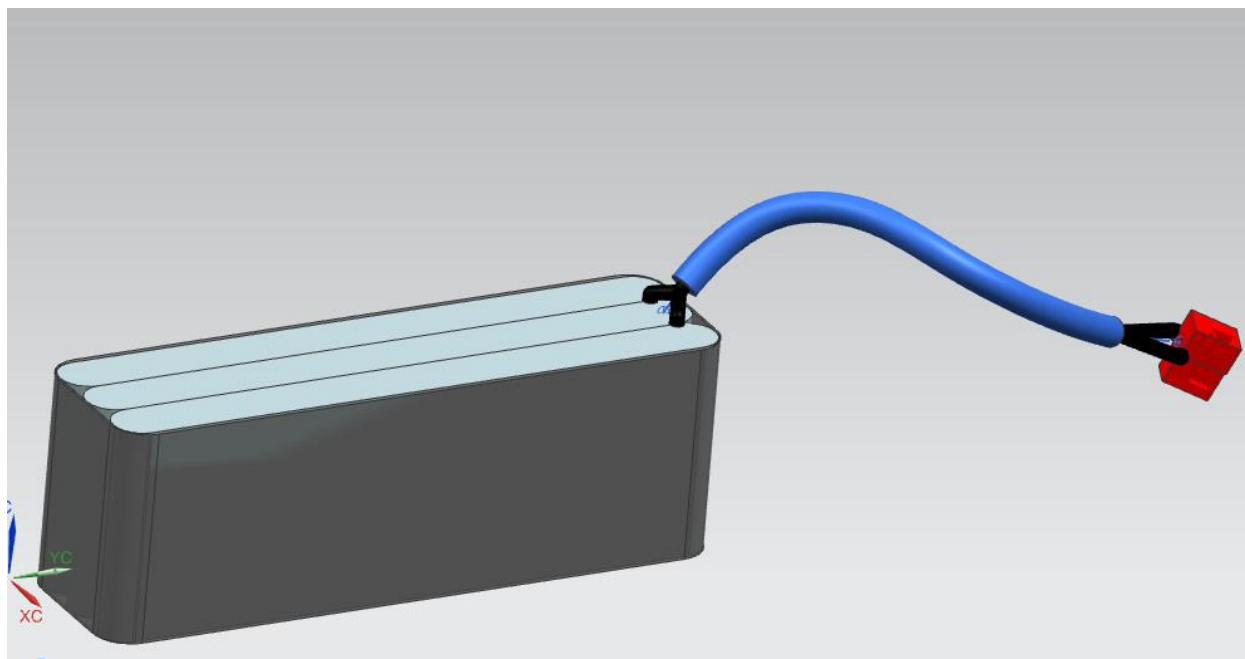


Рисунок 11 – Готовая модель жгута

Таким образом, использование средств проектирования модуля Routing системы NX 9 Siemens PLM Software позволяет проводить трассировку электрических систем в трехмерной модели изделия, повышая тем самым качество и глубину проработки конструкции. При этом на стадиях проектирования обнаруживаются и устраняются ошибки, обычно выявляемые в процессе отработки монтажа. При таком подходе речь идет не об ускорении процесса выпуска чертежей, а об исключении циклов перепроектирования, вызванных ошибками в конструкции. Поэтому сокращается в несколько раз трудоемкость не только конструкторских работ, но и изготовления опытных образцов, проведения испытаний. Построенная модель всего электроснабжения квадрокоптера, позволяет выполнить «развертку» объемных проводов в плоский чертеж (плаз), необходимый для изготовления (скрутки) жгутов.

Применяя на этапе конструкторской подготовки производств современные системы моделирования и анализа изделий, можно добиться выпуска современной, конкурентоспособной, и главное, с точки зрения технолога – технологичной продукции, с минимальной себестоимостью, но с заданными целевыми функциями.

Список использованной литературы

1. Зарицкий А.К., Оскорбин С.В., Говорков А.С. Возможность использования инструмента Routing Electrical для проектирования электрожгутов беспилотного летательного аппарата // Авиамашиностроение и транспорт Сибири - 2015: сб. научных трудов студентов и преподавателей института авиамашиностроения и транспорта – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015, - 260с. С.6-13.

2. Расширенное изучение проектирования авиационных изделий, средств технологического оснащения, и создание дополнительных инструментов автоматизации САПР. Часть 4.2: Проектирование электрических систем самолета. / А.С. Говорков. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности «самолето- и вертолетостроение». Иркутск: Изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2015. – 33 с.

Обеспечение требований монтажа авиационной станции предупреждения об облучении

Я.В. Копытко, И.Н. Зотов

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Копытко Ярослав Викторович, студент 4 курс, кафедра СМ и ЭАТ, тел. 8-924-540-50-95, yarik.kopter@mail.ru.

Зотов Игорь Николаевич, доцент, кафедра СМ и ЭАТ, тел. 89643568050, zegor-2008@yandex.ru

Комплекс радиооборудования, устанавливаемый на самолете, включает в себя различного рода радиолокационное оборудование специального назначения, а также большое количество средств радиосвязи и радионавигации.

Радиотехническое оборудование самолета занимает одно из ведущих мест в общем комплексе устанавливаемого оборудования. Оно служит для обеспечения самолетовождения, посадки, связи и выполнения полетного задания.

СПО - Авиационная станция предупреждения об облучении, разработанная в Центральное конструкторское бюро автоматики в 1990-х годах.

Определяет факт облучения радиолокационной станцией противника, производит определение направления и типа РЛС. Управляет комплексом РЭБ, дает целеуказание на пассивные радиолокационные головки самонаведения (ПРГС) противорадиолокационных ракет (ПРР). Принимаемый диапазон частот: от 1.2 до 18 ГГц.

Изготавливаются и поставляются блоки для самолетов СУ-25СМ, СУ-27СМ, СУ-30МКК, МКМ, МКИ, МКИ(А), СМ; СУ-34, МИГ-29СМТ, МИГ-29К, различных вертолетов типа Ми-28Н



Изделие предназначено для:

- обнаружения и определения направления на зенитно- ракетный комплекс (ЗРК), зенитно - артиллерийский комплекс (ЗАК), авиационно - ракетный комплекс (АРК) по радиоизлучению их радиолокационных станций (РЛС) с импульсным, квазинепрерывными и непрерывными видами

излучения, работающих в режиме поиска, сопровождения, подсвета ракет (в том числе и на проходе);

- определения вида излучения, режима работы, радиотехнических параметров, распознавания типов обнаруженных РЛС и типов комплексов, в которые они входят;

- ранжирование обнаруженных РЛС по степени их опасности;
- управление средствами радиоэлектронного противодействия (РЭП);
- управление наведением шести головок противорадиолокационных ракет (ПРР) и выдачи им данных целеуказания;

- индикации информации о наиболее опасных РЛС и информации об управлении пуском ракет на всех этапах наведения и целеуказания ПРР;

- выдачи сигналов звуковой сигнализации экипажу об облучении самолета радиолокационной станцией.

Изделия состоит из двух функционально законченных модулей:

- станции предупреждения об облучении (СПО) - основного модуля (ОМ) с функциями оперативной радиотехнической разведки и выдачи информации об обнаруженных РЛС;

- аппаратуры управления и целеуказания - модуля наращиваемого устройства (НУ).

Состоит из двух модулей:

Основной модуль - ведет непосредственную радиотехническую разведку, выдает информацию об обнаруженных РЛС, классифицирует цели.

Модуль наращиваемого устройства - аппаратура управления и целеуказания - отвечает за сопряжение с ПРГС ПРР (до 6 шт), проверку границ и зон возможного применения ПРР.

СВЧ часть представлена 3 видами пеленгаторов, каждый из которых имеет СВЧ блок и набор от 2-х до 4-х антенн (грубый пеленгатор, точный пеленгатор, угломерный пеленгатор опциональный).

Для настройки и технического обслуживания станции в Центральном конструкторском бюро автоматики разработана контрольно-проверочная аппаратура.

Сектор обзора: 360° по азимуту, $\pm 30^\circ$ по углу места.

Одновременно наводимых ПРР: до 2 шт.

Максимальное количество управляемых ПРР: 6 шт.

Банк данных о различных типах РЛС: 128 ячеек.

Среднеквадратичная ошибка пеленгования: от 3° до 15° в зависимости от диапазона и направления.

Антенны и СВЧ-блоки грубого и точного пеленгования размещаются для обзора в передней полусфере (ППС) - в законцовках крыльев.

Антенны и СВЧ-блоки грубого пеленгатора размещаются для обзора в задней полусфере (ЗПС) - в киле самолета.

При наличии угломестного канала антенны и СВЧ - блоки угломестного канала размещаются на крыле самолета. Посты основного модуля и наращиваемого устройства - в закабинных отсеках.

Сопровождение изделия с внешними системами самолета (системой навигации, бортовой автоматизированной системой контроля, аппаратурой управления средствами РЭП активных и пассивных помех, бортовой РЛС, аппаратурой управления и целеуказания ПРР) осуществляется по линиям связи двухполярным последовательным кодом в соответствии с ГОСТ 18977 и РТМ 1495-77.

Покупные изделия, поступающие с заводов поставщиков, должны подвергаться входному контролю в соответствии с КД, действующей у изготовителя.

Размещение блоков и покупных изделий (в дальнейшем изложении - блоков), должно обеспечивать доступ к ним для выполнения монтажных, демонтажных работ и операций по техническому обслуживанию при эксплуатации с минимальным объемом демонтажных работ.

Монтаж блоков должен обеспечивать доступ к контрольным элементам и элементам настройки и регулировки для выполнения работ по техническому обслуживанию.

После установки и регулировки авиагоризонтов, курсовых приборов и гироблоков инерциальных систем на борту самолета должны быть нанесены специальные отметки (риски), позволяющие контролировать их установку в процессе эксплуатации.

На самолете для сменных блоков должна быть предусмотрена возможность их быстрой замены при эксплуатации с минимальным объемом демонтажных работ.

Монтаж коммуникаций обдува, поддавливания, статического и динамического давлений к блокам не должен ограничивать амортизацию блоков и обеспечивать подходы для стыковки с блоком.

Проверка герметичности системы должна производиться без расстыковки системы.

Блоки, устанавливаемые на съемных креплениях, должны быть легко-съемными.

Съемные элементы крепления (стопорные шпильки, панели, кронштейны и т.п.) должны выниматься от руки или, как исключение, с помощью плоскогубцев.

Детали для крепления блоков должны быть взаимозаменяемыми.

Крепежные гайки, винты, болты, барашковые болты, заглушки, соединители должны быть законтрены.

Размещение амортизируемых блоков на самолете должно исключать возможность их ударов с соседними блоками, монтажами других систем и конструкцией самолета при воздействии перегрузок.

Амортизируемые блоки при максимально допустимом отклонении во всех направлениях должны иметь зазоры:

а) не менее 2-х мм - с неподвижными деталями, блоками, узлами, хомутами, скобами и т.п., и конструкцией самолета;

б) не менее 5 мм - с подвижными деталями, тягами, качалками тросами и другими узлами во всех их положениях при максимально допустимом перемещении.

Зазоры между амортизируемыми блоками при максимально допустимом одновременном отклонении их навстречу друг другу должны быть не менее 2-х мм.

В случае невозможности выполнения требований, необходимо в КД предусмотреть упругие амортизирующие перегородки или прокладки.

Блоки, устанавливаемые на жестких креплениях (не амортизируемые блоки), должны иметь зазоры:

- не менее 1 мм - с неподвижными деталями, блоками, узлами, конструкцией самолета;

- не менее 5 мм с подвижными деталями, тягами, качалками, тросами и другими узлами во всех их положениях при максимально допустимом перемещении.

Все блоки, антенные устройства должны быть заземлены на корпус самолета.

Значения положений и направления движения ручек органов электрического управления должны быть:

- нажатая кнопка, положение ручки переключателя вверх, вперед (от себя) или влево, означает - «включено», «пуск».

Примечание - Для правого пульта кабины положение ручки переключателя вправо означает «включено»;

- отпущенная вверх кнопка, положение ручки переключателя вниз, назад (на себя) или вправо означает - «отключено», «остановка».

Примечание - Для правого пульта кабины положение ручки переключателя влево означает «отключено»;

- поворот ручки по часовой стрелке означает увеличение, поворот ручки против часовой стрелки - уменьшение регулируемого параметра.

Все блоки, установленные на самолет, должны иметь маркировку (схемную позицию и наименование блока) согласно схемам электрических соединений. Если блок установлен так, что его наименование хорошо просматривается при внешнем обзоре, то наименование блока в надписях (трафаретах) разрешается не указывать.

Примечание: Маркировка не наносится на элементы конструкции самолета или на деталях крепления блоков, попадающих в информационно-управляющие поля кабин.

Способы и место маркировки должны обеспечивать ее сохранность и хороший обзор при эксплуатации.

Маркировку наносят на элементы конструкции самолета (или на детали крепления блоков). Рекомендуется применять три вида маркировки:

- нанесением эмалью на конструкцию самолета или на детали крепления оборудования;

- установкой трафаретов, выполненных способом декалькомании; данные трафареты не рекомендуется устанавливать в зонах повышенных температур, а также в открытых зонах (ниши передней и основных стоек шасси);

- установкой трафаретов, выполненных способом химического травления; данные трафареты являются наиболее долговечными.

При установке блоков собственного производства достаточна маркировка (или знак заводской, что является предпочтительным вариантом), нанесенная на корпус (крышку) блока.

При монтаже на самолете проверяются методом визуального контроля:

- блоки (покупные изделия) - на отсутствие механических повреждений (в том числе антикоррозионной защиты) корпуса и выходящих на наружную поверхность блока элементов (ручек управления, кнопок, предохранителей и т.п.), а также на наличие пломб;

- жгуты (в том числе прибоочные) на:

- а) отсутствие механических повреждений защиты жгутов;

- б) отсутствие механических повреждений резьбовых соединений и контактов (клемм) электрических соединителей;

- в) качество пайки (обжима) наконечников;

- г) качество бандажей (ниточных, проволочных, шнур-чулком ШЧС ОСТ 17-184);

- д) качество контровок и пломбировок;

- е) отсутствие механических повреждений экранирующих и защитных плетенок жгутов (проводов).

Проверка монтажа блоков, жгутов, соединителей на самолете производится на соответствие чертежам, схемам, эталонным монтажам (фото-эталонам) и требованиям настоящей инструкции.

Проверка электрических цепей на самолете выполняется по действующим инструкциям, согласованным с представительством заказчика (ПЗ), с применением приборов, специальных пультов или контрольно-проверочной аппаратуры (КПА).

Список использованной литературы

1. Радиотехнические системы. Часть 1: Учебное пособие / Масалов Е. В. – 2012. 109 с.

2. Радиооборудование. Часть 2. Средства радионавигации / Хафизов А.В. Кировоград: КЛА НАУ – 2014. 212 с.

Монтаж сборочной оснастки с помощью РТК

К.А. Однокурцев, А.А. Матвеев

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

Рассмотрен разработанный лабораторный РТК для монтажа сборочной оснастки, который позволяет выполнять автоматизированное позиционирование монтируемых элементов сборочной оснастки по координатам, измеренным лазерным трекером. Описанный РТК предназначен для лабораторной отработки технологии автоматизированного монтажа сборочной оснастки и подготовки опытно-промышленного внедрения на ИАЗ – филиале ОАО «НПК «Иркут».

Ключевые слова: сборочная оснастка, безэталонный монтаж, координатное позиционирование, промышленный робот.

Однокурцев Константин Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры самолётостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89149248566, e-mail: kodn82@gmail.com

Матвеев Андрей Арсенович, студент группы РИМ-10, тел.: 89086604126, e-mail: matveev38rus@mail.ru

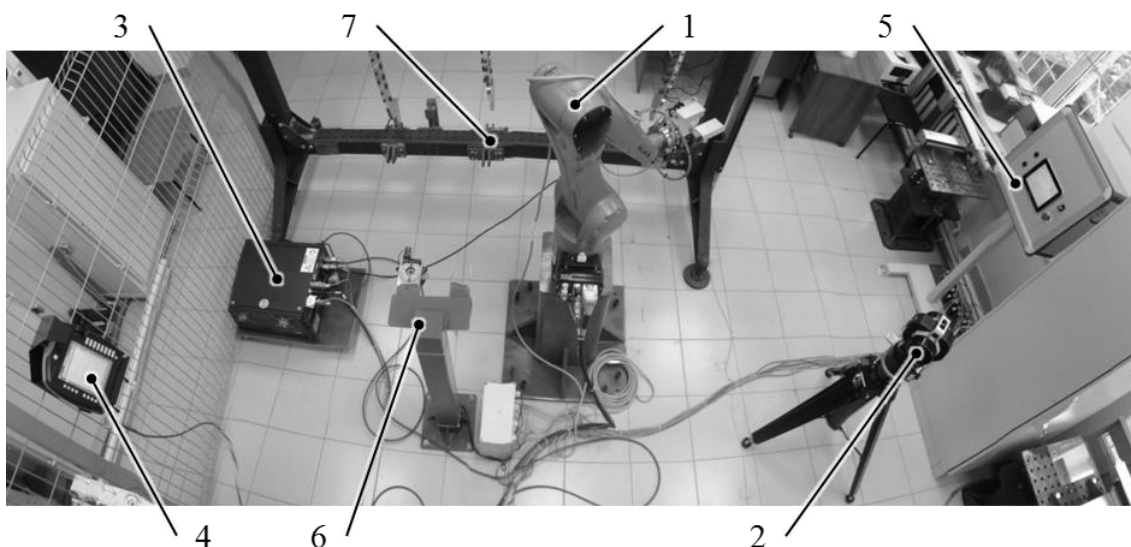
Точность сборки – один из важнейших параметров, который необходимо обеспечить при производстве самолета. Заданная точность сборки обеспечивается, в первую очередь, используемой сборочной оснасткой. В ходе технологической подготовки сборочного производства точность сборочной оснастки закладывается при выполнении её монтажа.

В настоящее время на Иркутском авиационном заводе применяется технология безэталонного монтажа сборочной оснастки. При этом источником геометрической информации служит объемная электронная модель сборочной оснастки, а для контроля координат применяется автоматизированное средство измерения – лазерный трекер. Однако регулировка положения монтируемых элементов конструкции на несущем каркасе сборочной оснастки выполняется при помощи ручного позиционирования, с использованием компенсирующих зазоров и прокладок [1].

В данной статье предлагается способ безэталонного монтажа сборочной оснастки с использованием робототехнического комплекса (РТК). Его применение позволит снизить трудоёмкость процесса монтажа и повысить точность позиционирования.

РТК, описанный в данной статье, предназначен для лабораторной отработки разрабатываемой технологии монтажа сборочной оснастки (рису-

нок 1). В разработанном РТК используется промышленный робот KUKA KR10 R1100 sixx, выполняющий позиционирование монтируемых элементов сборочной оснастки, с точностью в пределах 0,05–0,1 мм (таблица 1).



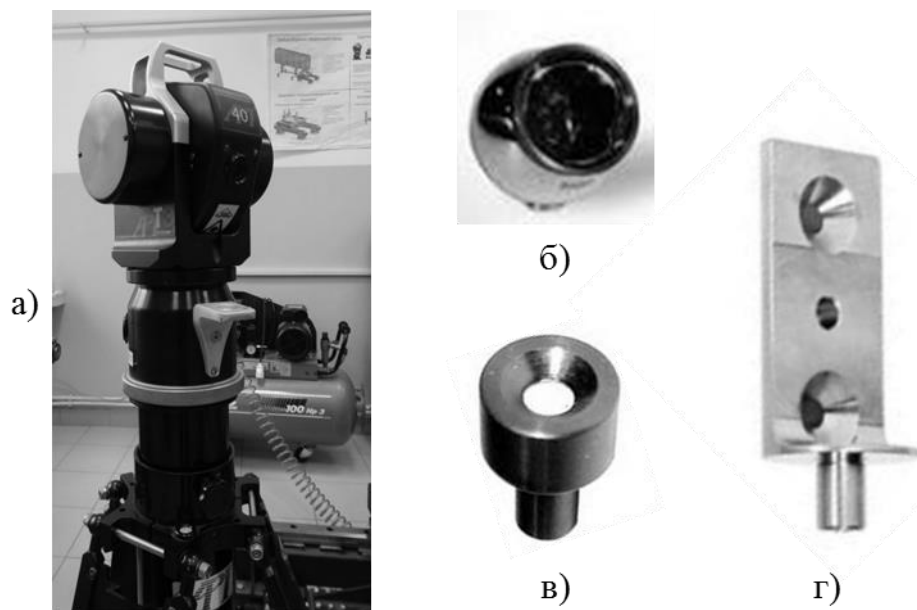
1 – промышленный робот; 2 – лазерный трекер; 3 – контроллер робота; 4 – мобильный пульт оператора; 5 – панель операторского ввода-вывода; 6 – магазин сменных захватов; 7 – монтируемая сборочная оснастка.

Рисунок 1 – Лабораторный РТК для монтажа сборочной оснастки

Таблица 1 – Технические характеристики промышленного робота KUKA KR10 R1100 sixx [2]

№ п/п	Название параметра	Значение
1	Число управляемых координат	6
2	Максимальная грузоподъемность, кг	10
3	Повторяемость позиции, мм	±0,03
4	Радиус действия, мм	1101
5	Допустимая масса вспомогательных систем, кг	35
6	Масса робота, кг	55

Контроль точности позиционирования и измерение координат для расчета параметров позиционирования выполняются лазерным трекером API Tracker3 (рисунок 2). Для выполнения измерений применяются сферические отражатели SMR 0.5 и различные измерительные адаптеры. Обработка результатов измерений выполняется в программном обеспечении Spatial Analyzer. Основные технические характеристики лазерного трекера приведены в таблице 2.



а – лазерный трекер API Tracker3; б – сферический отражатель SMR 0.5; в – втулка магнитная SM (N) для измерения центра отверстия; г – магнитный адаптер DVT/SMLR для измерения оси отверстия.

Рисунок 2 – Средства координатных измерений

Таблица 2 – Технические характеристики лазерного трекера API Tracker3 [3]

№ п/п	Название параметра	Значение	Примечание
1	Линейный диапазон измерений	до 40 м	модель 40m
2	Угловой диапазон измерений	$\pm 320^\circ$; $+77^\circ/-60^\circ$	по горизонтали; по вертикали
3	Точность измерения координат	$\pm 0,005$ мм/м	статическая (2σ)
4	Линейная погрешность	$> 0,0005$ мм/м; $0,0015$ мм/м	интерферометра; дальномера
5	Масса	8,5 кг; 3,2 кг	трекера; контроллера

Промышленный робот оснащен двумя видами пневмомеханических захватов, позволяющих монтировать различные виды конструктивных элементов сборочной оснастки:

- двухпальцевый захват с параллельным ходом пальцев SCHUNK PGN-plus 125/2;
- универсальный захват с отъемной частью VERO-S NSR mini 100.

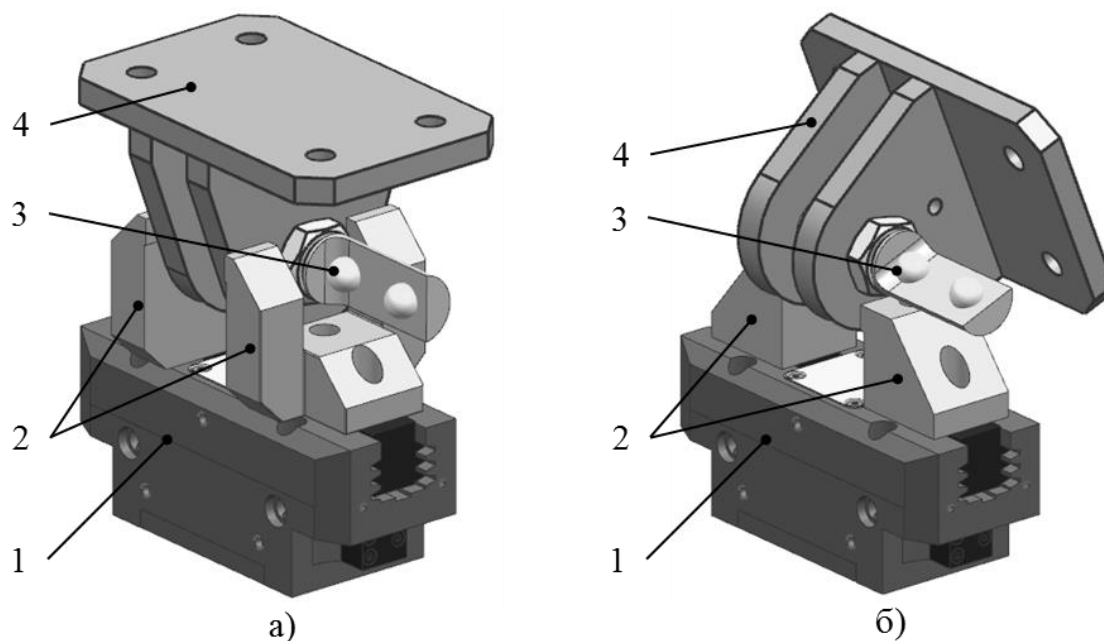
Для быстрой смены захватов в автоматическом режиме используется система автоматической смены захватов и магазин сменных захватов. Технические характеристики захватов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики захватных устройств [4]

№ п/п	Наименование параметра	PGN-plus 125/2	NSR mini 100
1	Тип захвата	с параллельным ходом пальцев	с отъемной частью, устанавливаемой на деталь
2	Грузоподъемность, кг	11,2	75
3	Допустимый момент, Нм	100	75
4	Допустимое усилие, Н	2240	4000
5	Масса захвата, кг	1,35	0,4
6	Ход (одного пальца), мм	6	–
7	Повторяемость, мм	±0,01	±0,02
8	Габаритные размеры, мм	151x63x60	100x38x34

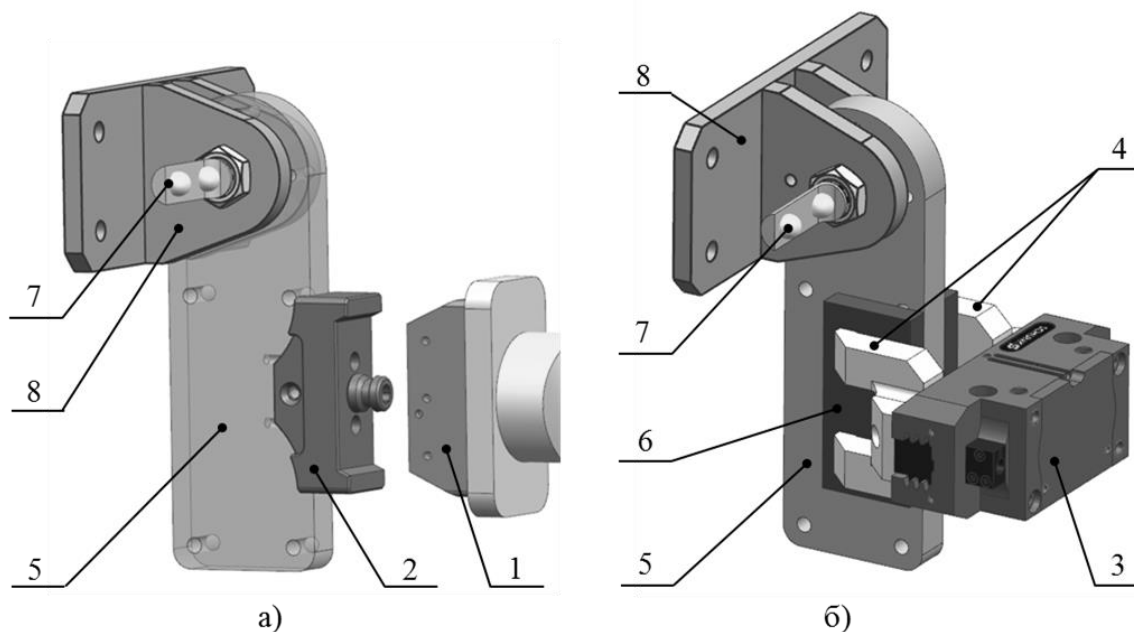
Выбранный промышленный робот и захваты позволяют монтировать установочные кронштейны сборочной оснастки [5]. Предлагаются два способа удерживания кронштейна в захвате:

- удерживание кронштейна за его вилку двухпальцевым захватом PGN-plus 125/2 (рисунок 3);
- удерживание кронштейна с использованием монтажного адаптера захватом PGN-plus 125/2 или NSR mini 100 (рисунок 4).



а – пальцами специальной конструкции; б – пальцами из типовых заготовок; 1 – захват; 2 – пальцы захвата; 3 – магнитная втулка DVT/SMLR; монтируемый кронштейн.

Рисунок 3 – Удерживание кронштейна двухпальцевым захватом



а – захватом PGN-plus 125/2; б – захватом NSR mini 100; 1 – захват NSR mini 100; 2 – отъемная часть захвата NSR mini 100; 3 – захват PGN-plus 125/2; 4 – пальцы захвата PGN-plus 125/2; 5 – монтажный адаптер; 6 – накладки монтажного адаптера; 7 – магнитная втулка DVT/SMLR; 8 – монтируемый кронштейн.

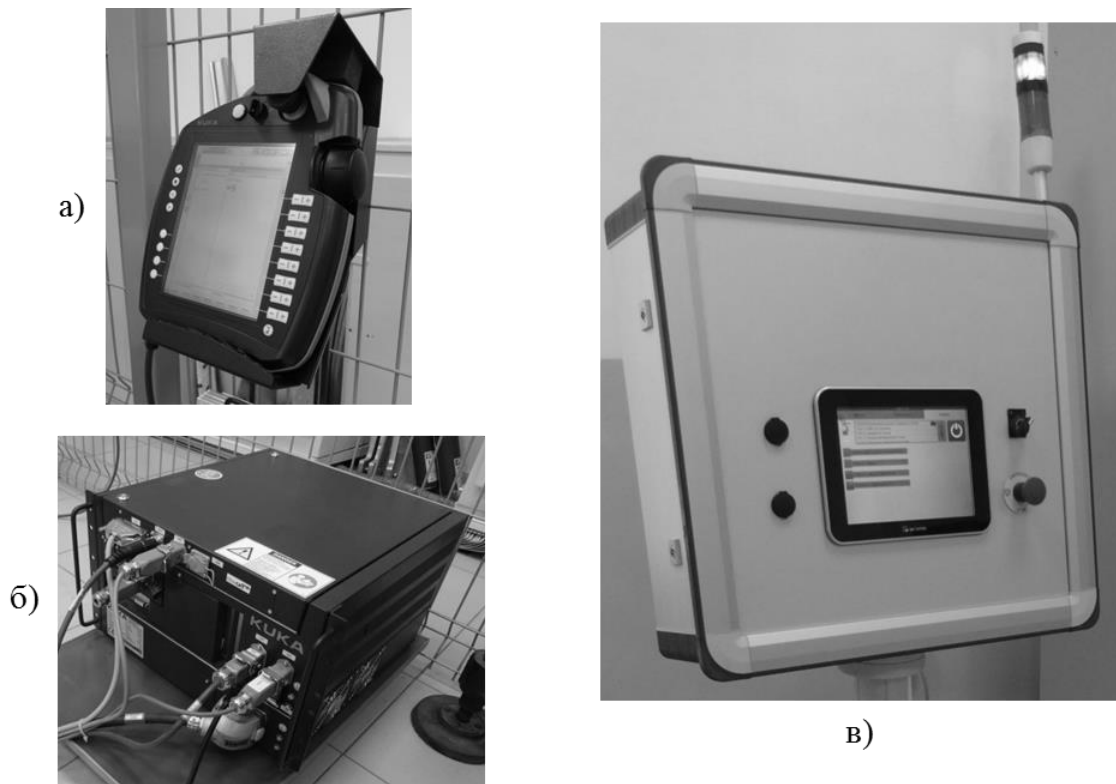
Рисунок 4 – Удерживание кронштейна с использованием монтажного адаптера

Предложенные способы обеспечивают надежную фиксацию кронштейна, доступ для лазерного трекера при выполнении измерений и доступ к основанию кронштейна для его фиксации на каркасе сборочной оснастки. При этом для контроля координат оси кронштейна используется магнитная втулка DVT/SMLR, установленная на специальной монтажной втулке, базируемой по оси отверстия в кронштейне.

Система управления РТК выполнена на базе контроллера KUKA KR C4 compact (рисунок 5, б). Для программирования робота оператором используется мобильный пульт KUKA SmartPAD (рисунок 5, а). Для управления РТК в автоматическом режиме используется панель операторского ввода-вывода (рисунок 5, в). Система управления обеспечивает возможность программирования робота, управления перемещениями по выбранной программе и в режиме ручного управления, обрабатывает сигналы обратной связи и обеспечивает безопасность эксплуатации комплекса в процессе автоматизированного монтажа сборочной оснастки [2].

Интерфейс панели операторского ввода-вывода (рисунок 6) содержит кнопки операций автоматизированного монтажа сборочной оснастки, кнопки-индикаторы сжатия и разжатия захвата, индикатор наличия детали в захвате, индикаторы занятых позиций в магазине сменных захватов. В

верхней части панели находится область вывода системных сообщений, в правой части – кнопки запуска и остановки выполнения операций.



а – пульт оператора KUKA SmartPAD; б – контроллер KUKA KR C4 compact; в – панель операторского ввода-вывода.

Рисунок 5 – Компоненты системы управления РТК

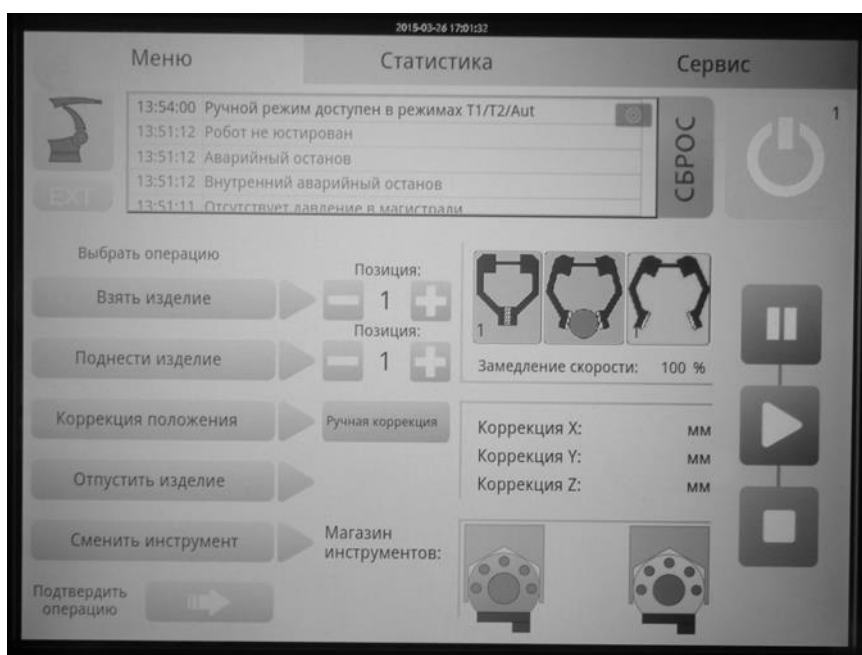


Рисунок 6 – Интерфейс панели операторского ввода-вывода

С операторской панели запускаются следующие операции:

- «Взять изделие» (выбор из 10 запрограммированных позиций);
- «Поднести изделие» (выбор из 10 запрограммированных позиций);
- «Коррекция положения» выполняется автоматически по результатам измерения координат лазерным трекером, допускается дополнительная ручная коррекция в пределах ± 2 мм;
- «Отпустить изделие» – разжатие и отвод захвата в исходное положение;
- «Сменить инструмент» – автоматическая смена захвата.

При подготовке РТК к выполнению автоматизированного монтажа выполняется его привязка к системе координат (СК) сборочной оснастки. Для этого используются координаты точки инструмента, измеренной лазерным трекером на инструменте робота в трёх его положениях. Эти координаты передаются в систему управления РТК через обменный файл. В программе калибровки базы полученные координаты сравниваются с соответствующими координатами точек в мировой СК робота, и по ним автоматически выполняется привязка робота к СК сборочной оснастки.

При выполнении монтажа элемента конструкции сборочной оснастки сначала выполняется его захват и перемещение роботом в предварительное положение. Это положение запрограммировано вблизи места установки монтируемого элемента на несущем каркасе сборочной оснастки. В предварительном положении выполняется измерение координат базовых точек монтируемого элемента лазерным трекером. Полученные данные через обменный файл передаются в систему управления роботом, где обрабатываются программой коррекции положения монтируемого элемента. По результатам расчетов выполняется перемещение монтируемого элемента роботом, после чего проводится повторный контроль лазерным трекером.

После позиционирования монтируемый элемент конструкции необходимо зафиксировать на несущем каркасе сборочной оснастки без изменения его положения, то есть с компенсацией имеющегося зазора. Для этого предлагаются различные способы: с использованием системы домкратных и фиксирующих винтов, промежуточных компенсирующих кронштейнов или упоров. По окончании фиксации монтируемого элемента на несущем каркасе сборочной оснастки выполняется разжатие и отвод захвата в исходное положение.

Описанный РТК установлен в лаборатории «Высокоточная сборка и монтаж конструкций и сооружений» ИрНИТУ. Он предназначен для отработки технологии автоматизированного монтажа сборочной оснастки в лабораторных условиях. Для внедрения разрабатываемой технологии на ИАЗ – филиале ОАО «НПК «Иркут» создан опытный производственный участок автоматизированного монтажа сборочной оснастки [6]. Он оснащён промышленным роботом KUKA KR60 HA большей грузоподъёмности (до 60 кг) и радиуса действия (до 2033 мм) с двухпальцевым захватом

SCHUNK PGN-240/1. Система управления заводского РТК выполнена на базе контроллера KUKA KR C4 с использованием аналогичного программного обеспечения панели операторского ввода-вывода. Таким образом, технические решения, отработанные на созданном РТК в лабораторных условиях, могут использоваться для опытно-промышленного внедрения.

В перспективе планируется запуск опытного автоматизированного монтажа сборочной оснастки на ИАЗ. Кроме того, предполагается возможность расширения функций разработанных РТК на выполнение операций сверления и клёпки в процессе сборки узлов и панелей самолетов. Однако, выполнение последнего потребует проведения дополнительных исследований и дооснащение РТК соответствующими технологическими модулями и средствами оснащения.

Список использованной литературы

1. «Современные методы и средства монтажа сборочной оснастки»: учебно-методическое пособие / сост. Р.Х. Ахатов, А.С. Говорков. – Иркутск: Изд-во НИ ИргТУ, 2011. – 76 с., ил.
2. Официальный сайт компании KUKA [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kuka-robotics.com> (дата обращения: 26.03.2015).
3. Официальный сайт компании API Services [Электронный ресурс]. URL: <http://www.apitechnical.com> (дата обращения: 26.03.2015).
4. Официальный сайт компании SCHUNK [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ru.schunk.com> (дата обращения: 26.03.2015).
5. Однокурцев, К.А. Выбор захватных устройств при автоматизированном монтаже сборочной оснастки / К.А. Однокурцев, К.Н. Шудыкин // Электронный журнал «Молодежный вестник ИргТУ». 2014. №4. URL: <http://mvestnik.istu.irk.ru/?ru/journals/2014/04> (дата обращения: 26.03.2015)
6. 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. – том16, №1(5). – С. 1284-1291.

Практическое применение модуля «Симуляция кинематики» в системе Siemens NX 9 на примере узла беспилотного летательного аппарата

Р.А. Сокольников, А.С. Говорков

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

Аннотация. В статье рассматривается практическое применение модуля «Симуляция кинематики» в NX 9 на примере узла квадрокоптера F450. Применяя данный инструмент у конструктора появляется возможность учесть все режимы и параметры, возникающие в кинематических узлах, при проектировании изделий.

Ключевые слова: кинематический анализ; модель изделия; методика расчета; кинематические звенья; податливость тел.

Сокольников Роман Анатольевич, студент гр. СМ-12, тел.: 89149426384, e-mail: mr.noisyman@gmail.com

Говорков Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89086608912, e-mail: govorkov_as@istu.edu

Понимание рабочей среды сложных механических систем, таких как механизмы копировальных аппаратов, сдвижных автомобильных люков и закрылков летательных аппаратов, может быть очень сложным. Многие инструменты САД предлагают кинематические решения, которые помогают проектировщикам проводить механизм по пути его движения для проверки столкновений. Тем не менее, средства кинематики сами по себе не предоставляют всю необходимую важную информацию, например динамические нагрузки, создаваемые движущимися деталями, которые можно использовать для определения характеристик двигателей.

Возможность применения модуля «Симуляция кинематики» была рассмотрена в работе [1] и выявила ряд задач, которые могут быть решены при виртуальном анализе кинематических систем квадрокоптера DJI F450.

В статье рассматриваются методика проведения кинематического анализа в модуле «Симуляция кинематики» в NX 9 на примере узла квадрокоптера F450.

Необходимо задать вращение на винты и крышку двигателя и колебательное движение для камеры.

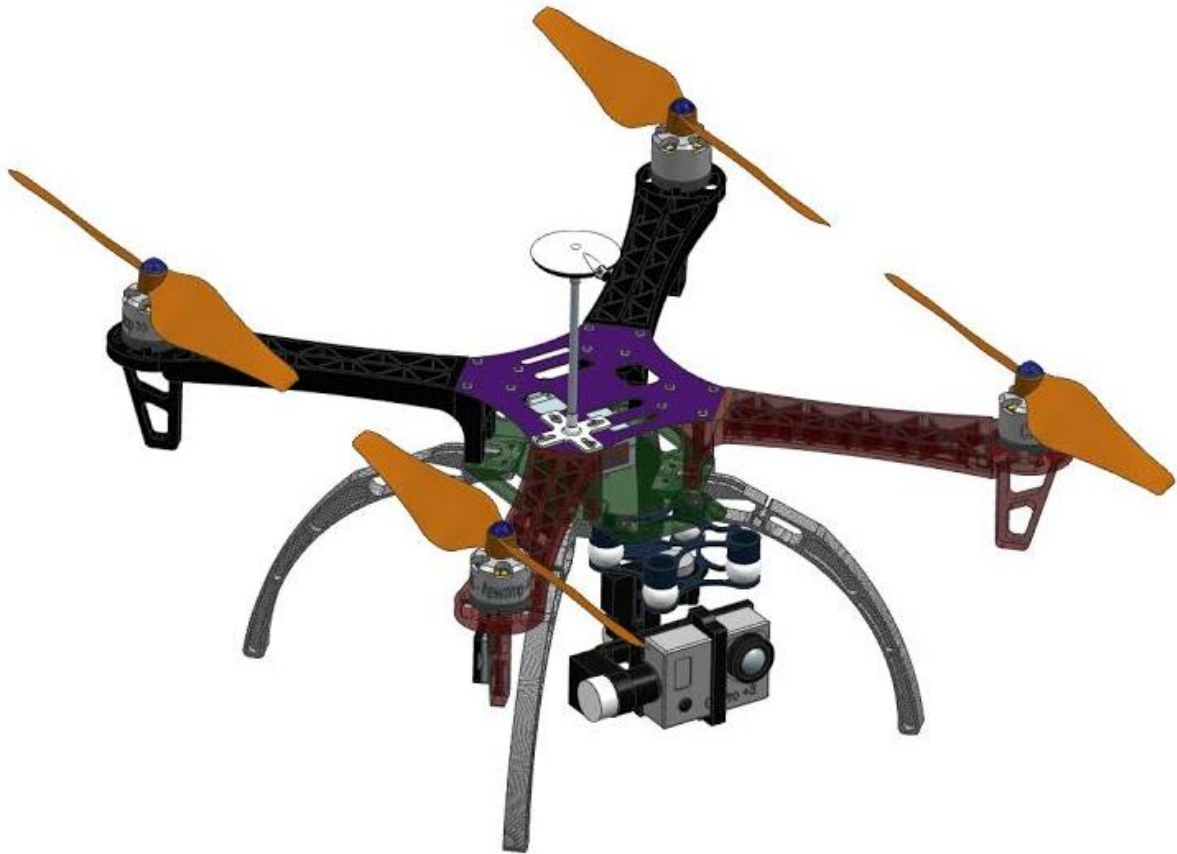


Рисунок 1 – Модель квадрокоптера F450

Для начала необходимо назначить подвижные звенья (винт, крышка двигателя и камера) и те, которые не будут участвовать в движении (все остальные). То есть выделяем всё то, что необходимо зафиксировать и фиксируем это (рисунок 2).



Рисунок 2 – Выбор элементов для определения звена

Далее производим такие же операции с винтами, двигателями и камерой, при этом задаём их как отдельные звенья.

В квадрокоптере используются 4 двигателя мотора (2 CW + 2CCW) DJI E300 со следующими характеристиками.

Модель:	915-17
Производитель:	DJI
Габаритные характеристики	
Вес	50 гр
Размер статора	22x12 мм
Технические характеристики	
Обороты на 1В	920 KV
Рабочий ток	15-25 А
Максимальный ток	30 А
Рекомендуемые параметры	
Рекомендуемые пропеллеры	9.4"x4.3
Рекомендуемый ESC	15A OPTO

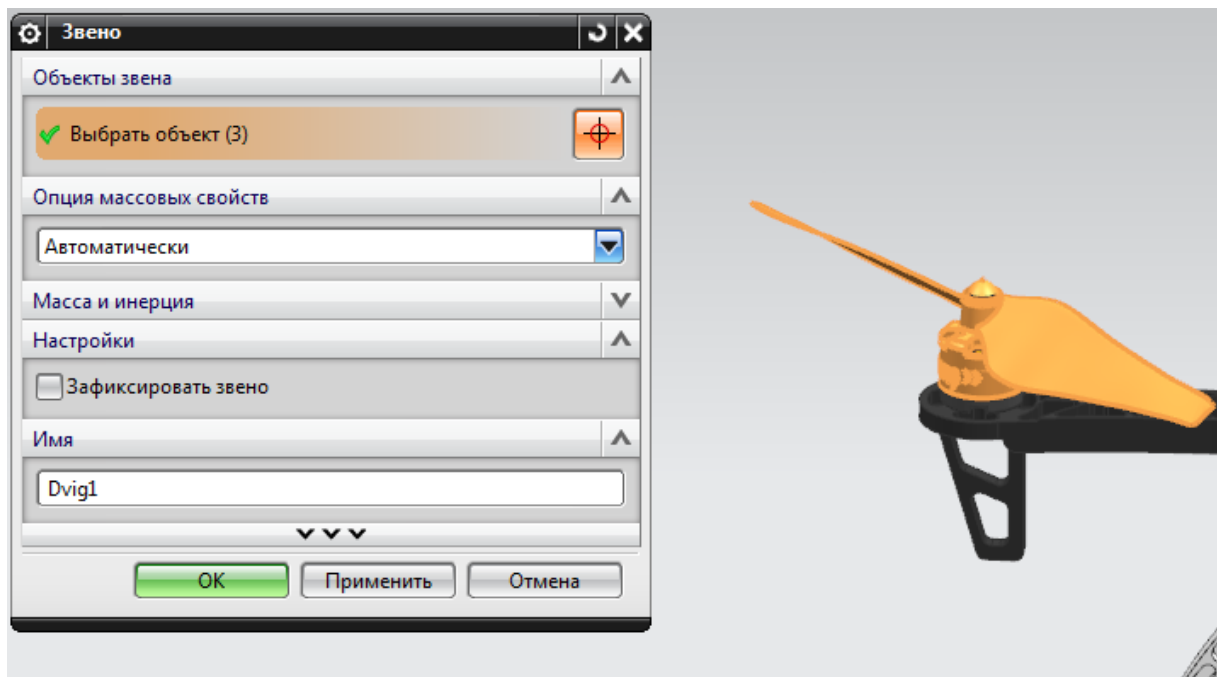


Рисунок 2 – Выбор модели двигателя для определения звена

Далее зададим движение (связь) между этими звеньями. Начнём с винтов:

- выбираем тип вращения «Узел вращения»;
- выбираем само звено (либо щёлкнуть по модели, либо выбрать его из списка «Связи» в навигаторе перемещений);
- задаём привязку (центр основания крышки двигателя);
- задаём вектор, относительно которого будет вращаться деталь (ось ZC).

Переходим в вкладку «Двигатель» устанавливаем ускорение 20 rev/sek² (оборотов в секунду в квадрате).

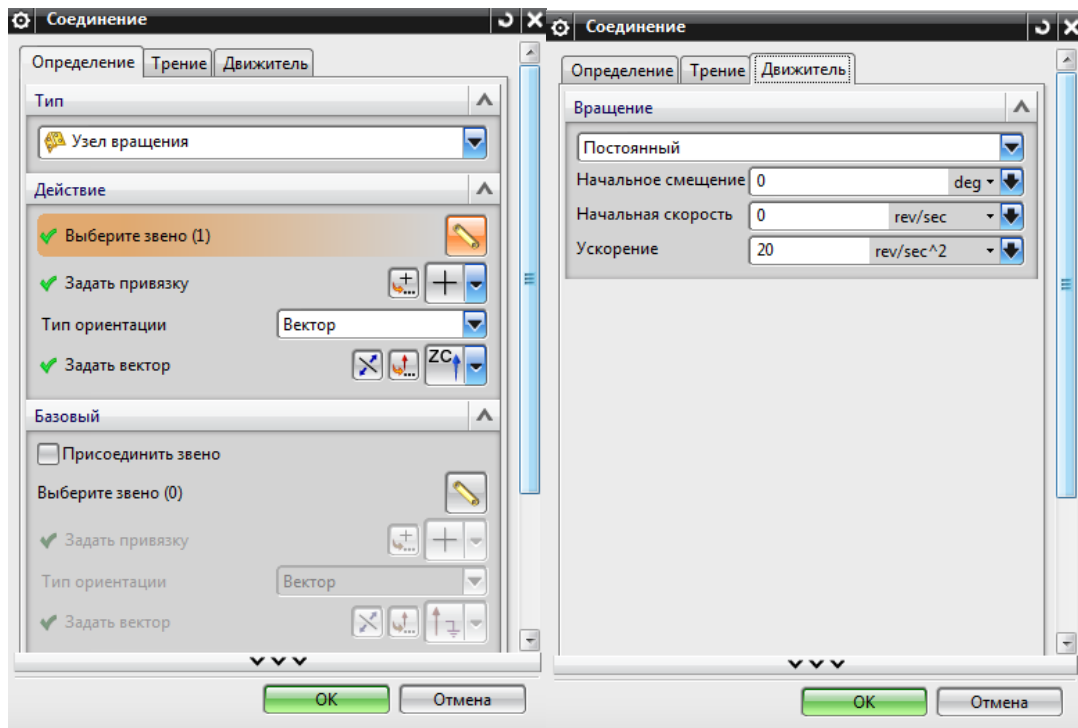


Рисунок 3 – Определение параметров связи для звена «двигатель»

Аналогичные действия проделываем с тремя оставшимися винтами. При этом, следует учитывать, что винты вращаются попарно (напротив друг друга). То есть задавая вращение на одной паре по оси ZC, на другой паре вращение должно идти против этой оси (–ZC).

Теперь переходим к камере. Действия аналогичные:

- выбираем тип вращения «Узел вращения»
- выбираем звено;
- задаём привязку (центр окружности, где подвес камеры крепится к каркасу);
- задаём всё тот же вектор ZC.

Переходим во вкладку «Двигатель». Выбираем тип «Гармонический», задаём амплитуду 30 градусов и частоту 2 оборота в секунду.

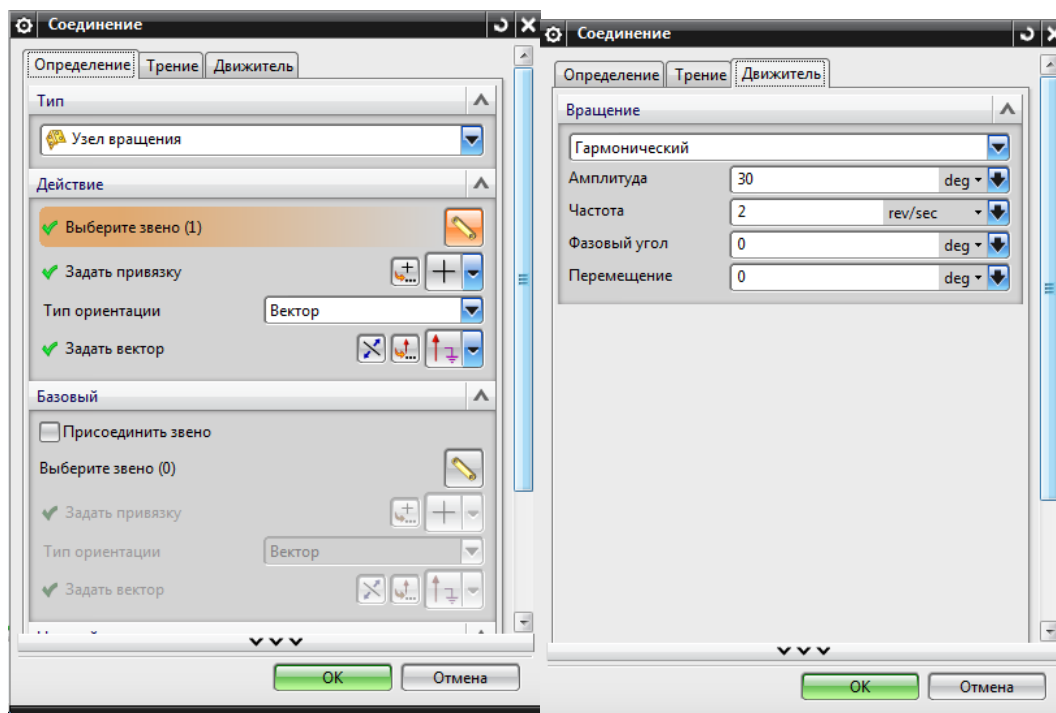


Рисунок 4 – Определение параметров связи для звена «камера»

Далее в опции «Решение» указываем время – 20 секунд, количество шагов – 1000 (от этого зависит плавность анимации, так что чем больше – тем лучше) и направление силы тяжести опять же – -ZC.

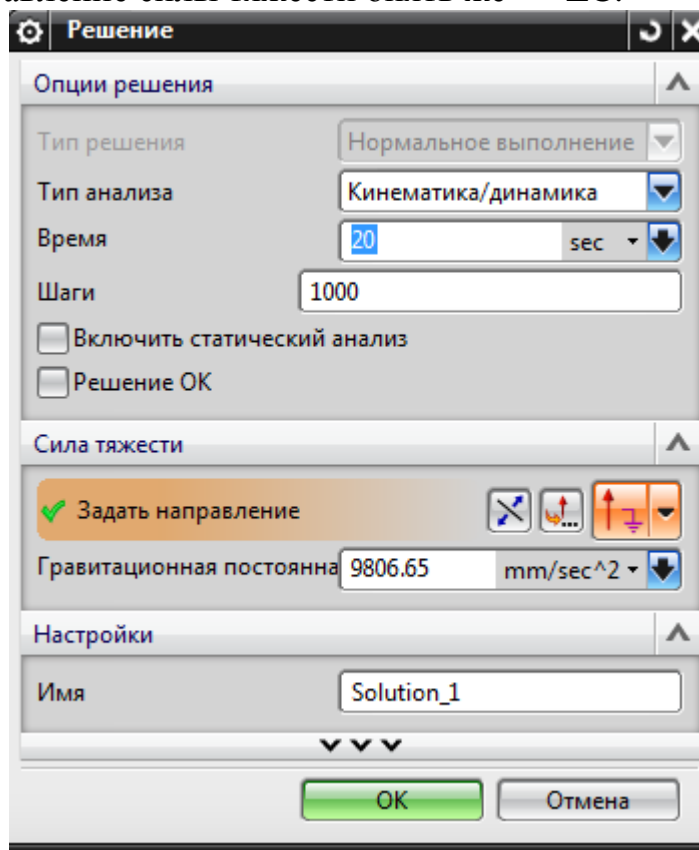


Рисунок 5 – Параметры решателя

Выполняем команду «Решить». Теперь можно посмотреть как будут двигаться наши винты и камера.

Таким образом, при правильном и корректном выполнении всех этапов в «симуляции кинематики» можно определить реакции в опорах крепления двигателей и тем самым эти данные будут являться исходными при проведении прочностного анализа «стрел» квадрокoptера и выявлении наиболее нагруженных узлов при полете беспилотного летательного аппарата.

Применяя на этапе конструкторской подготовки производств современные системы моделирования и анализа изделий (с многофункциональными возможностями – статический, динамически, тепловой и др. расчеты), в том числе кинематический анализ, можно добиться выпуска современной, конкурентоспособной продукции.

Список использованной литературы

1. Сокольников Р.А., Токарев Д.О, Говорков А.С. Методика проведения кинематического анализа в модуле «Симуляция кинематики» в системе Siemens NX 9 на примере узла квадрокoptера F450// Авиамашиностроение и транспорт Сибири - 2015: сб. научных трудов студентов и преподавателей института авиа машиностроения и транспорта – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015, - 260с. С.13-19.

Влияние изменения толщины профиля на аэродинамику крыла летательного аппарата

В.С.Сусанин, Н.В. Курлаев

Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск, ул. Геодезическая, 10, ул. Новогодняя, 27

Представлено техническое решение механизма изменения толщины профиля адаптивного крыла, как совокупности кинематических цепей, выполненных в виде стержней и пластин. Проанализировано и показано как влияет механизм изменения толщины профиля на аэродинамику несимметричного профиля крыла.

Ключевые слова: Механизм изменения толщины профиля, группа Ассура, Диада, аэродинамический профиль.

Сусанин Виталий Сергеевич, аспирант кафедры самолето- и вертолетостроения, тел. 8-952-926-1554, e-mail: svit90@inbox.ru

Курлаев Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры самолето- и вертолетостроения, тел. 8-383-346-06-09, e-mail: kurlayev@craft.nstu.ru

При проектировании аэродинамических профилей необходимо стремиться к увеличению аэродинамического качества на крейсерском режиме полета, принимая во внимание, что самолет мог бы также совершать полет и эффективные маневры на других режимах полета. Однако при отклонении от условий крейсерского режима полета картина обтекания ухудшается, распределение давления становится неравномерным, соответственно уменьшается аэродинамическое качество классического профиля.

Для устранения данного явления учеными в работах [1-3] разработано крыло самолета, в конструкции которого не предусмотрены элероны и другие классические поверхности управления, однако передняя и задняя кромки крыла способны отклоняться за счёт гибкой обшивки механизма отклонения, который включает в себя ролики, тяги и качалки. Механизм передней и задней кромок крыла приводятся в действие от отдельных приводов, что позволяет передней и задней кромке работать дифференцированно.

Технический результат, который невозможно достичь применением подобных конструкций является одновременное изменение кривизны и толщины профиля. Одновременное изменение кривизны и толщины профиля крыла не возможно достичь из-за того, что в данных конструкциях [1-3] отсутствуют необходимые узлы, блоки и составные части механизма изменения толщины профиля.

Авторами данной статьи спроектирован механизм изменения толщины профиля адаптивного крыла, выполненный в виде совокупности шарнирно соединенных друг с другом стержней и пластин, которые в свою очередь шарнирно закреплены на штоках гидроцилиндров и жесткой опоре, жестко закрепленной с лонжероном.

Предлагаемая конструкция механизма изменения толщины профиля адаптивного крыла летательного аппарата поясняется следующим описанием и эскизом (рис. 1), на котором изображено продольное сечение крыла летательного аппарата, которое содержит:

- механизм изменения толщины профиля, представленный в виде совокупности верхней (I-VII) и нижней (VII-XIV) кинематических цепей, выполненных, например, в виде пластин треугольной формы, шарнирно и последовательно соединенных одними своими соответствующими вершинами между собой, стержней, закрепленных одними своими концами на соответствующих вершинах пластин треугольных форм и другими своими концами на соответствующих участках внешней поверхности опоры (4).

- лонжерон 1, представленный, например в виде балки (двутавр), закрепленной одним из своих концов на соответствующем участке центра-плана летательного аппарата.

- гибкую обшивку 2, выполненную, например, в виде полимерного материала и закрепленную на соответствующих участках пластин механизма изменения толщины профиля (I-XIV), лонжерона 1.

- приводы 3, выполненные, например, в виде гидроцилиндров, корпус которых жестко закреплен на лонжероне, а штоки шарнирно соединены с входными пластинами (I, VIII) механизма изменения толщины профиля.

- опору 4, выполненную, например, в виде балки, одним из своих концов жестко закрепленной на лонжероне 1 и другими своими соответствующими участками шарнирно закрепленной с соответствующими концами звеньев кинематических цепей (I- XIV).

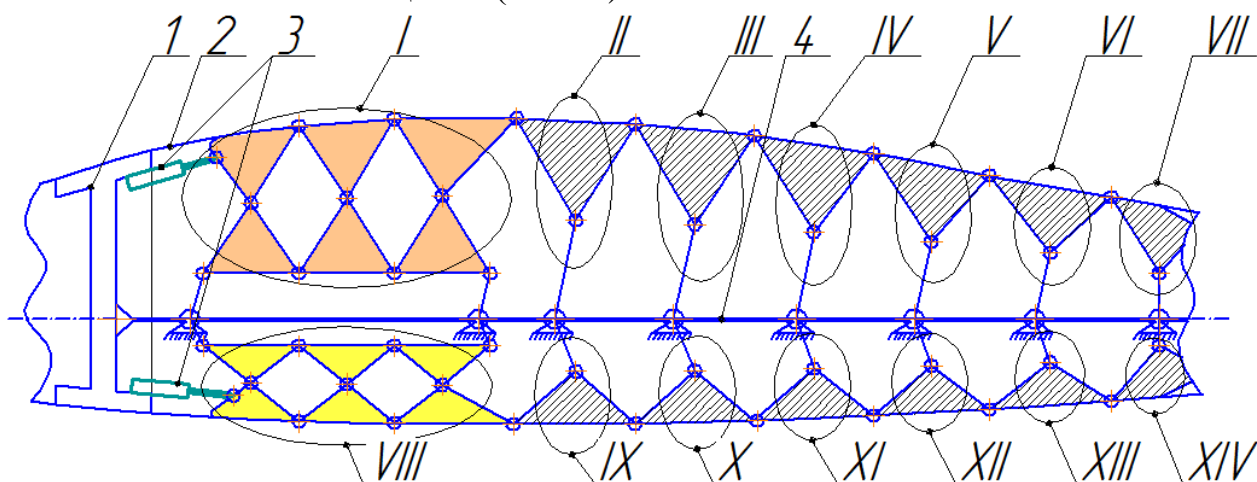


Рисунок 1 – Механизм изменения толщины профиля адаптивного крыла

При проектировании данного механизма использован метод синтеза механизмов Ассура, заключающийся в последовательном присоединении к входящему звену кинематических цепей нулевой подвижности. Совокупности пластин и стержней I и VIII представляют собой группы Ассура четвертого класса третьего порядка. Каждая из таких групп содержит 3 свободных повода, что соответствует порядку группы. Наибольший замкнутый контур состоит из 4 звеньев, что соответствует классу группы. Совокупности пластин и стержней II-VII и IX-XIV представляют собой диады. Диадами являются двухповодковые группы Ассура второго класса, второго порядка и состоят из двух звеньев и трех кинематических пар.

Каждая из данных частей механизма изменения толщины профиля приводится в действие от приводов (3). Приводится в действие каждый из гидроцилиндров отдельно, в зависимости от сигналов задания, поступающих от соответствующих органов управления. При отклонении гидроцилиндром входящего звена кинематической схемы, последовательно отклоняются все остальные звенья механизма изменения толщины профиля на соответствующие расстояния, при этом изменяется толщина профиля крыла.

Изменение толщины профиля при отклонении входящего звена пропорционально изменению синуса угла между стержнями и опорой. На рисунке 2. показаны угол α , а также геометрические размеры (a , h), от которых зависит толщина профиля. Экспериментально определено, что угол на который отклоняется звено 1 находится в пределах от 90 до 50. Величина синуса α лежит в пределах от 1 до 0.75, а значит расстояние от средней аэродинамической хорды может быть изменено на 25%, при этом полная толщина профиля может быть изменена на 50%.

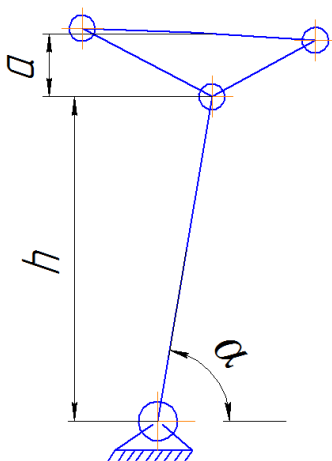


Рисунок 2 – Кинематическая цепь - Диада

Влияние на аэродинамику механизма изменения толщины рассмотрено на примере несимметричного аэродинамического профиля Р-111-15,5. Использование механизма изменения толщины профиля крыла способно

изменять относительную толщину профиля на 50%, а значит профиль в полете может быть изменен в профиль лежащий в интервале набора профилей от P-111-12 до P-111-18.

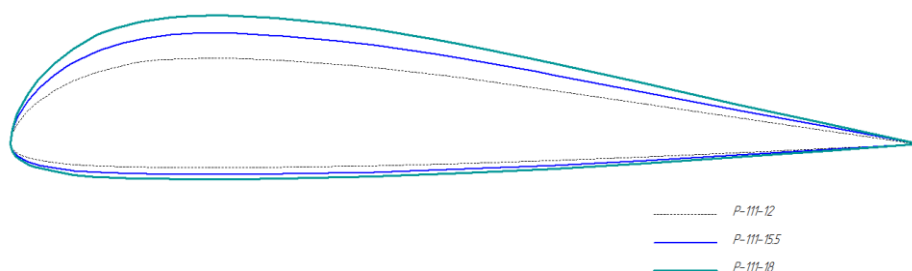


Рисунок 3 – Изменение профиля P-111-15,5 при использовании механизма изменения толщины профиля крыла

Аэродинамические характеристики при данных изменениях в геометрических размерах изменяется соответственно. На рисунке 4 показаны зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки, а также поляра. Заштрихованные области представляют собой возможные значения аэродинамических характеристик при использовании механизма изменения толщины профиля.

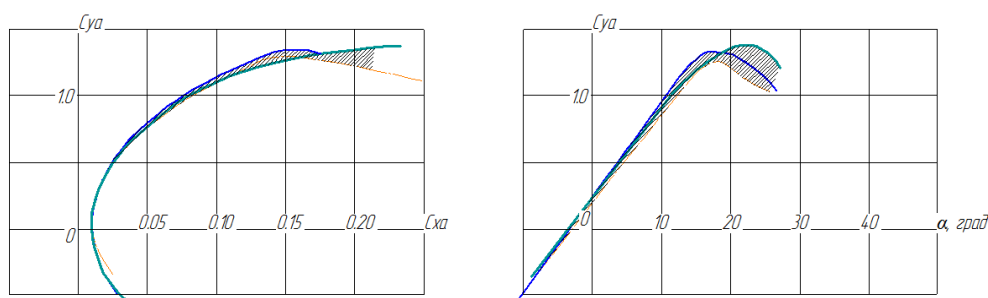


Рисунок 4 – Аэродинамические характеристики набора профилей P-111-12 – P-111-18

В таблице 1. отражен диапазон аэродинамических характеристик профилей P-111-12 – P-111-18 при использовании данного механизма изменения толщины профиля.

Таблица 1

C_{x0}	0.0097 – 0.0112
$C_{y\max}$	1.44 – 1.63
K_{\max}	59 – 47,5
$C_{y\text{наив}}$	0.62 – 0.806

Механизм позволяет выбирать требуемый профиль из диапазона возможных профилей для выполнения соответствующей фазы полета или маневра. Использование данного механизма изменения толщины профиля

позволяет оптимизировать аэродинамические характеристики при отклонении от крейсерского режима полета, расширяет интервал допустимых скоростей полета, улучшает взлетно-посадочные характеристики.

Список использованной литературы

1. Пат. 7,530,533 B2 US. Wing, particularly airfoil of an aircraft, having changeable profile / Juan-Mauricio Perez-Sanchez. 2009.
2. Пат. 7,699,270 B2 US. Wing, especially a carrier wing of an airplane, having an adaptable profile / Hans Lonsinger, Juan Perez-Sanchez. 2010.
3. Пат. 2727825 A1 EP. Device for modifying the airfoil geometry / Salvatore Ameduri at C.I.R.A. (Centro Italiano Ricerche Aerospaziali) - S.C.P.A. 2014.

Перспективы использования безэталонного монтажа сборочной оснастки на ИАЗ

И.В. Фокин

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

Решительная революция произошла в области информатизации производства: внедрены цепочки сквозных CAD/CAM/ CAE/PDM технологий для математического моделирования аэродинамических обводов самолета, инженерного и кинематического анализа изделий, проектирования в 3D и изготовления деталей с последующим автоматизированным контролем качества с использованием контрольно-измерительных машин, безэталонного изготовления оснастки на базе 3D моделей, окончательной сборки с использованием лазерно-оптических средств, разработки конструкторской и технологической документации и данных и их использования для управления предприятием. На сегодня «Иркут» уже располагает более чем 1300 рабочими местами для конструкторской и технологической подготовки на базе CAD/CAM/CAE/ PDM технологий.

Фокин Игорь Владимирович, студент гр. СМ-10, тел.: 89501113020, e-mail: nikofrog777@mail.ru

В настоящее время в Российской промышленности самолётостроение занимает одно из ведущих мест, и, не смотря на финансовые трудности, оно конкурентно способно, так как наша продукция пользуется спросом на мировом рынке. ИАЗ – филиал ОАО Корпорация «Иркут» – одно из самых современных самолётостроительных предприятий в РФ с развитой структурой, обеспечивающей производство сложной авиационной техники с высоким качеством.

ИАЗ известен как надёжный поставщик качественной авиационной техники с 70 – летним опытом в самолётостроении. За это время ИАЗу довелось сотрудничать практически со всеми крупными российскими конструкторскими бюро и вобрать в себя многое из их опыта.

За 70 лет своего существования иркутский авиационный завод принимал непосредственное участие в выпуске таких самолётов как: И-14, Пе-2, Пе-3, Ил-4, Ер-2, Ту-2, Ту-14, Ил-28, Ан-12, Як-28, Ан-24Т, МиГ-23УБ, МиГ-27, Су-27, Су-30, Бе-200, Як-130.

Почти каждый вновь создаваемый самолёт содержит в себе конструктивно – технологические решения, не имеющие аналогов в отечественной, а то и мировой практике авиастроения. Сложность авиационного производства заключается в его непрерывном совершенствовании, обусловлен-

ном высокими требованиями в производстве и наличия в нём мощной исследовательской и конструкторской базы.

В условиях возрастающих требований к сокращению цикла производства изделия, а также повышения его качества и ограниченных материальных и трудовых ресурсах вопрос применения новых технологий стоит особенно актуально.

Качество самолета как объекта производства представляет собой комплекс его тактико-технических характеристик и показателей, характеризующих надежность его в эксплуатации.

Широкий спектр проектных работ, сложность конструкции, сжатость сроков выполнения заказов, усиление конкурентной борьбы на рынке заставляют машиностроительные предприятия (авиационные, предприятия автомобилестроения, судостроения, двигателестроения и др.) проводить работы на самом современном техническом уровне. В данное время в условиях научно-технического прогресса развития компьютерных и технических технологий, позволило автоматизировать и роботизировать сборочные процессы, что позволяет повысить качество сборки, снизить трудоёмкость, а также повысить безопасность труда работающего персонала.

Развитие авиационной техники в последние годы характеризуется интенсивным проектированием новых, все более современных самолетов, обладающих высокими тактико-техническими характеристиками. Это обстоятельство привело к усложнению конструкции самолетов, применению новых материалов, соединений и технологических процессов. Возросли требования к надежности и качеству изделий, усложнился технологический процесс и увеличился цикл производства и, как следствие, резко возросли затраты на подготовку и производство самолетов.

Центральное звено технологии сборки самолета – принятый метод сборки. Метод сборки оказывает влияние на весь комплекс технологической подготовки производства: выбор схем базирования и сборки, определение состава технологической оснастки, обеспечивающих изготовление деталей и сборку изделий с заданным уровнем взаимозаменяемости и точности, изготовление и монтаж технологической оснастки для производства деталей и сборки изделий.

Одним из главных элементов производственного процесса изготовления самолета следует считать сборочное производство. Основным показателем качества сборки самолета является точность. Многие вопросы, связанные с достижением требуемой точности сборки, решаются с использованием анализа размерных цепей собираемого изделия. Существенной составляющей размерной цепи является точность изготовления сборочного приспособления.

Ускорение темпов технического прогресса вызывает необходимость частой замены выпускаемых машин новыми, более совершенными. Из-за частой смены объектов производства и проведения модификации, заводы

вынуждены почти непрерывно вести подготовку производства новых объектов с одновременным обеспечением серийного производства выпускаемых.

В этих условиях сокращение объема подготовки производства, а следовательно, и сроков постановки на производство новых изделий приобрело особо важное значение.

Одним из путей сокращения цикла подготовки производства является применение передовых методов монтажа сборочной оснастки.

При этом решается задача увязки сборочной оснастки безэталонным методом и разрабатывается схема монтажа приспособления с помощью лазерного трекера.

Вышеуказанные характеристики современного периода развития авиационной техники во многом могут быть увеличены благодаря широкому внедрению в производство безэталонного метода монтажа.

Задача, связанная с разработкой технологии безэталонного монтажа, становится весьма актуальной. Выполненные опытно-конструкторские работы показали принципиальную применимость технологии безэталонного монтажа для различных видов стапельной оснастки. В этих работах в качестве устанавливаемых элементов рассматривались базирующие элементы сравнительно небольших габаритных размеров и массы.

Существующая технология монтажа сборочных приспособлений имеет ряд ограничений и недостатков, а именно:

- повышенная материалоемкость, связанная с наличием промежуточных носителей форм и размеров в виде шаблонов, монтажных эталонов и калибров;
- высокая трудоемкость монтажа;
- длительный цикл подготовки производства, что особенно недопустимо в современных условиях;
- особые условия хранения жестких носителей, так как они используются при периодических проверках и ремонте сборочных приспособлений.

В условиях возрастающих требований к сокращению цикла производства изделия и ограниченных материальных и трудовых ресурсах выше перечисленные недостатки становятся существенным фактором снижения конкурентоспособности предприятия.

Для сокращения цикла подготовки производства, повышения качества и снижения материальных и трудовых затрат на монтаж сборочных приспособлений ОАО «Корпорация «Иркут» закупила промышленную измерительную систему Tracker фирмы Leica, которая позволяет решить перечисленные выше проблемы.

Международная кооперация, прежде всего, развивается в наиболее сложных, высокотехнологичных, наукоёмких отраслях промышленности. В этих отраслях она охватывает не только собственно «вещное» производ-

ство, но и проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Крупные и мелкие фирмы объединяют свои усилия, свои финансовые и интеллектуальные ресурсы в разработке новой сверхсложной техники, распределяя между собой конкретные направления и области работы и чётко координируя свою деятельность.

Одни из самых ярких примеров международной кооперации производства даёт нам *авиационная промышленность*, тесно связанная к тому же с авиадвигателестроением, производством авионики, цветной металлургией (алюминиевые и титановые сплавы), индустрией всевозможных современных композитных материалов и другими отраслями промышленности.

С 2004 года на ИАЗ реализуется программа международной промышленной кооперации с ведущим мировым производителем авиационной техники – компанией Airbus, включающая в себя производство компонентов для семейства аэробусов А320. Реализация данной программы позволяет Корпорации «Иркут» интегрироваться в международный авиастроительный бизнес, модернизировать производство для выпуска компонентов этих самолетов в соответствии с европейскими стандартами.

В 2010 году Корпорация «Иркут» осуществляла программу кооперации с Воронежским акционерным самолетостроительным обществом ВА-СО. ИАЗ участвовал в проектировании технологического оснащения на изделие Ил-112В.

Список использованной литературы

1. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / Пекарш А.И., Тарасов Ю.М., Кривов Г.А. [и др.] -М.: Аграф-пресс, 2006. - 304 с.
2. Современные технологические процессы сборки планера самолета/Колл. авторов; Под ред. Ю.Л. Иванова. -М.: Машиностроение, 1999. - 304 с.
3. Технология самолетостроения / Абибов А.Л., Бирюков Н.М. [и др.] - М.: Машиностроение, 1982.- 551 с.
4. Вагнер Е.Т. Лазерные и оптические методы контроля в самолетостроении / Е.Т. Вагнер, А.А. Митрофанов, В.Н. Барков; Под ред. Е.Т. Вагнера. - М.: Машиностроение, 1977. - 176 с.

Применение композиционных материалов в авиастроении

Ю.В.Фокин, Т.В.Божеева

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

После того как современная физика металлов подробно разъяснила нам причины их пластичности, прочности и ее увеличения, началась интенсивная систематическая разработка новых материалов. Это приведет, вероятно, уже в воображимом будущем к созданию материалов с прочностью, во много раз превышающей ее значения у обычных сегодня сплавов.

Ключевые слова: авиация, композиционные материалы, аэродинамика.

Фокин Юрий Владимирович, студент гр. НДб-14-4, тел.: 79041258410, e-mail: arunik@mail.ru.

Божеева Татьяна Владимировна, ст. преподаватель каф. СМиЭАТ

Технический прогресс в XX веке привел к созданию новых конструкционных материалов с высокой удельной прочностью и жесткостью – композиционных материалов (КМ), или композитов. Сейчас можно утверждать, что будущее гражданской авиации – за конструкциями из композитов.

Особенности композитов: повышенная по отношению к традиционным металлическим конструкционным материалам удельная прочность и жесткость композиционных материалов определяется свойствами упрочняющего волокна – наполнителя. Совместную работу волокон обеспечивает матрица – связующее. В названии многих КМ заложены типы наполнителей и связующих: углепластики, стеклопластики, органопластики и прочие материалы. Первое слово характеризует тип наполнителей: углеродные, стеклянные, а также другие волокна и ткани, а второе – типы связующего: пластики на основе различных смол или специальных клеев.

Главной особенностью создания конструкции из КМ, в отличие от традиционного использования металлов, является то, что процесс проектирования изделия начинается с создания самого материала. При этом свойства материала формируются в процессе производства конкретной конструкции. Таким образом, конструирование материала, проектирование самой конструкции и разработка технологического процесса изготовления – это единый взаимосвязанный процесс, в котором каждая из составляющих дополняет и определяет другие. Чем меньше вес, тем лучше аэродинамика.

Минимальная масса конструкции планера является одним из основных критериев, определяющих совершенство конструкции самолета. Его реализация зависит от правильности выбора материалов, конструкции агрегатов из композиционных материалов и их параметров. При снижении массы конструкции за счет применения композиционных материалов повышается экономическая эффективность самолета.

Использование в силовой части конструкции планера пассажирского самолета полимерных композиционных материалов позволяет не только снизить массу планера, но и повысить его аэродинамическое совершенство. Рост аэродинамического качества и крейсерского числа Маха обеспечивается за счет оптимальных значений проектных параметров крыла, то есть удлинения, стреловидности и относительной толщины его профиля, что недостижимо для металлической конструкции.

Так, для крыльев с удлинением $\lambda=9\sim 10$ (Ту-204, Boeing 737, Airbus A320...) используется алюминий с модулем упругости $E=72$ ГПа.

Для крыла с удлинением $\lambda=11\sim 12$ использование алюминия ведет к дополнительному увеличению веса за счет необходимости повышать изгибную жесткость крыла. Вот почему для крыла с удлинением $\lambda>10$ следует использовать материал с большим модулем упругости. Углепластик позволяет получить необходимую жесткость крыльев за счет большего модуля упругости $E>100$ ГПа (для готовой конструкции).



Рисунок 1-Использование КМ в SSJ 100

Доля использования композиционных материалов в конструкции современных магистральных самолетов достигает 50%. К примеру, на самолетах Boeing 787 Dreamliner и Airbus A350 композиционные материалы используются в конструкции крыла, центроплана, фюзеляжа и хвостового оперения.

В конструкции российских самолетов также широко используются композиционные материалы. Доля использования КМ на новом российском самолете МС-21, разрабатываемом корпорацией «Иркут», будет составлять ~35–37%.

На самолете нового поколения Sukhoi Superjet 100 из композиционных материалов выполнены агрегаты механизации крыла, рулевые поверхности, створки шасси и обтекатели. Компанией ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» ведется работа по увеличению доли использования композиционных материалов в конструкции планера самолета, в том числе в конструкции крыла и центроплана.

Ожидается, что широкое применение композиционных материалов будет способствовать:

- 1) снижению веса планера самолета до 15%;
- 2) повышению топливной эффективности;
- 3) повышению ресурса;
- 4) уменьшению эксплуатационных расходов до 10% и расходов на техническое обслуживание до 30% (так как требуется меньшее число осмотров конструкции) за счет большей коррозионной стойкости и большего ресурса КМ по сравнению с металлами;
- 5) уменьшению количества деталей в конструкции и, соответственно, снижению трудоемкости и стоимости сборки.

Список использованной литературы

1. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: Учебник для высших технических заведений. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990.
2. Материалы будущего: перспективные материалы для народного хозяйства. Пер. с нем./ Под ред. А. Неймана. – Л.: Химия, 1985.
3. Тарнопольский Ю. М., Жигун И. Г., Поляков В. А. Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987.
4. Политехнический словарь. Гл. ред. И. И. Артоболевский. – М.: «Советская энциклопедия», 1977.

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621. 787

Определение частоты вращения шарикового центробежного обкатника при обработке ППД восстановленных нежестких валов

А.В. Горбунов, В.Ф. Горбунов

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В работе на основе физически обоснованной гипотезы, ограничивающей глубину упрочнения размером зоны взаимного влияния, предлагается формула расчета частоты вращения шарикового центробежного обкатника при поверхностной пластической деформации восстановленных нежестких валов.

Ключевые слова: нежесткий вал, поверхностный слой, пластическая деформация, глубина упрочнения.

Горбунов Андрей Владимирович, магистрант ИрННТУ, зав лабораторией ОАО «ИркутскНИИхиммаш», тел.: 89501446933, e-mail: Gorbunov12@istu.edu, korgik12@mail.ru
Горбунов Владимир Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении ИрННТУ, тел.: 89086532181, e-mail: Gorbunov12@istu.edu

После токарной обработки восстановленных наплавкой маложестких валов возникает необходимость уменьшить шероховатость поверхности и улучшить качественные показатели поверхностного слоя. Наиболее эффективным является способ поверхностного пластического деформирования. Однако малая жесткость детали не позволяет воспользоваться традиционными технологическими решениями. При вращении заготовки возникают значительные динамические нагрузки, связанные с колебаниями, которые приводят к формированию существенной неоднородности упрочнения поверхностного слоя и системы остаточных напряжений, искривляющих вал при его раскреплении. Решение этой проблемы возможно при использовании вращающегося инструмента и двигающейся по отношению к нему детали. Отсутствие жесткого закрепления вала улучшает качественные показатели поверхностного слоя, делает более предсказуемой, более однородной и уравновешенной систему остаточных напряжений. Нет необходимости в использовании люнетов. В работе [1] предложена конструкция такого центробежного обкатника. Частота вращения, обеспечивающая заданное усилие прижима инструмента [2]:

$$n = \sqrt{\frac{P_r \cdot 10^5}{15P_3 + 65}}, \quad (1)$$

где P_r – усилие прижима инструмента, Н;

P_3 – вес груза, Н.

Глубина упрочнения при ППД связана с основными параметрами, определяющими качество обработки: степенью деформационного упрочнения, величиной и глубиной залегания остаточных напряжений сжатия, шероховатостью, волнистостью обработанной поверхности [3].

Для жестких валов, у которых отношение длины вала l к его диаметру d меньше 10, обычно рекомендуется увеличивать глубину упрочнения, не допуская разрушения в связи с исчерпанием пластичности материала (шелушение, расслоение). Увеличение глубины упрочнения сопровождается, как правило, увеличением интенсивности контактных давлений, возрастает усилие прижима инструмента к заготовке. При этом в ПС формируются остаточные напряжения сжатия. При последующей эксплуатации при циклических нагрузках эти напряжения частично и не однородно релаксируют [4], создавая в поперечных сечениях вала изгибающий момент, изменяющий кривизну оси вала. Разработаны различные способы исправления такого брака путем правки [1, 5]. Основной недостаток этих методов в том, что они предполагают местное пластическое деформирование с формированием самоуравновешенной системы остаточных напряжений. Последующее деформационное старение при циклических нагрузках приводит к воспроизводству брака во время эксплуатации. Кроме того, при пластическом деформировании в закаленном состоянии образуются микротрещины, уменьшающие усталостную прочность и долговечность детали. Для снижения величины остаточных напряжений в технологии изготовления не жестких валов предусматривают вибрационную обработку, которая позволяет предупредить эксплуатационную нестабильность формы продольной оси. Очевиден вывод: необходимо уменьшать величину остаточных напряжений, а это равнозначно уменьшению глубины упрочнения. При этом должны остаться неизменными другие показатели качества обработки поверхностного слоя (ПС) после отделочно-упрочняющей ППД.

Существенную роль в процессах деформации и разрушения поликристаллических тел играет объем прилегающий к свободной поверхности. Изменение физических свойств этого объема позволяет увеличить прочностные характеристики образца с одновременным ростом его пластичности. При этом отмечается значительная роль размера зерна микроструктуры приповерхностного объема в формировании особых механических свойств. На основе обобщения экспериментальных данных для углеродистых сталей установлена зависимость размеров зоны взаимного влияния от среднего размера зерна. В пределах зоны взаимного влияния механические свойства изменяются по определенному закону. Причем минимум их соот-

ветствует приповерхностному слою. Экспериментально установленный факт образования в поверхностном слое остаточных напряжений в условиях однородной пластической деформации растяжением связан с неоднородностью напряжения течения поверхностного слоя и внутреннего объема. Следовательно, любые технологические воздействия преследующие цель уменьшения остаточных напряжений должны быть направлены на выравнивание свойств в пределах зоны взаимного влияния. Таким образом, предельная, физически обоснованная глубина упрочнения ППД нежестких деталей не может существенно превышать размера зоны взаимного влияния [6].

Качество последующей обработки ППД существенно зависит от технологической наследственности сохранившейся в поверхностном слое от предшествующих технологических операций. Поверхностной пластической деформации, как правило, предшествует лезвийная обработка заготовки, в результате которой происходит неоднородный по глубине наклеп приповерхностного объема с формированием определенной системы остаточных напряжений. Глубина наклепа зависит от режимов лезвийной обработки и механических свойств материала. Для черного течения она изменяется от 0,1 мм до 0,5 мм, для чистового не превышает 0,05 мм. При шлифовании наклеп распространяется на глубину от 0,015 до 0,04 мм. Эти глубины находятся в пределах размеров зоны взаимного влияния.

Следует отметить, что из-за малой величины напряжения течения слоев зерен вблизи свободной поверхности стадия развитой пластической деформации возникает при много меньшей величине удельного давления в центре пятна контакта, чем это принято считать. При этом распределение удельного давления в пятне контакта приближается к равномерному [7].

Градиент свойств поверхностного слоя приводит к более раннему началу пластического течения. Формируется гораздо быстрее развитая зона пластического течения. Существенно изменяется интервал средних контактных давлений, при которых пластическая деформация стеснена упругой деформацией окружающего пространства. При прижнем значении напряжения течения поверхностного слоя он ограничен интервалом от σ_y до $3\sigma_y$. Поскольку критическое напряжение, при котором заканчивается деформационное упрочнение в поверхностном слое, приблизительно в 2 раза меньше напряжения течения образца при растяжении, то интервал стесненной пластической деформации уменьшается тоже в два раза. При среднем контактом давлении $1,5\sigma_{кр}$ и более деформация в очаге деформации пластическая и развивается без упругого стеснения.

Решения задач пластичности, полученные различными методами, как при статическом вдавливании, так и при движении индентора дают принципиально важный вывод: при развитых пластических деформациях независимо от радиальной силы прижима инструмента нормальные напряжения во всех точках дуги контакта примерно одинаковы и в 5...5,2 раза

больше предела текучести материала при сдвиге [8]. При использовании третьей теории пластичности напряжение течения при сдвиге будет равно половине величины критического напряжения. Тогда нормальное напряжение в очаге деформации равно

$$\sigma_n = (2,5 \dots 2,6)\sigma_{кр} \quad (2)$$

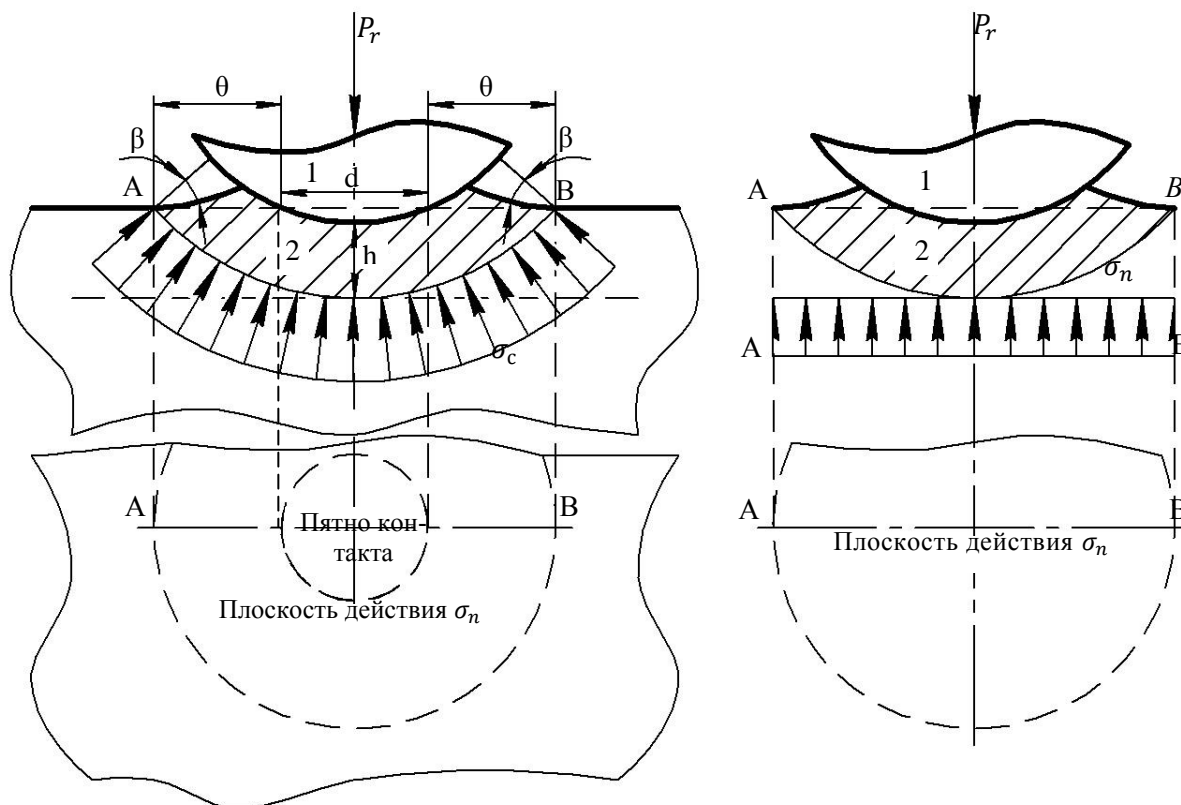


Рисунок 1 – Взаимодействие индентора с полупространством при развитых пластических деформациях и его расчетная схема. 1- шар; 2- область гидростатического сжатия

После того как на контактной поверхности шарика разовьется пластическая деформация, давление от нее начинает передаваться через слой пластически деформированного материала, находящегося в состоянии всестороннего равномерного сжатия (слой не упрочняющейся и не сжимаемой жидкости). Такое состояние равнозначно увеличению диаметра невозстановленной лунки. В каждый последующий момент нагружения (увеличения нагрузки на шарик) диаметр становится больше на величину 2θ (см. рис.1). Учитывая, что при контактном взаимодействии существует однозначная взаимосвязь между глубиной лунки и глубиной распространения пластической деформации h , можно утверждать, что и θ будет зависеть от h :

$$\theta \approx \frac{1}{\cos \beta} h = kh \quad (3)$$

Диаметр очага пластической деформации

$$d_{\text{пл}} = d + 2hk, \quad (4)$$

Из условия равновесия очага пластической деформации и индентора можно записать уравнение:

$$P_r = \sigma_n \frac{\pi(d+2hk)^2}{4}, \quad (5)$$

из которого, после преобразований получим

$$h = \frac{1}{2k} \left(\sqrt[2]{\frac{4P_r}{\pi\sigma_n}} - d \right) \quad (6)$$

Диаметр не восстановленной лунки

$$d = \sqrt{D^2 - (D - 2t)^2} \approx \sqrt{4Dt} \quad (7)$$

Глубина распространения пластической деформации, замеренная от исходной поверхности полупространства

$$h_t = \frac{1}{2k} \left(\sqrt[2]{\frac{4P_r}{2.5\pi\sigma_n}} - (4Dt)^{0.5} \right) + t = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{P_r}{\pi\sigma_n}} + \left(t - \frac{1}{2k} (4Dt)^{0.5} \right)$$

(8)

При развитой пластической деформации нормальные напряжения по всей поверхности контакта на границе упругой и пластической областей определяется соотношением 2. Тогда глубина распространения пластической деформации

$$r_f = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{P_r}{2.5\pi\sigma_{\text{кр}}}} + \left(t - \frac{1}{2k} (4Dt)^{0.5} \right) \quad (9)$$

где t - глубина невосстановленной лунки.

Глубину не восстановленной лунки рассчитывается по закону Мейера или определяется по графику 2. При усилиях прижима инструмента до 1000 Н глубина не восстановленной лунки для углеродистых сплавов от стали 10 до стали 45 может быть определена по зависимости :

$$t = 0.038P_r - 0,00148 \quad (10)$$

где t – глубина невосстановленной лунки, мм; P_r – усилие вдавливания, кН.

Таким образом, глубина упрочнения является функцией размеров пластического отпечатка инструмента и детали, нагрузки на инструмент и очаг деформации на границе упругих и пластических деформаций.

Если второе слагаемое в формуле (9) окажется много меньше первого, то им можно пренебречь. В этом случае:

$$h_t = \sqrt{\frac{P_r}{\pi k^2 \sigma_n}} \quad (11)$$

При $k^2 = \frac{2}{\pi}$ и $\sigma_n = \sigma_y$ выражение (11) переходит в известную формулу Хейфеца.

Формула (6) может быть преобразована к формуле Папшева [9]

$$\Delta = k^n \sqrt{F_k}, \quad (12)$$

где k и n – коэффициенты, зависящие от размеров инструмента, а также от размеров и материала детали; F_k – площадь контакта инструмента.

Из условия равновесия шарика площадь проекции пятна контакта шарика с учетом наплывов A_1

$$A_1 = \frac{P_r}{\sigma_n} \quad (13)$$

Эта площадь пропорциональна поверхности контакта шарика

$$k_1^2 F_k = A_1 \quad (14)$$

С учетом этого соотношения

$$h = \frac{1}{2k} \left(\sqrt{\frac{4P_r}{\pi\sigma_n}} - d \right) = \frac{k_1}{k\sqrt{\pi}} \sqrt{F_k} - \frac{1}{2k} d \quad (15)$$

Окончательно

$$h_t = \frac{k_1}{k\sqrt{\pi}} \sqrt{F_k} + \left(t - \frac{1}{2k} d \right) \quad (16)$$

При малой величине диаметра пятна контакта и соответственно глубины невосстановленной лунки слагаемым в скобках можно пренебречь. Получаем формулу Папшева при $n=2$. Коэффициент $\frac{k_1}{k\sqrt{\pi}}$ будет зависеть от удельного давления в центре пятна контакта.

При переходе от статического вдавливания к движению инструмента относительно детали изменяется величина контактной зоны.

При включении подачи происходит разгрузка задней части контактной поверхности инструмента и его «всплытие» уменьшающее глубину внедрения инструмента в тело детали. Этот эффект наблюдался в экспериментах по определению твердости склерометрическим способом (царапанием). Чем больше твердость (прочность материала), тем больше величина всплытия индентора. Нагрузка распределяется на иную площадь пятна контакта.

Формы и размеры наплывов очага деформации меняются на начальном и конечном участках обкатывания. Между этими участками процесс обкатывания происходит стабильно при неизменных размерах наплывов вокруг площадки контакта, которые перемещаются вместе с инструментом в виде пластических волн. Неизменность размеров этой волны свидетельствует о стационарности процесса деформирования (неизменности наприя-

женно-деформированного состояния) в системе координат, связанной с инструментом. Вращение инструмента еще более изменяет пятно контакта и его площадь. Учесть все эти особенности динамического процесса обкатки роликом или шариком, решая задачу пластичности в ограниченном объеме очага деформации пока невозможно [8].

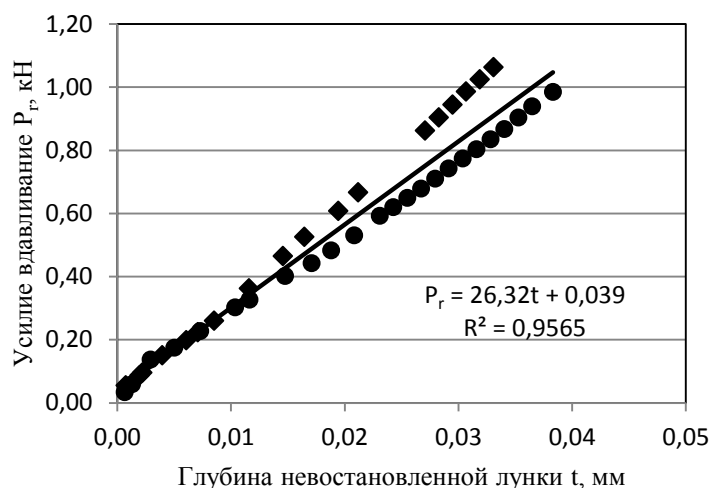


Рисунок 2 – Диаграммы вдавливания шарика D=10 мм для сталей: ● - сталь 10; ◆ - сталь 45 [10]

Изменение площади можно учесть коэффициентом α_1 , умножив правую часть формулы 5 на α_1 .

В результате получим

$$h_t = \frac{1}{\kappa} \sqrt{\frac{P_r}{\pi \alpha_1 \sigma_n}} + \left(t - \frac{1}{2\kappa} (4Dt)^{0.5} \right). \quad (17)$$

Оптимальная величина шероховатости поверхности вала достигается при глубине упрочнения равной размеру зоны взаимного влияния [6] r_f . С учетом соотношения 2 выражение 17 приведет к виду

$$r_f = \frac{1}{\kappa} \sqrt{\frac{P_r}{\pi \alpha_1 k_\sigma \sigma_{кр}}} + \left(t - \frac{1}{2\kappa} (4Dt)^{0.5} \right). \quad (18)$$

Размер зоны взаимного влияния r_f зависит от размера зерна микроструктуры [6]:

$$r_f = 25,715 d_3^{0,792}, \quad (19)$$

где d_3 - средний размер зерна, мкм.

Выразив 19 в метрах, подставим в 18

$$0,025715 d_3^{0,792} = \frac{1}{\kappa} \sqrt{\frac{P_r}{\pi \alpha_1 k_\sigma \sigma_{кр}}} + \left(t - \frac{1}{2\kappa} (4Dt)^{0.5} \right). \quad (20)$$

Из выражения 20 найдем P_r и подставим в 1. В результате получим

$$n = \sqrt{\frac{10^5 \left(\kappa 0,025715 d_3^{0,792} - \kappa \left(t - \frac{1}{2\kappa} (4Dt)^{0,5} \right) \right)^2 \pi \alpha_1 k_\sigma \sigma_{кр}}{15P_3 + 65}}, \quad (21)$$

При малых усилиях прижима шарика к валу

$$0,025715 d_3^{0,792} \ll \left(t - \frac{1}{2\kappa} (4Dt)^{0,5} \right) \quad (22)$$

Величиной $t - \frac{1}{2\kappa} (4Dt)^{0,5}$ можно пренебречь. Тогда

$$n = \sqrt{\frac{k_{об} d_3^{1,584} \sigma_{кр}}{15P_3 + 65}}, \quad (23)$$

где $k_{об} = 2571,5 \kappa \alpha_1 k_\sigma$

Коэффициент $k_{об}$ определяется экспериментально.

При заданном размере зерна и весе груза частота вращения, обеспечивающая упрочнение на глубину не более размеров зоны взаимного влияния, зависит от величины критического напряжения и соответствующей этому напряжению критической деформации.

Список использованной литературы

1. Зайдес С.А., Забродин В.А., Мураткин Г.В. Поверхностное пластическое деформирование. — Иркутск : Изд-во Иркут.гос. техн. ун-та, 2002. — 304 с.
2. Горбунов А.В., Горбунов В.Ф. Расчет частоты вращения роликового центробежного обкатника при поверхностной пластической деформации нежестких валов // Вестник ИрГТУ, №12, 2013. — с. 63-68.
3. Пшибыльский В. Технология поверхностной пластической обработки: Пер. с польск. — М. : Металлургия, 1991. — 479 с.
4. Драчев О. Технология изготовления маложестких осесимметричных деталей. — М. : Политехника, 2005.- 312 с.
5. Куличкин Н., Мамонтов В. Способы правки деформированных судовых валов // Проблемы динамики и прочности исполнительных механизмов

- и машин (2002, октябрь): Материалы науч. конф. –Астрахань: Изд-во АГТУ. 2002. — С. 306-309.
6. Горбунов А.В., Горбунов В.Ф. Обоснование глубины упрочнения нежестких валов при поверхностной пластической деформации центробежным обкатником // Вестник ИрГТУ, №9, 2012.- с. 29-33.
 7. Морозов Е., Зернин М. Контактные задачи механики разрушения. — М. : Машиностроение, 1999. — 544 с.
 8. Смелянский В.М. Механика упрочнения материалов поверхностным пластическим деформированием. — М. : Машиностроение, 2002. — 300 с.
 9. Папшев Д.Д. Упрочнение деталей обкаткой шариками. — М. : Машиностроение, 1968. — 132 с.
 10. Дрозд М.С., Матлин М.М., Сидякин Ю.И. Инженерные расчеты упругопластической контактной деформации. — М. : Машиностроение, 1986. — 224 с.

Разработка комплексной обработки рабочих поверхностей гильз гидроцилиндров высокого давления

Е.В. Зеньков, В.Н. Москвитин

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

В работе предложена технология получения заготовок гильз гидроцилиндров для гидрофицированных машин и механизмов. Технология позволяет решить существующую проблему импортозамещения отечественными комплектующими. Разработанная технология включает применение комбинированного инструмента, адаптированного для работы на станках токарной группы.

Ключевые слова: комбинированный инструмент, гильза гидроцилиндра, раскатная головка, расточная головка

Зеньков Евгений Вячеславович, магистрант кафедры технологии машиностроения, тел.: 89086526251, e-mail: jovanny1@yandex.ru

Москвитин Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, тел.: 89648136554

Для управления рабочими органами гидрофицированных машин и механизмов широкое использование получили гидравлические цилиндры. Тяжёлые условия эксплуатации, близость к рабочим органам, внешние силовые и атмосферные воздействия, определяют особые технические требования к комплектующим для производства гидроцилиндров. При этом наиболее ответственным элементом гидроцилиндра, к которому предъявляются высокие технологические требования рабочих поверхностей, является гильза [1].

При изготовлении отечественных гильз гидроцилиндров, как правило, применяются уже готовые хонингованные или раскатные заготовки труб, закупаемые у западноевропейского производителя. Эти трубы обладают высокими характеристиками по точности и шероховатости внутренних поверхностей. В настоящее время в период санкционной политики Запада и экономического давления на Россию актуальность приняла проблема импорта многих комплектующих, в том числе, и высококачественных раскатных труб. Перед российскими компаниями поставлена задача импортозамещения, разработки собственных технологий, адаптированных к существующим мощностям производства. В данной работе предложена техно-

логия изготовления заготовок труб при производстве гильз, позволяющая отказаться от импортных аналогов труб. Технология адаптирована к проведению комплексной обработки на станках токарной группы.

Мировой опыт изготовления раскатных и хонингованных труб сконцентрирован на использовании комбинированной обработки внутренних поверхностей прецизионных холоднотянутых или горячекатаных труб. При обработке применяется комбинированный инструмент, который соединяет воедино черновую и чистовую расточку, а также последующую раскатку, что дает особые экономические преимущества. На мировом рынке получили распространение инструменты немецкой фирма «ECOROLL» [2]. Инструменты фирмы «ECOROLL» доказали свою эффективность при обработке цилиндров с диаметрами от 60 мм до 455 мм и длинами до 10 м (рис. 1). В то время как расточная головка доводит внутреннюю поверхность трубы до требуемого размера и формы, роликовая головка производит ее чистовую раскатку. Несколько роликов, установленных по окружности инструмента, вжимаются во внутреннюю стенку цилиндра.

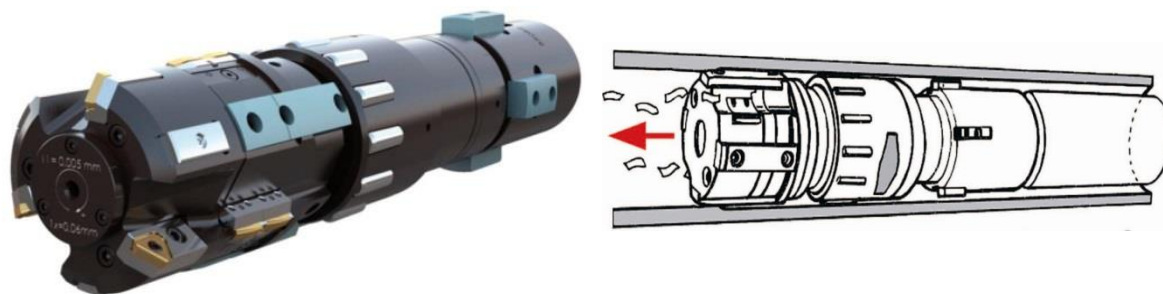


Рисунок 1 – Головка с резцами и роликовыми раскатниками фирмы ECOROLL (а) и в процессе работы (б)

Комбинированные инструменты могут использоваться как на специальных станках для обработки цилиндров (станках глубокого сверления), так и на токарных станках с ЧПУ. Достижимая точность отверстий IT7 или IT8, шероховатость $Ra=0,05-0,4$ мкм. Гидравлическое управление инструментом: после обработки происходит складывание кассет с помощью гидравлики, чтобы исключить повреждения поверхности при выводе инструмента. Инструмент имеет сложную конструкцию, и повторить ее в настоящее время невозможно.

Типовая технология обработки внутренней поверхности гильзы включает в себя следующие операции: черновая расточка, чистовая расточка, доводка отверстия [1]. Доводка отверстия производится, как правило, раскаткой, в некоторых случаях может быть применена операция хонингования. Для изготовления заготовок гильз рекомендуется применять горячедеформированные и холоднотянутые бесшовные стальные трубы по ГОСТ [4. 5], а также прецизионные по ГОСТ [6] из сталей 40X или

30ХГСА. В последствие гильзы, изготовленные из этих материалов, ничуть не уступают зарубежным аналогам. Толстостенность труб следует выбирать исходя из будущих условий эксплуатации гидроцилиндра.

В условиях российского производства предлагается проводить обработку труб по ГОСТ на токарных станках, имеющих подвижный люнет [3]. При этом для получения того или иного размера гильзы (как правило внутреннего размера гильзы) следует ориентироваться на "оригинальный" для этого размера набор основных и вспомогательных инструментов. Таким образом, вариант технологического процесса обработки внутренней поверхности труб может быть представлен следующим образом:

05. Установка трубы в поводковый патрон станка и люнет с базированием по наружной поверхности трубы. Поводковый патрон устанавливается в патроне станка, подвижный люнет осуществляет базирование по наружной поверхности и создает нормируемую осевую нагрузку;

10. Расточка отверстия. Борштанга универсальная, головка расточная комбинированная с черновой и чистовой расточкой.

15. Раскатка шариковым (роликовым) раскатником до размеров (Н8, Н9 и Ra 0,32-0,63).

В качестве базового станка предлагается использовать станок советского 1М63 или китайского SHW6180С производства, предназначенные для проведения токарной обработки деталей средних и больших размеров. Схема обработки приведена на рис. 2. Для осуществления одновременно черновой и чистовой расточки используется комбинированная расточная головка с черновыми и чистовыми резцами, а для последующей раскатки роликами (или шариками) – раскатная головка. Крепление головок осуществляется с помощью универсальных борштанг. При этом её закрепление выполнено с помощью дополнительного приспособления, установленного в резцедержателе станка (рис. 3).

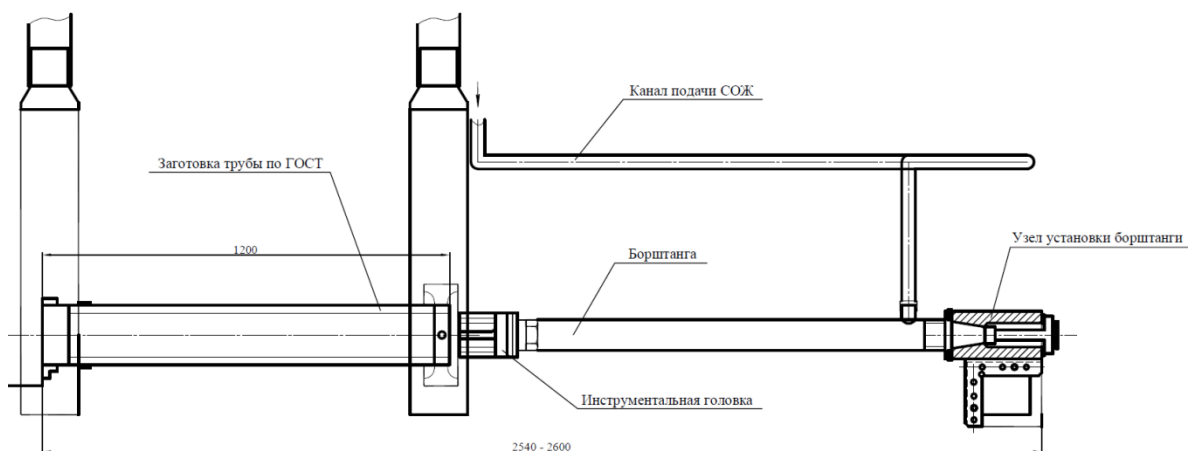


Рисунок 2 – Схема обработки заготовок гидроцилиндров

Особенностью расточного инструмента является возможность регулирования под величину снимаемого припуска черновых резцов, располагающихся первыми в ряду в процессе обработки. На периферии инструмента находятся чистовые резцы, обеспечивающие точность выполнения размера, и возможность их настройки не допускается (рис. 4). По завершении расточной операции инструмент имеет возможность безопасного возвращения в исходное положение. На рис. 5 приведена схема раскатной головки.

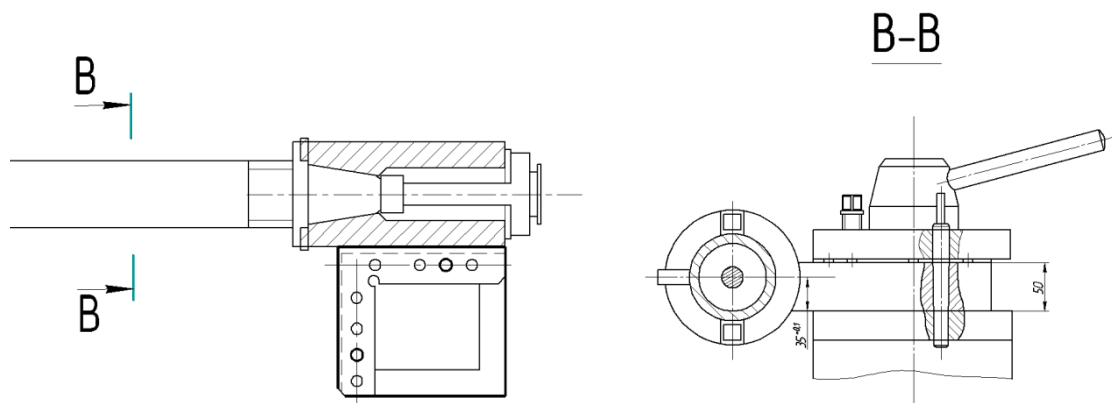


Рисунок 3 – Узел крепления борштанги

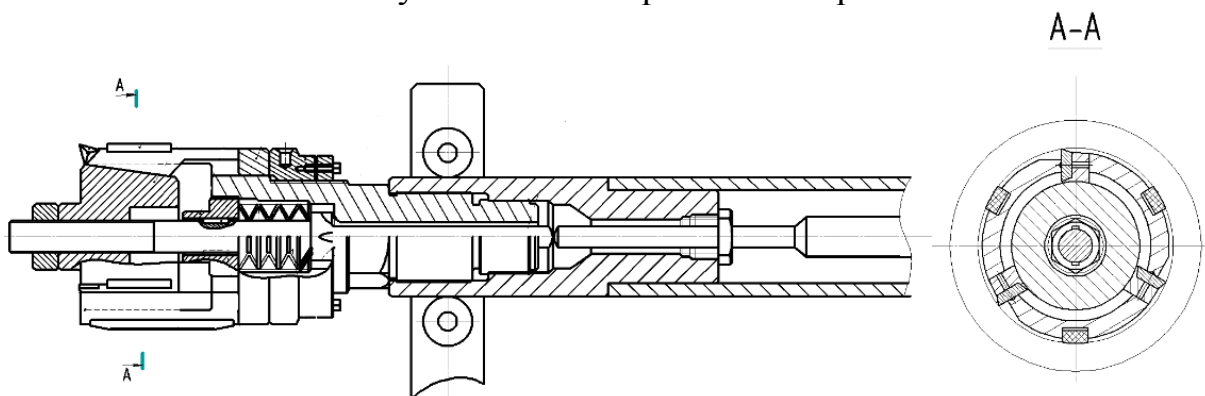


Рисунок 4 – Схема расточной головки

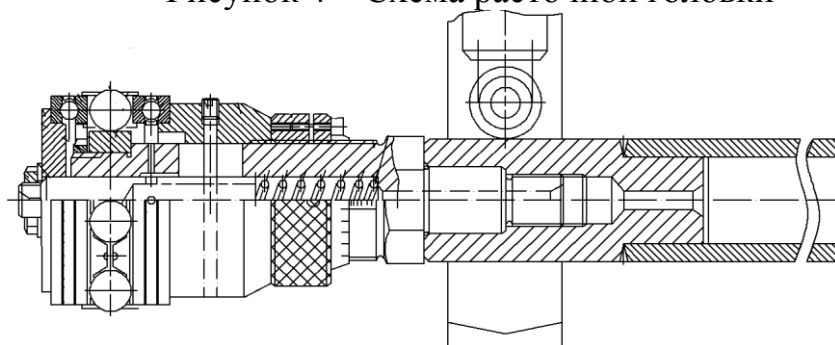


Рисунок 5 – Схема раскатной (шариковой) головки

Таким образом, предложенная технология комплексной обработки рабочих поверхностей гильз гидроцилиндров позволит существенно снизить

затраты, а также снять зависимость импортопотребления, что, несомненно, расширит возможности собственного производства комплектующих для гидравлического оборудования.

Список использованной литературы

1. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. Конструкция и расчет. – М.: Машиностроение, 1966. – 172 с.
2. Каталог ЭКОРОЛ. Roller burnishing, Deep rolling, Combined skive-burnishing. ECOROLL Corp. 11-2006 Subject to revision.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Том 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003 г. – 944 с.
4. ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.
5. ГОСТ 8734-75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент.
6. ГОСТ 9567-75 Трубы стальные прецизионные. Сортамент.

Повышение прочности гидроцилиндров высокого давления методом автофреттирование

В.Н. Москвитин, С.Ю. Павликова, В.А. Захаров, Е.В. Зеньков

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

Приведены результаты исследований напряженно-деформированного состояния корпуса гидроцилиндра с целью повышения его прочности.

Ключевые слова: корпус гидроцилиндра; расчетное напряжение; радиальный натяг.

Москвитин Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, тел.: 40-51-49 , e-mail: 24v@istu.edu

Павликова Светлана Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения, тел.: 89501199639, e-mail: klaid35@yandex.ru

Захаров Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, тел.: 40- 51-49, e-mail: 24v@istu.edu

Зеньков Евгений Вячеславович, магистрант гр. ОУОм-13-1, тел.: 40-51-49 , e-mail: 24v@istu.edu

Гидравлический привод в настоящее время имеет большое значение в разных областях техники. Основным показателем совершенства гидравлических систем следует считать рабочее давление P_p , которое определяет габаритные размеры и массу элементов гидросистем и изделия в целом. Особенно это актуально для рабочих органов гидросистем (гидроцилиндры, насосы). В настоящее время в качестве перспективных рабочих давлений в различных областях техники являются: для дорожных машин - 27МПа; в авиационной технике – 32...40МПа; в ручном гидравлическом инструменте – 70...100МПа; в технологическом оборудовании (водорезка) - 400Мпа. Такая величина рабочего давления вызывает напряженно-деформированное состояние, которое соответствует или даже превышает прочность используемых материала для гильз гидроцилиндров. Выходом из этого положения следует считать использование составных конструкций с радиальными сжимающими напряжениями по сечению (автофреттирование).

В качестве базового варианта был рассмотрен гидроцилиндр, корпус которого представляет собой монолитную трубу со следующими характеристиками: внутренний диаметр 140 мм, толщина стенки 15 мм.

Цель производимых исследований – обеспечить прочность корпуса гидроцилиндра при внутреннем давлении 70 МПа.

На первом этапе было определено напряженно-деформированное состояние трубы согласно исходным данным с использованием пакета программ конечно-элементного анализа MSC.visual NASTRAN for Windows [3]. На рисунке 1 представлен результат проведенного анализа.

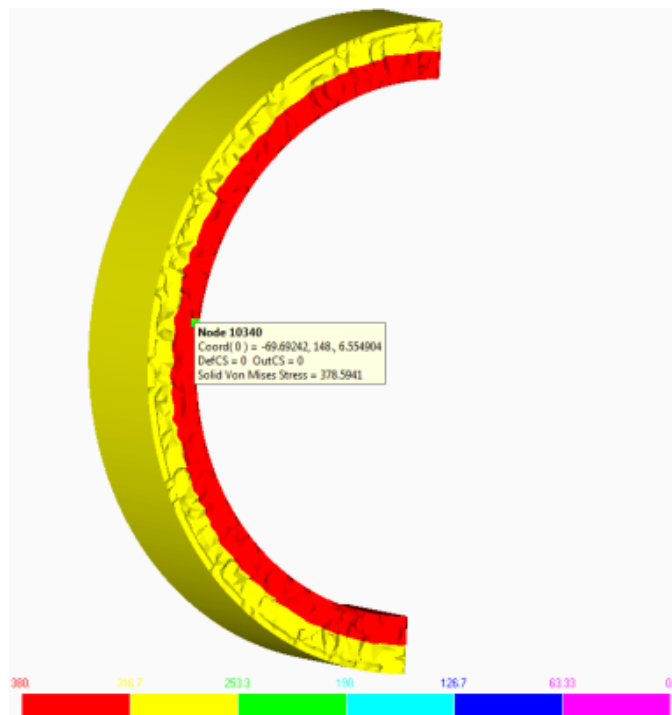


Рисунок.1 – Напряженно-деформированное состояние монолитной трубы с толщиной стенки 15мм.

В результате анализа полученных значений возникающих в корпусе напряжений (от 378 МПа до 200 МПа) был сделан вывод, что при применяемой в настоящее время толщине стенки 15 мм труба разрушится, т.к. расчетное напряжение превышает допустимое для обеспечения прочности в 1,8 раз.

В качестве решения проблемы возможны два варианта. Первый из них – это увеличение толщины стенки корпуса гидроцилиндра. При неизменном внутреннем диаметре толщина стенки была увеличена до 40 мм, т.е. габаритные размеры изменились в большую сторону. Результаты расчета представлены на рисунке 2. Максимальное эквивалентное напряжение

возникает на внутренней поверхности трубы и равно 205 МПа, деформации в этой же области порядка 0,5 мм.

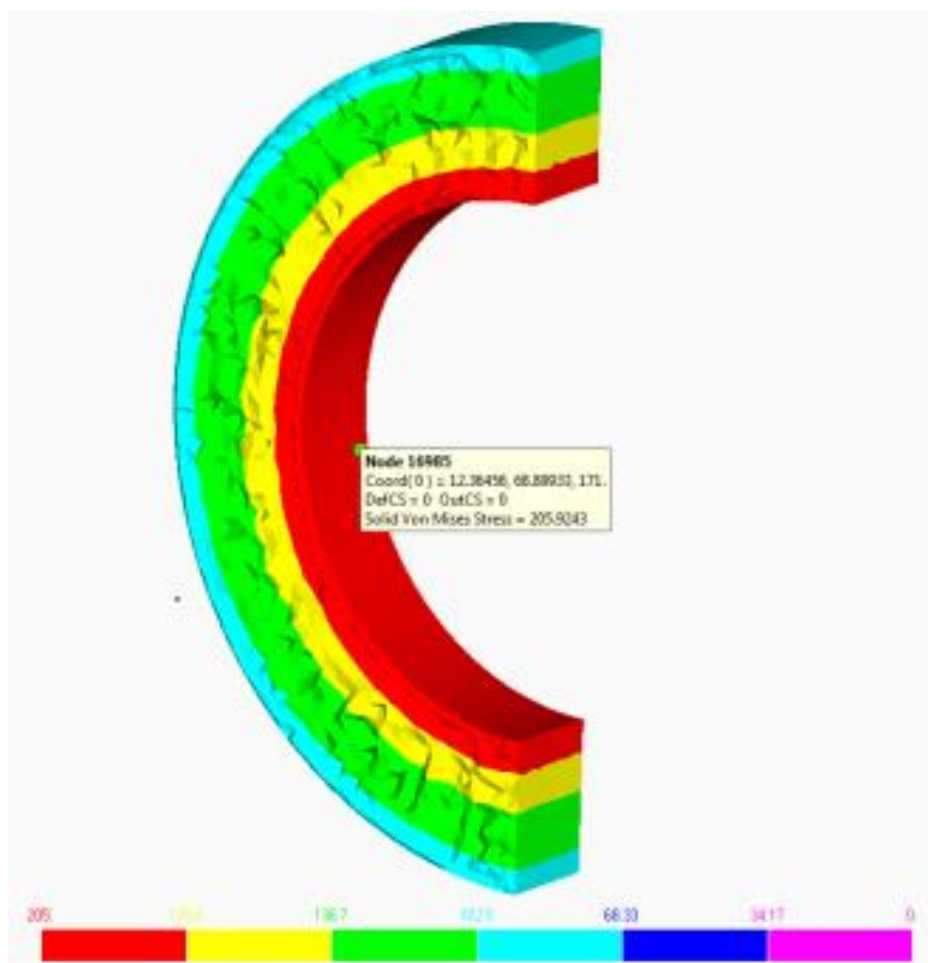


Рисунок 2 – Напряженно-деформированное состояние трубы с толщиной стенки 40мм.

Учитывая условие прочности, было отмечено, что расчетное напряжение близко к допускаемым значениям, отличаясь от них в пределах 3%. Из чего было сделано заключение о том, что для обеспечения прочности конструкции корпуса при данном внутреннем давлении необходимо использовать трубу в качестве заготовки с толщиной стенки не менее 40 мм.

В качестве второго варианта решения проблемы была рассмотрена сборная конструкция корпуса. Предлагаемый метод повышения прочности конструкции гидроцилиндров предусматривает использовать двух труб с толщиной стенок по 10 мм. Граничные условия выполнения анализа представлены на рисунке 3. Формирование радиального натяга предлагается осуществлять комбинированным температурным методом [1, 2, 3, 5]. Наружную трубу следует нагреть до температуры +300...400° поместив нагревательный элемент на наружную поверхность детали. Внутреннюю

трубу следует охладить до температуры $-30...40^{\circ}$ поместив охлаждающий элемент во внутрь.

Нагревательный и охлаждающий элементы во время выполнения сборочных работ должны оставаться в контакте с соединяемыми деталями. Это необходимое условие во избежание изменения рабочей температуры сопрягаемых поверхностей, т.к. они имеют достаточно большие габаритные размеры – длина каждой детали 1200 мм.

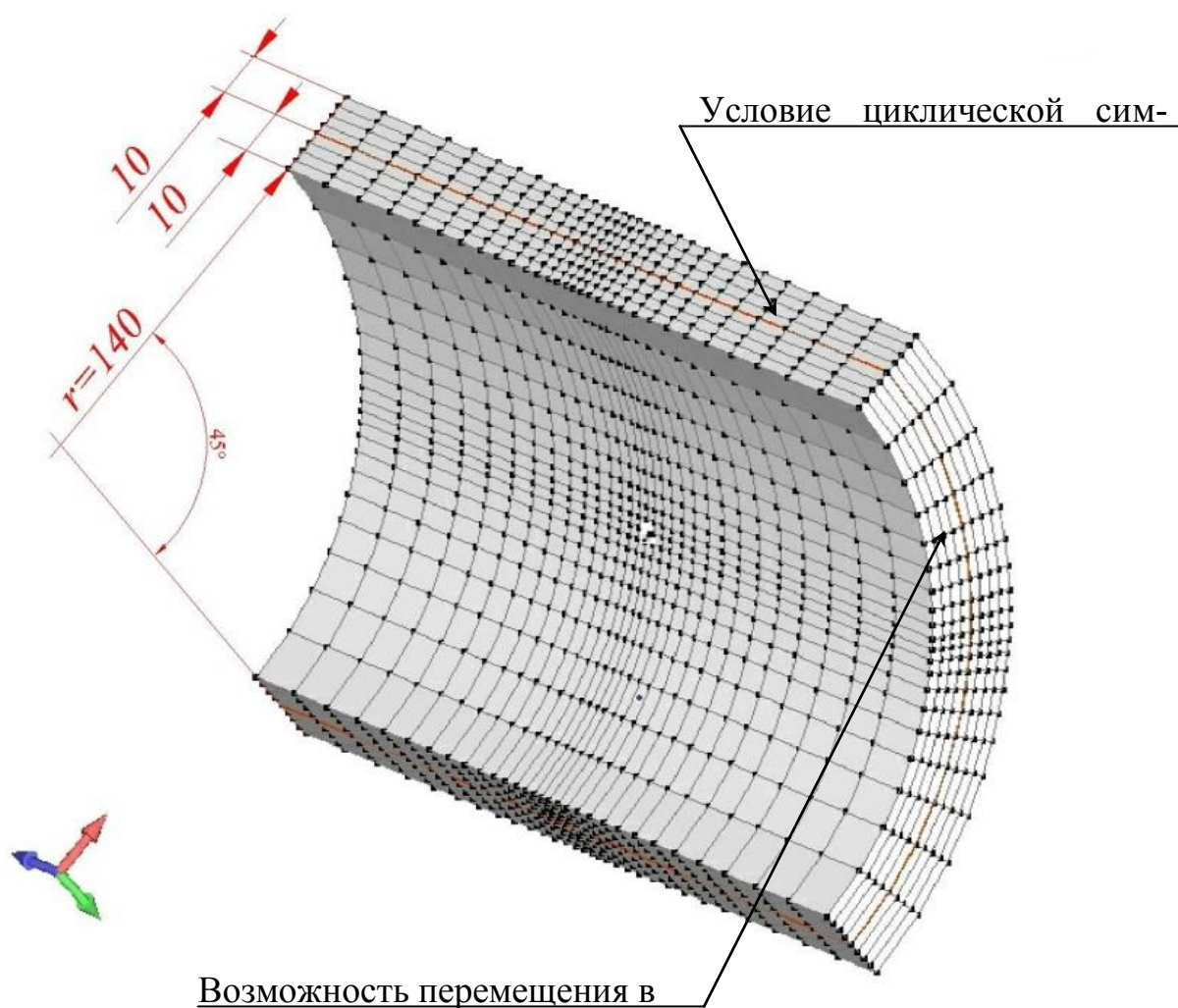


Рисунок 3 – Граничные условия для анализа сборного корпуса гидроцилиндра

Для повышения прочности и сохранения требований по обрабатываемости рабочих поверхностей были выбраны следующие материалы: для наружной трубы высокопрочный материал 65Г или 30ХГСА, для внутренней трубы – стал 30-40Х.

Полученные результаты проведения конечно-элементного анализа сборного гидроцилиндра при различных величинах радиального натяга представлены на рисунке 4.

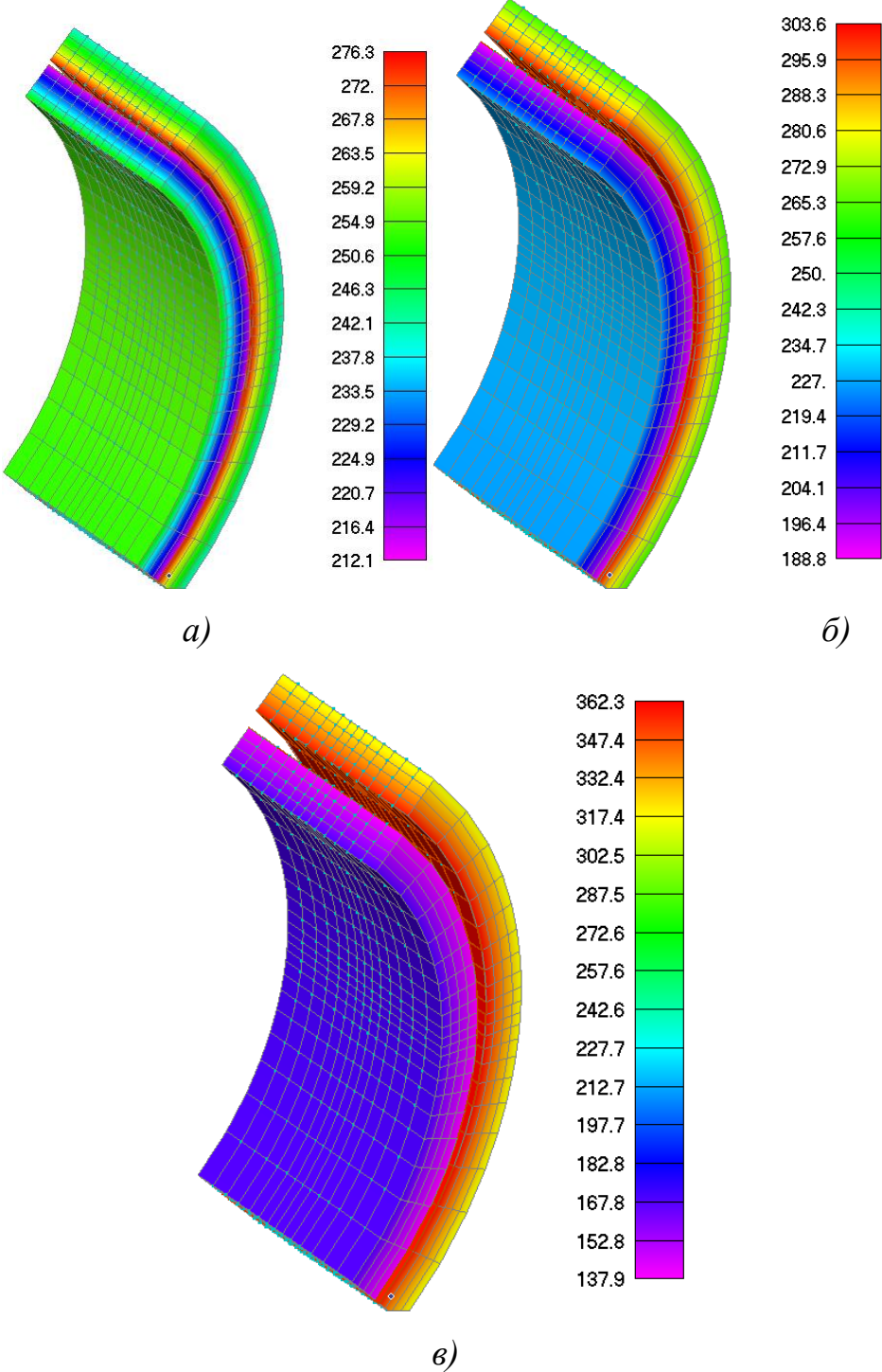


Рисунок 5 – Поля распределения окружных напряжений в составном цилиндре при различных величинах радиального натяга: а) 0,02; б) 0,04; в) 0,08.

Как видно из представленных результатов анализа, увеличение радиального натяга в соединении выше значения 0,02 не целесообразно, так как повышается вероятность преждевременного разрушения гидроцилиндра при квазистатическом нагружении.

В итоге следует отметить, что применение предлагаемой технологии сборочных работ позволит повысить прочность корпуса гидроцилиндра без увеличения его габаритов.

Список используемой литературы

1. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – 5-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
2. Павликова С.Ю. Выбор технологии установки высокоресурсных болтов // Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2005. – № 4. – С.208 – 209.
3. Протасов А.В. Повышение качества соединения с гарантированным натягом при ремонте газовых компрессоров: дис...канд.техн.наук – Иркутск, 2006. – 144 с.
4. Рычков С.П. MSC/ visualNASTRAN для Windows. – М.: НТ Пресс, 2004. – 552 с.
5. Тамаркин М.А., Давыдова И.В., Тищенко Э.Э. Технология сборочного производства. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 270 с.

Эластичный абразивный инструмент для финишной обработки деталей

Д.Б. Подашев, Ю.В. Макгейм

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

Рассмотрены различные виды эластичных абразивных инструментов, которые возможны к применению на этапах финишной обработки в различных областях промышленности.

Ключевые слова: эластичный круг, нетканый материал Scotch-Brite™, прессованный круг, щетка.

Подашев Дмитрий Борисович, кандидат технических наук, ассистент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: 89086558744, e-mail: dbp90@mail.ru

Макгейм Юрий Викторович, студент группы КТБ-13-2, тел.: 89148710779, e-mail: markgeym@bk.ru

В металлообработке эластичные абразивные инструменты могут быть использованы для:

- шлифования и полирования,
- скругления острых кромок,
- зачистки поверхностей под пайку (сварку),
- подготовки поверхностей под лакокрасочные и гальванические покрытия,
- зачистки сварных швов,
- удаления окалины, ржавчины, старой краски,
- удаления заусенцев, грата и скруглении острых кромок,
- зачистки мест склейки деталей из резины и других материалов.

На многих предприятиях финишные зачистные операции выполняются вручную и на это тратится до 20 % трудоемкости изготовления детали.

Замена ручного труда на механизированный и автоматизированный позволяет снизить трудоемкость, повысить качество и производительность труда.

Эластичные абразивные круги и щетки обладают некоторыми особенностями, без знания которых нельзя добиться высокой эффективности применения их в производстве. Внедрение процессов финишной обработки связано с необходимостью в каждом конкретном случае определять оп-

тимальные условия процесса обработки (конструкция инструмента, его характеристики, режимы обработки).

В мире производится большое разнообразие эластичных абразивных и неабразивных кругов для финишной обработки деталей.

Эластичные круги с закрепленными на их поверхностях абразивными зернами

Для шлифования и полирования применяются эластичные круги [1], на рабочей поверхности которых имеется режущая пленка, накатанная по клеевому слою абразивных порошков или образовавшаяся при намазке абразивно-клеевой смесью. Такие круги имеют преимущество перед кругами, смазываемыми пастой или жировыми смазками, они уменьшают загрязнение поверхности и сокращают расходы на последующую очистку деталей от остатков паст и смазок.

Нанесение и укрепление абразивных зерен на рабочую поверхность кругов производится с помощью клеев различного состава, например мездрового клея, казеина, жидкого стекла.

Соотношение зерна и клея берется в зависимости от желаемой жесткости круга. Для жестких кругов используют больше зерна, меньше клея (на 6–7 весовых частей зерна 3–4 клея), для эластичных – 3–4 части зерна на 6–7 частей клея.

Лепестковые круги Klingspor для ручных шлифмашин и станков



Рисунок 1 - Лепестковый шлифовальный круг Klingspor

Лепестковые шлифовальные круги Klingspor [2] особенно подходят для тонкой финишной обработки, они идеально подгоняются к контурам обрабатываемого предмета. KLINGSPOR предлагает лепестковые круги с ламелями из шлифовальной шкурки, лепестковые круги с ламелями из шлифовальной шкурки и нетканого волокна и насадные лепестковые круги из нетканого волокна для многих областей применения и почти для всех видов обрабатываемого материала. Лепестковые круги Klingspor имеют высокую стойкость, производительность и безопасность. Для шлифования поверхности применяются лепестковые круги с жесткими ламелями, для

объемного шлифования применяются лепестковые круги с рассеченными ламелями.

Фибровые круги Klingspor

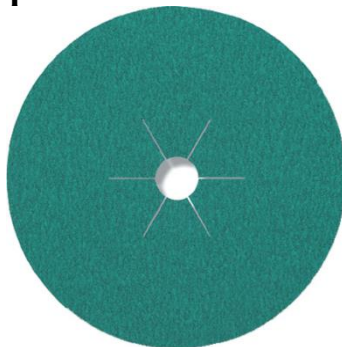


Рисунок 2 – Фибровый круг Klingspor

Фибровые круги Klingspor превосходно подходят для чернового шлифования, удаления ржавчины с металлических элементов, удаления заусенцев. Фибровые шлифовальные круги применяются для зачистки плоского сварного шва, удаления брызг от сварки. Фибровые диски применяются на угловых шлифмашинах и крепятся через опорный диск соответствующего диаметра. Благодаря большому диапазону зернистости, фибровые круги применяются для обработки металла, нержавеющей стали и древесины.

Фибровые шлифовальные круги Klingspor:

- самая низкая себестоимость при шлифовании больших площадей;
- небольшое забивание отходами обработки;
- чрезвычайно длительный срок службы;
- фибровые круги обеспечивают равномерный рисунок обрабатываемой поверхности;
- низкий нагрев и холодное шлифование нержавеющей стали фибровыми кругами со связкой МУЛЬТИ.

Сизалевые круги, щетки из сизалевых шнуров Kreeb



Рисунок 3 – Щетки нейлоновые Kreeb

Сизалевые круги Kreeb, а так же, кольца, щетки, колеса изготавливаются из сизалевой ткани или сизалевых шнуров. Сизалевые щетки или круги применяются для предварительного полирования (крацевания), обработки профилированных деталей. Благодаря своим природным свойствам сизаль прекрасно сочетается с другими материалами, такими, как кожа и х/б ткань. Щетки из сизалевых шнуров Kreeb обладают преимуществом перед конкурентами производящих аналогичные полировальные инструменты.

Сизалевые круги, щетки, кольца изготавливаются из тонкого сизалевого волокна, которое используется как соединение нескольких волокон. Как правило, сизалевые круги подвергаются пропитке для повышения эффективности полировального эффекта, увеличения срока службы сизалевых кругов. Пропитка предотвращает обламывание сизалевых волокон при высоких скоростях вращения. Каждой степени пропитки соответствует цветовая маркировка сизалевых полировальных щеток. В мире не так много производителей выпускающих сизалевые круги такого же качества, как сизалевые круги и щётки фирмы Kreeb.

Щетки нейлоновые для зачистки заусенцев, снятия грата и текстурирования

Нейлоновые щетки Kreeb для зачистки заусенцев, снятия грата, старения древесины.

Для производства щеток, в качестве шлифовального материала используется нейлоновая нить с нанесенным на нее абразивным зерном от P36 до P500. Для крепления одной нейлоновой щетки на прямую шлифовальную машину или дрель применяется крепежный штифт. Щетки из нейлона широко применяются в промышленности при обработки металла. Они не боятся острых граней и грата на металле.

Преимущества:

- минимальное количество абразивной пыли;
- способность обрабатывать труднодоступные места.

При обработке древесины, нейлоновая щетка как инструмент для браширования древесины, т.е. искусственного старения древесины. Выявление текстуры древесины происходит за счет выборки мягких волокон, при этом твердая часть волокон древесины остается. Более глубокой текстуры древесины можно добиться за счет применения на первом этапе металлической щетки, а вторым этапом пройти нейлоновой щеткой. При необходимости обработки больших поверхностей можно собрать щетки в пакет определенной длины.

Фибровые щетки (древесное волокно)

Фибровые полировальные щетки (Tampico) фирмы Kreeb.

Фибровые щетки, изготовленные исключительно из оригинальной мексиканской фибры (Тампико). Волокна из листьев агавы произрастают

только в горных районах Мексики. Фибровые щетки выдерживают высокие температура, что оптимально для решения задач по полированию. Фибровые инструменты имеет хорошую структуру волокна, в следствии этого хорошая адгезия лака на волокне.



Рисунок 4 – Фибровые полировальные щетки (Tampico) фирмы Kreeb

Шлифовальные круги из нетканого волокна Abra-flex® и Scotch-Brite™ 3M

Шлифовальные круги из нетканого волокна Abra-flex® или Scotch-Brite™ 3M [3] применяются для обработки металла, нержавеющей стали, цветных металлов и древесины.



Рисунок 5 – Шлифовальные круги из нетканого волокна Abra-flex® и Scotch-Brite™ 3M

К ним относятся:

- лепестковые шлифовальные круги с лепестками из нетканого материала (Scotch brite) и комбинация шлифовальное волокно и абразивная ткань;
- лепестковые головки со штифтом из шлифовального волокна (Scotch brite) и комбинация шлифовальное волокно и абразивная ткань;

- головки шлифовальные 100X100 уложенные в виде салфетки из шлифовального волокна Abra-flex или Скотч брайт;
- круги шлифовальные малого диаметра для пневматических шлифовальных машин;
- тарельчатые круги с лепестками из шлифовального волокна (скотч брайт);
- шлифовальные самозацепляемые (велкро) круги Scotch brite или нетканого волокна Abra Flex;
- листы и рулоны из нетканого абразивного волокна Abraflex или Scotch brite;
- твердый нетканый материал для очистки поверхности;
- шлифовальные ленты из нетканого волокна;
- нетканый материал Abra-flex® или Scotch Brite™ фирмы 3М в рулонах и листах.

Круги из нетканого абразивного материала

В последнее время стали известны новые виды эластичных абразивных инструментов на нетканой основе. Эти инструменты рекомендуется применять для окончательной отделки углеродистых и нержавеющей стали, меди, латуни, бронзы и других материалов. Структура и свойства абразивных кругов на нетканой основе зависят от способа изготовления основы.

Новые нетканые материалы — текстильные изделия из волокон или нитей, соединенных между собой без применения методов ткачества. Эти материалы получают различными методами: механическим, пропиткой, горячим прессованием с использованием бикомпонентных волокон, бумагоделательным, фильерным. Для склеивания волокон или нитей чаще всего применяются различные жидкие связующие и легкоплавкие волокна, выполняющие роль связующего при горячем прессовании. Содержание связующего состава в готовом материале составляет обычно 20–60 %.

Нетканые эластичные круги относятся к группе абразивосодержащих кругов с открытой неплотной структурой: объем пор в них превышает 90 %. Круги обладают большой эластичностью, легко вырубается, изготавливаются из дешевого сырья. В качестве абразива применяются электрокорундовые и карбидкремниевые материалы зернистостью 50–M40, в качестве клеящих веществ применяются полиэфирные, полиамидные, фенолформальдегидные, эпоксидные смолы, а также латексы. Связывание абразивного зерна с основой происходит также и за счет содержания бикомпонентных волокон основы.

Круги на вспененной основе HERMES – абразивные круги на "липучке" для обработки плоских и сложнопрофильных поверхностей. Используются для сухой и мокрой шлифовки на эксцентриковых машинках и вручную.

Для повышения эксплуатационных свойств инструмента на сизалевой основе компания C.Hilzinger-Thum [4] применяет пропитку материала.

Круги Multiclean компании Eisenblaetter [5] – высокопористые абразивные круги для обработки стыков, плоских, рельефных и труднодоступных участков.

Компанией Lippert Unipol [6] применяется ряд нетканых материалов с использованием различных синтетических волокон на связке из особой смолы, которая надежно фиксирует абразивные зерна на нетканых волокнах. В результате создается эластичная структура, которая не засоряется абразивными частицами.

Эластичный инструмент на поропластовой связке

Новым видом абразивного инструмента является эластичный инструмент на поропластовой связке на основе вспененного поливинилформала. Этот инструмент разработан во ВНИИАШе взамен дефицитных дорогостоящих войлочных кругов и используется для получения шероховатости поверхности в пределах Ra 0,63–0,08 и декоративного блеска. Применение инструментов на поропластовой связке по данным [7] дает возможность получить обработанную поверхность с низкой шероховатостью при одновременном сокращении числа операций и их продолжительности, а также механизировать некоторые ручные операции. Преимуществом этих кругов является также высокая эластичность, которая близка к эластичности войлочных кругов. Благодаря эластичности круги не оставляют глубоких рисок на полируемой поверхности и применяются для окончательной обработки металлов, керамики, стекла. Применение поропластовых кругов позволяет повысить производительность за счет уменьшения количества промежуточных операций. Одним из важных свойств поропластовых кругов является их пористость, которая препятствует засаливанию инструмента и, следовательно, появлению прижогов на обработанной поверхности.

Круги на поропластовой основе применяются для работы на круглошлифовальных, внутришлифовальных, бесцентровых, плоскошлифовальных, полировальных и других станках; используются также на пневматических машинках. Преимущество кругов на поропластовой основе наиболее полно выявляется при полировании изделий из цветных металлов, жаропрочных и титановых сплавов.

Износ поропластовых кругов в семь раз меньше и съем материала на 35 % выше, чем у кругов войлочных с абразивным покрытием зернистостью 12 и 25.

Шлифование поропластовыми кругами рекомендуется производить при следующих режимах: нагрузка 20–40 Н/см²; окружная скорость 15–30 м/с; поперечная подача 0,2 мм/ход; охлаждение – масляное.

Эластичный абразивный инструмент на основе вспененного полиуритана

Абразивные круги на основе вспененного полиуретана предназначены для выполнения финишных операций при обработке профильных поверхностей на ДСП, МДФ, фанере и натуральной древесины, изделиях, покрытых шпоном ценных пород.

Очень эффективны при обработке поверхностей, покрытых лаками и красками, при снятии ворса, удалении микронеровностей механической обработки и т. п. Из-за своей эластичности и мягкости круги не могут использоваться для исправления погрешностей формы. Область их применения аналогична абразивным щеткам, губкам и абразивным шкуркам, однако круги имеют ряд преимуществ. Известно, что полиуретан имеет малый коэффициент трения, химическую инертность к большинству материалов, высокую прочность на разрыв, хорошую удерживающую способность абразивных зерен внутри себя и легко поддается механической лезвийной и абразивной обработке. Эти достоинства в сочетании с высокой пористостью позволили разработать абразивные круги, имеющие высокую стойкость, малую засаливаемость и легкость профилирования.

Но эти достоинства кругов в полной мере проявляются в условиях упругого низкоскоростного шлифования, т.е. когда обеспечено постоянное регулируемое давление круга на обрабатываемую поверхность, при скорости вращения круга не более 15–18 м/с. Конструктивно это решается в станках с подвижным упругоподжимаемым к обрабатываемой детали шпинделем. На станках установлен качающийся шпиндель с механизмом задания постоянного регулируемого усилия в зависимости от условий проведения операции и ступенчатой регулировкой частоты вращения в пределах 1000–2500 об/мин.

АСТРА-2 (Москва) выпускает полиуретановые круги с различными типами и размерами абразивных зерен, а также с различной степенью жесткости, что обеспечивает создание условий от черного до финишного шлифования. Для увеличения производительности следует выбирать круги с более крупным зерном и повышенной жесткости, а для финишных операций - с более мелким зерном и более мягкие. При настройке станка основное внимание следует уделять подбору степени давления круга на обрабатываемое изделие и скорости подачи изделия.

Чрезмерное давление круга на изделие приводит к резкому росту сил трения, повышению температуры в зоне обработки и в конечном счете - плавлению круга и потере его работоспособности.

Другие виды эластичного абразивного инструмента

ОАО НПК «Абразивы и шлифование» выпускает круги шлифовальные эластичные высокопористые на эпоксикаучуковой связке с наполнением карбидом кремния 54С, 64С зернистостью 25 – 8 разных размеров и круги полировальные на глифталевой связке с наполнением карбидом кремния 54С, 64С зернистостью М63 – М14 разных размеров.

Фирма Norton Co (США) [8] выпускает эластичные абразивные круги серии Type 29AVDS для портативных шлифовальных машин. Вулканистые круги на периферии имеют радиальные прорезы, увеличивающие эластичность круга и позволяющие во время работы наблюдать зону обработки. Выпускается двух типоразмеров 108 x 3,175 x 22,2 мм и 127 x 3,175 x 22,2 мм.

Список использованной литературы

1. Димов Ю.В. Обработка деталей эластичным инструментом. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 352 с.
2. Абразивные, полировальные, алмазные, шлифовальные инструменты: [сайт], <http://www.abraziv.ru/> (дата обращения 20.03.2015).
3. Абразивные материалы: [сайт], <http://www.catalogue.3m.eu/ru-ru/ru-asd> (дата обращения 20.03.2015).
4. Шлифовальные инструменты, материалы, оборудование, технологии: [сайт], <http://www.shkurka.ru> (дата обращения 20.03.2015).
5. Eisenblaetter.ru – высокие технологии шлифования и полирования: [сайт], <http://www.eisenblaetter.ru> (дата обращения 20.03.2015).
6. Продукция Lippert-Unipol: [сайт], <http://www.lippertunipol.ru> (дата обращения 20.03.2015).
7. Щеголев В.А., Уланова М.Е. Эластичные абразивные и алмазные инструменты (теория, конструкции, применение). – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1977. – 184 с.
8. Пат. 5257480 США, МКИ5 В24 С 5/06 / Оpubл. 2.11.93, РЖ Технология машиностроения. – 1995. – №2.

Виртуальное исследование работоспособности клапана с гофрированным запорным органом в системе инженерного анализа SIMULA/Abaqus

Е.С. Попова, Нгуен Ши Хьен

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены результаты предварительного исследования работоспособности новой схемы клапана с гофрированным запорным органом, определены его предварительные размеры по результатам виртуального моделирования в среде Autodesk Inventor и SIMULA/Abaqus.

Ключевые слова: трубопроводная арматура; запорный клапан; гофрированная эластичная оболочка; моделирование; CEL.

Попова Елизавета Сергеевна, старший преподаватель кафедры информатики, тел.:89021761258, e-mail: liza@istu.irk.ru

Нгуен Ши Хьен, студент института АМиТ, группа АМ-10-1, тел.:89247032768, e-mail: syhiendk35@gmail.com

Быстрое развитие трубопроводного транспорта для перемещения больших объёмов жидких и газообразных, газожидкостных, порошкообразных, суспензий и т. п. материалов (в том числе чистой воды), а так же увеличение протяженности трубопроводных систем вызвали динамику роста в области арматуростроения.

Благодаря созданию высокопрочных эластичных материалов, оказались возможны новые подходы к решению актуальных вопросов инженерного проектирования. Одним из вариантов таких решений является использование гофрированных оболочек для создания новых конструкций трубопроводной арматуры.

Целью этой работы является проведение предварительного исследования новой конструкции клапана с гофрированным запорным органом, проверка работоспособности новой конструкции и определение предварительных размеров по результатам моделирования клапана в системе инженерного анализа SIMULA/Abaqus

В результате анализа возможных вариантов выполнения клапана с гофрированным запорным органом нами была принята схема, представленная на рисунке 1.

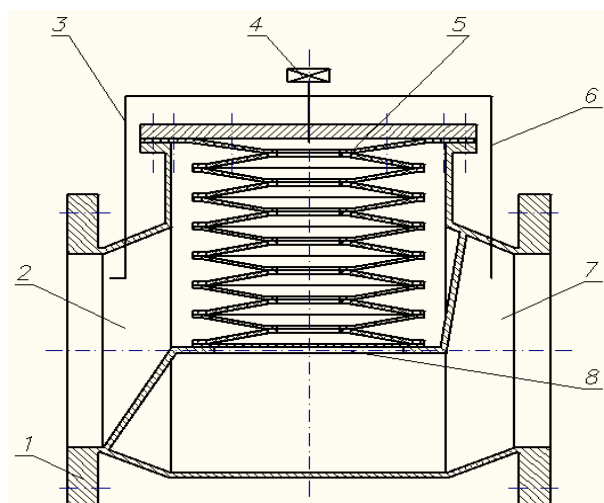


Рисунок 1 – Схема конструктивного варианта клапана с гофрированным запорным органом

Конструктивно клапан представляет следующее: В корпусе 1 выполнено цилиндрическое расширение, ось которого перпендикулярна оси корпуса. В расширении установлена эластичная ёмкость 5, закреплённая в верхней части. Вход клапана 2 соединён с эластичной ёмкостью 5 патрубком 3 через трёхходовой кран 4. Также осуществляется соединение эластичной ёмкости 5 через трёхходовой кран 4, патрубок 6 с выходом клапана 7.

Запорное устройство работает следующим образом: При закрытии устройства рабочая среда под давлением не менее давления в трубопроводе подаётся в полость упругого эластичного рукава 3, которое расправляется и перекрывает рабочее сечение 8 корпуса 1 устройства. Перекрытие устройства может осуществляться или вследствие упругих свойств материала упругого эластичного рукава 5 и давления среды, подаваемого из трубопровода или за счёт большего давления от внешнего источника.

При открытии устройства давление в полости упругого эластичного рукава 5 сбрасывается через трёхходовой кран 4 и патрубок 6 и за счёт давления среды в трубопроводе эластичная оболочка упругого эластичного рукава деформируется и отходит, освобождая проходное сечение.

Особенностями этой схемы являются использование давления транспортируемой жидкости для переключения запорного органа.

Для упрощения конструкции корпуса клапана были взяты трубы одного диаметра для самого корпуса и для цилиндрического гнезда. Условный диаметр трубопровода был взят равный $d_v = 200$ мм, условное рабочее давление $P_v = 16$ атм. (1,6 МПа). Остальные размеры соединения выбираются по ГОСТ 8732-78, ГОСТ 3326-86. Толщина пластин эластичного элемента постоянна и равна 4 мм.

При проектировании гофрированной оболочки важно располагать данными по их жесткостным характеристикам и несущей способности, од-

нако до недавнего времени эти параметры с приемлемой степенью точности можно было получить только экспериментальным путем.

Компьютерное моделирование в инженерных расчетах, проводимых на современном промышленном уровне, осуществляется с применением высокоэффективного математического метода конечных элементов (МКЭ). Основная идея этого метода заключается в том, что область исследуемого континуума (область определения) подвергается дискретизации на подобласти (или конечные элементы), при этом, именно на подобласти осуществляется построение математической модели или определяющего дифференциального уравнения физики процесса или объекта.

Процесс исследования конструкции начинается с создания расчетной модели. Для получения точных результатов необходимо построение расчетных моделей, близких к реальным, то есть содержащих все отверстия, вырезы и т. д.

Построение геометрических моделей клапана и пластин гофрированных оболочек выполнили с помощью программного продукта 3D моделирования системы Autodesk Inventor (см. рисунок 2).

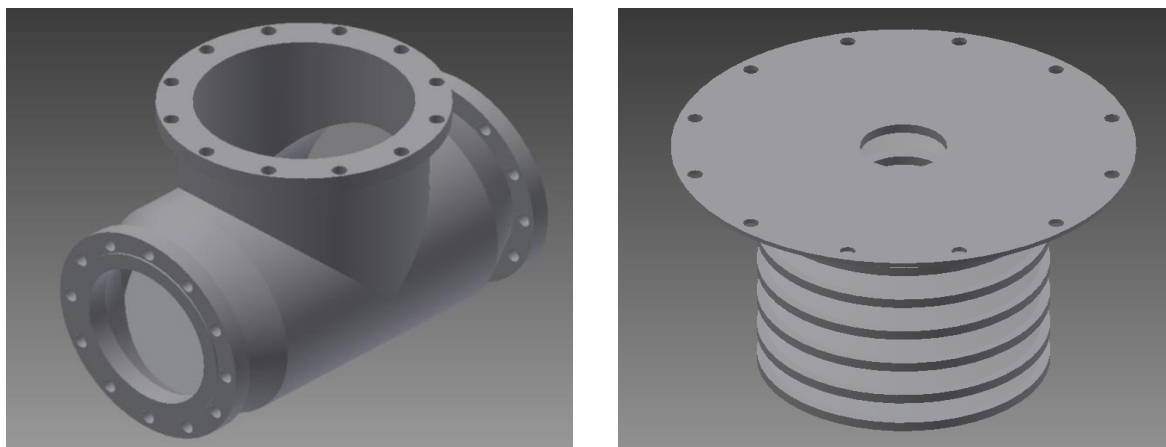


Рисунок 2 – Построение 3D модели клапана (корпус и гофра)

Математическая модель объекта с параметрами, которая создается в программе, даёт возможность изменить конфигурации и его составных частей с помощью параметризации модели.

В среде Autodesk Inventor параметрическая модель связана с табличной параметризацией (которая создана в Microsoft Excel). В неё включается таблица размеров и информацию о его связях. Таблица размеров может исправляться и дополняться. Параметризация в Autodesk Inventor позволяет автоматически изменять геометрию детали через изменение значений параметрических размеров (см. рисунок 3).

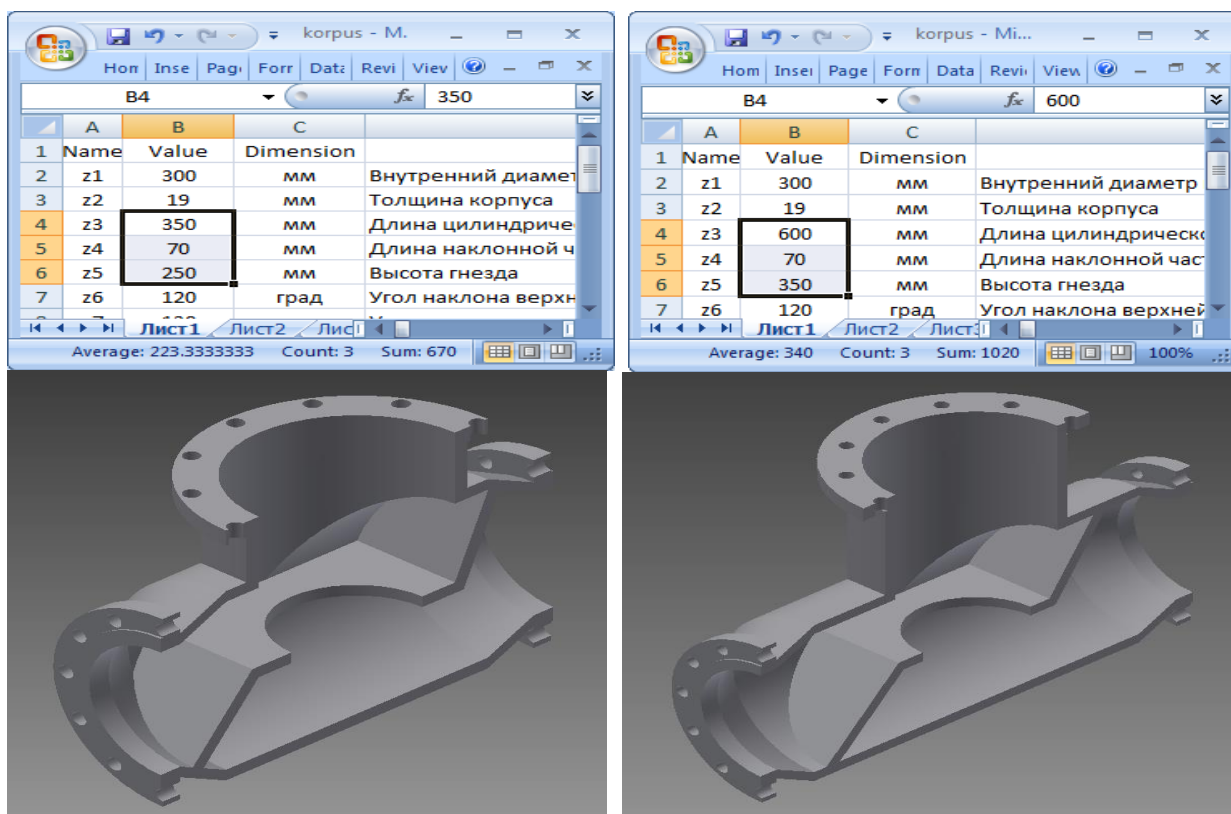


Рисунок 3 - Результаты при изменении размеров корпуса в MS Excel

Созданную модель можно экспортировать в разных видах файла (*.step, *.x_t, *.x_b, *.igs), которые импортируются в другие программы инженерного анализа (MSC.Patran, SIMULA/Abaqus) для дальнейшей работы и проведения исследований.

Для предварительного исследования работоспособности клапана был выбран комплекс программ SIMULA/Abaqus.

Abaqus – программный комплекс мирового уровня в области конечно-элементных расчетов на прочность, с помощью которого можно получать точные и достоверные решения для самых сложных линейных и нелинейных инженерных проблем. Семейство продуктов Abaqus разрабатывается и поддерживается компанией Abaqus, Inc. (USA) с 1978 года. SIMULA/Abaqus работает на всех основных платформах/операционных системах.

Данный программный продукт позволяет проводить реальное моделирование конструкций, что позволяет уменьшить число необходимых натуральных экспериментов и способствовать внедрению инноваций.

В среде Abaqus имеется несколько методов моделирования. В целях уменьшения размерности задачи переходим от 3D модели к квази-3D.

Так как гофра является сложной деталью с многочисленными поверхностями и узлами, для получения точного потока воды в запорном клапане и ускорения процесса расчета в программе, мы строим геометрическую

модель (см. рисунок 4) гофрированных оболочек и геометрии Эйлера тела в виде "квази модели" и исследуем методом CEL (Coupled Eulerian-Lagrangian).

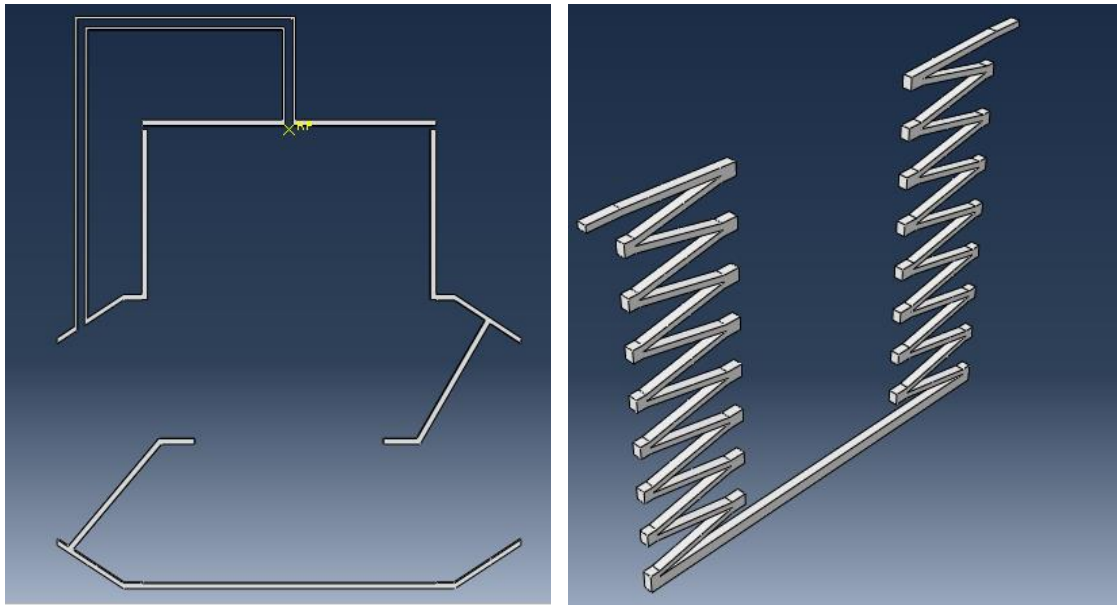


Рисунок 4 – Квази-3D модель клапана (корпус и гофра)

С помощью мощных средств, имеющихся в системе SIMULA/Abaqus, создается конечно-элементная модель объекта. К этим средствам относятся генераторы конечно-элементных сеток, которые автоматически наносятся на поверхности и твердые тела. Граничные условия описываются в терминах степеней свободы, которые определяют направление вдоль трёхмерных осей координат, по которым модель может или не может иметь перемещения.

SIMULA/Abaqus имеет возможность задавать свойства материалов, из которых изготавливается объект.

Для проведения исследований был выбран материал гофрированной оболочки - марка резины 153Г, ТУ 2512-046-00152081-03, плотность $\rho = 1120 \text{ кг/м}^3$. Образцы резины были исследованы с помощью методики определения упругопрочностных свойств при растяжении (ГОСТ 270-75). Результаты исследований обработаны в программном продукте Instron, который позволяет проследить изменения перемещения и нагрузки исследуемых образцов (см. рисунок 5).

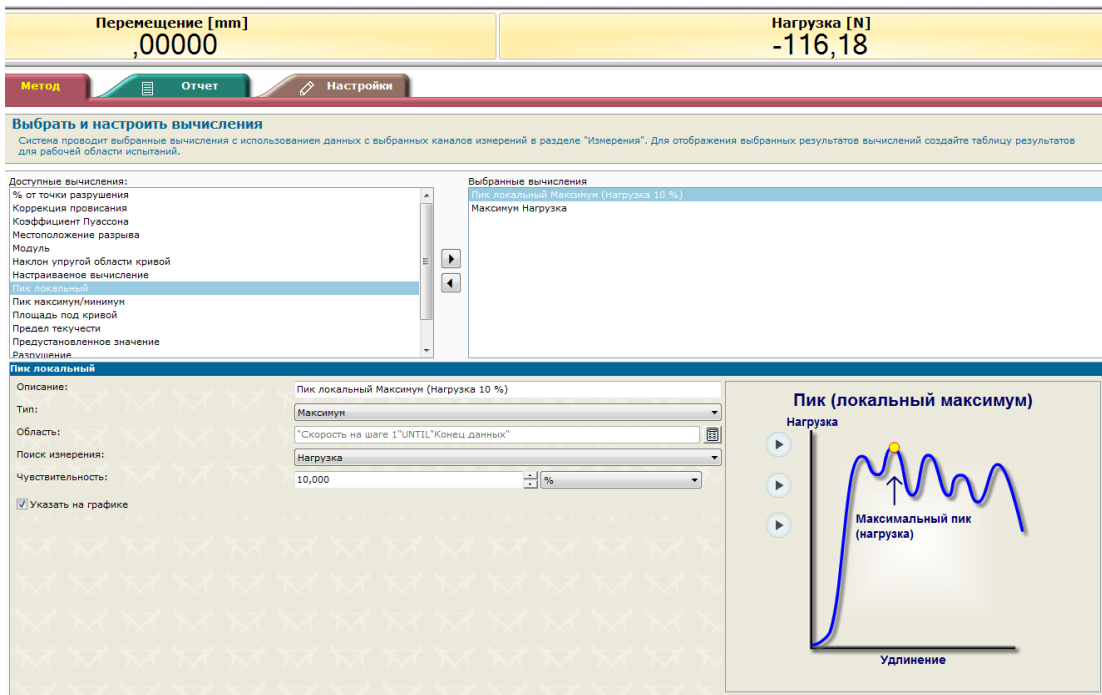


Рисунок 5 – график тестовых данных испытаний свойств резины

Предварительные испытания с помощью SIMULA/Abaqus подтвердили возможность закрытия и открытия клапана под действием транспортируемого продукта (см. рисунки 5 и 6).

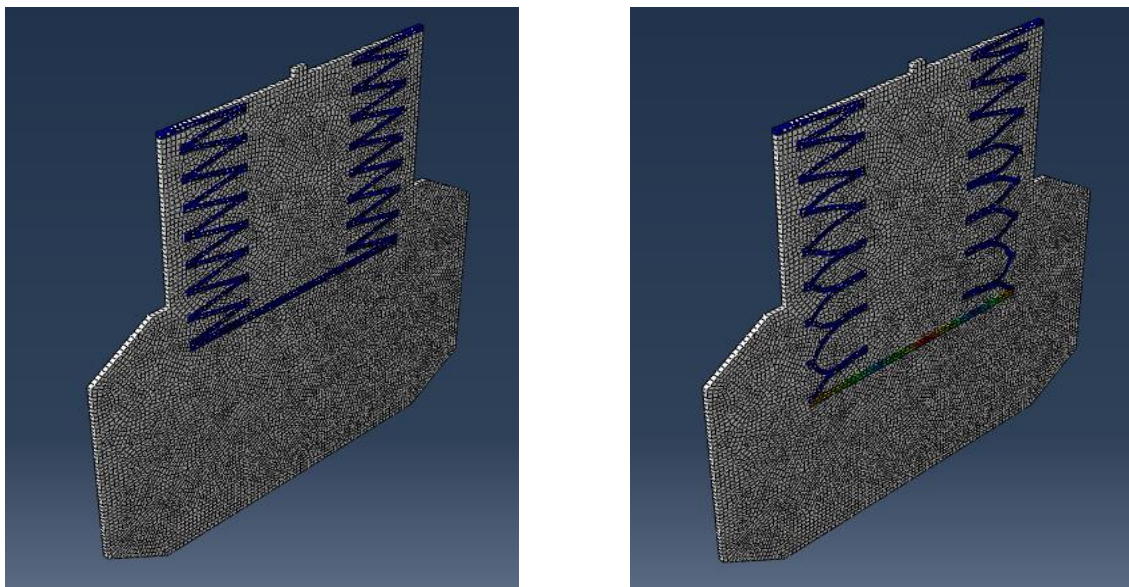


Рисунок 4 – Процесс работы гофрированного органа при закрытии трубопровода (начальное положение и состояние перекрытие трубопровода)

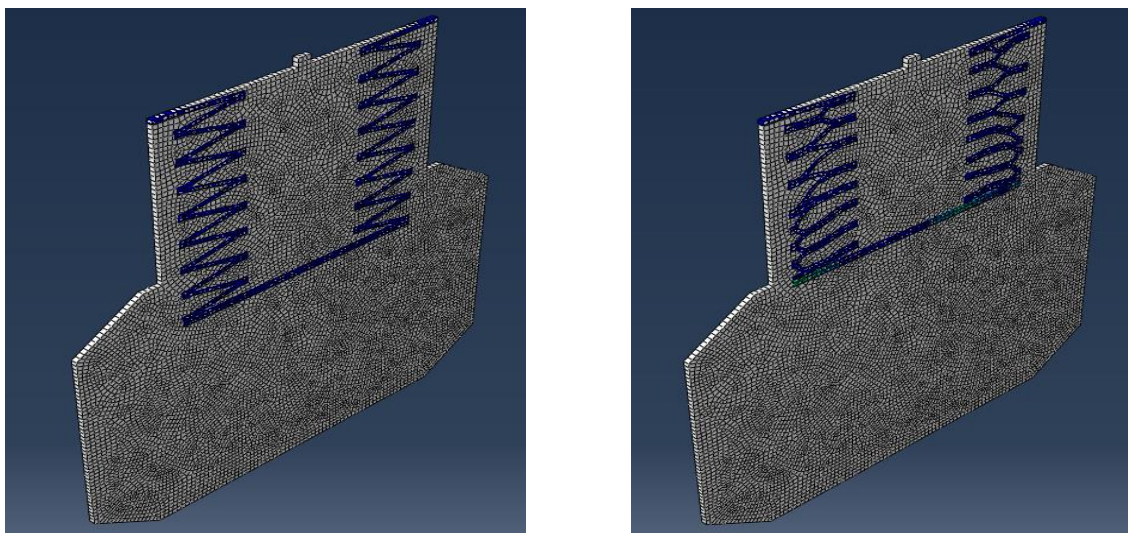


Рисунок 5 - Процесс работы гофрированного органа при открытии трубопровода (начальное положение гофры и состояние открытия)

Дальнейшие испытания задвижки позволят определить граничные условия работы гофрированного органа, его оптимальные размеры и количество пластин гофры.

Список использованной литературы

1. Патент РФ № 2299373 МКИ³ кл. F16K 7/07, 27/00. Шланговый клапан (варианты) / Кольцов В.П., Евстафьев С.Н., Майзель И.Г., Чупин В.Р. Опубл. 20.05.2007. Бюл. № 14 С. 14.].
2. В. Н. Шихирин, В. Ф. Ионова, О. В. Шальнев, В. И. Котляренко. Эластичные механизмы и конструкции: Монография. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. - С.40-42.
3. Справочное руководство по Autodesk Inventor, Autodesk Inc., 2014.
4. Методическое пособие по SIMULA/Abaqus «Abaqus для начинающих», Abaqus Inc., 2010.
5. Электронный ресурс: <http://www.gidroplast.ru/>
6. В.П. Кольцов, Е.С. Попова, Е.О. Герасимова. Трубопроводная арматура нового поколения. – Вестник ИрГТУ. – Иркутск, 2011, №9.

Решение связанной задачи взаимодействия жидкости и конструкции в исследовании клапана с эластичным элементом.

В.Б. Ракицкая, П.А. Сиротина

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

В статье рассмотрен принцип решения задачи взаимодействия жидкости и конструкции запорного клапана с помощью технологии FSI. Геометрическое моделирование устройства проведено в системе Autodesk Inventor. Исследование запорного клапана осуществлялось в системах инженерного анализа Abaqus и FlowVision. Приведены промежуточные результаты совместного расчета Abaqus и FlowVision.

Ключевые слова: *торовая механика; запорный клапан; системы инженерного анализа.*

Ракицкая Валентина Борисовна, аспирант кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, тел.: 89086699370, e-mail: rakickaaya-vb@mail.ru

Сиротина Полина Андреевна, студент института авиамашиностроения и транспорта группы АМ-10, тел.: 89500937981, e-mail: polinochka_cool9@mail.ru

Вычислительная гидродинамика и вычислительная механика это две основные структурные области численного моделирования физических систем. С введением высокопроизводительных вычислительных технологий стало возможным решать задачи взаимодействия жидкости и конструкции. Как правило, анализ прочности или упругости конструкции и гидродинамики выполняются по отдельности.

Однако задачи сложного взаимодействия жидкости и конструкции требуют одновременного моделирования всех физических явлений с учетом их взаимного влияния друг на друга.

Для решения подобных задач существует FSI (*Fluid Structure Interaction*) технология – это связанная задача, основанная на взаимодействии деформируемых конструкций с внутренним или внешним потоком жидкости. Проблемы задач взаимодействия жидкости и конструкции зачастую слишком сложны, чтобы решить их аналитическим способом, поэтому такие задачи должны быть проанализированы с помощью экспериментов и численного моделирования.

Данная работа посвящена моделированию клапана трубопроводной арматуры с рукавным приводом, в котором в качестве запорного элемента используется эластичный элемент.

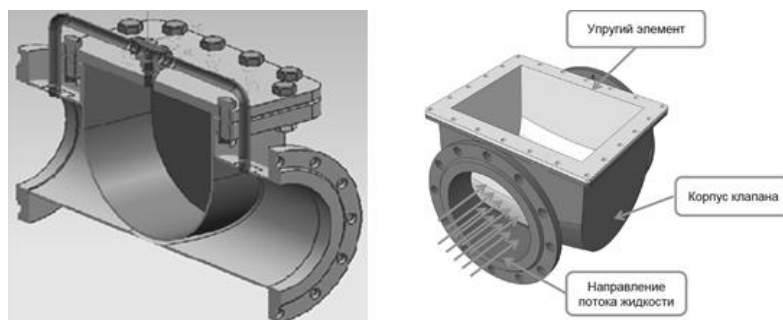


Рисунок 1 – Клапан с рукавным приводом

На рисунке 1 трехмерные модели устройства.

Клапан работает следующим образом. Жидкость на входе клапана подается под давлением через левый патрубок в полость упругого элемента, в процессе наполнения он расправляется, в результате перекрывая проходное отверстие корпуса. Для открытия клапана необходимо повернуть рукоятку шарового крана, это приведет к перекрытию левого патрубка и открытию правого. Жидкость из упругого элемента через правый патрубок подается на выход клапана, под воздействием давления в трубопроводе упругий элемент сжимается и освобождает проходное отверстие корпуса.

Необходимо оценить характер напряженно-деформированного состояния упругого элемента клапана на основе связанного гидродинамического расчета.

Осуществляется подобная задача посредством двух программных продуктов SIMULIA Abaqus и FlowVision. Моделирование и расчет напряженно-деформированного состояния эластичного элемента, а также его деформация (перемещения) выполняется в программном комплексе прочностного анализа Abaqus, моделирование движения жидкости – в программном комплексе вычислительной аэрогидродинамики FlowVision. Двустороннюю связь между этими комплексами обеспечивает менеджер связи Multi Physics (MP) Менеджер. На каждом шаге расчета проекта перестраивается расчетная область и происходит взаимосвязанный обмен данными между Abaqus и FlowVision. Узловые нагрузки на конечные элементы от потока рабочей среды (значения давления), посчитанные во FlowVision передаются в Abaqus. После этого в Abaqus рассчитываются деформации эластичного элемента под действием давления и отправляются во FlowVision координаты узлов эластичного элемента.

Для создания связанной задачи необходимо создать проекты по отдельности в каждой из программ. Перед этим проведена модификация исходной геометрической модели. В целях уменьшения размерности задачи переходим от 3D модели к квази-3D.

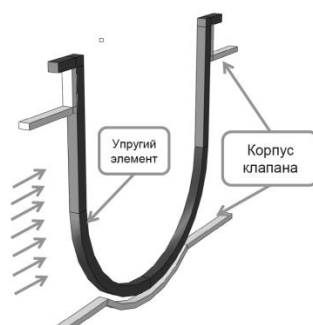


Рисунок 2 – Квази-3D модель клапана

Проект в Abaqus сначала создается по стандартной схеме моделирования подобных задач. Для начала создается геометрическая модель с использованием стандартных модулей программы, либо как в нашем случае готовая геометрическая модель импортируется из CAD-системы.

Следующим шагом создается материал эластичной части, присваиваются свойства геометрической модели. Параметры гиперупругого материала эластичного элемента описываются моделью материала Marlow. Данная модель предназначена для всех, кто работает с резинами. Это простая в использовании модель, где данные по материалу могут быть введены непосредственно в виде таблицы. Также необходимо разбить модель на конечные элементы. Далее создаем сборочную единицу Assembly, которая содержит только эластичный элемент. Затем сохраняем Input file содержащий эластичный элемент. После этого импортируется квази-3D модель корпуса.

Так как в данном исследовании нас не интересует контактное взаимодействие корпуса запорного клапана и жидкости, поэтому принимаем, что он является абсолютно жестким телом. Об это необходимо сделать соответствующую отметку в свойствах геометрической модели корпуса. Из этого следует, что присвоение свойств материала корпусу не требуется.

Создается сборочная единица Assembly, которая содержит эластичный элемент и корпус. Следует выбрать метод решения задачи в модуле Step. В Abaqus используются разные решатели в зависимости от постановки задачи. Поэтому необходимо определить, каким решателем мы будем пользоваться и задать необходимые параметры шагов расчета.

Еще одним важным этапом в создании проекта Abaqus является задание контактных взаимодействий в модели. Задаются параметры General контакта.

Необходимо также задать граничные условия в модели. Для эластичного элемента задается жесткая заделка верхней части по фланцу. Накладывается запрет перемещений и вращений по всем степеням свободы. На упругий элемент в связи с квази-3D постановкой задачи накладвается еще одно граничное условие – условие симметрии.

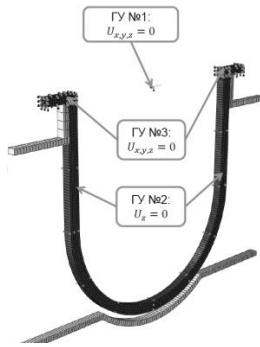


Рисунок 3 – Граничные условия и конечно-элементная сетка модели

В связи с тем, что корпус в модели представлен как абсолютно жесткое тело, граничные условия на него накладываются через Reference Point, которая ограничивается по всем степеням свободы.

Также необходимо модель корпуса разбить на конечные элементы.

Для расчета FSI задачи нагрузки в Abaqus задавать не требуется. Но для тестирования проекта можно задать пробное давление и запустить проект на расчет. Если расчет модели прошел успешно, то после необходимо удалить нагрузку.

После выполнения стандартной части проекта для подготовки к совместному расчету с FlowVision необходимо модифицировать проект. Создается поверхность сопряжения (поверхность взаимодействия), в нашем случае это поверхность, созданная в модуле Assembly (Surface) на основе конечно-элементной сетки.

Следующий этап модификации проекта – создание условий взаимодействия проекта. Задается команда на связь через ключевые слова в текстовом аналоге нашей модели Input file через текстовый редактор.

Команда на связь задается через программный код, в котором указываются команда на определение связи между проектами, поверхности сопряжения, команды на импорт нагрузки из FlowVision и экспорт координат узлов из Abaqus и параметры связки проектов.

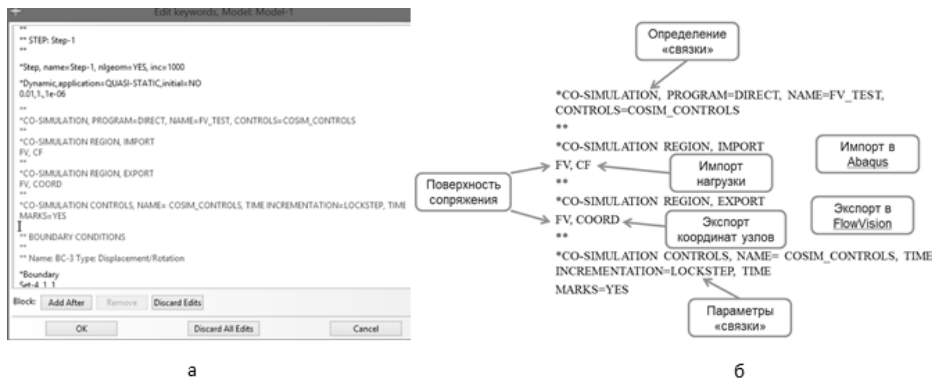


Рисунок 4 – Условия взаимодействия проекта:
а - модификация Input файла; б - команда на связь

Следующим этапом FSI задачи является создание проекта FlowVision и дальнейшая его модификация.

Создается сначала проект по стандартной процедуре. Первым шагом необходимо импортировать модель проточной части, которая создана в CAD системе.

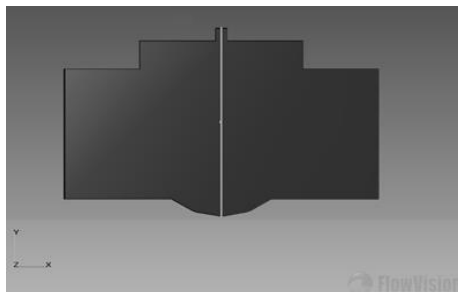


Рисунок 5 – Модель проточной части во FlowVision

Далее во FlowVision моделируется движение жидкости в клапане. задается вещество, в нашем случае это вода. Прописываются свойства воды. После создается фаза, которой присевается созданное вещество, указываются физические процессы - движение - Ньютоновская жидкость. Определяются коэффициенты податливости и мобильности для физических процессов.

Следующим этапом создается модель, которой присваиваются созданная ранее фаза и модель импортированной расчетной области. В результате нашей модели расчетной области присваиваются свойства созданного вещества и фазы.

Также необходимо модели расчетной области задать граничные условия. Создается граничное условие «вход», для него указывается тип вход/выход и массовая скорость потока. Далее создается граничное условие «выход», на него накладывается условие свободный выход. После создается граничные условия «симметрия» и «стенка».

Теперь назначается начальная сетка расчетной области. При динамическом расчете жидкости применяется прямоугольная расчетная сетка. Чтобы смоделировать задачи с мелкими деталями и сложной картиной течения, применяется автоматическая локальная адаптация сетки, при которой каждая адаптируемая ячейка разбивается на восемь меньших ячеек. В то же время расчет НДС конструкции производится на конечно-элементной сетке. Внешняя граница этой конечно-элементной сетки используется как граница области расчета жидкости. Ячейки жидкости пересекаются этой поверхностной сеткой, описывающей структуру. Усеченные граничные ячейки жидкости не упрощаются и сохраняются в форме сложных многогранников. Стороны ячейки, являющиеся частью поверхностной сетки, имеют связь с исходными гранями конечно-элементной сетки.

Граница расчетной области представляется набором плоских фасеток (поверхностная сетка). Эта поверхностная сетка формируется набором

внешних граней F_{ij} конечно-элементной сетки (рис. 6), где i — номер грани элемента j . Если граница пересекает ячейку сетки, то начальная прямоугольная ячейка обрезается границей, образуя многогранник сложной формы. К каждому многограннику приписываются значения переменных на гранях. Зная значения переменных на всех гранях, легко организовать передачу данных на конечно-элементную сетку и обратно [4].

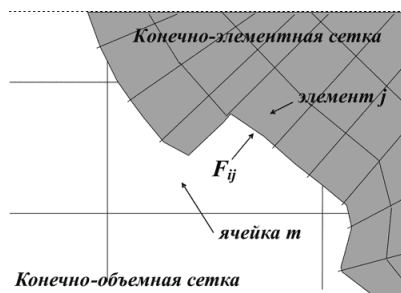


Рисунок 6 – Отсечение конечно-объемной ячейки конечно-элементной сеткой

После создания расчетной сетки необходимо указать параметры расчета на солвере: шаг по времени, автосохранение слоев и данных.

Теперь необходимо импортировать, конечно-элементную сетку исследуемого объекта (эластичного элемента) из Abaqus, сохраненную в Input файле.

После импорта конечно-элементной модели эластичного элемента создается на его основе модификатор «подвижное тело». В свойствах подвижного тела указывается начальное положение тела. После необходимо создать супергруппу по подвижному телу для постпроцессора, чтобы определить по результатам расчета давление на стенке упругого элемента. Производится адаптация расчетной сетки по поверхности подвижного тела.

Проект FlowVision подготовлен для расчета. Сначала необходимо запустить тестирование расчетного проекта. Если расчет запустился без ошибок и появились начальные результаты расчета в окне просмотра результатов (рис.7), то можно приостановить расчет.

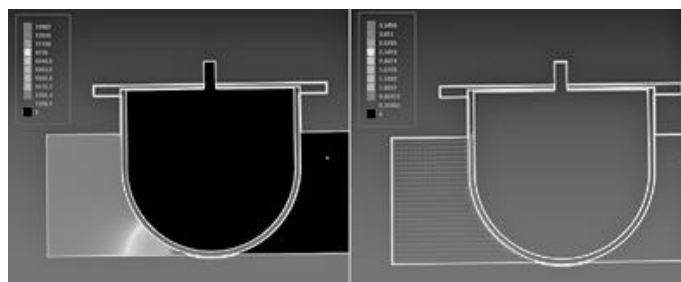


Рисунок 7 – Тестирование расчетного проекта

Чтобы запустить FSI проект на расчет необходимо сначала создать солверную часть проекта, для этого требуется запустить новый солвер, подключить к нему проект. Для дальнейшей модификации солверной части его необходимо выгрузить. Модификацию производим в текстовом редакторе, в солверной части указывается команда на связь: `<ConnectorID>MpmConnector</ConnectorID>`.

Дальнейшая связь между Abaqus и FlowVision осуществляется через MP Менеджер (MPM), который входит в состав FlowVision. Модуль MPM автоматически запускает один за другим ABAQUS и FlowVision.

Результаты работы программ сохраняются в базах данных ABAQUS и FlowVision. Результаты расчета взаимодействия FSI можно просмотреть, используя постпроцессор и модуль просмотра результатов в Abaqus\Viewer – для визуализации механической части (рис. 8) и во FlowVision – результат гидродинамической части проекта (рис. 9).

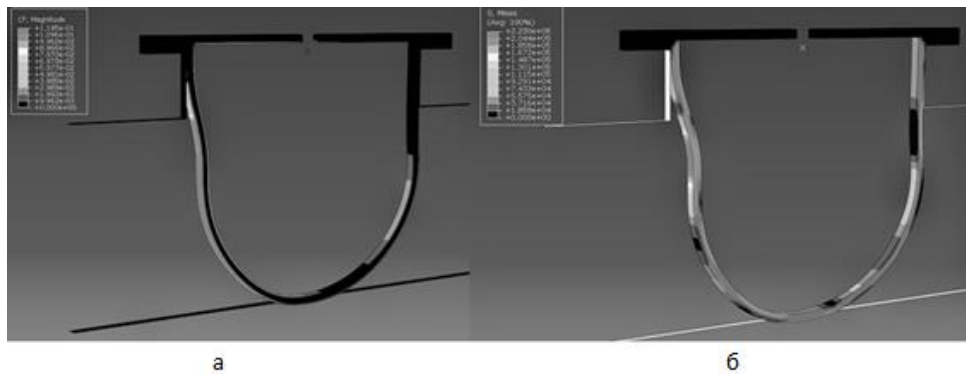


Рисунок 8 - Результаты расчетов «механической» части FSI проекта:
а - Распределение узловых нагрузок; б - Поле напряжений

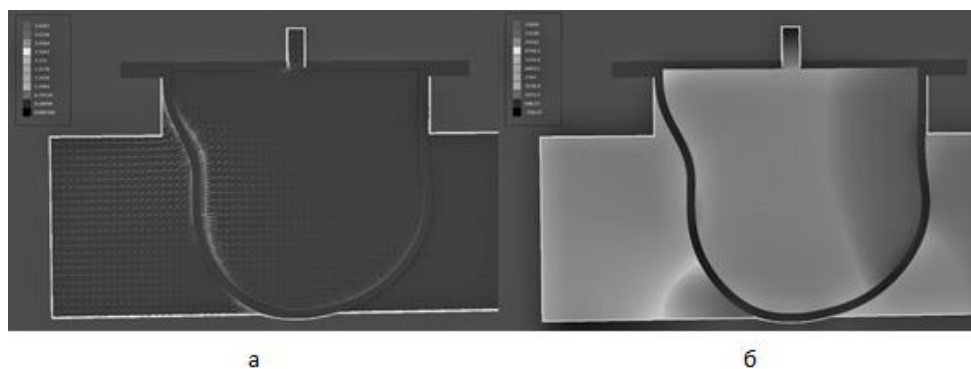


Рисунок 9 - Результаты расчетов «гидродинамической» части FSI проекта:
а – Направление скорости потока жидкости; б – Распределение давления в канале

Список использованной литературы

1. Патент РФ № 148096 МПК³ кл. F16K 7/07, 2006.01 Устройство для перекрытия трубопроводов / Кольцов В.П., Майзель И.Г., Ракицкая В.Б. Опубл.27.11.2014. Бюл. № 33. С. 6.
2. Giovanni P Galdi University of Pittsburgh, USA, Rolf Rannacher Heidelberg University, Germany. FUNDAMENTAL TRENDS IN FLUID-STRUCTURE INTERACTION. Contemporary Challenges in Mathematical Fluid Dynamics and Its Applications — Vol. 1 Copyright, 2010 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
3. M. Brocchini, F. Trivellato. Vorticity and Turbulence Effects in Fluid Structure Interaction. WIT Press 2006.
4. Андрей Аксенов, Владимир Коньшин. Анализ задач взаимодействия жидкость — конструкция с использованием программных комплексов ABAQUS и FlowVision. САПР/2006
5. И. М. Кузьмин, Л. Е. Тонков, С. П. Копысов. Алгоритмическое и программное обеспечение решения задач взаимодействия конструкции с жидкостью/газом на гибридных вычислительных системах. Компьютерные исследования и моделирование 2013 Т. 5 № 2 С. 153–164

Оценка точности формы шлифованных плоских деталей из закаленной стали 30ХГСА абразивными кругами Norton

Я.И. Солер, В.Л. Нгуен

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

Рассмотрен процесс маятникового шлифования на завершающем этапе изготовления ответственных плоских деталей из закаленной стали 30ХГСА, для которого выходным параметром выступает точность формы – EFE (ГОСТ 24642-81). При этом воспользовались тремя показателям отклонений от плоскостности: EFE_{max} – наибольшим; EFE_a и EFE_q, именуемыми соответственно средним арифметическим и квадратичным. Учитывая стохастическую природу шлифования, наблюдения были интерпретированы с применением статистических методов. В условиях нарушения гомоскедастичности и нормальности распределений, характерных для шлифования, использован непараметрический (в частности, ранговый) метод статистики, одномерными характеристиками которого служат медианы и квартильные широты. Шлифование вели высокопористыми кругами (ВПК) фирмы Norton из синтеркорунда 5SG (46, 60) K12VXP. Установлено, что для деталей 30ХГСА целесообразно использовать зернистость 46, которая позволяет снизить меры положения в пределах TFE и повысить стабильность процесса: по EFE_{max} – до 5 раз; по EFE_a и EFE_q – соответственно в 3,1 и 4,2 раза. Медианы EFE_{max} превышают аналоги для параметров EFE_a и EFE_q на один квалитет точности. В рамках исследования для выбора зернистости использован EFE_{max}. При расчете поправочных коэффициентов к базовым моделям многомерного дисперсионного анализа следует воспользоваться вспомогательными параметрами точности формы, обладающими большей информативностью о состоянии поверхности деталей.

Ключевые слова: отклонение от плоскостности, шлифование, статистический метод, среднее, медиана, мера рассеяния.

Солер Яков Иосифович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, тел. 8 (3952) 40-54-59, email: solera@istu.irk.ru

Нгуен Ван Ле, аспирант кафедры технологии машиностроения, тел. 8 (3952) 40-54-59, email: solera@istu.irk.ru

Введение

Макрогеометрия оказывает непосредственное влияние на пространственное расположение деталей, трудоемкость и точность сборки соединений и машин. В нормативно-технической документации технологические рекомендации по ее обеспечению в процессе изготовления деталей чаще всего отсутствуют. Априори предполагают, что она всегда вписывается в допуск размера T. Сказанное не всегда подтверждается на практике, в частности при шлифовании деталей повышенной податливости [1]. В ра-

боте принят допуск на отклонение от плоскостности TFE для нормальной относительной геометрической точности: TFE=0,6T [2].

Любая плоская поверхность имеет отклонение от плоскостности, которое измеряется различными приборами: микрокатером [1]; координатной машиной [3, 4, 5]. Измеренные результаты интерпретируются с помощью различных методов. Самым распространенным является метод наименьших квадратов [6]. Он обеспечивает номинальную сумму квадратных ошибок от измеренных точек от номинальной функции. Благодаря легкой реализации и высокой вычислительной эффективности широко используется в промышленности. Его основными недостатками является то, что он не гарантирует критерия минимальных зон [6] и обеспечивает лишь приближенные значения [7, 8]. В последнее время получил распространение метод минимальных зон, сущность которого заключается в минимизации максимальных расстояний между идеальными и фактическими плоскостями деталей [4, 6, 7].

Данная работа посвящена возможности привлечения статистических методов для оценки макрогеометрии шлифованных плоских деталей 30ХГСА и предсказания влияния зернистости абразивных кругов Norton на точность их формы.

Методика исследования

Натурные опыты выполнены при следующих неизменных условиях: оборудование - плоскошлифовальный станок модели 3Г71; детали из стали 30ХГСА ($\sigma_{\text{в}}=1080$ МПа, $\delta=10\%$) с размерами $D \times H = 40 \times 50$ мм подвергались шлифованию по круглому торцу; число повторений опытов $n=30$; СОЖ – 5%-ная эмульсия Аквол - 6 (ТУ 0258-024-00148845-98), подаваемая поливом на деталь с расходом 7-10 л/мин; правка круга – алмазным карандашом перед шлифованием каждой детали; режим обработки – скорость резания $v_k=35$ м/с, продольная подача $s_{\text{пр}}=7$ м/мин, поперечная подача $s_{\text{п}}=1$ мм/дв.ход, глубина резания $t=0,015$ мм, операционный припуск $z=0,15$ мм. Шлифование ведем высокопористыми кругами (ВПК) фирмы Norton 01 250×20×76. Их характеристики представлены кодом $i=1,2$, который удобен при статистической обработке наблюдений: 1 – 5SG60K12VXP; 2 – 5SG46K12VXP. ВПК $i=1,2$ изготовлены из зерен микроскопического корунда (синтеркорунда) с содержанием 50% зерен sol-gel (SG) в смеси с оксидом алюминия А.

Отклонения от прямолинейности шлифованных поверхностей измерены микрокатером 2-ИПМ (ТУ 2-234-229-89) по методике, рассмотренной в работе [1]. Она позволяла представить реальное расположение поверхности $\Delta(\varphi,1)$ по наружному радиусу $R=20$ мм ($\rho=1$ для сокращения записи) относительно начала координат в 12-ти сечениях $\varphi \in [0^\circ; 330^\circ]$ через 300. Они могут оказаться больше нуля, если точки измерения $(\varphi,1)$ нахо-

дятся выше начала координат или меньше нуля для точек $(\varphi, 1)$ ниже начала координат. Эти отклонения по ГОСТ 24642-81 именуется соответственно выпуклостью и вогнутостью. В дальнейшем макроотклонения были представлены вещественной переменной $EFE_{(\varphi,1)iv}$, $v = \overline{1;30}$ по методике [9] и представлены тремя параметрами $j = \overline{1;3}$: $EFE_{i\max} = EFE_{i1}$ (основной) и двумя дополнительными – средним арифметическим $EFE_{ia} = EFE_{i2}$ и средним квадратичным $EFE_{iq} = EFE_{i3}$ [10]. 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.

Зерна ВПК имеют произвольную форму, хаотическое расположение в черепке, различное количество активных зерен и режущих кромок на единицу площади его контакта при врезании в заготовку. Изложенное позволяет рассматривать перечисленные показатели отклонений от плоскостности случайными величинами (СВ) и оценивать их поведение на базе теоретико-вероятностных подходов [1]. Для снижения трудоемкости расчетов в работе использован программный пакет Statistica 6.1.478.0. Привлечение теоретической статистики накладывает дополнительные требования на наблюдения, которые необходимо представить в виде независимых множеств:

$$\{y_{iv}\}, i = \overline{1;2}, v = \overline{1;30}. \quad (1)$$

Существуют два направления статистических методов: параметрическое и непараметрическое (в частности, ранговое), используемых для изучения СВ. Характеристиками одномерного распределения частот для (1) служат: средние $y_i = y_{i\bullet}$, стандарты отклонений $(SD)_i$, размахи $R_i = |y_{\max} - y_{\min}|_i$ – для первого направления; медианы \tilde{y}_i , квартильные широты $КШ_i = |y_{0,75} - y_{0,25}|_i$ – для второго направления. Первая из указанных частот характеризует меру положения (опорное значение) СВ, а последующие – меры рассеяния (прецизионность). Сдвиг \tilde{y}_i относительно $y_{i\bullet}$ свидетельствует об асимметрии (скошенности) кривой распределений, которая приближенно вычисляется из выражения: $As_i = [3(y_{\bullet} - \tilde{y})/SD]_i, i = \overline{1;2}$. Методики обработки наблюдений с использованием статистических методов содержатся в работах [1, 9, 11] и позволяют получить ожидаемые меры положения: $\hat{y}_{i\bullet}$ и $m\hat{y}_i$.

Влияние непараметрического метода на меры положения оценивается медианными коэффициентами при неизменном $i = \overline{1;2}$ и $j = \overline{1;3}$:

$$K_{mij} = (\tilde{y} / y_{\bullet})_{ij}, \quad (2)$$

$$\hat{K}_{mij} = (m\hat{y} / \hat{y}_{\bullet})_{ij}. \quad (3)$$

Оценку работоспособности круга 5SG46K12VXP ($i=2$) относительно базового 5SG60K12VXP ($i=1$) ведем для обеих характеристик одномерного распределения частот (1) при одноименных $j = \overline{1;3}$:

$$K_j = (\tilde{y}_2 / \tilde{y}_1)_j, \quad (4)$$

$$\hat{K}_j = (m\hat{y}_2 / m\hat{y}_1)_j, \quad (5)$$

$$K_{ctij} = (C_{p1} / C_{p2})_j, \quad (6)$$

где C_{p1} и C_{p2} соответственно индексы воспроизводимости для базового и альтернативного вариантов шлифования.

В окончательном виде (6) после преобразований [9] приводятся к виду:

$$K_{ctj1} = (SD_1 / SD_2)_j, \quad (7)$$

$$K_{ctj2} = (R_1 / R_2)_j, \quad (8)$$

$$K_{ctj3} = (KШ_1 / KШ_2)_j. \quad (9)$$

В (7) - (9) индексы $e = \overline{1;3}$ отражают принятые меры рассеяния: 1- по SD_i , 2- по R_i ; 3 – по $KШ_i$. Если предсказаны: $(K_j, \hat{K}_j) > 1$ и $K_{ctje} < 1, e = \overline{1;3}$, то опорные значения и прецизионность выходных параметров процесса при шлифовании кругом 5SG46K12VXP ($i=2$) превышают аналоги для базового ВПК 5SG60K12VXP ($i=1$) и уступают ему по выбранным критериям стабильности процесса; в противном случае – их превосходят.

Коэффициенты (3), (5), (7) – (9) необходимы для комплексной оценки режущих способностей абразивных кругов и расширения информационной базы при многокритериальном управлении процессом шлифования с использованием моделей МДА с учетом конструктивных особенностей и служебного назначения деталей [11]. Дополнительно опытный медианный коэффициент (2) позволяет оценить скошенность кривых распределений, а (4) - возможные ошибки при оценке режущих способностей кругов по опытным мерам положения.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам тестирования обнаружено, что нуль-гипотезы (H_0) для параметров отклонений от плоскостности: EFE_{max} , EFE_a , EFE_q - отклонены по всем критериям: Хартли, Кохрена, Бартлетта; Левене и Брауна-Форсайта. Нуль-гипотезы о нормальности распределений множеств (1) анализировались с помощью критерия Шапиро-Уилка (W). Известно, что H_0 подтверждается при выполнении неравенств: $\alpha_{ij} > 0,5, i = \overline{1;2}, j = \overline{1;3}$.

Полученные результаты показали, что $\alpha_{ij} \in [0; 0,0017] < 0,5$, т.е. H_0 отклонены в полном объеме.

Гомоскедастичность и нормальность распределений (1) являются обязательными условиями привлечения традиционного параметрического метода статистики. Их нарушение потребовало обратиться к непараметрическому аналогу.

В табл. 1 представлены опытные и прогнозируемые меры положения и коэффициенты (3)-(5) для параметров макрогеометрии, полученные при шлифовании ВПК $i = \overline{1;2}$ разной зернистости. В скобках указаны качества точности по ГОСТу 24643-81. Опытные меры положения позволяют определить сдвиг медиан относительно средних. Из табл. 1 видно, что по опытным коэффициентам K_{mi} (2) кривые формы распределений для трех выходных параметров характеризуются положительной асимметрией, т.к. в пяти из шести случаев они предсказаны меньше единицы.

Таблица 1 – Влияние кругов на меры положения и коэффициенты (2)-(5)

Параметр	Круги i	$y_{i\bullet}$, мкм (TFE),	\tilde{y}_i , мкм (TFE)	$\hat{y}_{i\bullet}$, мкм (TFE)	$m\hat{y}_i$, мкм (TFE)	K_{mi} (2)	\hat{K}_{mi} (3)	K_i (4)	\hat{K}_i (5)
EFE_{imax}	1	16,03(8)	13,00(7)	16,03(8)	13,00(7)	0,81	0,81	1,00	1,00
	2	12,00(7)	12,00(7)	12,00(7)	12,00(7)	1,00	1,00	0,92	0,92
EFE_{ia}	1	9,93(6)	9,46(6)	9,93(6)	9,46(6)	0,95	0,95	1,00	1,00
	2	8,37(6)	7,96(6)	8,37(6)	7,96(6)	0,95	0,95	0,84	0,84
EFE_{iq}	1	10,76(7)	9,70(6)	10,76(7)	9,70(6)	0,90	0,90	1,00	1,00
	2	8,75(6)	8,41(6)	8,75(6)	8,41(6)	0,96	0,96	0,87	0,87
Примечание. Круги i : 1 – 5SG60K12VXP; 2 – 5SG46K12VXP									

Как видно из табл. 1, с увеличением номера зернистости от 60 до 46 опытные и прогнозируемые медианы монотонно снижаются в пределах одного качества точности TFE соответственно: для основного параметра EFE_{imax} - от 8 до 7; для EFE_{ia} и EFE_{iq} – от 7 до 6.

Таблица 2 – Оценка режущих способностей кругов по мерам рассеяния и коэффициентам стабильности (7)-(9)

Параметр	Круги i	SD_i	R_i	КШ $_i$	K_{ctie}		
					$e=1$ (7)	$e=2$ (8)	$e=3$ (9)
EFE_{imax} , мкм	1	6,52	23,00	5,00	1,00	1,00	1,00
	2	2,02	9,00	1,00	3,23	2,56	5,00
EFE_{ia} , мкм	1	2,80	10,16	3,09	1,00	1,00	1,00
	2	1,67	6,75	1,00	1,68	1,51	3,09
EFE_{iq} , мкм	1	3,66	13,40	3,13	1,00	1,00	1,00
	2	1,57	6,230	0,75	2,33	2,15	4,17
Примечание. Круги i : 1 – 5SG60K12VXP; 2 – 5SG46K12VXP							

В табл. 2 представлены результаты оценки стабильности процесса по критерию точности формы шлифуемых поверхностей. В условиях непараметрического метода предпочтение отдано квартильным широтам и полученным на их базе коэффициентам $K_{ст3}, i = \overline{1;2}$. Выявлено, что зернистость ВПК на основе зерен 5SG оказывает существенное влияние на стабильность процесса. Так, при варьировании зернистости от 60 до 46 стабильность формирования поверхности увеличивается: в 5 раз для $EFE_{i\max}$; в 3,1 раза для EFE_{ia} ; в 4,2 раза для EFE_{iq} . Параметрический метод «на чужом поле» показал аналогичные результаты при меньшей эффективности: по (8) прецизионность процесса возросла в 1,7 – 3,2 раза, а по (9) – 1,5 – 2,6 раза.

Выполненная работа показала эффективность привлечения непараметрического метода для оценки точности формы по трем показателям отклонений от плоскостности. Рекомендуется основной показатель точности формы $EFE_{i\max}$ использовать при оценке режущих свойств кругов по опорным значениям, а вспомогательные показатели: EFE_{ia} и EFE_{iq} – для относительной оценки их режущих способностей, в частности при поиске поправочных коэффициентов к базовым моделям МДА. Шлифование закаленных деталей 30ХГСА рекомендуется вести ВПК из синтеркорунда 5SG46, который обеспечивает высокую стабильность процесса и снижение мер положения в пределах качества точности.

Список использованной литературы

1. Солер Я.И, Стрелков А.Б., Казимиров Д.Ю. Прогнозирование макрогеометрии деталей из стали 13X15H4AM3 при плоском шлифовании кругами из кубического нитрида бора // Справочник. Инженерный журнал, 2009. №11. С. 26-31.
2. ГОСТ 24631-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. Введ. 01.07.1981. Взам. ГОСТ 10356-63 (в части разд. III). М.: Изд-во стандартов, 1981. 14с.
3. Lakota S., Gorog A. Flatness measurement by multi-point methods and by scanning methods // Ad Alta: Journal of interdisciplinary research, 2011. No.1. P. 124-127.
4. Ye R.F. et al. Minimum zone evaluation of flatness error using an adaptive iterative strategy for coordinate measuring machines data // Advanced Materials Research, 2012. No 472. P. 25-29.
5. Raghunandan R., Venkataswara Rao P. Selection of an optimum sample size for flatness error estimation while using coordinate measuring machine // International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2007. No 47. P. 477-482

6. Nadolny K., Kaplonek W. Analysis of flatness deviations for austenitic stainless steel workpieces after efficient surface machining // Measurement science review, 2014. Vol. 14. No. 4. P. 240-212.
7. Huang S.T., Fan K.C., Wu J.H. A new minimum zone method for evaluating flatness errors // Precision engineering, 1993. Vol. 15. No. 1. P. 25-32
8. Sohyung Cho, Joon-Young Kim Straightness and flatness evaluation using data envelopment analysis // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2012. Vol. 63. P. 731-740.
9. Солер Я.И., Нгуен В.К. Прогнозирование эффективности шлифования кругами различной пористости из традиционных и новых абразивов по критерию точности формы пластин P9M4K8 // Вестник ИрГТУ, 2014. № 11 (94). С. 49-58.
10. ГОСТ 24642-81 Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. Введ. 01.07.81. Взам. ГОСТ 10356-63. М.: Изд-во стандартов, 1981. 68с.
11. Soler Ya.I., Kazimirov D.Yu., Prokop'eva A.V. Optimizing the grinding of high-speed steel by wheels of cubic boron nitride // Russian engineering research, 2007. Vol. 27. No. 12. P. 22-26.

Апробирование нечеткой логики в условиях оптимизации процесса выхаживания при шлифовании деталей из стали 13X15H5AM3 по шероховатости поверхности

Я.И. Солер, М.Т. Нгуен

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

По параметру шероховатости R_a установлено, что минимум мер положения и рассеяния при шлифовании деталей 13X15H5AM3(ВНС-5) кругами Аэробор достигается при четырех-шести двойных ходов выхаживания, что совпадает с результатами статистического анализа.

Ключевые слова: нечеткая логика, нечеткая классификация, входная переменная, выходная переменная, медиана, квартильная широта, выхаживание, шероховатость.

Солер Яков Иосифович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, тел.: 8 (3952) 40-54-59, email: solera@istu.irk.ru

Нгуен Мань Тием, аспирант кафедры технологии машиностроения, тел.: 89641228064, email: solera@istu.irk.ru

Введение

Технический прогресс в ведущих отраслях машиностроения: энергетическом, нефтяном, химическом, авиа-и ракетостроении, космической технике – в значительной степени обусловлен использованием в конструкциях машин и механизмов высокопрочных коррозионно-стойких сталей. В связи с постоянно возрастающими требованиями к надежности конструкций следует повышать качество деталей, соединений и машин.

Выхаживание – технологический прием, выполняемый в конце шлифовальной операции и, чаще всего, реализуемый без врезания в заготовку. При этом априори предполагают, что оно ведет к снижению высот микронеровностей и прижогов, а также повышает точность формы заготовок. Этот технологический прием повышает трудоемкость шлифовальных работ, поэтому должен проводиться с минимально необходимым числом проходов. При этом шероховатость поверхности рассматривается наиважнейшим показателем оценки инженерии поверхности. Ее определяют параметры (ГОСТ 25142-82): R_a , R_q , R_z , R_{max} , S , S_m . tp, p=5-95%. Среди характеристик микрогеометрии особое место занимает параметр R_a , в значительном мере определяющий эксплуатационные свойства машин: контактную жесткость и прочность, износостойкость, виброустойчивость, прочность посадок и др. [1].

На первых этапах статистический метод использовался как важный инструмент в задачах сравнения, оценки и классификации в различных технических приложениях. Внедрение статистических методов в машиностроении значительно сократило трудоемкость операций контроля и численность контроллеров. Первое применение научных методов статистического контроля было зафиксировано в 1924 г., когда В. Шухарт использовал контрольные карты для прогнозирования доли брака продукции [2]. При использовании методов статистики часто возникает много проблем: высокая трудоемкость вычислений, неопределенность, затрудняющая или исключая возможность принятия гипотезы. Для решения подобных задач в конце 60-х годов прошлого века был разработан метод «нечеткой логики». Первоначально он означал любую логику, рассматривающую более двух истинных величин. В настоящее время данный раздел кибернетики представляет собой специальную многозначную логику, предназначенную для обеспечения формальных основ градуированного подхода к нечеткости. В таких условиях делается попытка выяснить, обладает ли объект свойством в полной мере или только частично [5]. В машиностроении нечеткая логика используется крайне редко, поскольку инженеры-технологи не владеют знаниями в этой области кибернетики. В данном исследовании она апробирована для оптимизации числа выхаживающих ходов при плоском шлифовании.

Методы интерпретации экспериментальных данных при шлифовании

Использование статистических методов при шлифовании обусловлено его стохастической природой. Изложенное позволяет рассматривать наблюдения непрерывными случайными величинами (СВ), а их поведение оценивать на базе теоретико-вероятностных подходов.. Их реализация предполагают представление экспериментальных данных в виде независимых множеств $l = \overline{1; k}$:

$$\{y_{lv}\}, v = \overline{1; n}, \quad (1)$$

где v – количество параллельных опытов, которые желательно брать с равным n .

Для снижения трудоемкости статистических расчетов в работе привлечена программа Statistica 6.1.478.0. В технических приложениях используют две группы статистик: параметрическую и непараметрическую, в частности ранговую. Каждая из них имеет «свое поле» [3] для эффективного применения. Для первого метода необходимо обеспечить выполнение двух ограничений, накладываемых на СВ: однородность 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 [3]. Тогда оценки СВ, их доверительных границ нуждаются в уточнении. Для этого целесообразно использовать непараметри-

ческий метод, который не связан с конкретным семейством распределений и не использует его свойств. В условиях непараметрического метода одномерными распределениями частот являются [2, 3, 6]:

$$\text{- мера положения – медианы } \tilde{y}_e; \quad (2)$$

$$\text{- мера рассеяния – квартильные широты } KШ_e = (y_{0,75} - y_{0,25})_e. \quad (3)$$

Тестирование (1) на однородность дисперсий отклонений: нуль – гипотеза (H0) – и нормальность распределений (H0) рассмотрено в [3,6].

Нечеткая логика предназначена для создания математической модели человеческих рассуждений, в которых принципиальную роль играет естественный язык и опыт экспертов. В этом смысле нечеткая логика равнозначна теории нечетких множеств с размытыми границами. Теория нечетких множеств [5, 6] представляет собой обобщение и переосмысление важнейших направлений классической математики. Она позволяет описывать нечеткие понятия и знания, оперировать этими знаниями и делать нечеткие рассуждения.

Под нечеткими множествами A_l понимаются совокупности упорядоченных пар, составленных из элементов y_{lv} , универсальных множеств $\{y_{lv}\}$ и соответствующих степеней принадлежности $\mu_{A_l}(y_{lv})$:

$$A_l = \{(y_{lv}, \mu_{A_l}(y_{lv})) \mid y_{lv} \in \{y_{lv}\}\}.$$

При этом $\mu_{A_l}(y_{lv})$: – характеристическая функция принадлежности, указывающая в какой мере элемент y_{lv} принадлежит нечеткому множеству A_l .

Методика эксперимента

В работе приняты следующие неизменные условия проведения опытов: станок модели 3E711B; высокопористый круг (ВПК) АЭРОБОР – 1А1 200x20x76x5 ЛКВ50 В107 100 ОVK27-КФ40 (ГОСТ Р 53922-2010, ГОСТ Р 52587-2006); технологические параметры – скорость резания $v_k=28$ м/с, продольная подача $спр=6$ м/мин, поперечная подача $сп=4$ мм/дв.ход, глубина резания $t=0,01$ мм, операционный припуск $z = 0,1$ мм, СОЖ-5%-ая эмульсия Аквол-6 (ТУ 0258-024-0014842-98), подавая поливом на заготовку в количестве 7-10 л/мин; число дублирующих опытов в (1) – $n=30$. Объектом исследования служили детали из коррозионно-стойкой стали 13X15H5AM3 с размерами: диаметр $D = 40$ мм, высота $H = 38$ мм, шлифуемые по круглому торцу. Индекс $e = \overline{1;5}$ характеризует условия шлифования: $e = 1$ – без выхаживания ($i = 0$); $e = 2$ – число выхаживающих ходов $i=2$; $e = 3$ – $i = 4$; $e = 4$ – $i = 6$; $e = 5$ – $i = 8$. В данной работе выбран наиболее распространенный параметр шероховатости поверхности Ra , измеренный в направлении поперечной подачи на профилографе-профилометре модели 252 завода «Калибр».

При реализации процесса моделирования нечеткой логики в среде MATLAB использован специальный пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. Он обладает простым и хорошо продуманным интерфейсом, поз-

воляющим легко проектировать и диагностировать нечеткие модели [8,9]. Для разработки и применения систем нечеткого вывода в интерактивном режиме привлечены следующие графические средства, входящие в состав пакета Fuzzy Logic Toolbox [9]: редактор систем нечеткого вывода FIS (FIS Editor); редактор функций принадлежности системы нечеткого вывода (Membership Function Editor); редактор правил системы нечеткого вывода (Rule Editor); программа просмотра правил системы нечеткого вывода (Rule Viewer); программа просмотра поверхности системы нечеткого вывода (Surface Viewer).

Результаты исследования и их обсуждение

Проверка (1) на однородность дисперсий отклонений и нормальность распределений показала, что Н0 отклонены практически во всех случаях шлифований. С связи изложенным приоритетным методом обработки экспериментальных данных выбран непараметрический, который использует (2), (3) в качестве мер положения и рассеяния. Из значения приведены в табл. 1.

В данной статье рассматривается применение методов нечеткой логики для создания экспертной системы классификации качества поверхности деталей по параметру Ra, варьируемого с учетом выхаживающих проходов. Система оптимизации выхаживании создается на основе модели нечеткой классификации. На вход системы подаются атрибуты параметра Ra_e: медианы \tilde{y}_e и квартильные ширины $KШ_e$, а выходом является качество деталей, полученных при различных режимах шлифования. Каждый атрибут имеет предел варьирования. Значения входных переменных: $\tilde{y}_e \in [0,032; 0,40]$ мкм; $KШ_e \in [0,05; 0,08]$ мкм. Чем меньше меры положения и рассеяния, тем выше качество получаемых деталей. Выходная переменная «Вывод» ранжируется в диапазоне от 0 до 1. С ее возрастанием повышается качество деталей.

Таблица 1 – Входные данные исследования

Параметр	Режим шлифования: $e = \overline{1;5}$				
	1($i=0$)	2($i=2$)	3($i=4$)	4($i=6$)	5($i=8$)
\tilde{y}_e , мкм	0,32	0,38	0,32	0,31	0,32
$KШ_e$, мкм	0,08	0,07	0,05	0,05	0,07

На рисунке 1 показана система нечетких рассуждений в виде графического интерфейса, в которой создано три переменных: две входных и одна выходная. Для целей текущего исследования выбран алгоритм Мамдани, позволяющий использовать логистические функции (*smf*, *zmf* и *pimf*). После определения входных переменных создаются функции принадлежности для каждой переменной.

В данной работе выбраны функция принадлежности: пи-подобная (pimf), s-подобная (smf) и z-подобная (zmf) для функций принадлежности входов и выхода. На рисунке 2, а, б показаны функции принадлежности входных переменных. Для каждой переменной входа приняты три функции принадлежности термов: «Good» в виде zmf, «Middle» - pimf, «Bad» - smf. Диапазон и параметры входа иллюстрирует таблице 2.

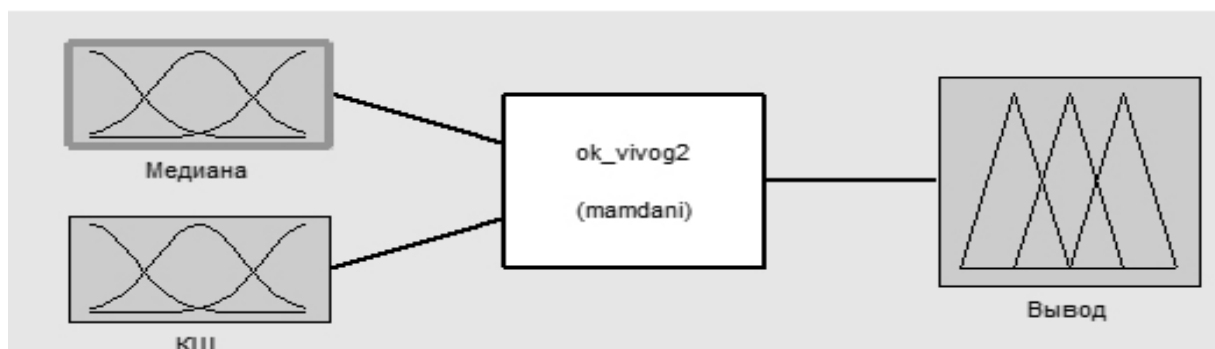


Рисунок 1 – Система нечетких рассуждений для оценки качества детали

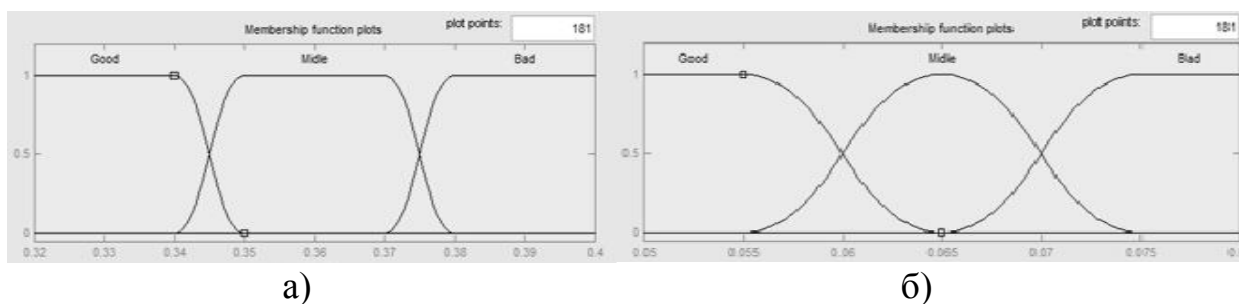


Рисунок 2 – Функций принадлежности входных переменных: а – (2) \tilde{y} , б- (3)

На рисунке 3 созданы функции принадлежности для выходной переменной «Вывод». В качестве термов использованы: «Хороший» в виде zmf, «Нормальный» - pimf, «Плохой» - smf, которые характеризуют три состояния качества деталей. Диапазон и параметры выхода показаны в табл. 3.

Таблица 2 – Диапазон и параметры входа

Меры (2),(3)	Диапазон и параметры входа, мкм			
	Диапазон	Good	Middle	Bad
$\tilde{y}_e(2)$	[0,32;0,40]	[0,34;0,35]	[0,34; 0,35;0,37;0,38]	[0,37;0,38]
КШ $_e(3)$	[0,05;0,05]	[0,055;0,065]	[0,055;0,065;0,065;0,075]	[0,065;0,075]

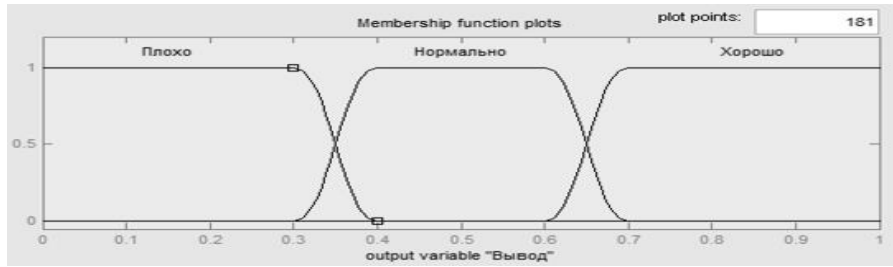


Рисунок 3. Функций принадлежности выходной переменной

Таблица 3 – Диапазон и параметры выхода

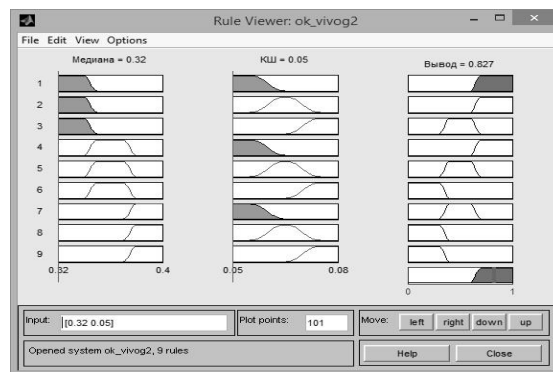
Диапазон и параметры входа			
Диапазон	Плохой	Нормальный	Хороший
[0;1]	[0,3;0,4]	[0,3;0,4;0,6;0,7]	[0,6;0,7]

После создания функций принадлежности были определены правила нечетких рассуждений для разрабатываемой системы. В процессе определения правил нечетких рассуждений использована гипотеза, что из двух одномерных распределений частот наиболее важным является медиана. В связи с этим вывод больше зависит от (2). Например, если (2) находится в диапазоне «Bad», то вывод принадлежит только диапазонам : «Нормальный» или «Плохой». Правила нечетких рассуждений создаются с помощью графического интерфейса Rule Editor. Рис. 4, а иллюстрирует нечеткие правила для системы классификации детали. В пакете Fuzzy Logic Toolbox есть два графических интерфейса, которые помогают пользователю просмотреть правил рассуждений (Rule Viewer) и поверхности рассуждений (Surface Viewer).

Просмотр правил нечетких рассуждений показывает все возможные вариации комбинаций, используя графический формат, и позволяет пользователю увидеть качество шлифованной детали (вывод). На рис. 4, б показан просмотр правил вывода. Пример: если деталь имеет два параметра: $\tilde{y}_e = 0,32$ мкм; $KШe = 0,05$ мкм, то вывод, равны 0,827, соответствует оценке «хорошо».



а)



б)

Рисунок 4 – Система классификации детали: а - Нечеткие правила; б- Просмотр правил

Поверхность вывода представляется трехмерной моделью (рис. 5), которая отражает связь между «выводом» и двумя входными свойствами.

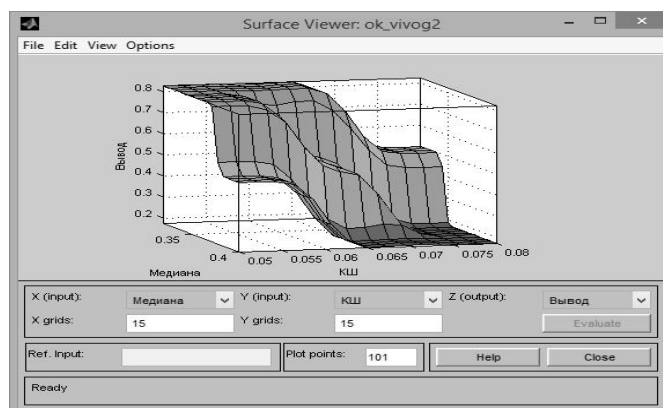


Рисунок 5 – Зависимость «Вывод» от (2) и (3)

Полученную модель необходимо охарактеризовать числовыми значениями. Для чего использована система нечетких рассуждений с ранжированием значений выходной переменной. На рис. 6 показано окно графического приложения системы оценки качества деталей. Из него видно, что если деталь характеризуется мерами: $\tilde{y}_3 = 0,32$ мкм, $KШ_3 = 0,05$ мкм, то оценка качества детали равна 0,8269, что соответствует оптимальному числу ходов при выхаживании.

Результаты использования нечеткой логики по оптимизацию числа выхаживания представлены в табл. 4. Они показывают, что для снижения величин (3), (4) параметра Ra1 оптимальное число выхаживаний должно назначаться $i=4 - 6$ ($e=3-4$). Они полностью совпадают с результатами статистического анализа (табл. 1).

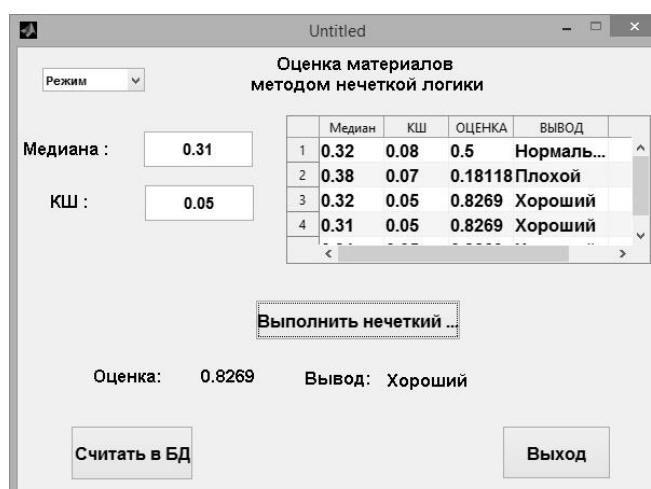


Рисунок 6 – Окно графического приложения системы

Таблица 4 – Выходные данные исследования детали из ВНС-5

Параметр	Режим шлифований: $e = \overline{1;5} (i = \overline{0;8})$				
	1($i=0$)	2($i=2$)	3($i=4$)	4($i=6$)	5($i=8$)
Оценка	0,1731	0,1812	0,8265	0,8269	0,6689
Вывод	Плохой	Плохой	Хороший	Хороший	Нормальный

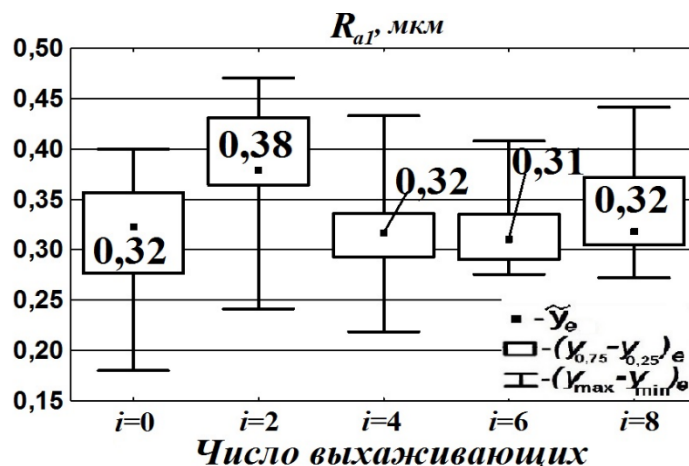


Рисунок 7 – Описательные непараметрические статистики для параметра R_a при шлифовании с выхаживанием

Программа может работать с базой данных в автоматическом режиме. При этом все входные данные записываются в виде таблицы в файле Excel.

На рис. 7 условные обозначения несут следующую информацию: «квадрат – (2)», «прямоугольник – (3)», «усики» – размах, равный $R_e = (y_{\max} - y_{\min})_e$. Из рис. 8 видно, что минимальные величины мер положения и рассеяния получены при выхаживании с числом проходов $i=4-6$. Эти результаты полностью совпадают с полученными рекомендациями с использованием нечеткой логики.

Выводы

1) Разработана методика с применением метода нечеткой логики для решения задач сравнения и оценки качества поверхности, которая позволяет быстрее, точнее получить комплексную оценку. Метод нечеткой логики апробирован в условиях выбора количества выхаживающих проходов при плоском шлифовании детали.

2) В условиях нарушений гомоскедастичности и нормальности распределений экспериментальных данных оправданным оказалось привлечение непараметрического (в частности, рангового) метода статистики.

3) По результатам работы выхаживание деталей из стали ВНС-5 высокопористым кругом ЛКВ50 В107 100 ОVK27 КФ40 следует проводить при 4-6 двойных ходах.

4) Установлена хорошая сходимость результатов исследования по методам нечеткой логики и статического анализа.

Список использованной литературы

1. Суслов А.Г. и др. Инженерия поверхности деталей/ Монография. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
2. А Уиллер Д. Чамберс Д. Статистическое управление процессами / пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 469 с.
3. Холлендер М., Вулф Д. Непараметрические методы статистики / пер. с англ. М.: Финансы и статистика. 1983. 506 с.
4. Закс Л. Статистическое оценивание/ Пер. с нем. М.: Статистика, 1976. 598 с.
5. Zadeh L.A. Fuzzy logic. / L.A. Zadeh // IEEE Transactions on Computers, 1988. vol. 21. №4. pp. 83–93 с.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. / Information and Control, 1965. Vol.8. №3. pp. 338-353 с.
7. Вятчинин Д.А. Нечеткие методы автоматической классификации: Монография. / Д.А. Вятчинин Мн.: УП «Технопринт». 2004. 219 с.
8. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy. СПб.: БХВ – Петербург, 2005. 736 с.

Программный модуль корректировки управляющих программ движения робота для организации работы обратной связи по силе резания

А.П. Чапышев, Чу Минь Тхань

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

Рассмотрен редактирование управляющих программ движения робота с помощью программного модуля, созданного в языке программирования C++.

Ключевые слова: программный модуль, ликвода, силовые приложения, характерные точки редактирования, борфрезы.

Чапышев Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, e-mail: chapyshev_ap@irkut.ru

Чу Минь Тхань, студент кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, тел.: 89245437375, e-mail: chuoi.cmt@gmail.com

Процесс механической обработки деталей машин из металлических материалов методом снятия стружки, а также некоторыми видами обработки давлением в большинстве случаев сопровождается образованием на сопрягаемых поверхностях деталей т.н. ликвидов (заусенцев и грата).

Ликвиды ухудшают эксплуатационные показатели деталей, повышают риск травматизма, затрудняют выполнение сборочных операций, а также снижают качество покрытий.

Для удаления ликвидов используются различные виды технологического оборудования, применением которого успешно решена задача их удаления с деталей простой формы, а также мелких деталей.

Для финишной обработки крупногабаритных деталей сложной формы перспективным способом удаления заусенцев и скругления острых кромок является роботизированная технология.

Последняя предполагает применение вращающегося инструмента (борфрезы), установленной в шпинделе. Шпиндель является рабочим органом шестиосевого промышленного робота, обеспечивающего перемещение режущего инструмента вдоль обрабатываемой кромки.

Разработка управляющих программ движения инструмента выполняется с применением CAD/CAM систем типа Mastercam.

Выполнение задачи качественной обработки кромок затруднено двумя факторами:

-манипулятор имеет статические и динамические погрешности позиционирования, величина которых для различных областей его рабочей зоны может отличаться;

-установка заготовки перед обработкой характеризуется погрешностями базирования и закрепления.

Действие вышеуказанных факторов приводит к тому, что обработанные участки характеризуются переменной величиной обработанной фаски (рисунок 1).

Для компенсации возникающих погрешностей использовали силовую коррекцию положения режущего инструмента.

Основной решаемой задачей явилось разработка средства автоматического редактирования управляющих программ движения робота, получаемых в результате постпроцессирования с CAD/CAM системы типа Mastercam X7.

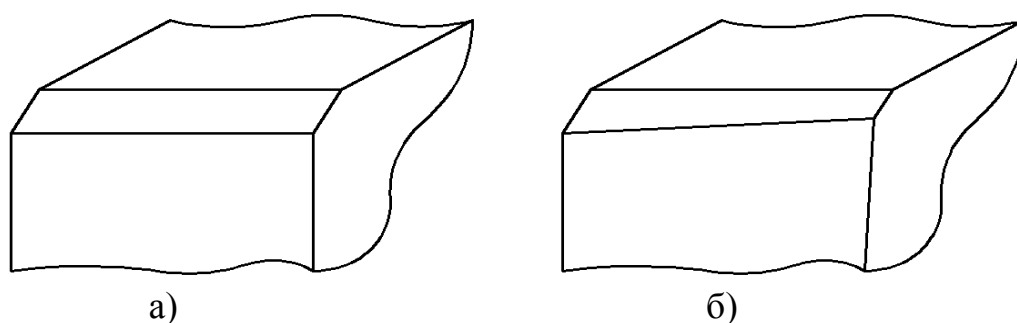


Рисунок 1 – Обработанные участки заготовки: а – требуемая конфигурация участка, б- результат обработки, обусловленный погрешностями

Процесс автоматического редактирования управляющей программы включает три этапа: поиск характерных точек, вставка кодовых аббревиатур с параметрами контроля силовых характеристик процесса резания и запись результата в отдельный файл. Структура аббревиатур показана на рисунке 2



Рисунок 2 – Структура аббревиатуры силового приложения для поиска контакта с заготовкой (а) и для поддержания требуемого усилия (б).

Для идентификации характерных точек при генерации управляющих программ применяли траекторию подвода и отвода инструмента по сочетанию дуги окружности и прямой (Рисунок 3).

Для вставки аббревиатуры включения силового контроля выполняли поиск первой кривой в траектории движения инструмента. Для выключения, соответственно, последней кривой.

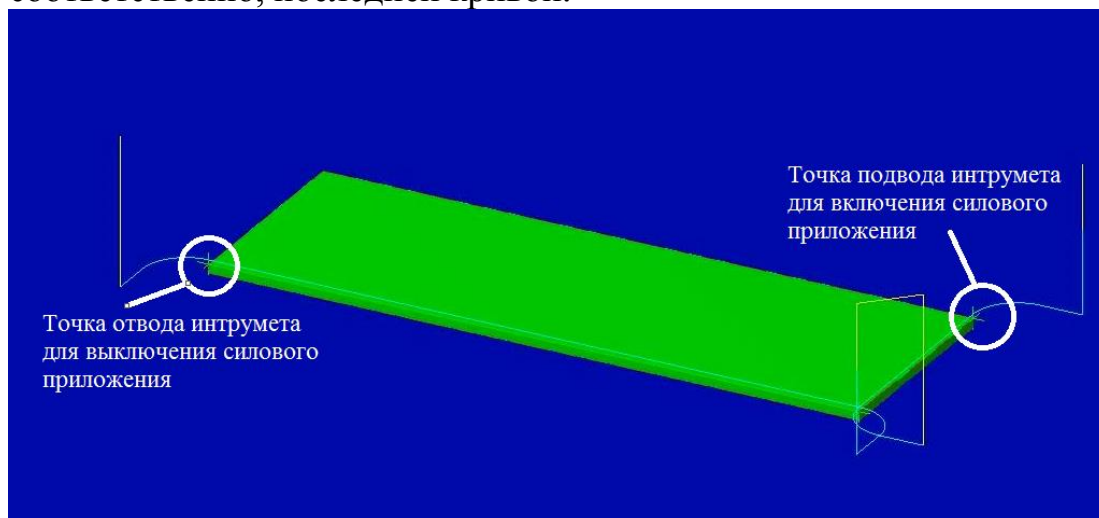


Рисунок 3 – Траектория движения инструмента и характерные точки редактирования.

Разработанный программный модуль включает в себя блок ввода данных, блок редактирования и блок сохранения данных (Рисунки 4-7). Блок-схема работы модуля показана на рисунке 8

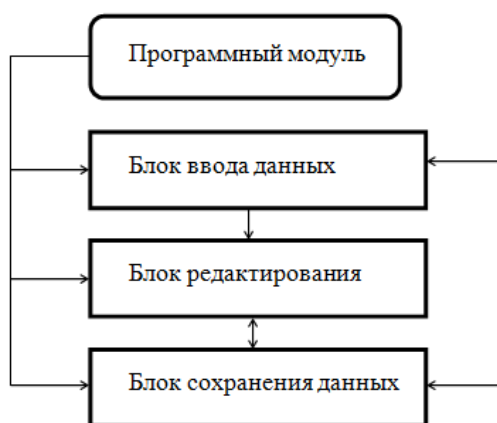


Рисунок 4 – Структура программного модуля

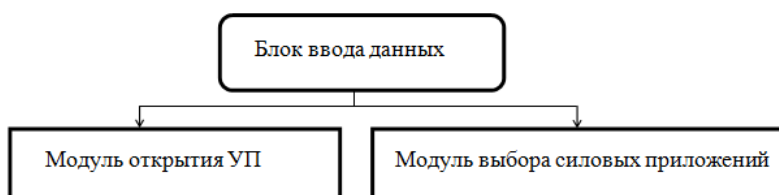


Рисунок 5 – Структура блока ввода данных

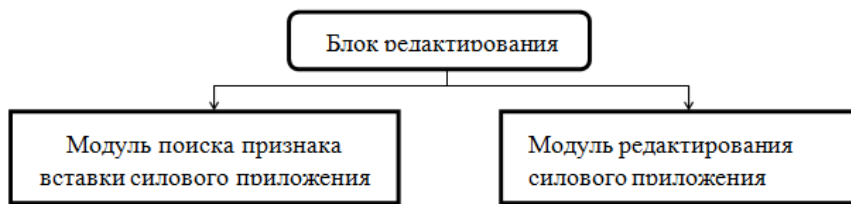


Рисунок 6 – Структура блока редактирования.

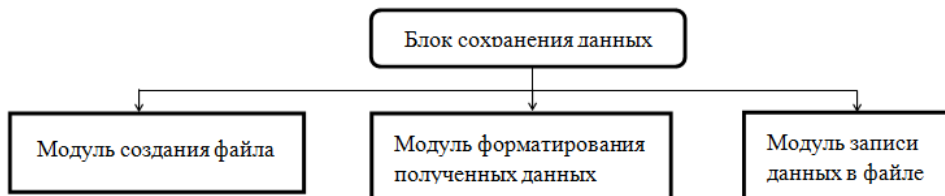


Рисунок 7 – Структура блока сохранения данных

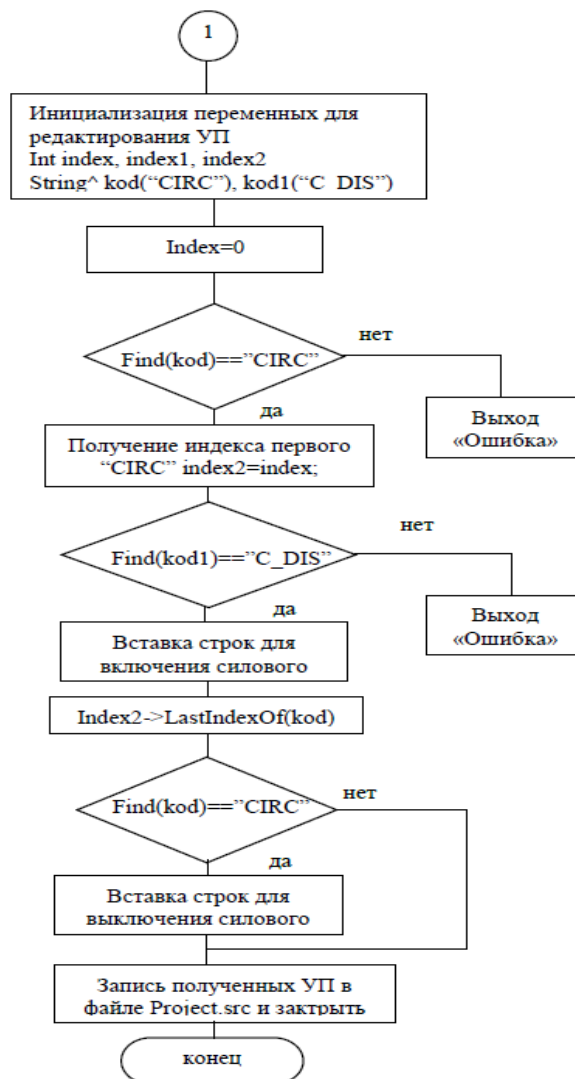


Рисунок 8 – Блок-схема работы модуля в части алгоритма поиска характерных точек траектории движения робота

Работа программы включает в следующие этапы:

После запуска оболочки Winform Application C++ появляется окно с названием с набором соответствующих полей ввода.

В полях ввода нужно вставить имя файла автоматически редактируемой управляющей программы. имя силового приложения.

Отдельной кнопкой формы выполняется открытие выбранного файла программы для редактирования. Процесс поиска характерных точек начинается после нажатия кнопки «Пуск». Сохранение результата работы модуля пользователь выполняет кнопкой «Сохранить».

В отдельном окне формы пользователю демонстрируется текст редактируемой управляющей программы.

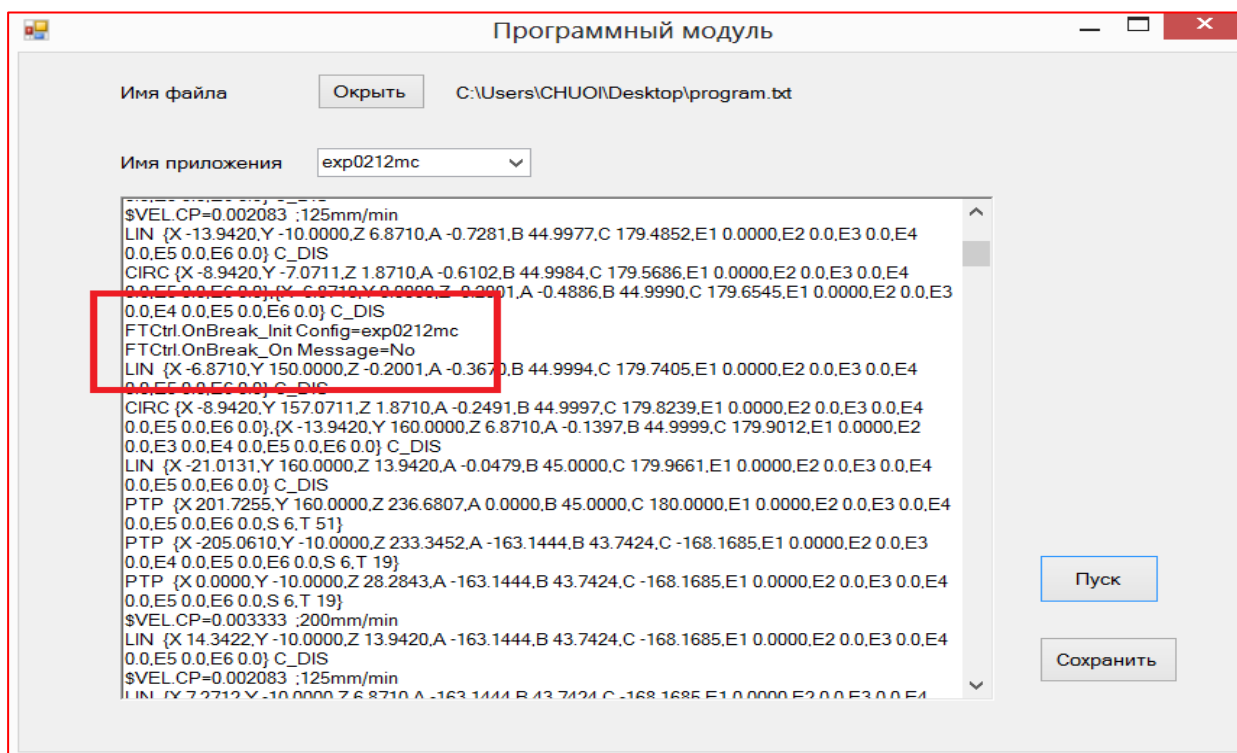


Рисунок 9 – Интерфейс программного модуля (результат поиска и редактирования текста управляющей программы в области характерной точки)

Апробация разработанного программного модуля для случая обработки прямолинейного участка тестового образца была выполнена с применением лабораторного комплекса на базе робота Kuka QUANTEC KR 210 R2700 extra, оснащённого силовым датчиком Delta IP60.

Результат обработки кромки показан на рисунке 10

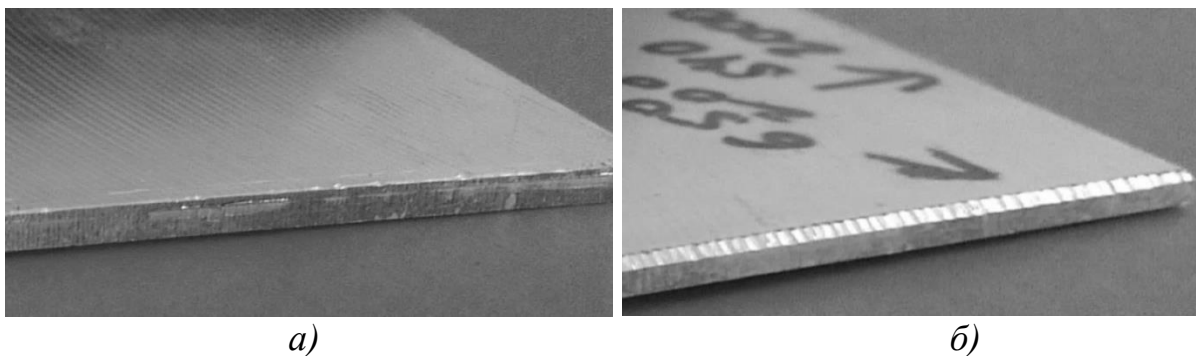


Рисунок 10 – Крома тестового образца: а - до обработки, б - после обработки

Таким образом, разработан и испытан программный модуль для автоматического редактирования управляющих программ с целью коррекции погрешностей манипулятора и установки заготовки. Процесс работы с модулем не требует затрат времени и увеличивает производительность труда при редактировании управляющих программ.

Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Список использованной литературы

1. А.П. Чапышев, А.В. Иванова, А.В. Крючкин. Технологические возможности процессов механизированной финишной обработки деталей. 2013.
2. Godwin L.E. Programming with Force Control. –Minnesota, 1996. 90с.
3. KUKA Roboter: Force Torque Control 3.0 – Germany: 2012.-75с.
4. KUKA Roboter: Системное программное обеспечение KUKA 8.2 – Германия: 2012.-243с.

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

УДК 539.538

Технологическая подготовка в средних образовательных учреждениях

Д. Ю. Бузинаев, Н. Г. Филиппенко, С. И. Попов, А.В. Лившиц

Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского 15.

В статье рассматривается актуальность технологической подготовки специалистов машиностроительных специальностей и методика их обучения».

Ключевые слова: машиностроение, обучение, недостатки, методика.

Бузинаев Данил Юрьевич, студент гр. ТМ-10 каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638399-0149, e-mail: ifpi@mail.ru

Филиппенко Николай Григорьевич, к.т.н., доцент каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638399-0270, e-mail: ifpister@gmail.com

Попов Сергей Иванович, доцент, к.т.н., зав.каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638395-362, e-mail: ifpi@mail.ru

Лившиц Александр Валерьевич, доцент, к.т.н., зав.каф. ТРТСиМ ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638395-362, e-mail: livnet@list.ru

Изучение предметов технологического направления в школе сосредоточено на решение следующих задач:

- стимулирование и развитие любознательности, интереса к технике, миру профессий, потребности познавать культурные традиции своего региона, России и других государств;
- формирование мотивации успеха и достижений, творческой самореализации, интереса к предметно-преобразующей, художественно-конструкторской деятельности;
- формирование первоначальных конструкторско-технологических знаний и умений;
- развитие знаково-символического и пространственного и творческого мышления;
- формирование внутреннего плана деятельности на основе поэтапной отработки предметно-преобразовательных действий, включающих целеполагание, планирование (умение составлять план действий и применять его для решения учебных задач), прогнозирование (предвосхищение будущего результата при различных условиях выполнения действия), контроль, коррекцию и оценку. [1]

Личностными результатами изучения технологии являются воспитание и развитие социально и личностно значимых качеств, индивидуально-личностных позиций, ценностных установок, раскрывающих отношение к труду, систему норм и правил межличностного общения, обеспечивающую успешность совместной деятельности.

Металло-предметными результатами изучения технологии является освоение учащимися универсальных способов деятельности, применимых как в рамках образовательного процесса, так и в реальных жизненных ситуациях.

Предметными результатами изучения технологии являются доступные по возрасту начальные сведения о технике, технологиях и технологической стороне труда, об основах культуры труда, элементарные умения предметно-преобразовательной деятельности, знания о различных профессиях и умения ориентироваться в мире профессий, элементарный опыт творческой и проектной деятельности.

В сложных условиях современного этапа развития школы данные задачи не получили необходимого теоретического и методического обеспечения, что привело к стагнации и, в соответствии с законами развития открытых систем, постепенному разрушению интегративной структуры технологической подготовки школьников. От нее стали отделяться разделы экономических, информационных, художественно-графических, профориентационных и других технологий, в результате чего образовательная область «Технология» фактически сокращалась до исходного уровня ремесленного трудового обучения в 5–7 классах. Дальнейшее развитие событий в этом направлении может привести к выводу технологии из базисного учебного плана (БУП) школы и ее переводу на уровень национально-регионального или школьного компонентов обучения.

Распад системы технологической подготовки школьников в определенной степени объясняется противоборством интересов различных предметов БУП, которое особенно обострилось в связи с введением ЕГЭ. Дело в том, что сосредоточившись в основном на изучении достаточно узкого круга вопросов, не участвуя в реализации задач большей части учебных предметов базисного учебного плана, «Технология» сама постепенно утратила перспективы занять системообразующие позиции в базовой подготовке учащихся основной школы и профильном обучении старшеклассников.

На сегодняшний день, не оказывая помощи в осуществлении практического обучения школьников в иных, кроме бытовых сферах деятельности, технология передала реализацию этих функций другим дисциплинам. Эти предметы вынуждены в силу своих возможностей решать задачи модернизации образования на традиционных основах теоретического обучения, что фактически и наблюдается в современной школе, а «Технология» практически оказалась отодвинутой на обочину образования.

Мальчики городских школ занимаются в учебных мастерских в основном обработкой древесины. В некоторых школах, где есть необходимые условия, проводятся электротехнические работы. Девочки занимаются обслуживающим трудом на примере обработки тканей, кулинарии, ухода за домом. Трудовое обучение в сельской школе характерно изучением сельскохозяйственного и технического труда (мальчики), и сельскохозяйственного и обслуживающего труда (девочки) [2].

В последние годы из-за финансовых трудностей школьные мастерские практически не пополняются учебным оборудованием, инструментом, материалами. Распались связи и практически отсутствует взаимодействие педагогических коллективов с ВУЗами, предприятиями, хозяйствами в вопросах профориентации и профессиональной подготовки школьников

Существовавшая ранее система материально-технического обеспечения предмета «Трудовое и профессиональное обучение» с началом экономических реформ оказалась почти полностью разрушенной. Узаконенная Правительством страны в дореформенные годы шефская помощь школам от государственных предприятий и организаций фактически прекратилась.

Слабо решается одна из центральных задач внедрения образовательной области «Технология» — усиление влияния ее содержания на жизненные и профессиональные планы учащихся. Старшеклассники плохо осведомлены о возможностях региональных рынков труда, потребности в профессиональных кадрах, своей пригодности к выбранным профессиям. Подавляющее большинство выпускников ориентировано на получение высшего или среднего специального образования. Преимущественными направлениями в их выборе являются экономика, финансы и юриспруденция. Поступать в профессиональные училища намереваются лишь 5–10 % из них [2].

Показательно, что профессиональные интересы и намерения учащихся сельских школ заметно отличаются от их городских сверстников. Более трети юношей и девушек на селе заинтересованы в получении сельскохозяйственной профессии, 30 % хотели бы овладеть углубленными технологическими знаниями и умениями именно для эффективного ведения личного подсобного и возможно фермерского хозяйства.

Остается острой и проблема педагогических кадров для преподавания технологии. Число их в школах заметно сократилось. Это вызвано во многих случаях выходом из строя учебно-материальной базы мастерских, а также низким уровнем оплаты труда.

Негативным фактором для педагогов являются также сложности учебно-методического обеспечения процесса обучения технологиям. Малые тиражи учебной и методической литературы, высокая цена делают для большинства общеобразовательных учреждений и учителей недоступными научно-методические журналы, учебники и пособия.

В качестве доказательства вышеназванных проблемы авторами были проведены исследования состояния в одной из сельских школ Иркутской области.

На фотографиях (рис.1, 2) видно, что состояние станков не соответствует возможностям нормальной организации процесса обучения. Отсутствие финансирования не позволяет произвести переоснащение станочного парка, обрести современное учебно-производственное оборудование. Занимаемые площади используются нерационально, оборудование размещено без учета современных требований планировки ремонтно-производственных учебных помещений.



Рисунок 1 – Состояние учебного парка станков

Такое состояние дел привело к невозможности создания сколь-нибудь приемлемого методического обеспечения, т. к. практически отсутствует база для проведения занятий.

В связи с этим актуальной целью настоящей работы стала разработка методики организации процесса обучения технологическим предметам в средних школах.

Ряд ВУЗов г. Иркутска и Иркутской области, традиционно проводят обучение студентов машиностроительным специальностям.

Выпускаемые специалисты в подавляющем большинстве ориентированы на работу на промышленных предприятиях, при этом совершенно упускается из виду сложность освоения студентами теоретических знаний, не подкрепленных (по вышеназванным причинам) практическими навыками. Курсовые и дипломные работы, производственные практики студентов, направленные на закрепление теоретических знаний, полученных по курсам машиностроительных специальностей ВУЗа, также зачастую остаются на уровне академических знаний. В результате отрыв между теоретическими знаниями и практическими навыками выпускников средних учебных заведений увеличивается при переходе их в систему высшего образования. Результатом такого обучения становится достаточно низкая

квалификация выпускников ВУЗов и как результат – острая нехватка в стране работников инженерно-технического персонала.

Сложное положение подтверждается большим количеством инженерных вакансий и отсутствием квалификационных кадров [4] даже на передовых машиностроительных предприятиях. (рис. 2).

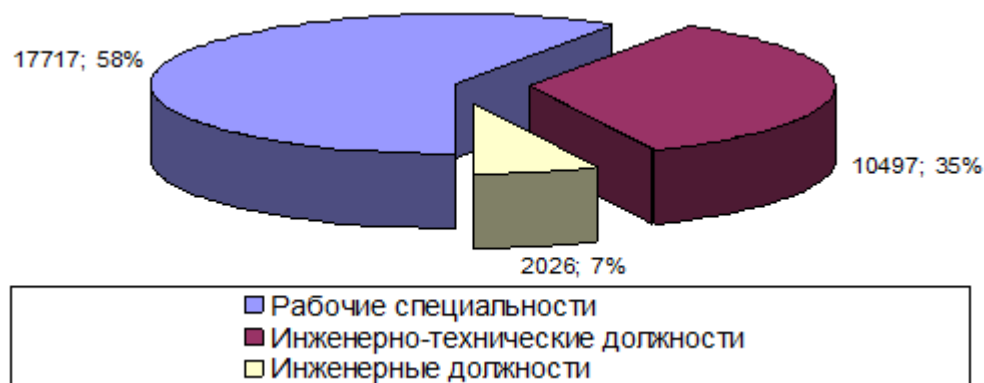


Рисунок 2 – Диаграмма востребованных специальностей Иркутской области по состоянию на 4 квартал 2104 года

Исходя из изложенного, авторами была разработана методика, направленная на ориентацию студенческих работ курсового, практического и дипломного проектирования для решения проблем начального, среднего технологического обучения и профессиональной ориентации выпускников школ.

В ходе настоящих исследований авторами были обоснованы необходимые материалы, инструменты, детали, охватывающие основные операции процесса металлообработки. По согласованию с администрацией образовательных учреждений были выбраны типы изделий бытового назначения (Рис. 3), необходимые для организации процесса обучения и разработаны технологии их изготовления (ручки для ручного инструмента, гардины, винты).



Рисунок 3 – Изделия бытового назначения

На инициативно-договорной основе для организации процесса профессионального обучения были привлечены студенты старших курсов

машиностроительных специальностей. Проведены работы по созданию школьных кружков ремонта, модернизации, автоматизации уже имеющегося парка учебного оборудования. Эти работы планируется провести с привлечением лабораторно-промышленного оборудования ВУЗа. Определены соответствующие темы дипломных работ студентов.

Кооперация ВУЗов и школ создала дополнительные возможности довузовской ориентации выпускников средних учебных заведений.

Разработанная авторами методика позволяет:

- организовать качественное обучение технологической подготовке учеников средних образовательных учреждений;
- отчасти компенсировать недостатки в знаниях технологии учеников среднего образования и более полно реализовать возможности студентов машиностроительных специальностей в организационной и педагогической деятельности;
- более полно использовать имеющееся учебно-технологическое оборудование ВУЗов и школ;
- привить студентам навыки разработки нормативно-технической и методической документации.

Список использованной литературы

1. Курсовая работа по предмету педагогика <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=465255>
2. Россия в цифрах. 2007: Кр. Стат. сб./Росстат-М.,2007. С. 221–225
3. А. Д. Никифорова, Современные проблемы науки в области технологии машиностроения Издательство: Высшая школа — М.,2006, 392 с.
4. Отчет о реализации государственной программы Иркутской области «Труд и занятость» на 2014–2018 годы за 9 месяцев 2014 года, дата публикации 25.11.2014

Автоматизация научных исследований фазовых превращений в полимерных материалах

Д. В. Буторин, Н. Г. Филиппенко, С. Н. Филатова, А.В. Лившиц

Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского 15.

В статье определена актуальность исследований фазовых превращений полимеров методом обработки токами высокой частоты.

Ключевые слова: фазовые превращения, полимеры, ВЧ-обработка, токи высокой частоты

Буторин Денис Витальевич, студент гр. ТМ-10 каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638399-0149, e-mail: ifpi@mail.ru

Филиппенко Николай Григорьевич, к.т.н., доцент каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638399-0270, e-mail: ifpister@gmail.com

Филатова Снежана Николаевна, аспирант.каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638399-0362, e-mail: livnet@list.ru

Лившиц Александр Валерьевич, доцент, к.т.н., зав.каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638395-362, e-mail: livnet@list.ru

На сегодняшний день особый интерес уделяется изучению свойств полимерных материалов, что объясняется их обширным внедрением в различные отрасли промышленности.

В последние годы усиленными темпами происходит замена ответственных металлоконструкций деталями из полимерных материалов. Это связано со следующими основными факторами:

- снижение энерго- и трудоёмкости изготовления;
- возможность их эксплуатации в агрессивных средах;
- дешевизна полимерных материалов.

Вышесказанное показывает актуальность исследовательских работ по дальнейшему совершенствованию процесса производства, хранения и эксплуатации изделий из полимерных материалов.

Решение данной проблемы осложнено отсутствием универсальной методики исследования свойств полимеров в зависимости от изменения температуры среды.

Фазовые переходы, сопровождающиеся изменением структуры материала, для современных конструкционных материалов на сегодняшний день не достаточно полно изучены.

Известно, что полимеры могут находиться в нескольких фазовых состояниях (см. рис.1): кристаллическое, жидкокристаллическое, аморфное (жидкое), газообразное.

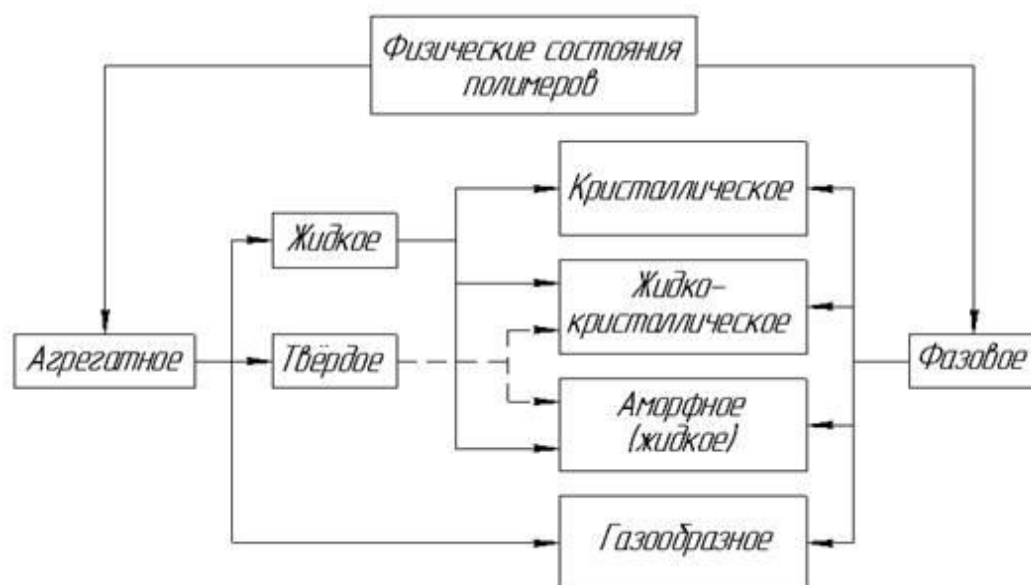


Рисунок 1 – Схема физических состояний и фазовых переходов полимеров

Эренфест даёт следующую классификацию переходов [1, 3]: фазовые переходы первого и второго рода.

Такие фазовые переходы, как кипение, плавление или возгонка, сопровождаются скачкообразными изменениями внутренней энергии и объёма, т. е. поглощением или выделением скрытого тепла перехода, которые в свою очередь являются первыми производными от свободной энергии по температуре и давлению. Такие превращения были названы фазовыми переходами первого рода. Они характеризуются бесконечно большим возрастанием теплоёмкости в очень узкой области точки перехода, а причина этого состоит в том, что добавление теплоты к системе в точке фазового перехода не повышает температуру системы, а расходуется на перестройку системы.

При переходах второго рода внутренняя энергия вещества и его объём не изменяются в точке перехода и, следовательно, не происходит выделения или поглощения скрытой теплоты. Однако, свободная энергия системы при фазовых переходах второго рода имеет некоторую особенность, которая проявляется в том, что вторые производные (теплоёмкость и сжимаемость) становятся бесконечными.

Согласно теории Л. Д. Ландау, при фазовых переходах первого рода функция распределения по энергии или плотности системы должна быть бимодальной, т. е. иметь два максимума. При фазовых переходах второго

рода функция распределения всегда имеет только один максимум, который расширяется в точке перехода.

В последние десятилетия было обнаружено, что молекулы полимеров способны совершать необычные фазовые превращения. Их необычность состоит в том, что они обладают характерными чертами фазовых переходов первого и второго рода одновременно. В качестве примера можно использовать модель “липкой ленты”, подробно рассмотренной в работе [1, 4].

Анализ представленного литературного обзора показывает, что современные полимерные материалы не всегда подчинены разработанным ранее теориям фазовых переходов, что вызвало необходимость проведения дополнительных экспериментальных исследований.

Для исследования фазовых переходов авторами был использован амперометрический способ, который заключается в последовательном линейном нагреве полимерного образца до температуры плавления с периодической подачей на него высокочастотной энергии. В результате момент фазового перехода можно определить по состоянию анодного тока в момент включения высокочастотного генератора. Данная установка была оснащена датчиком перемещения (точность измерения 0,01 мм), фиксирующим тепловое расширение образца в зависимости от изменения температуры. С этой целью с обрабатываемого образца была снята прессовая нагрузка.

Разработана схема исследования фазовых превращений на базе оборудования УЗП 2500 (см. рис.2).

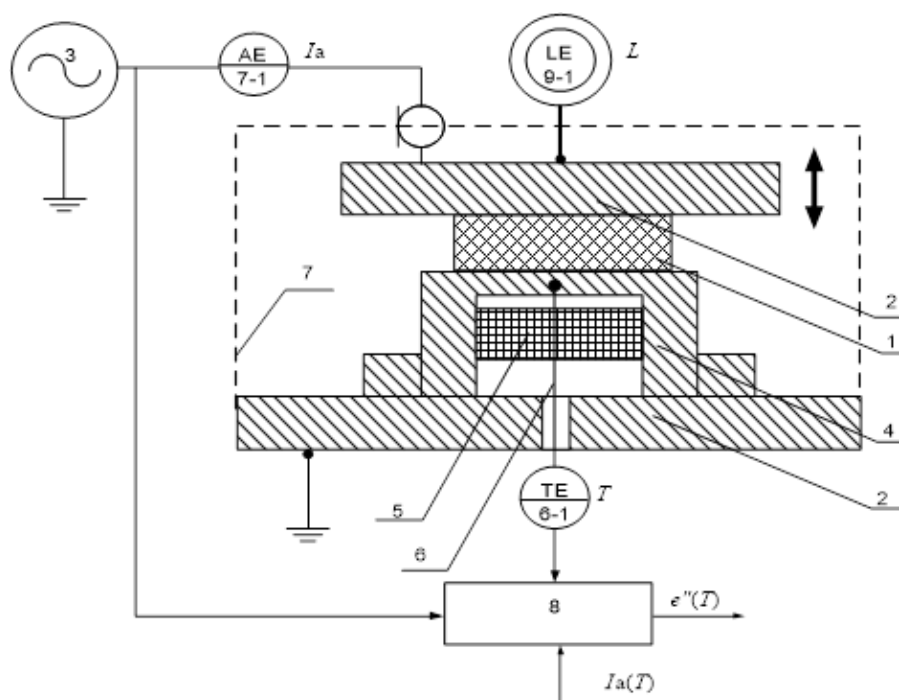


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки по исследованию фазовых превращений полимеров

Где, 1 — образец; 2 — электроды рабочего конденсатора; 3 — ВЧ-генератор; 4 — приспособление для нагрева образца; 5 — электронагревательный элемент; 6 — термопара; 6-1 — термопара-термометр; 7 — защитный экран; 7-1 — амперметр (линейный датчик с выходом по напряжению); 8 — вычислительный блок; 9-1 — микрометр (фиксирует тепловое расширение образца)

Принцип работы данной установки описан в работе [2].

В качестве вычислительного блока был использован микроконтроллер Arduino Nano Atmega 328, алгоритм работы которого представлен на рис.3.

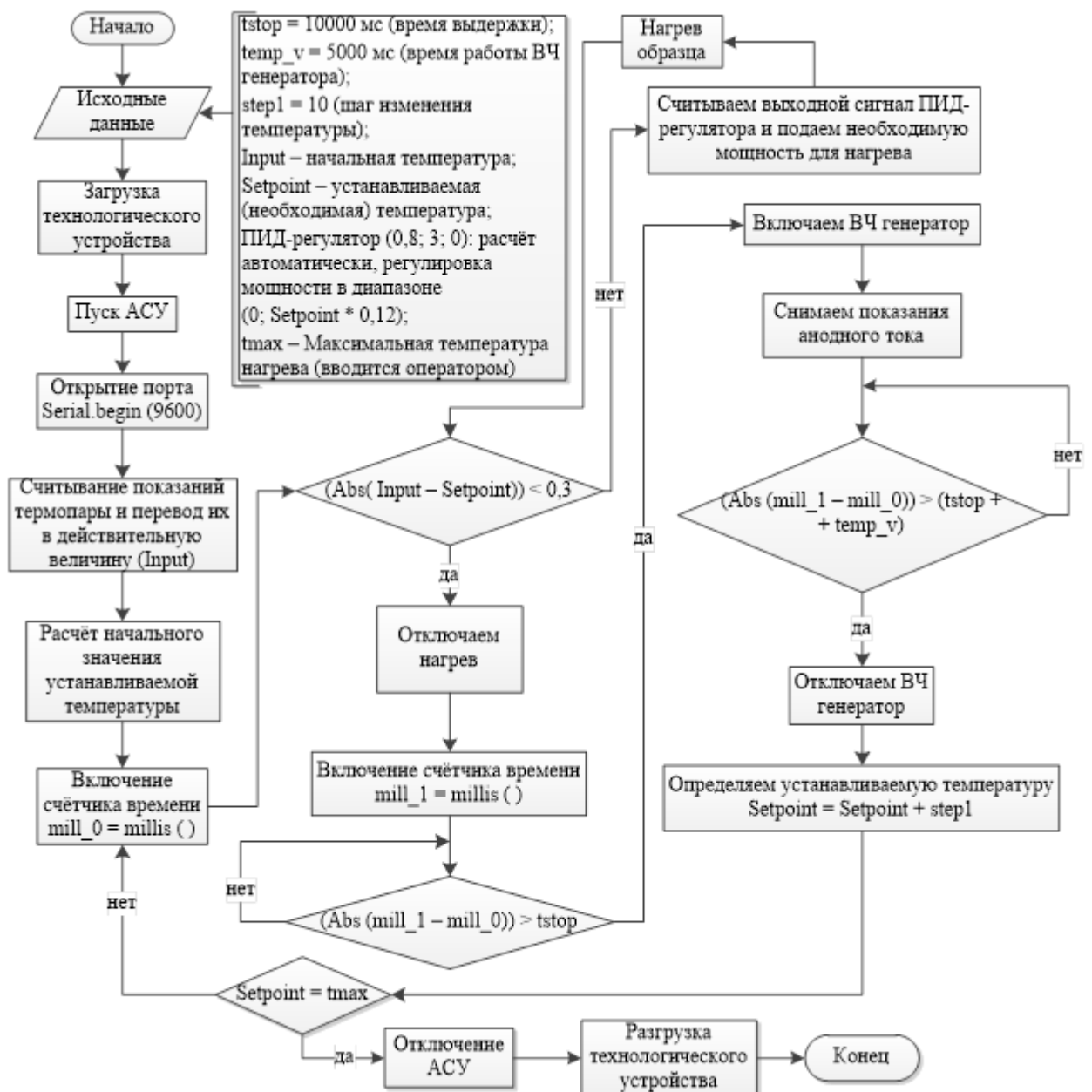


Рисунок 3 – Алгоритм исследования фазовых превращений

Результат исследования фазовых превращений представлен на рисунке 4.

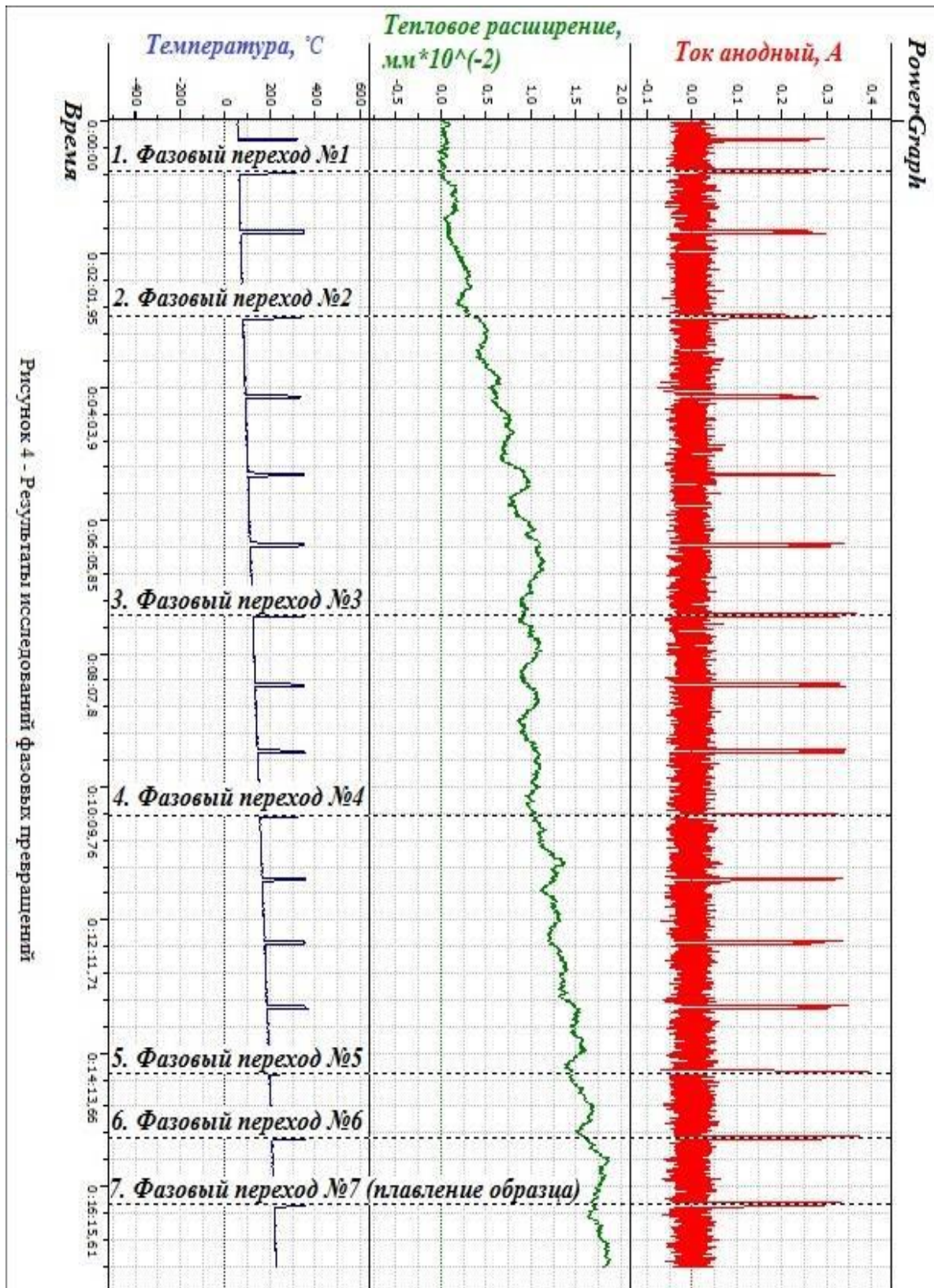


Рисунок 4 – Результат исследования фазовых превращений

Анализ полученных в настоящем исследовании данных показывает, что при нагреве полимерного образца происходят показательные изменения анодного тока, идентифицированные авторами как фазовые переходы первого рода (переход № 1–7, см. рис. 4). Анализ показаний датчика перемещения подтверждает возможность контроля фазовых переходов экспериментальной установкой, разработанной авторами.

В результате проведённых научных и экспериментальных исследований авторами были созданы методики выявления фазовых переходов в полимерных материалах. Разработанная и реализованная экспериментальная установка с алгоритмом управления автоматизированной системой научных исследований позволила идентифицировать электрофизические и механические параметры исследуемых материалов как фазовые превращения в материале.

Фазовые переходы второго рода в структуре полимера и методы их выявления – это цель дальнейших исследований.

Список использованной литературы

1. Скворцов А. М., Обычные и необычные фазовые переходы.; — С-П.: Соросовский образовательный журнал, № 8, 1996. С. 103–108.
2. Филиппенко Н. Г., Лившиц А. В., Буторин Д. В. Автоматизация процесса контроля фазовых состояний полимерных материалов в поле высокой частоты/ Ю. Ф. Мухопад // Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте. — Иркутск: ИрГУПС. — 2014.
3. Тагер А. А. Физико-химия полимеров. Издание 4-е. переработанное и дополненное. — М.: Научный мир. 2007.-506 с.
4. Гросберг А. Ю., Хохлов А. Р. Физика в мире полимеров. Библиотечка “Квант”. — М.: Наука, 1989.

Устройство для изготовления топливных брикетов с использованием электротермической установки высокочастотного нагрева

С.И. Воротинов, С.Н. Филатова, А.В. Лившиц, Н.Г. Филиппенко

Россия, ИрГУПС

Введение. В настоящее время широко используется такой вид топлива как топливные брикеты. Это связано с тем, что энергии, получаемой при сжигании брикета, вырабатывается почти в 4 раза больше, чем при сжигании обычных дров. Так же горение топливных брикетов сопровождается незначительным выделением золы, а сам процесс длится в 2,5 раза дольше, чем у дров [1]. Это связано с большой удельной плотности прессования, и небольшой остаточной влажностью (как правило, менее 10%).

Топливные брикеты – форма подготовки различных отходов деревообработки (опилки, щепа, стружка и др.), сельского хозяйства (солома, шелуха, кукуруза и др.), торфа, древесного угля.

Различают три основных типа брикетов: прямоугольные (рис.1а) (они же RUF-брикеты, по форме – небольшой кирпич, изготавливаются на гидравлических прессах при давлении 300–400 бар), цилиндрические (рис.1б) брикеты (с радиальным отверстием или без него, изготавливаются на гидравлических или ударно-механических прессах при давлении 400–600 бар) и Pini&Kay (рис.1в) (четырёх- или шестигранные брикеты с радиальным отверстием, изготавливаются на механических (шнековых) прессах посредством сочетания очень высокого давления – 1000–1100 бар – и термической обработки) [2, 3].

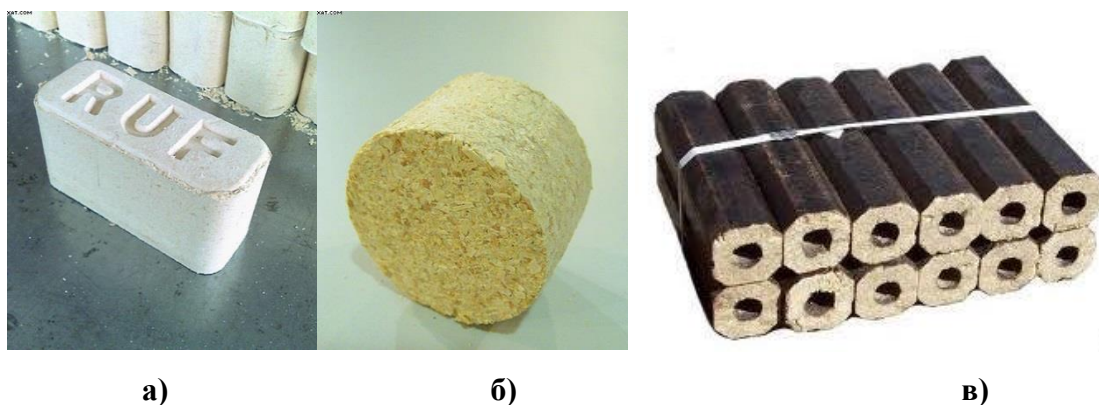


Рисунок 1 – Топливные брикеты

Достоинствами технологий изготовления прямоугольных и цилиндрических топливных брикетов (рис. 1 а, б) являются минимальные требования к организации производства и низкая себестоимость. Недостатки: брикет не устойчив к влаге (нужна хорошая упаковка), а также нестоек к механическим повреждениям, что негативно сказывается на его состоянии при транспортировке. Достоинства Pini&Kaу брикетов (рис. 1 в) является стойкость к механическим повреждениям, высокая влагостойкость. Брикет отличается высокой калорийностью и длительным временем горения. Недостатки: трудоемкость производственного процесса, значительная энергоемкость.

Несмотря на большое количество исследований в области экологически чистого производства, проблема утилизации и переработки промышленных отходов остается актуальной до сих пор. Лесопереработка в России, как правило, не носит глубокий характер. Увеличение количества отходов опережает их переработку. Кроме того, санитарная и технологическая очистка леса также увеличивает количество древесных остатков. Древесные отходы под действием атмосферных осадков приобретают повышенную влажность, что затрудняет их переработку.

В связи с этим целью данных исследований явилось разработка устройства для получения топливных брикетов.

И были определены задачи:

- 1) подробный анализ существующих методов изготовления топливных брикетов;
- 2) выбор наиболее перспективного способа производства топливных брикетов;
- 3) разработка технологии изготовления топливных брикетов.

Основная часть. Как было сказано выше, изготовление брикетов осуществляется двумя способами: прессованием обычным и шнековым прессом. Достоинство обычного прессования – это простота конструкции устройства и доступность технологии получения брикета. При этом необходимо отметить главный недостаток такого пресса, это циклический характер работы оборудования с переменными нагрузками. Этот недостаток устраняется если выбрать шнековый пресс, где цикл производства непрерывный, а нагрузки постоянны. Но нельзя не отметить, что конструкция шнекового оборудования является достаточно сложной и дорогостоящей.

В связи с этим было принято решение при выборе способа изготовления рассмотреть и взять за основу шнековое прессование.

Дополнительным обоснованием выбора шнекового пресса стало его возможность организации непрерывности производства, с одновременным использованием его как транспортирующее устройство, что облегчает задачу в разы.

За основу была взята технология изготовления брикетов Pini&Kaу с поверхностной термообработкой. Такой способ является наиболее выгодным по сравнению с другими и дает продукцию более высокого качества. Эта технология использует нагрев с помощью спиральных электронагревателей либо с помощью ТЕНов. Недостатки таких методов нагрева общеизвестны и ими являются высокое потребление электрической энергии, инерционность и нагрев преимущественно по наружной поверхности брикета.

Технология шнекового прессования существует с 19 века. Прессование происходит в экструдере методом жесткого формообразования в системе фильер с подачей исходного сырья вращающимся шнеком, создающим давление достаточное для спекания сырья в твердую массу в виде непрерывного рукава без добавления связующих компонентов. Связующим в данном случае выступает лигнин и другие смолистые вещества, содержащиеся в исходном сырье. Процесс спекания происходит непрерывно при температуре 170 – 220 0С. Температура прессования задается в зависимости от характеристик исходного сырья и достигается как за счет принудительного подогрева зоны прессования, так и за счет самого процесса. [4]

В процессе исследований было определено, что использование электротермического нагрева позволяет решить эти задачи. Появление на рынке доступного высокочастотного (ВЧ) и СВЧ оборудования, позволяет реализовывать неосуществимые ранее технологические процессы нагрева, лишенные вышеназванных недостатков.

ВЧ излучение, в отличие от СВЧ, представляет из себя практически однородное поле, расположенное между обкладками рабочего конденсатора, проникающее на достаточно большую глубину материала, при этом не теряя своей структуры. В связи с этим разогрев является равномерным по всему объему материала [5].

Другим интересным направлением использования ВЧ является нагрев для целей сушки. Качество получаемого материала существенно улучшается за счет того, что нагрев высушенных мест автоматически прекращается. Объясняется это тем, что тангенс угла диэлектрических потерь таких материалов, как, например, дерево прямо пропорционален влажности. Поэтому с уменьшением влажности в процессе сушки потребление ВЧ энергии уменьшается, а нагрев продолжается только в тех участках обрабатываемого материала, где еще сохранилась повышенная влажность [6,7].

Все это и было принято авторами за основу при выборе метода нагрева брикетов. В качестве рабочего излучения была выбрана, разрешенная к промышленному использованию частота 27,12 МГц. В качестве базового оборудования была использована ВЧ-установка модели УЗП-2500.

Разработанное устройство аналогично установке для изготовления Pini&Kaу брикетов. Прессование также происходит в экструдере. Но экструдер выполнен в виде двухвинтового шнека, стержень которого изготов-

лен из фторопласта, а винтовые поверхности из металла (рис. 2) Наружная стенка шнекового пресса изготовлена так же из токонепроводящего материала. К одному витку шнека был подведен высокопотенциальный контакт, а другой контакт является низкопотенциальным электродом, соединенным с корпусом оборудования. Таким образом был обеспечен, нагрев прессуемой массы по всей длине шнека. Сам шнек был выполнен в виде конуса с изменяющимся шагом. Такавя конструкция обеспечивает необходимую плотность брикета на выходе. Сегмент шнека показан на рисунке 3.

Высокочастотная энергия передаются на винты шнека через щетки. Фильтрная пластина на выходе с экструдера сменная, что позволяет легко заменить ее при износе или при смене вида и формы прессованного брикета.

Дополнительно был установлен накопительный бункер для непрерывной подачи сырья в экструдер. Бункер оборудован перемешивающим устройством, препятствующим забиванию выходного отверстия в бункере.

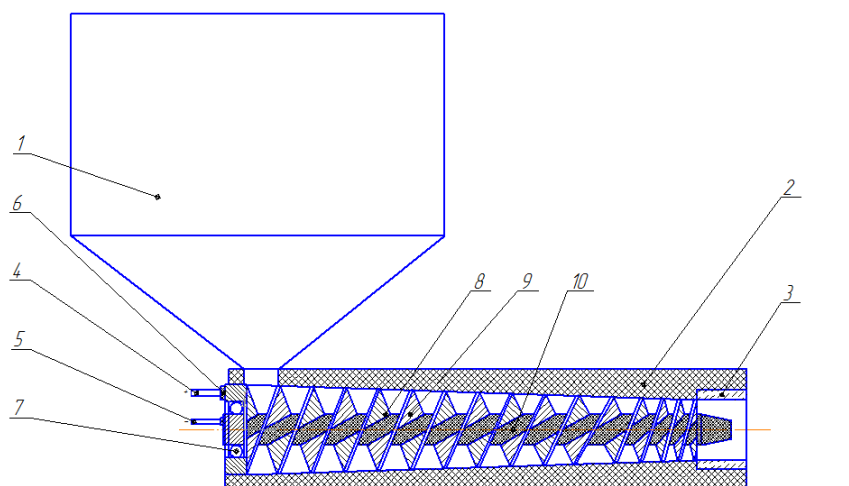


Рисунок 2 – Устройство для изготовления топливных брикетов

Где, 1 – бункер; 2 – корпус экструдера; 3 – фильера; 4 – подвод «+»; 5 – подвод «-»; 6 – щетка; 7 – подшипник; 8 – плюсовая спираль шнека; 9 – минусовая спираль шнека; 10 – стержень шнека

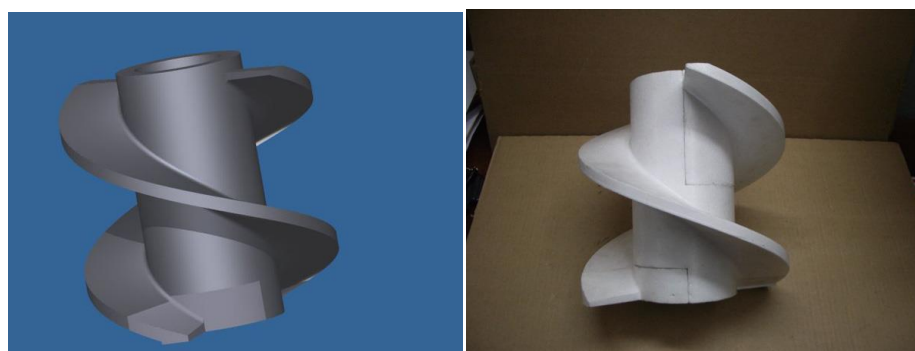


Рисунок 3 – Сегмент двухвинтового шнека

Вид торца шнека представлен на рисунке 4.

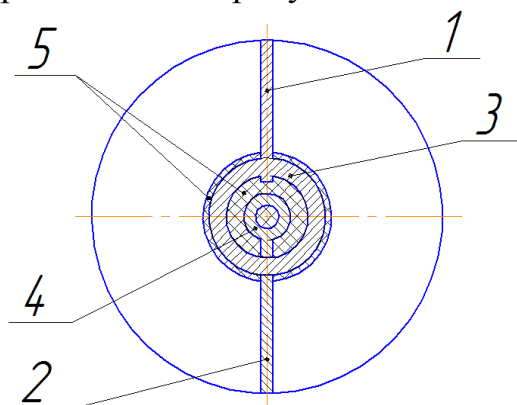


Рисунок 4 – Сечение торца шнека:

1 – Винтовая поверхность шнека 1; 2 – Винтовая поверхность шнека 2; 3 – шайба; 4 – шайба; 5 – стержень из фторопласта;

Закключение. В результате проведенных исследований было разработано на базе ВЧ- оборудования промышленного использования устройство для изготовления топливных брикетов. На примере отходов древесины доказана возможность и перспективность использования ВЧ-энергии при технологии изготовления топливных брикетов.

Список использованной литературы

1. Луговцев Е. А. Статья «К вопросу о производстве топливных брикетов из растительных отходов» http://www.brikk.info/index.php?option=com_content&view=article&id=57:2008-12-03-22-16-48&catid=39:articles&Itemid=58
2. Топливные древесные брикеты как альтернатива другим видам твердого топлива – Статья журнала ЛесПромИнформ №6 (72)'2010. – Режим доступа: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2021>
3. Изготовление топливных брикетов [Электронный ресурс] / Сайт. Prom.Place.ru. – Режим доступа: http://promplace.ru/article_single.php?arc=200
4. Луговцев Е. А. Статья «К вопросу о производстве топливных брикетов из растительных отходов» http://www.brikk.info/index.php?option=com_content&view=article&id=57:2008-12-03-22-16-48&catid=39:articles&Itemid=58
5. Рыболовлев В.П. Установка для нагрева в поле токов высокой частоты древесины и других диэлектриков (варианты) // Патент России № 2210874. 2001.
6. Лившиц А. В., Филиппенко Н. Г., Филатова С.Н., Ларченко А. Г. Статья «Высокочастотная электротермическая обработка неметалличе-

ского вторичного сырья» Электронное научно-техническое издание «Наука и образование» Эл № ФС 77 - 48211. Государственная регистрация №0421200025. ISSN 1994-0408 # 06, июнь 2014 DOI: 10.7463/0614.0712029

7. Анненков Ю.М. Основы электротехнологий: практикум / Ю.М. Анненков, М.М. Михайлов, В.В. Шарафутдинова, В. И. Меркулов - Томск: Изд-во. ТПУ, 2005 г. -104 с.

Усовершенствование технологического процесса изготовления крупногабаритного кривошипного вала

Д. В. Заборских, Н. Г. Филиппенко, С. И. Попов

Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

В статье рассматриваются причины износа и актуальность разработки технологии изготовления кривошипных валов компрессоров высокого давления НХП.

Ключевые слова: технология изготовления, кривошипный вал, химическая промышленность.

Заборских Денис Викторович, студент гр. ТМ-10 каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638395-0149, e-mail: ifpi@mail.ru

Филиппенко Николай Григорьевич, к.т.н., доцент каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638395-0270, e-mail: ifpister@gmail.com

Попов Сергей Иванович, доцент, к.т.н., зав.каф. АПП ИрГУПС, Иркутск, тел.: 638395-362, e-mail: livnet@list.ru

Производство аммиака играет важнейшую роль в современной химической промышленности, ежегодное его мировое производство достигает 150 млн. тонн. В основном используется для производства азотных удобрений (нитрат и сульфат аммония, мочевины), взрывчатых веществ и полимеров, азотной кислоты, соды, хладагента (R717) используемый в холодильной технике, нашатырного спирта применяемого в медицине, и других продуктов химической промышленности [1].

Однако для его производства необходимо создание больших давлений, для которых необходимы компрессоры, используемые поршневую систему сжатия. Одним из таких является компрессор типа 2ШЛК — 1420 фирмы «Шварцкопф», и аналогичные им компрессоры отечественного производства 1Г-266/320 (см. рис. 1), 1Г-345/320, представляющие собой горизонтальную двухрядную машину, сжимающую газ с 0,1 до 32 МПа.

Сжатие газа происходит в шести ступенях. После каждой ступени газ через буферные емкости нагнетания направляется в холодильники и влаго-, маслоотделители. Перед цилиндрами всех ступеней установлены буферные емкости всасывания. После ступени VI газ, охлажденный в конечном холодильнике, проходит через влаго-, маслоотделители и направляется к потребителю.

В компрессорную установку входят компрессор с приводом, межступенчатая и концевая аппаратура, газопровод системы охлаждения, кон-

троля и управления. Компрессор устанавливают на отметке 4,8 м, межступенчатую аппаратуру — в цокольном помещении [2].

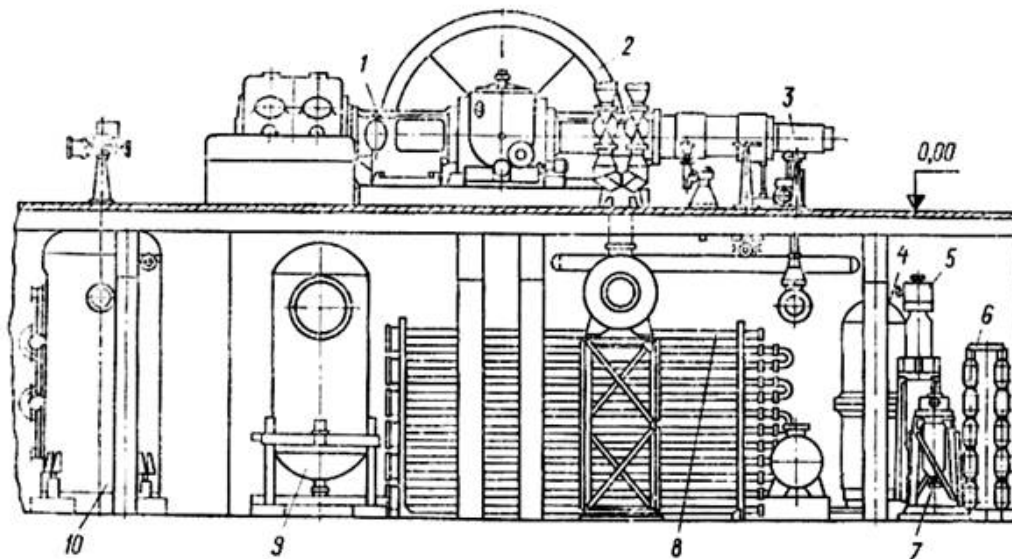


Рисунок 1 – Поршневой компрессор 1Г-266/320: 1 — ряд низкого давления (цилиндры I и II ступеней); 2 — электродвигатель; 3 — ряд высокого давления (цилиндры III и IV ступеней); 4, 6, 8, 10 — холодильники III, IV, VIII и I ступеней; 5, 7 — влаго-, маслоотделители V и VI ступеней; 9 — гидрозатвор

Известно, что основные узлы и детали поршневых компрессоров работают в условиях знакопеременных нагрузений. Так кривошипный вал компрессора, с частотой вращения 125 мин⁻¹, при годовой наработке 7–8 тыс. часов имеет (5,25–6,0)х10⁷ циклов нагружений [3].

В большинстве случаев аварии компрессоров, происходят из-за поломок кривошипных валов. Учитывая, что кривошипные валы являются наиболее ответственными деталями и их разрушение может привести к остановки линий основного производства, необходимо, изучив причины их разрушений, разработать технологию изготовления и ремонта данных узлов.

Исследования определили наиболее часто встречающиеся неполадки, представленные на рис. 2.

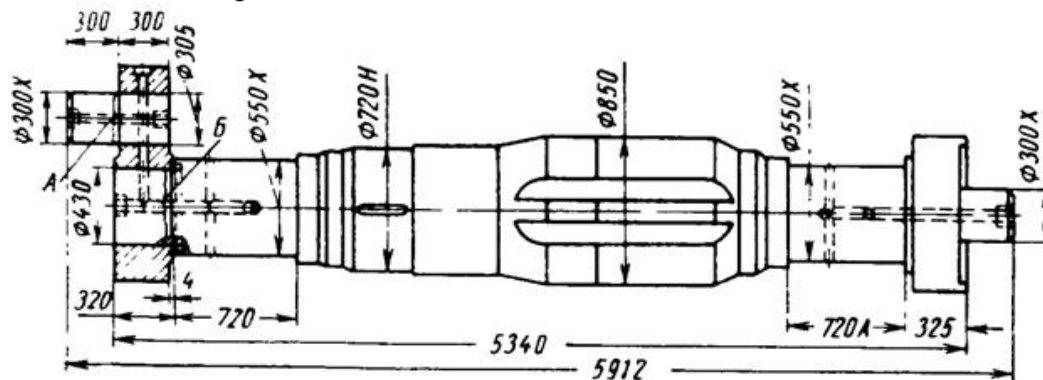


Рисунок 2 – Кривошипный вал компрессора 1Г-266/320

На участке А показано распространенное разрушение пальца кривошипа поршневого компрессора 1Г-266/320. Анализ излома определил его причину вызванную усталостными напряжениями. Видно, что трещина развивалась постепенно. Необходимо отметить, что обнаружение таких дефектов при ревизиях весьма затруднительно, так как она проходит по месту посадки пальца кривошипа и полностью перекрыта щекой.

На участке Б показано разрушение вала, сопряженного с щекой кривошипа при помощи горячей посадки. Излом идентифицирован как усталостный, причиной которого являются погрешности в посадке сопряжения вала со щекой кривошипа [4].

Исследования показали, что данные виды поломок являются наиболее встречающимися. Они приводят к невозможному повреждению вала. Из этого следует, что ремонты кривошипных валов данного вида компрессора технически и экономически нецелесообразны.

Поэтому целью настоящих исследований, является: совершенствование технологического процесса изготовления кривошипного вала для компрессоров, используемых при синтезе аммиака.

Достижение данной цели возможно с решением следующих задач:

- проектированием приспособления для точения выпуклых и вогнутых радиусов, взамен использования фасонных резцов;
- разработкой специального сверла для глубокого сверления (более 800 мм) диаметром свыше 70 мм;
- обоснование выбора режущего инструмента для фрезерных и токарных операций.

Выполнение данной тематики будет проведено и освещено в ходе дальнейших исследований.

Список использованной литературы

1. Учебное пособие по РХБЗ. — <http://www.rhbz.info/rhbz>
2. Федоров О. Г. Компрессорные станции и компрессорные установки: Учебное пособие / О. Г. Федоров. — Одесса: Одесская национальная академия пищевых технологий, 2013 г. — 130 с.
3. Кузнецов А. М. Промышленная безопасность и техническое диагностирование: Сборник научных трудов / ОАО “Иркутск НИИХиммаш”. — Под редакцией А. М. Кузнецова, В. И. Лившица. — Иркутск: Издание ОГУП “Иркутская областная типография № 1”, 2001. — 629с., ил.
4. Трухин А. Х. Повышение надежности и долговечности поршневых компрессорных машин / А. Х. Трухин. — М.: Машиностроение, 1972. — 176 с., ил.

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРОДОВ И МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.13:658 (075.8)

Исследование ночных пассажиропотоков из аэропорта г. Иркутска и внедрение ночных автобусных маршрутов

Ю.И. Адамович, С.А. Яценко

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Приведены результаты исследования действующих в настоящее время ночных перевозок в системе городского пассажирского транспорта общего пользования, осуществляющих доставку пассажиров из аэропортов в городскую среду в городе Иркутске. Приведены данные по проектированию ночных автобусных маршрутов.

Ключевые слова: пассажирский транспорт; перевозки, городской маршрут; подвижной состав, автотранспортное предприятие.

Адамович Юлия Ивановна студентка 5 курса гр. ОАП-10-1 тел.: (3952) 40-51-35, e-mail julia.adamovich@tl-istu.com

Яценко Светлана Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел. 40-51-35, e-mail: sv_lana2005@mail.ru

Транспортный комплекс Иркутской области – важнейшая часть и связующее звено экономики области. Его устойчивое развитие и эффективное функционирование является необходимым условием хозяйствования Сибири. Ежедневно в Иркутской области муниципальным транспортом перевозится: автобусами более 668,0 тысяч пассажиров, наземным электротранспортом - 585,0 тыс. Протяженность городских автобусных маршрутов составляет 1 987,0 км., наземного электротранспорта - 810,0 км.

В Иркутске перевозку пассажиров осуществляют два муниципальных пассажирских предприятия – МУП «Иркутскгорэлектротранс» и МУП «Иркутскавтотранс», а также 132 перевозчиков иных форм собственности. Муниципальный и коммерческий транспорт обслуживает 74 городских автобусных маршрута, 10 троллейбусных и 7 трамвайных маршрутов. Кроме того муниципальные автобусы работают на 26 сезонных садоводческих маршрутах.

По состоянию на 2015 год, 24 троллейбуса имеют истекший срок амортизации, 50-ти трамваям необходим капитальный ремонт. За 9 меся-

цев 2014 года городским транспортом выполнено 918 тысяч рейсов и перевезено 36,7 млн. пассажиров. Коммерческим транспортом перевезено около 35,2 млн. пассажиров. В первом полугодии 2014 года льготным категориям граждан было реализовано 154142 единых социальных проездных билетов.

Средний уровень рентабельности частных перевозчиков составляет 5-50%, государственных - от минус 60% до плюс 5%, доля горюче-смазочных материалов в издержках - 35%-70%. У муниципальных перевозчиков затраты выше на 50%, чем у частных [3].

В настоящее время в России существует нерешенная проблема, с которой сталкиваются пассажиры при прилете в аэропорты и железнодорожные вокзалы в ночное время суток. Большинству из них, ночью приходится добираться до конечного места назначения самостоятельно, используя такси, беспокоя родственников, или оставаясь до утра в залах ожидания.

Такси - один из основных способов доставки пассажиров из аэропортов в спальные районы ночью, вызывает некий дискомфорт в затратах, особенно для жителей городов с низким доходом. При таком способе приходится переплачивать перевозчику в несколько раз больше, чем при использовании альтернативных способов в дневное время [1,2]. Поэтому, представляется интересным рассмотреть возможности введения ночных экспресс маршрутов.

Для анализа таксомоторных перевозок рассмотрим несколько фирм, предлагающих транспортные услуги в г. Иркутске.

Таблица 1 – Стоимость использования таксомоторных перевозок

ФИРМА	ВИД ОПЛАТЫ	МИНИМАЛЬНЫЙ ТАРИФ
«Максим»	По километражу - 20 руб./км; С почасовой оплатой – 300 руб./ч	110 руб.
«Шесть девяток»	По километражу - 25 руб./км	150 руб.
«Мигом»	По километражу - 25 руб./км; С почасовой оплатой – 450 руб./ч	Ленинский район – 100 руб. Другие районы – 150 руб.
«Час Пик»	По километражу - 20 руб./км;	100 руб.
«Желтое такси»	По километражу - 25 руб./км	150 руб.

Использование такси как показывает анализ данных, довольно накладно и не безопасно. Именно поэтому предлагается разработать общественные маршруты движения автобусов от аэропорта в районы города.

Рассмотрим возможность введения ночных автобусных маршрута на примере ЗАО авиакомпании «ИрАэро». Предлагается ввести два маршрута в разные части города на один авиарейс.

Протяженность маршрута №1 составляет 43.8 км. Схема маршрута представлена на рисунке 1.

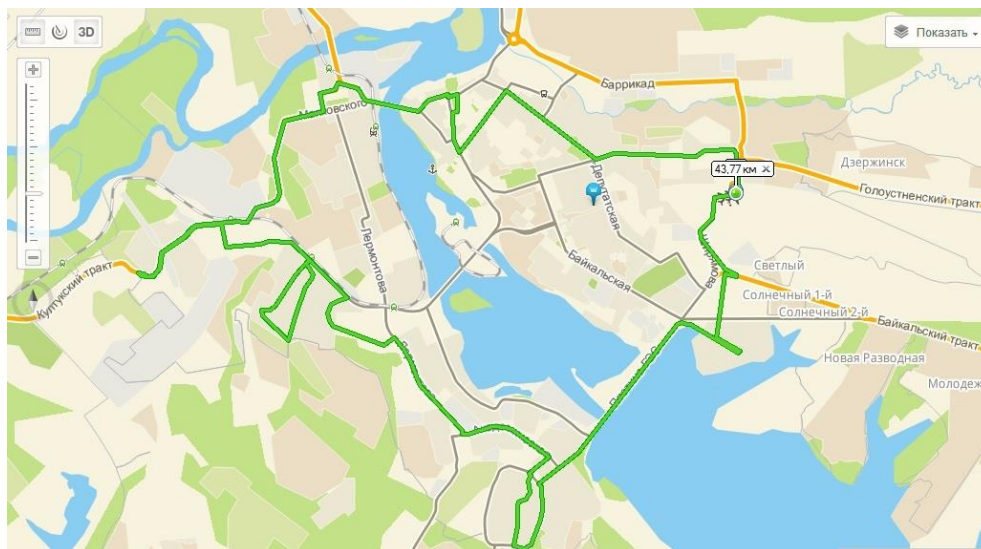


Рисунок 1 – Проектируемый маршрут №1

Протяженность маршрута №2 составляет 54.8 км. Схема маршрута представлена на рисунке 2.

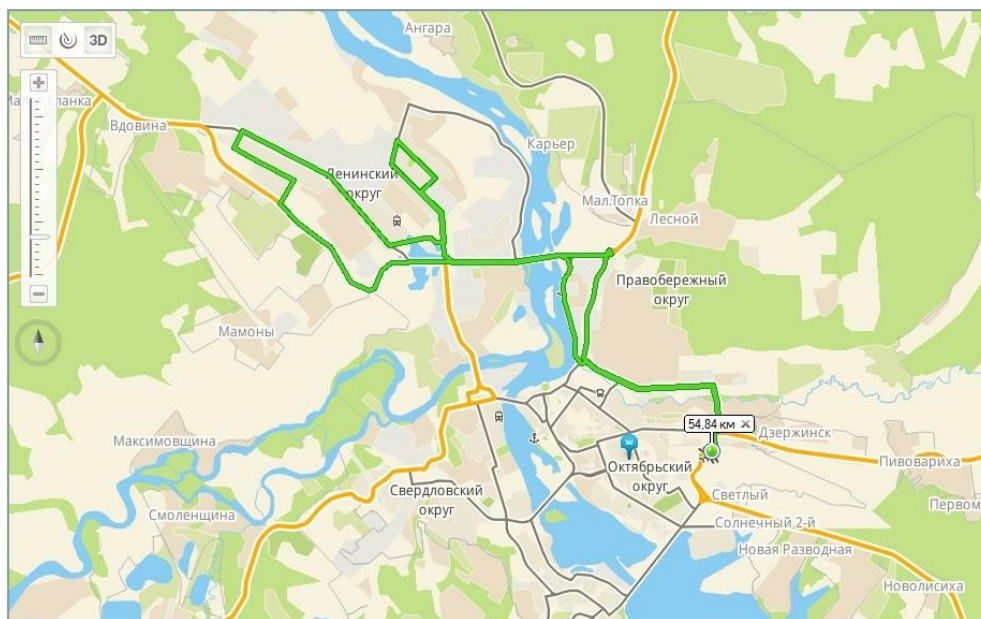


Рисунок 2 – Проектируемый маршрут №2

В таблице 2 представлена сводная информация по авиарейсам компании в ночное время суток. Время ожидания автобусного маршрута – 30 минут.

Таблица 2 – Сводная информация по ночным прилетам самолетов

Авиарейс	Прилет, ч	Тип самолета	Вместимость самолета, чел.	Количество пассажиров, чел	Время отправления автобуса, ч
<i>Якутск-Иркутск</i>	00.50	Ан-24	48	42	01.20
<i>Самара-Иркутск</i>	02.30	Ан-24	48	35	03.00
<i>Красноярск-Иркутск</i>	03.25	CRJ-200LR	50	47	03.55

Предполагается, что автобусные маршруты будут курсировать через действующие остановки общественного транспорта, а проезд будет осуществляться только по разовым билетам, либо тарифицироваться по расстоянию в зависимости от зоны города. В качестве подвижного состава будут использоваться микроавтобусы, вместимостью 25 человек, которые будут развозить пассажиров по указанным адресам. В табл. 3 указаны маршруты проектируемых ночных автобусов по остановочным пунктам. Маршруты объединены по районам и центральным улицам.

Таблица 3 – Маршруты ночных автобусов

№ МАРШРУТА	ОСТАНОВОЧНЫЕ ПУНКТЫ	ПРОТЯЖЕННОСТЬ, КМ
Первый проектируемый маршрут	Аэропорт - 1я Советская - Карла Маркса – Маяковского - Синюшина гора - Первомайский мкр. Университетский - мкр. Лермонтова - Юбилейный мкр. Солнечный мкр. - Аэропорт	43,8
Второй проектируемый маршрут	Аэропорт – Рабочее - Рабочего штаба – Тракторная - 2-й Иркутск Ново-Ленино - Аэропорт	54,8

Рассмотренный вопрос о введении транспорта в ночное время говорит о том, что такой транспорт будет востребован за счет стоимости и безопасности, это доказывает и мировой опыт. Безусловно, такси будет являться

главным конкурентом по комфорту и скорости доставки пассажира до места назначения, но вопрос о затратах на поездку приводит пассажира в дискомфорт и заставит его выбрать ночной автобус. Естественно, проблемы противостояния предпочтений жителей, т.е. выбор между такси и ночным автобусом будут препятствовать друг другу. Но компромисс и решение этих вопросов можно найти, если внимательно изучить транспортный рынок и принять взвешенные решения, которые будут не препятствовать, а способствовать расширению услуг общественного пассажирского транспорта.

Список использованной литературы

1. Шаров М.И. Управление транспортным спросом как средство снижения нагрузок на улично-дорожную сеть /Шаров М.И. // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2013. Т. 6. № 10. С. 89-92..

2. Колганов С.В. Перспективы развития городского пассажирского транспорта общего пользования в России / Колганов С.В. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. Т. 51. № 4. С. 79-84.

3. Иркутск: официальный сервер городской администрации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [.www.admirkutsk.ru/](http://www.admirkutsk.ru/)

Пути снижения уровня загрузки УДС в крупных городах

Д.Г. Бурков, Д.В. Корчева

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматриваются пути снижения уровня загрузки улично-дорожной сети в крупных городах путем применения комплексного воздействия на всю транспортную систему города. Комплекс мер включает в себя повышение эффективности функционирования общественного транспорта, ограничение на использование индивидуального транспорта, совершенствование политики паркирования и др.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, паркинг, уровень автомобилизации, ограничение движения индивидуального транспорта.

Бурков Дмитрий Германович, аспирант кафедры менеджмента и логистики на транспорте, e-mail: dimichherman@mail.ru

Корчева Дарья Владимировна, студент группы ОБД-10-1, e-mail: daria.korcheva@tl-istu.com

Транспорт определяет развитие экономики государства. Пренебрегая развитием транспортного комплекса, государство рискует значительно сбавить темпы роста экономики и, как следствие, существенно снизить уровень качества жизни населения.

В данной статье рассмотрим одну из важнейших мер, направленных на повышение эффективного использования транспортного комплекса – снижение уровня загрузки улично-дорожной сети в крупных городах.

Современные российские города имеют в себе схожие недостатки в планировании городской транспортной системы. В основе этих недостатков было подчеркнутое выделение общественного транспорта, как основного для передвижения по городу. Индивидуальный транспорт также учитывался, но уровень автомобилизации (даже взятый на перспективу) составлял всего 60-70 автомобилей на 1000 жителей.[1] Этот уровень брался за основу расчёта дорожной сети города. Современный уровень автомобилизации превышает расчетный в 4-5 раз.

Не удивительно, что города столкнулись с проблемами, приведем основные из них:

- низкая плотность магистральных улиц и слаборазвитая сеть улиц местного значения;
- применение малоэффективных транспортных систем регулирования дорожным движением;
- устаревшая политика паркирования;

- почти полное отсутствие приоритета общественного транспорта;
- низкая пропускная способность УДС и др.

В большинстве случаев внесение изменений в планировку центральной части города является невозможным, по причине сохранения исторической застройки. Опираясь на этот факт, одним из действенных способов сохранения потока в приемлемых условиях является ограничение движения индивидуального транспорта (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ограничение использования личного транспорта

Известные меры ограничения использования личного автомобиля, как правило, принимают вид административного запрета (ограничение движения, ограничение на движение грузового транспорта в центр города, ограничение на парковку), либо в форме сбора платы (платные дороги, платный въезд на территорию, платные парковки). На практике эти меры зарекомендовали себя как продуктивное и действенное средство решения проблемы загруженности УДС в крупных городах. По данным европейских городов применяющих данные меры, интенсивность транспортных потоков в зоне действия ограничений снижается в среднем на 25%. [3]

Мера, не смотря на эффективность, имеет свои недостатки, заключающиеся в контроле за соблюдением ограничений при помощи дорогостоящих технических средств, отсутствие политики землепользования нацеленной на уменьшение зависимости от индивидуального транспорта, в свою очередь, поощряя общественный транспорт и др. Важнейшим недостатком является то, что транспортный поток может ни куда не деться, а произойдет перераспределение между дорожными сетями, в результате загруженными окажутся альтернативные участки, на которые не распространяются ограничения.

Согласно мировому опыту, эффективным решением вышеупомянутой проблемы, в конечном итоге, может быть только комплексное воздействие.

Поэтому введение ограничений следует осуществлять только совместно с дополнительными мерами, такими как повышение эффективности работы общественного транспорта, развитие систем внеуличного транспорта, совершенствование подземных и надземных систем паркинга и т.д.

Повышение эффективности общественного транспорта достигается по мере принятия рациональной транспортной политики, в которой ясна его роль и взаимодействие с другими видами сообщений.[2] Рассмотрим некоторые меры такой политики:

- обеспечение приоритета общественного транспорта;
- повышение информативности пассажиров;
- согласование маршрутов общественного транспорта с крупными проектами новой застройки (жилые районы, торговые комплексы и др.)
- обеспечение безопасности, комфорта и надежности транспортных услуг и др.

Все эти меры направлены на снижение зависимости горожанина от индивидуального транспорта в пользу общественного. В плане занятого на дороге места, автобус в 15 раз эффективнее автомобиля (рисунок 2). То есть, при переходе всех горожан на общественный транспорт, пропускная способность вырастет в 15 раз. Добившись конкурентоспособности общественного транспорта над индивидуальным будет наблюдаться значительное снижение загруженности дорожной сети.

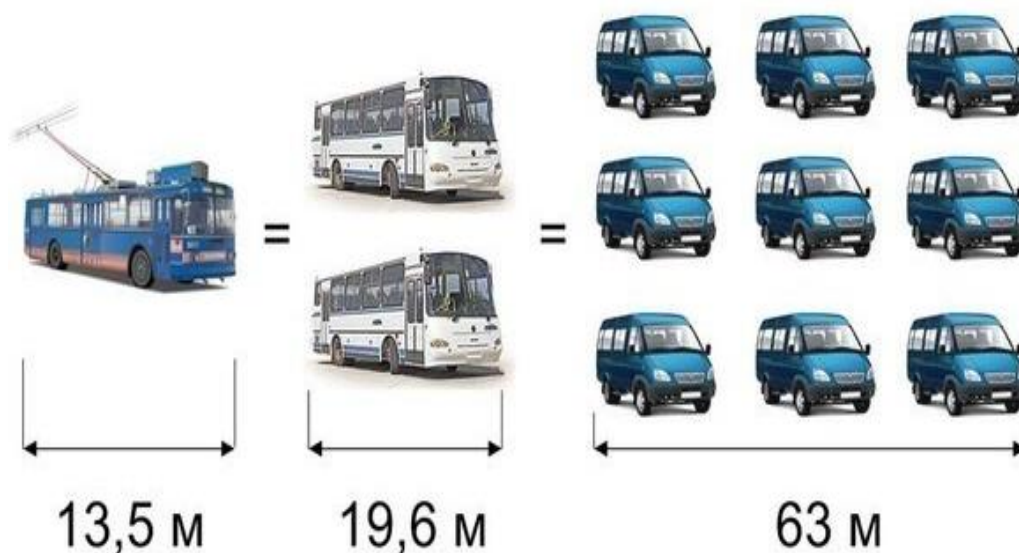


Рисунок 2 – Длина транспортного средства необходимого для перевозки 110 пассажиров

Обеспечение центра города парковочными местами является серьезной проблемой. Как правило, автомобили под парковочные места в центре города занимают край проезжей части, что в значительной мере снижает и без того низкую пропускную способность этих участков (рисунок 3).



Рисунок 3 – Парковка в центре города

Цена на землю в черте города (особенно в центре) настолько велика, что уличных парковок едва ли станет больше. Есть несколько вариантов частичного решения этой проблемы: строительство подземных и многоярусных паркингов; строительство перехватывающих парковок; увеличение штрафа за нарушение парковки.

Каждый из представленных вариантов, способствует повышению привлекательности парковки вне улиц, что также будет способствовать снижению загруженности дорожной сети.

Сложившаяся в настоящее время транспортная ситуация в крупных городах России, в большинстве случаев является результатом отсутствия конкретного решения проблем транспортного комплекса. Чаще всего, городская власть пытается бороться непосредственно с заторами, а не с причинами, которые их вызывают. Эффективность реализации мероприятий по снижению уровня загрузки улично-дорожной сети существенно зависит не только скоординированного внедрения, но и от своевременности их реализации.

В дальнейших обзорах предполагается рассмотреть некоторые общие подходы в направлении городского планирования, позволяющие реализовать принципы устойчивости функционирования транспортных систем.

Список использованной литературы

1. Бурков Д.Г. Зедгенизов А.В. Оценка генерации корреспонденций к офисным зданиям в центральной части города // Вестник ИрГТУ. Сер. Транспорт. 2012. Вып. 12. С.156-160.
2. Вучик Р. Вукан Транспорт в городах, удобных для жизни. - М., 2011.
3. www.tfl.gov.uk

Оценка условий движения пешеходов в местах размещения остановочных пунктов

Я.А. Давыдова, А.О. Лазаренко, С.Л. Чикалина

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

Аннотация: В настоящее время организация и безопасность движения пешеходов не имеют достаточного методического обеспечения, отсутствуют нормативные документы и руководства, детально рассматривающие расчеты разных видов пешеходных коммуникаций. Для обеспечения наибольшей безопасности пассажиров и комфортного движения пешеходов по тротуару, необходимо определить эффективную ширину тротуара и уточнить методики расчета остановочных пунктов.

Ключевые слова: безопасность, эффективная ширина тротуара, интенсивность движения, пассажир.

Давыдова Яна Анатольевна, студент гр. ОБД-10-1, E-mail: yana.davydova@tl-istu.com
Лазаренко Анна Олеговна студент гр. ОБД-10-1, E-mail: anna.lazarenko@tl-istu.com
Чикалина Светлана Леонидовна к.т.н. доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 40-51-35, E-mail: Chikalinasveta@gmail.com

В настоящее время в российских городах значительную часть дорожно-транспортных происшествий (ДТП) со смертельным исходом составляют наезды на пешеходов. Сокращение ДТП этого вида является одной из важнейших составляющих повышения безопасности организации дорожного движения в городах. Организация и безопасность движения пешеходов не имеют достаточного методического обеспечения, отсутствуют нормативные документы и руководства, детально рассматривающие расчеты разных видов пешеходных коммуникаций (тротуаров, переходов).

Можно выделить следующие типичные задачи организации движения пешеходов: обеспечение самостоятельных путей для передвижения людей вдоль улиц и дорог; оборудование пешеходных переходов; создание пешеходных (бестранспортных) зон; выделение жилых зон; комплексная организация движения на специфических постоянных пешеходных маршрутах. Таким образом, подчеркивается, что пешеходы являются равноправными участниками дорожного движения и требуют такого же внимания проектировщиков и организаторов движения, как и транспортный поток. Расчетная ширина полосы пешеходного движения на основных пешеходных улицах рекомендуется 1 м в отличие от 0,75 м, принятых для тротуаров [1].

Одной из главных проблем функционирования пешеходных коммуникаций является их несанкционированное использование (автомобили паркуют на замощенных поверхностях, газонах, тротуарах, пешеходных дорожках), в результате чего уменьшается их эффективная ширина (т.е. используемая для движения ширина коммуникации). В указанных ситуациях пешеходы часто пользуются проезжей частью, что в свою очередь создает конфликтные ситуации на проезжей части и приводит к возникновению дорожно-транспортных происшествий.

Основной задачей обеспечения пешеходного движения вдоль магистралей является отделение его от транспортных потоков. Необходимыми мерами для этого являются:

- устройство тротуаров на улицах и пешеходных дорожек вдоль автомобильных дорог. Они должны быть достаточной ширины для потока людей и содержаться в надлежащем состоянии;
- устранение всяких помех для движения потока пешеходов (ликвидация торговых точек на тротуарах, рациональное размещение телефонных будок, киосков и т. п.), сокращающих пропускную способность тротуаров;
- применение по краю тротуара ограждений, предотвращающих внезапный для водителей выход пешеходов на проезжую часть, а также установка на разделительной полосе магистралей ограждающей сетки, препятствующей переходу людей;
- выделение и ограждение дополнительной полосы на проезжей части для движения пешеходов при недостаточной ширине тротуаров и наличии резерва на проезжей части;
- устройство пешеходных галерей (крытых проходов) за счет первых этажей зданий в местах, где невозможно иначе расширить тротуар;
- устройство ограждений (высоких бортов, колесоотбойных брусов), предотвращающих выезд автомобилей на пешеходные пути в наиболее опасных местах;
- наглядное информирование пешеходов (с помощью указателей) об имеющихся пешеходных путях.

Ширина тротуаров и пешеходных дорожек должна определяться из расчета их пропускной способности. СНиП 2.07.01–89* рекомендует, чтобы эффективная ширина тротуара (пешеходная часть) составляла, м, не менее (таб. 1).

Таблица 1 – Эффективная ширина тротуара

Магистральные улицы общегородского значения		Магистральные улицы районного значения	
непрерывного движения	регулируемого	транспортно-пешеходные	пешеходно-транспортные
4,5м	3,0м	2,25м	3,0

Для улиц местного значения, а также других второстепенных по значению улиц, если расчетная интенсивность пешеходного потока в обоих направлениях менее 50 чел/ч, допускается устройство пешеходных дорожек или тротуаров шириной 1 м [2].

Пешеходные ограждения рекомендуется устанавливать обязательно, если пиковая интенсивность превышает 750 чел/ч на условной полосе тротуара (0,75 м). Независимо от интенсивности пешеходного потока ограждения вдоль тротуара целесообразно устанавливать также напротив выходов из крупных объектов генерации пешеходного потока (зрелищных предприятий, крупных магазинов, учебных заведений), если они расположены вблизи от проезжей части. Наличие ограждения и некоторое отнесение пешеходного перехода от выходов из общественных зданий предупреждают неосмотрительный выход людей на проезжую часть.

Нежелательно устанавливать ограждения по краю тротуара, который явно не вмещает имеющийся пешеходный поток, так как это вызывает движение пешеходов по проезжей части за ограждением, что более опасно из-за невозможности для людей быстро покинуть проезжую часть. В таких местах должна изыскиваться возможность расширить тротуар за счет проезжей части или сократить (рассредоточить) пешеходный поток. После этого можно устанавливать ограждение тротуара [1].

Стратегия повышения безопасности пешеходов состоит в создании такой улично-дорожной инфраструктуры, которая минимизирует вероятность возникновения их конфликтов с автомобильным транспортом [3]. Пешеходные коммуникации должны обеспечивать свободное и удобное движение пешеходов [1]. Вообще при проектировании любого вида пешеходных коммуникаций (тротуаров, площадей или переходов), прежде всего, возникает задача определения геометрических параметров в плане (размещения и размеров). При назначении этих параметров исходят из необходимости обеспечения: максимальных удобств для наиболее интенсивного и постоянного из пешеходных потоков; безопасности движения пешеходов.

Основными параметрами при оценке уровня удобства пешеходных тротуаров являются: интенсивность движения пешеходов; геометрические размеры пешеходного сооружения; границы участков пешеходных сооружений.

Интенсивность движения пешеходов - это число пешеходов, передвигающихся через поперечное сечение за единицу времени. Если известна интенсивность пешеходов за определенный промежуток времени, то с учетом коэффициентов приведения можно найти интенсивность движения пешеходов за 15 минут или за 2 минуты (табл. 2).

В некоторых случаях интенсивность движения пешеходов устанавливается, например, как количество пассажиров, выходящих из обществен-

ного транспорта или количество учеников, покидающих здание школы при окончании школьных уроков qt (чел/т мин).

Таблица 2 – Коэффициенты приведения интенсивности пешеходного движения при различных интервалах времени

Интенсивность пешеходного движения за единицу времени	Коэффициент приведения fz	
	15 мин	2 мин
60 минут	0,30	0,06
30 минут	0,55	0,10
15 минут	1,00	0,18
10 минут	1,40	0,25

Геометрические размеры пешеходного сооружения принимаются с учетом требований конструктивного использования уличного пространства, а также с учетом минимальных требований в пространстве в зависимости от условий движения из следующего стандарта FGSV (EAE, 1985/95; EAHV 1993/98).

Тротуары можно разграничить на участки где наблюдается:

а) изменение интенсивности пешеходов в результате изменения направления движения, а так же при наличии остановок общественного транспорта.

б) расположение торговых объектов (магазины, витрины, уличные кафе, лотки, киоски) особенно с высоким числом посетителей этих объектов.

Факторы, влияющие на пешеходное движение на тротуарах:

- полезная ширина тротуара;
- скорость движения пешеходов;
- интенсивность движения пешеходов (с учетом влияния продольного уклона тротуара и наличия встречного движения).

Тротуары и площади в большинстве случаев не используются по всей ширине. Поэтому полезная (эффективная) ширина тротуара V получается из имеющейся ширины тротуара Vb с вычетом бесполезных площадей по краям и наличия препятствий (деревьев, столбов и т.д.).

В г. Иркутске проводилось обследование остановок общественного транспорта, целью которого было определить состояние организации пешеходного движения на тротуарах около остановочных пунктах, а также изучение интенсивности пешеходных потоков и количество ожидающих пассажиров на остановочных пунктах (рис 1-4).

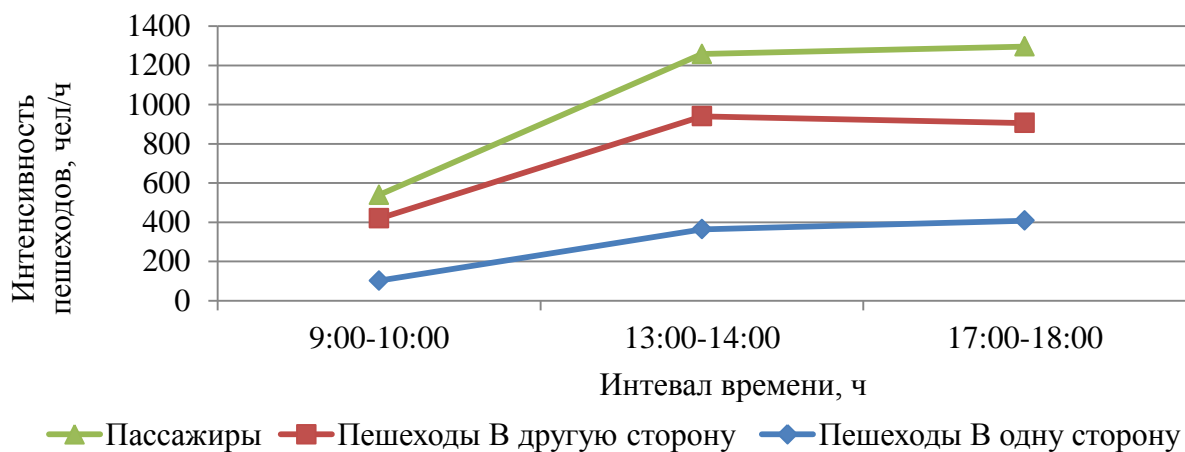


Рисунок 1 - Интенсивность движения пешеходов и количество пассажиров на ООТ «Технический университет»

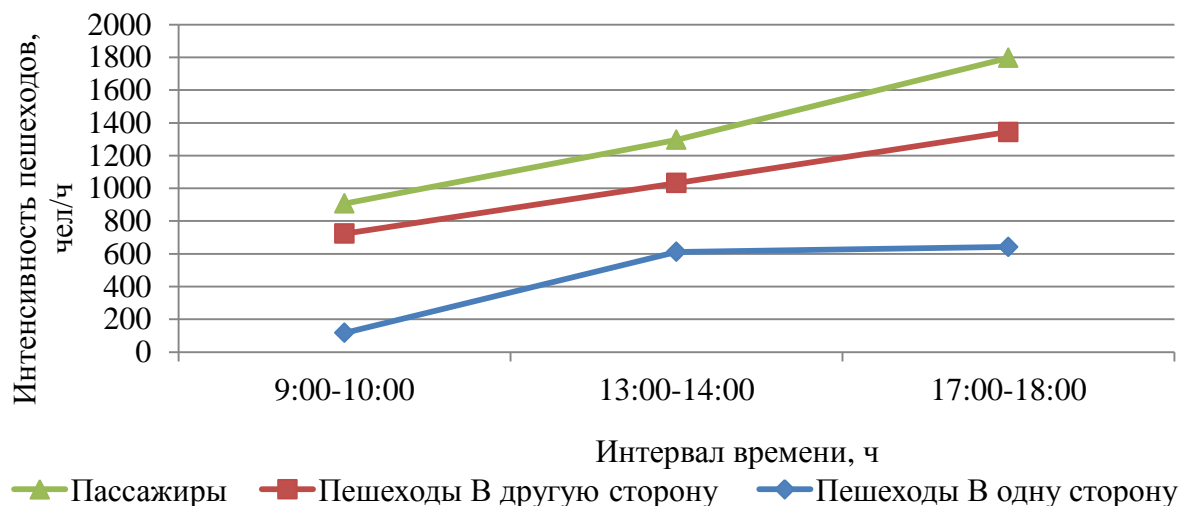


Рисунок 2 - Интенсивность движения пешеходов и количество пассажиров на ООТ «Художественный музей»

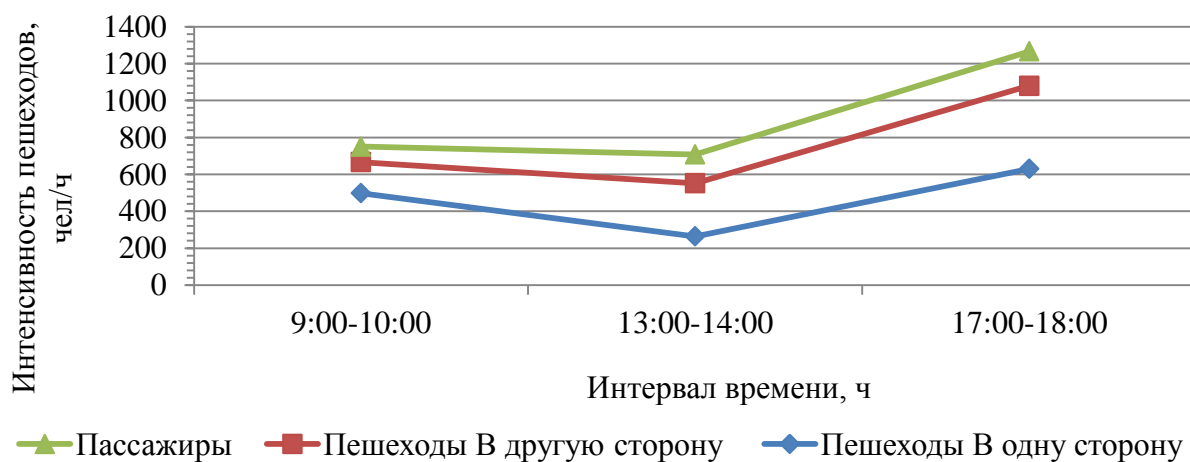


Рисунок 3 - Интенсивность движения пешеходов и количество пассажиров на ООТ «Центральный рынок»

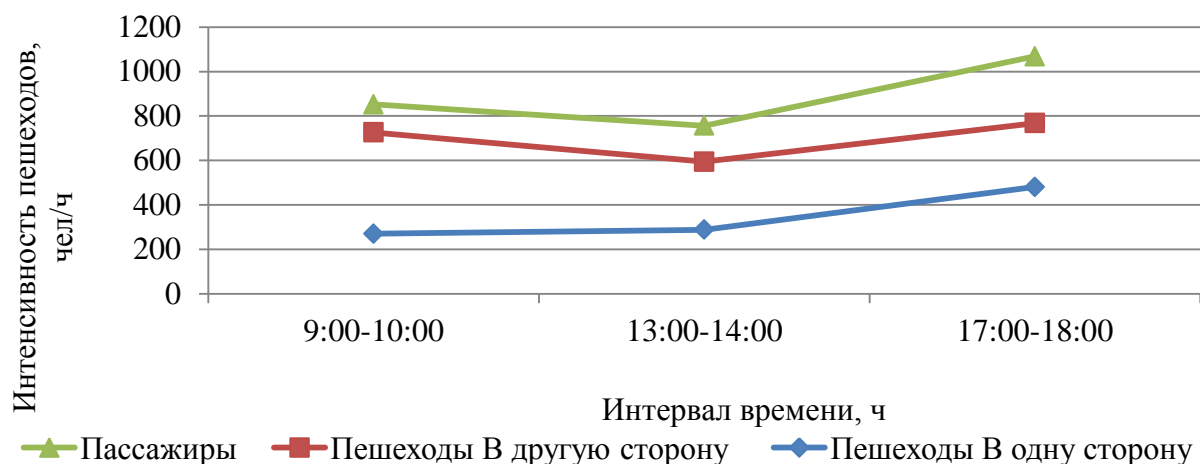


Рисунок 4 - Интенсивность движения пешеходов и количество пассажиров на ООТ «Сапожок»

В результате проделанной работы необходимо отметить, что на тротуарах в зонах остановочных пунктов наблюдается большое скопление пассажиров, ожидающих маршрутный транспорт, и особенно их количество увеличивается во второй половине дня, а при больших количествах пассажиров, ожидающих маршрутный транспорт, эффективная ширина тротуара уменьшается. Последнее приводит к ухудшению условий движения пешеходов, проходящих в местах размещения остановочных пунктов и это необходимо учитывать при организации дорожного движения.

Поэтому для обеспечения наибольшей безопасности пассажиров и комфортного движения пешеходов по тротуару, необходимо уточнить методики расчета остановочных пунктов и определить эффективную ширину тротуара.

Список использованной литературы

1. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов.– 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с. Градостроительство.
2. Планировка и застройка городских и сельских поселений. <http://www.docload.ru/Basesdoc/1/1900/>
3. Технические и планировочные приемы успокоения движения. А.Б. Бутузова (Куприянова), А.А. Лыткина // Вестник Иркутского государственного технического университета. // 2014. № 6 (89). С. 138-142.

Оценка транспортного спроса к гипермаркетам на примере «Апельсин» г. Ангарск

А.В. Зедгенизов, О.С. Чан

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается проблемы организации парковки транспортных средств возле крупных торговых центров. Приведены результаты оценки удельной суточной генерации корреспонденций, средней продолжительности парковки и распределение поездок между индивидуальным и общественным транспортом. Вынесены рекомендации практического применения схем парковки.

Ключевые слова: генерация корреспонденций, емкость парковки; продолжительность парковки.

Зедгенизов Антон Викторович, к.т.н. доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-405694, e-mail: azedgen@gmail.com.

Чан Оксана Сергеевна, студент гр. ЛМБм-14-1, oksananikola9090@yandex.ru.

Оценка транспортного спроса в т. ч. и на досетевом уровне является первостепенной задачей транспортного планирования. От правильной оценки транспортного спроса зависит точность расчетов на следующих этапах планирования. Крупные торговые, торгово-развлекательные центры (гипермаркеты) все чаще строятся на территории городов, становясь частью городской среды и образа жизни некоторых горожан, поэтому оценка транспортного спроса в дифференциации по часам суток и выбора вида передвижения является важной научно-практической задачей.

Гипермаркет – предприятие торговли, реализующее продовольственные и непродовольственные товары универсального ассортимента преимущественно по форме самообслуживания. Площадь крупнейшего гипермаркета Европы 67 тыс. м² (Tesco, г. Нейс, Ирландия). Площадь крупнейшего гипермаркета Азии – 112 тыс. м² [3]. В настоящей работе проведено обследование транспортного спроса к гипермаркету «Апельсин» в г. Ангарске.

Общие характеристики обследуемого объекта:

- число строений одновременно участвующих в обследовании – 1;
- этажность застройки – 1;
- район города – городская территория;

- период обследования – с 8:00 до 22:00;
- дата проведения обследования – 05.04.2014, суббота;
- погодные условия – без осадков;
- удаленность остановочного пункта – в непосредственной близости;
- гаражные кооперативы и стоянки – отсутствуют в непосредственной близости;
- общая площадь 3500 м²;
- площадь парковки возле супермаркета – не менее 6000 м².

Необходимо отметить, что в таких обследованиях чрезвычайно важным является своевременность и слаженность работы всех учетчиков, поскольку отсутствие или неверный учет автомобилей и людей может привести к срыву всего обследования. Общая схема эксперимента представлена на рисунке 1.

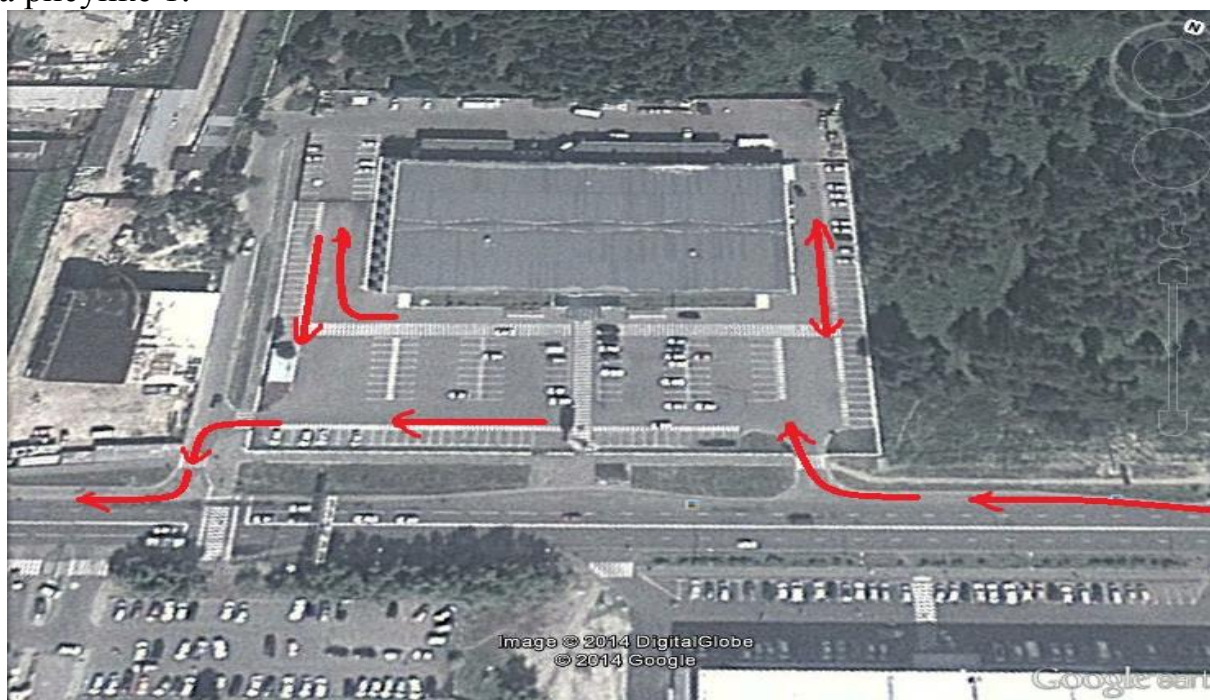


Рисунок 1 – Общая схема эксперимента

В ходе эксперимента и последующей обработки данных были выявлены количественные характеристики функционирования рассматриваемого объекта. Наиболее важные из них будут детально представлены в этой работе. Например, распределение посетителей рассматриваемой территории, использующих индивидуальный транспорт (ИТ), могут дать представление о загрузке, прилегающей УДС и степени востребованности парковки (рис. 2).

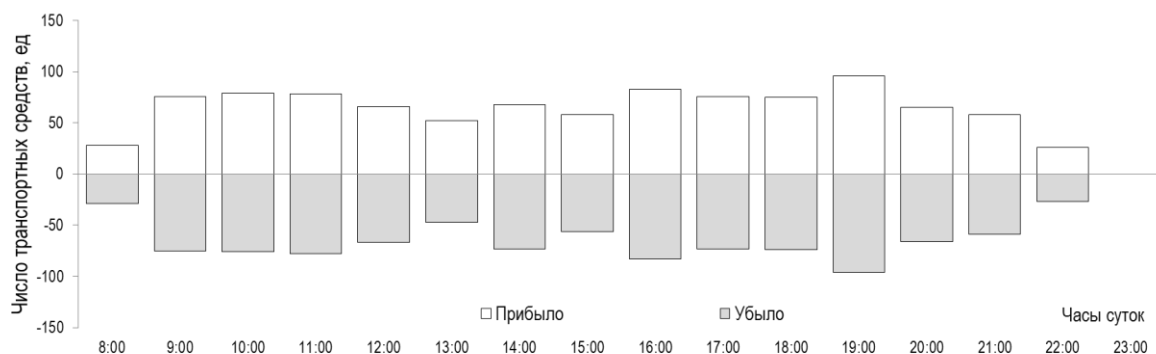


Рисунок 2 – Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств в/из рассматриваемой территории по часам суток

Из представленного рисунка можно сделать вывод о относительно постоянном потоке покупателей. Незначительно растет активность в пиковые периоды, а снижается в обеденное время 13 часов. Общее число въехавших автомобилей в рассматриваемую территорию за период обследования составило 984 ед, при этом среднее наполнение транспортных средств составило 2,72 чел. Следовательно, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 2681 человека в сутки на личных автомобилях.

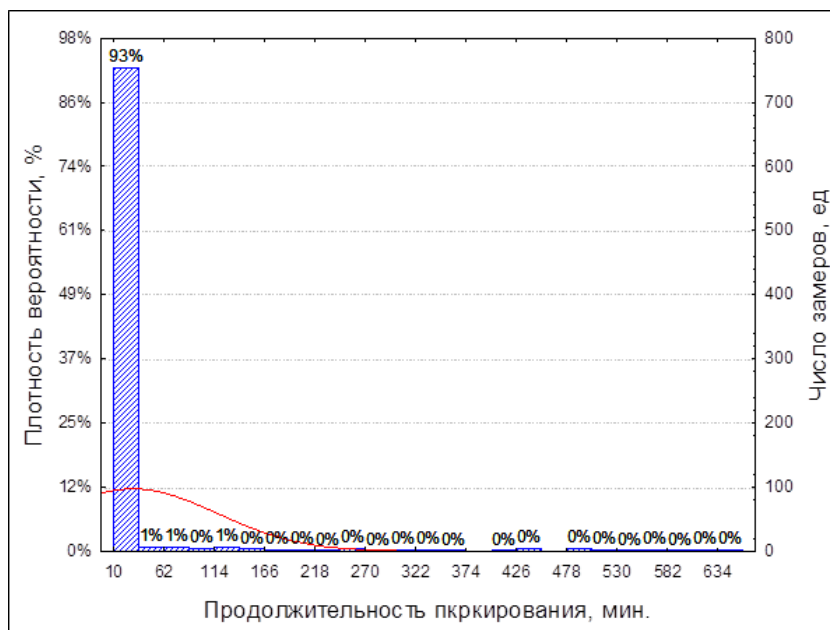


Рисунок 3 – Плотность вероятности распределения продолжительности парковки

Для выявления особенностей использования территории одним из наиболее важных показателей считается продолжительность парковки транспортных средств. Этот показатель может лежать в основе расчета необходимого числа мест для парковки при оценке уровня обслужива-

ния территории (LOS). На рисунке 3 представлен частный пример продолжительности паркования. Из рисунка видно, что подавляющее большинство автовладельцев 93 % нуждаются в свободном месте для паркования не более чем на 10 минут. Совершенно очевидно, что оборот парковки возле учреждений такого типа должен иметь высокую пропускную способность въездов и выездов.

Другой показатель активности территории может характеризовать распределение загрузки стоянки на рассматриваемой территории. Фактически это разница между въезжающими и выезжающими транспортными средствами за определенный промежуток времени (рис. 4). Из рисунка можно заключить, что наибольшее число мест, необходимое для паркования составило с 18 до 20 часов.

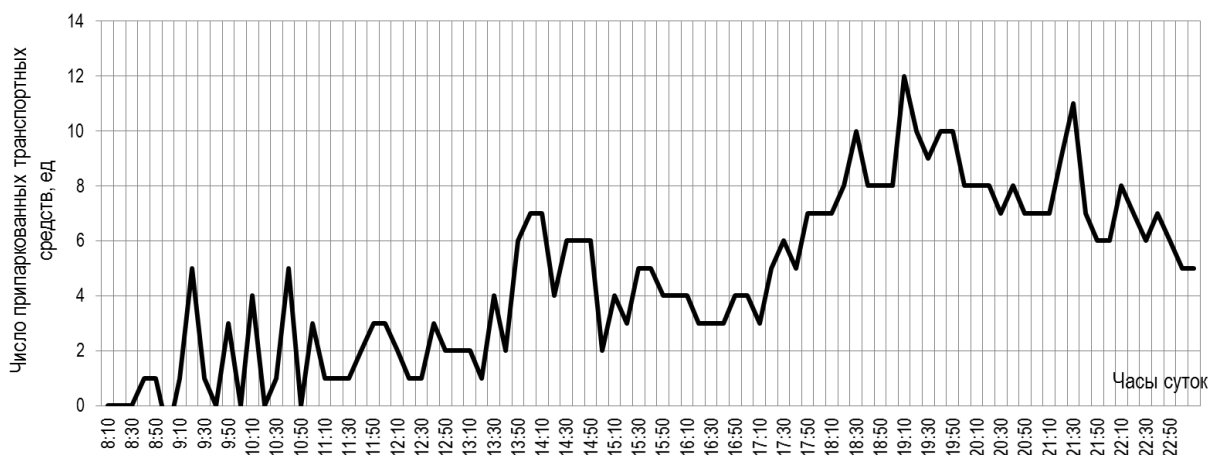


Рисунок 4 – «Распределение загрузки стоянки по часам суток»

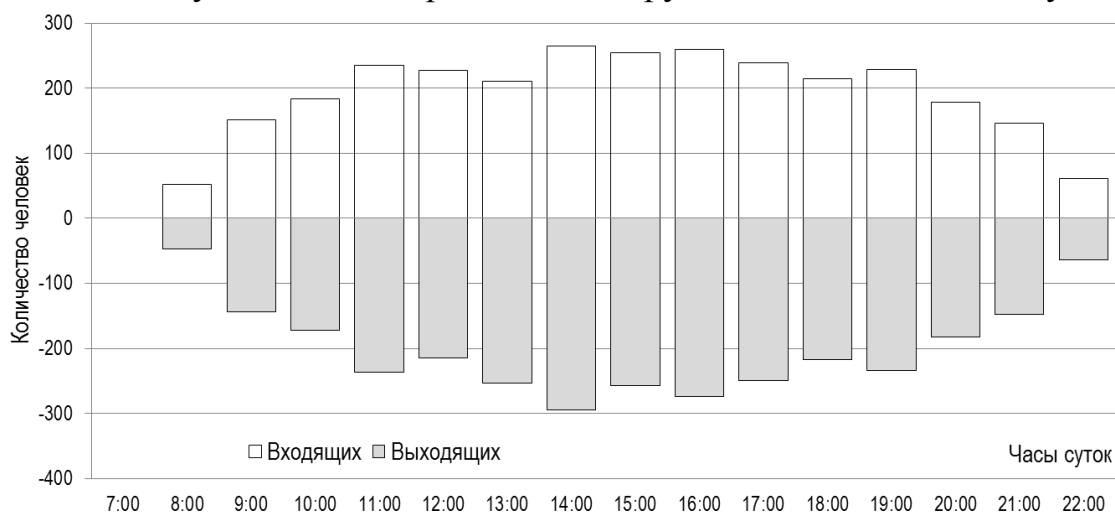


Рисунок. 5 – Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток

При учете общего числа посетителей, можно наблюдать наибольшую активность по входу и выходу людей, приходящуюся на период с 14:00 до

16:00 часов (рис. 5). Общее число вошедших и вышедших человек за период обследования составило 2947 человек. При этом, учитывая, что 2681 прибыли на личных автомобилях, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 266 человека в сутки без использования личного транспорта (рис. 6). Соотношение числа выходящих и числа входящих человек в/из супермаркета примерно одинаково и лежит в пределах 0,95.

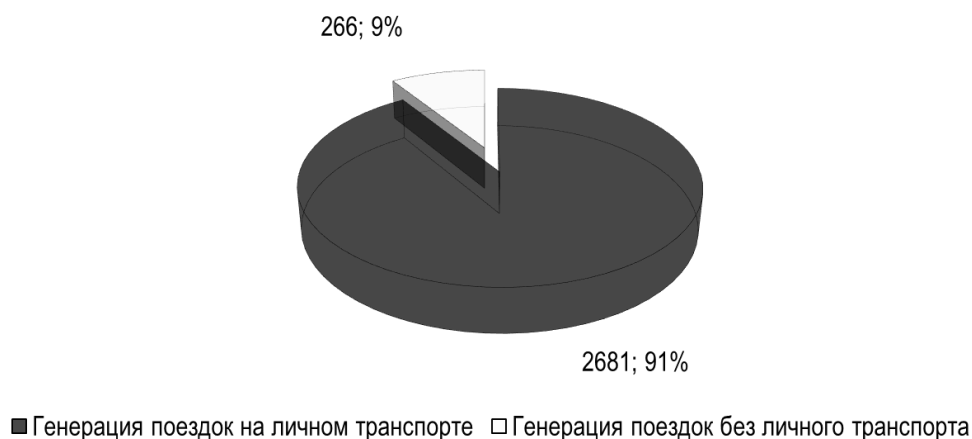


Рисунок 6 – Распределение генерации поездок между ИТ и ОТ

Следует отметить, что полученный результат может быть распределен в трех направлениях: первое - часть людей воспользуются услугами городского пассажирского транспорта; второе – часть осуществит пешую корреспонденцию и третье – часть воспользуется личным автомобилем. В рамках обследования выявить распределение между первым и вторым направлением не представляется возможным.

Основным итогом проделанной работы можно считать полученные распределения различных показателей по часам суток и выявленный объем генерации, создаваемый гипермаркетом (табл. 1).

Таблица 1 – Основные показатели оценки удельной генерации корреспонденций

№ строения	Площадь основания, м ²	Число этажей	Общая площадь	Объем генерации, чел/сут		Удельный объем генерации, чел/м ²	Удельный объем генерации, м ² /чел
				На инд. тр.	Без инд. тр.		
117	3500	1	3500	2681	266	0,842	1,18
Сумма	3500	-	3500	2947			

Коэффициенты часовой неравномерности, показывающие связь между суточной загрузкой рассматриваемой территории и конкретными часами суток, имеют очень важное значение при прогнозировании интенсивности движения на отдельных участках УДС (рис. 7).

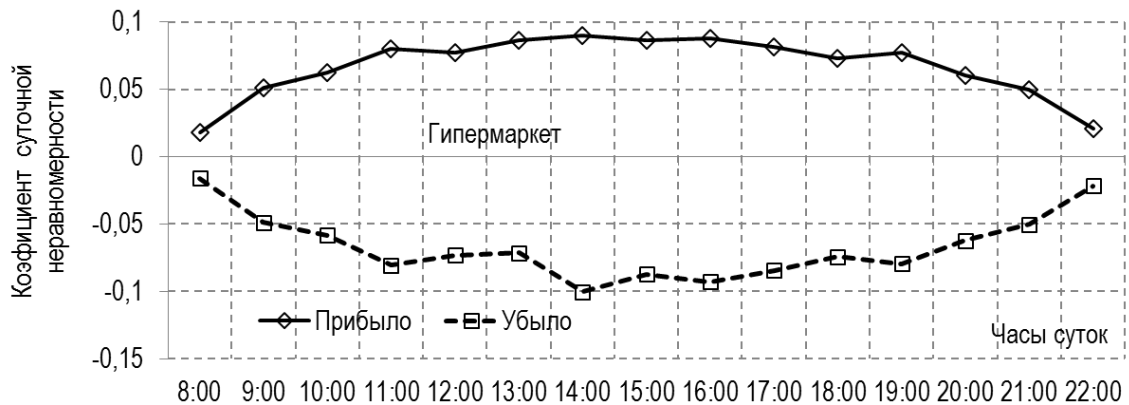


Рисунок 7 – «Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток»

Тематика дальнейших исследований может быть направлена на выявление основных характеристик гипермаркетов в будние и праздничные дни, а также в различной удаленности от центра города.

Список использованной литературы

1. Градостроительство. Под ред. Белоусова В.Н. Изд. 2-е перераб. и доп.- М.: Стройиздат, Справочник проектировщика 1978.-367 е.: ил.
2. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гипермаркет>.

Необходимость развития велосипедной инфраструктуры в г. Иркутске

Н. И. Карелин, М. И. Шаров

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

В статье рассмотрены вопросы управления транспортным спросом, а также результаты анкетного вопроса об использовании велосипедов в г. Иркутске.

Ключевые слова: Транспортный спрос, сбор данных, мобильность

Карелин Николай Игоревич, бакалавр 2 курса кафедры менеджмента и логистики на транспорте ИРНИТУ, тел.: 89642874131, e-mail: nikolay.karelin@tl-istu.com

Шаров Максим Игоревич, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте ИРНИТУ, e-mail: sharov.maksim@gmail.com

Достаточно высокий уровень загрузки улично-дорожных сетей российских городов, сопровождающийся резким снижением скорости сообщения и транспортными заторами, стал предметом дискуссий и многих публикаций в нашей стране. Анализ российских изданий, посвященных проблемам транспортных заторов, показывает, что чаще всего как средство борьбы с пробками указываются административные и фискальные меры, применение интеллектуальных транспортных систем. Вместе с тем в них пока еще уделяется мало внимания методам формирования транспортного поведения населения, что является предметом так называемого управления транспортным спросом. Широко распространенные в зарубежной специальной литературе и периодике термины управление транспортным спросом (Transportation Demand Management - TDM) или управление мобильностью (Mobility Management - MM) имеют следующие определения: «TDM – обобщающий термин для стратегий, которые приводят к более эффективному использованию транспортных ресурсов» «...MM – ориентированный на спрос подход к пассажирскому и грузовому транспорту, использующий новые инструментарий и формы взаимодействия. Его цель состоит в том, чтобы поддержать и поощрять изменение отношения к устойчивым видам транспортного обслуживания. Инструментарий MM основан на информационных и организационных методах, координации...».

Обратимся к уже имеющейся практике применения TDM и MM. Программы снижения транспортных нагрузок на городские УДС (Alleviating traffic congestion), разработанные в последние годы в США, включают очень разнообразный арсенал мер, которые классифицируют как долгосрочные и краткосрочные. Примечательно, что в числе долгосрочных мер

Департаменты транспорта штатов и муниципалитетов указывают TDM как обязательный элемент, характерный пример этого [2,7]. Таким образом, в составе долгосрочных программ рассматривается не только развитие дорогостоящей транспортной инфраструктуры, но и мероприятия по формированию транспортного поведения населения. При этом особый акцент делается на рациональном использовании индивидуального автомобильного парка.

Управление транспортным спросом решает задачи повышения эффективности использования городской транспортной системы с уменьшением использования личных транспортных средств и с продвижением, более экологичных, и экономичных видов обслуживания населения, таких как общественный пассажирский транспорт и немоторезированные передвижения.

Одним из важнейших направлений управления транспортным спросом является перераспределение поездок между различными видами транспорта, включая велосипед и иные современные средства передвижения, такие как Segway [5].

В европейских странах уже давно и массово применяется велосипедный транспорт как инструмент, обеспечивающий передвижение не только по культурно-бытовым целям, но и для осуществления ежедневных трудовых корреспонденций. В Российской Федерации данный вид передвижения только лишь начинает приобретать массовый характер.

Одной из основных проблем организации как велосипедного, так и пешеходного движения в городах России является отсутствие данных о спросе на использование таких видов передвижения, что не позволяет оптимально планировать развитие инфраструктуры, а также обеспечивать необходимый уровень безопасности ее пользователей.

В связи с этим в рамках научно-исследовательской работы при кафедре «Менеджмента и логистики на транспорте» ИРНИТУ, проводился анкетный опрос жителей города Иркутск, о вопросах использования велосипедного транспорта в Иркутске.

В опросе участвовало более 100 человек. Социальная и половозрастная структура опрошенных представлена на рисунке 1.

Из общего количества человек на при передвижении по различным целям более 30 % опрошенных хотели бы использовать велосипед. Данный показатель наглядно отражает популярность данного вида транспорта и необходимость развития велосипедной инфраструктуры в г. Иркутске. Также жителям города Иркутска был задан вопрос о том почему они в данный момент не используют велосипед для осуществления постоянных корреспонденций (рис. 2).

Из рисунка видно, что основной проблемой граждане считают опасность передвижения в общем транспортном потоке. Это в первую очередь

связано с отсутствием обособленной велосипедной инфраструктуры, специальной разметки и знаков в г. Иркутске.

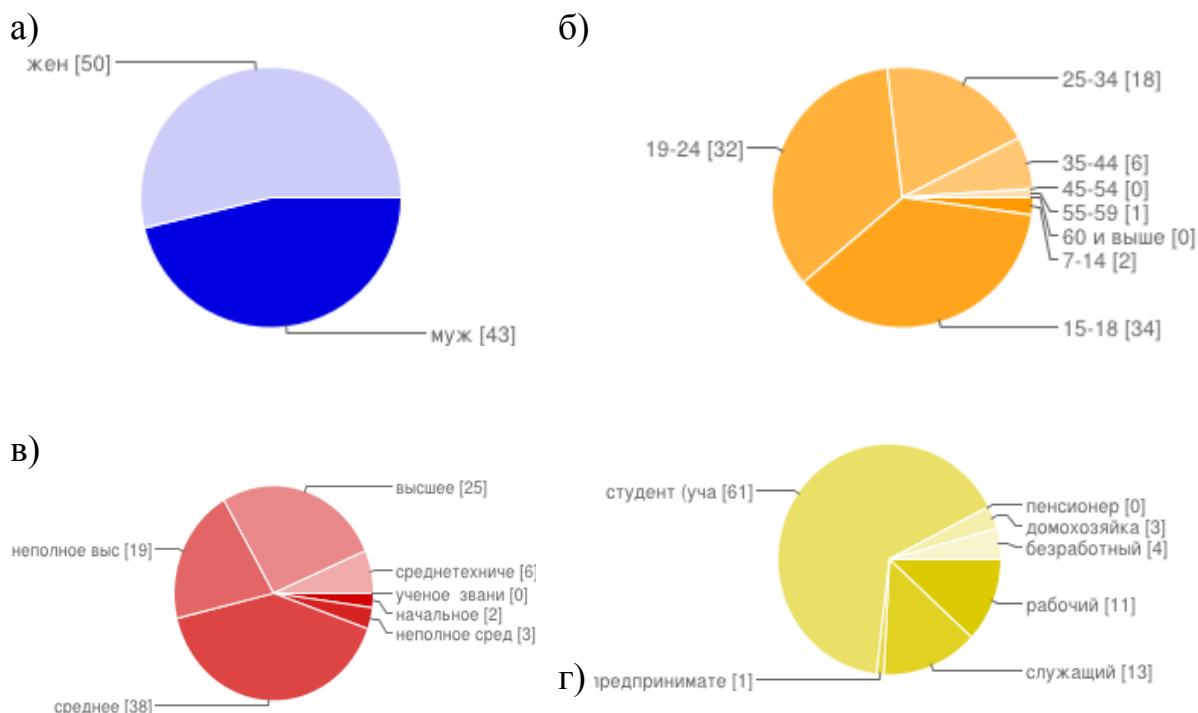


Рисунок 1 – Структура жителей города, учувствовавших в опросе: а) Ваш пол - муж 46.2%, жен 50 53.8%; б) Ваш возраст, лет: 7-14 - 2.2%, 15-18 - 36.6%, 19-24 - 34.4% 25-34 -19.4%, 35-44 - 6.5%, 45-54 - 0% 55-59 - 1.1%, 60 и выше - 0%; в) Ваше образование: начальное - 2.2%, неполное среднее - 3.2%, среднее - 40.9%, неполное высшее - 20.4%, высшее - 26.9%, среднетехническое - 6.5%, ученое звание - 0%, г) Ваше социальное положение: рабочий -11.8% служащий - 14%, предприниматель - 1.1%, студент (учащийся) - 65.6%, пенсионер - 0%, домохозяйка - 3.2%, безработный - 4.3%.

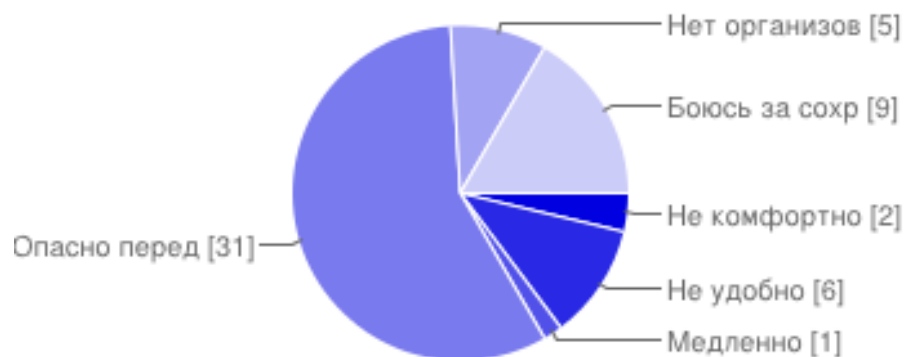


Рисунок 2 – Результаты ответов на вопрос «Почему сейчас Вы не используете велосипед»



Рисунок 3 – Пример проекта организации велосипедного движения в г. Лондон

В итоге можно сделать вывод, что велосипедный транспорт является достаточно популярным в нашем городе. Развитие общей транспортной системы Иркутска должно осуществляться с учетом необходимости выделения специальных велосипедных дорожек, необходимых парковочных мест и других элементов необходимых для движения велосипедного транспорта.

Список использованной литературы

1. Bovy P.H.L. Innovative Approaches to Demand Management in The Netherlands // ITE Journal, August 2000 , pp. 41-47
2. Downtown Parking and Mobility Management Plan//Wichita, Kansas, November 2009, 171 p
3. http://ec.europa.eu/transport/urban/urban_mobility/action_plan_en.htm
4. Mobility Management. User Manual //Rijswijk / Aachen, January 1999. – 109 p.
5. Applications of New Travel Demand Forecasting Techniques to Transportation Planning// <http://ntl.bts.gov/DOCS/SICM.html>
6. Transportation Demand Management // Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Eschborn, Germany, April 2009, 118 p
7. Technology in Mobility Management: Coordinating and Improving Services in Southwest Idaho// Report No. 12-2009, September 2009, 45 p.
8. К вопросу об оценке качества транспортного обслуживания в городах / Левашев А.Г., Михайлов А.Ю., Шаров М.И. / Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 3. С. 16-23.
9. К вопросу организации пешеходной и велосипедной мобильности в крупных городах / Карелин Н.И., Шаров М.И. / В сборнике: НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ XXI ВЕКА Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2014. С. 68-72.

Информация, её содержание и функции в системе управления транспортным предприятием

О.С. Ковальчук, Л.П. Федорова

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

Аннотация: Информация в современном мире играет очень важную роль. От правильного анализа информации можно сделать решающий шаг, который обязательно повлечет за собой определенную прибыль, пользу, успех и славу. В цивилизованном мире информация является не только неисчерпаемым ресурсом, но и полезным оружием в умелых руках. Необходимо не только владеть информацией, но и правильно управлять ей, чтобы заполнить лидирующую позицию.

Ключевые слова: информация, мир, технологии, информационный ресурс.

Ковальчук Ольга Сергеевна студент гр. ТТб-12-1, E-mail: olga.kovalchuk@tl-istu.com
Федорова Лидия Петровна старший преподаватель кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 40-51-35, E-mail: LidiyaFedorova@yandex.ru

Информация – это совокупность сведений (собранных, накопленных и правильно обработанных), которая отражает уровень знаний о процессах, событиях, фактах и их взаимосвязи. Во все времена информация играла большую роль в жизни, она нужна была людям для анализа своих действий, принятия результативного решения. В связи с переходом к цивилизованным рыночным отношениям, информация становится на более высшую степень значимости, резко возрастает стоимость информационных услуг, глобально внедряются новые информационные технологии. Особенностями информации как ресурса являются ее неисчерпаемость, сохраняемость, возможность параллельного использования, легкость передачи.

Информацию можно охарактеризовать такими показателями, как объем, достоверность, ценность, насыщенность, открытость.

Объем информации измеряется числом знаков, букв, символов. В оценке информации используют такие показатели, как информация избыточна, требуемого объема, информация недостаточна. Избыточная информация повышает качество последующих решений, но требует больших затрат времени для ее анализа. Недостаток же информации затрудняет процесс становления правильного решения.

Достоверность информации - это показатель соответствия полученных данных реальным. Чем меньше звеньев принимает участие в передаче информации, тем она более достоверна.

Ценность информации может рассматриваться с двух позиций: ценность для получателя по отношению к будущей прибыльности и ценность с точки зрения понесенных затрат.

Насыщенность информации - это соотношение полезной и фоновой информации. Фоновая информация необходима для лучшего восприятия полезной информации, настройки внимания, подчеркивания ценности. Если фоновой информации нет, то информация воспринимается как «сухая». При обилии фоновой информации говорят, что в ней много «воды».

Открытость информации характеризует возможность ее предоставления различным группам людей. Секретная информация предоставляется только ограниченному кругу работников предприятия. Конфиденциальная информация может быть передана достаточно широкому кругу работающих, но с условием ее сохранения в тайне от работников других предприятий.

Во все времена информация играла большую роль в жизни, она нужна была людям для анализа своих действий, принятия результативного решения. В связи с переходом к цивилизованным рыночным отношениям, информация становится на более высшую степень значимости, резко возрастает стоимость информационных услуг, глобально внедряются новые информационные технологии.

Особенностью информации является его универсальность - оно используется во всех без исключения сферах человеческой деятельности: в философии, естественных и гуманитарных науках, в биологии, медицине, в психологии человека и животных, в социологии, искусстве, в технике и экономике и, конечно, в повседневной жизни. А также к особенностям информации являются ее неисчерпаемость, сохраняемость, возможность параллельного использования, легкость передачи. В отличие от других видов ресурсов (в частности, материальных) ИР практически неисчерпаем; по мере развития общества повышается уровень потребления знаний, их запасы не убывают, а растут. Так же необходимо отметить, что информационный ресурс несамостоятелен. Только соединяясь с другими ресурсами - опытом, трудом, квалификацией, техникой, энергией, сырьем, проявляется как движущая сила.

Эффективный сбор информации должен опираться на научный подход, обеспечивающий объективность и точность результата, быть систематическим, вовлекать в свою орбиту различные источники и постоянно сопровождаться анализом. Необходимо четко определить интересуемый объект; источник, сроки и порядок получения данных о нем; нужный объем; методы сбора; ориентировочные затраты.

Источники информации в социально-технической сфере могут быть внутренние и внешние. К внутренним относятся: бухгалтерская и статистическая отчетность, счета клиентов, текущие наблюдения, специальные

исследования. Акты о ревизиях и проверках, итоги аудита, сведения о движении кадров, поставках, объему производства и сбыту.

Внешние источники наиболее многочисленны и разнообразны. Прежде всего, здесь нужно выделить сотрудников, например, руководители и специалисты подразделений снабжения, сбыта, маркетинга, информационных служб, партнеры – покупатели, продавцы, работники, массовой информации, информационные системы, образцы техники, техническая документация, справочники, бизнес документы, фотоснимки, показания приборов и др.

В системе управления информация представляет собой основной предмет труда руководителей всех уровней и специалистов, однако конечный результат управленческой деятельности оценивается по эффективности деятельности. Различный уровень руководителей, их различная компетентность и сферы деятельности предполагают различия в способах сбора, хранения, обработки и использования информации. Важно, что любой руководитель обязан владеть как аналитическими, так и синтетическими способами обработки информации. Вначале любая информация подвергается аналитическому расчленению на отдельные составные части, затем из всех элементов создается некая модель информационной структуры, в которую каждый человек приносит не только свой, индивидуальный опыт и знания, но и свои аналитика – синтетические способности, а со временем и интуицию. Правильность действий руководителя зависит от того, располагает ли он достаточно полной информацией об управляемом объекте, и чем сложнее объект, тем больший объем информации ему необходим для управления. Быстрое получение всех видов информации является одной из предпосылок ускорения развития производства. Чем полнее удовлетворены информационные потребности руководителей в области планирования и прогнозирования, учета и регулирования производства, изучения потребительского спроса, финансовой деятельности и т.д. тем выше будет производительность его управленческого труда, а соответственно, и выше прибыль, что и является целью любого предприятия.

Информация на сегодня является важнейшим ресурсом социально - экономического, технического, технологического развития любой организации, кроме этого, она является «катализатором» научно - технического прогресса. Известное изречение «кто владеет информацией, тот владеет миром» приобретает все более глубокий смысл.

Список использованной литературы

1. Карпов А.В. Психология менеджмента: Учебник. – М.: Гардарики, 2004. – 584 с.

2. Информация в системе управления: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=7029>
3. Студопедия: Информация и её роль в управлении: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://studopedia.net/3_5042_lektsiya--informatsiya-i-ee-rol-v-upravlenii.html
4. Wikia - Информация: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.science.wikia.com/wiki/Информация>

Оценка транспортного спроса к медицинским учреждениям на примере поликлиник г. Иркутска

Д.В.Корчева, Д.Г. Бурков

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается процесс генерации корреспонденций к медицинским учреждениям г. Иркутска. Сравниваются показатели распределения числа посетителей по часам суток, в том числе на общественном и индивидуальном транспорте. Приводится расчет удельной суточной генерации к рассматриваемой территории. Рассматривается наполнение транспортных средств. Выявляется средняя продолжительность парковки транспортных средств. Предлагаются пути дальнейших исследований.

Ключевые слова: генерация корреспонденций, паркирование, коэффициенты часовой неравномерности.

Корчева Дарья Владимировна студент гр. ОБД-10-1, e-mail: daria.korcheva@tl-istu.com.

Бурков Дмитрий Германович, аспирант кафедры менеджмента и логистики на транспорте, e-mail: dimichherman@mail.ru

Актуальность проблемы общественного здоровья особенно обозначилась в России в последнее десятилетие. В плане реализации политики в области охраны здоровья населения каждая страна развивает системы обеспечения населения медицинской, санитарной и профилактической помощью в соответствии с реальными финансовыми возможностями, национальными особенностями, традициями, идеологией и т.д. Однако всеобщей является тенденция к включению здравоохранения в национальные программы с обязательным охватом всего населения и предоставлением равнодоступной помощи, независимо от уровня доходов и социального положения граждан. Россияне в современных условиях недостаточно ориентированы на укрепление своего здоровья, хотя в последнее время в ряду жизненных ценностей ставят здоровье на первое место. Поэтому медицинские учреждения становятся центрами тяготения населения, что влияет на загрузку прилегающих улично-дорожных сетей.

В данной работе, в качестве городской территории, рассматриваются медицинские учреждения: детская поликлиника №6 и поликлиника №17. Как правило, медицинские учреждения функционирует с 7.30 до 19.00 часов. Общие характеристики обследуемого объекта:

- число строений одновременно участвующих в обследовании – 2;
- район города – городская территория;
- период обследования – с 7:30 до 19:00;
- удаленность остановочного пункта – в непосредственной близости;
- гаражные кооперативы и стоянки – в непосредственной близости;
- площадь парковки возле медицинских учреждений – не менее 1000м².

Общая схема эксперимента представлена на рисунке 1.

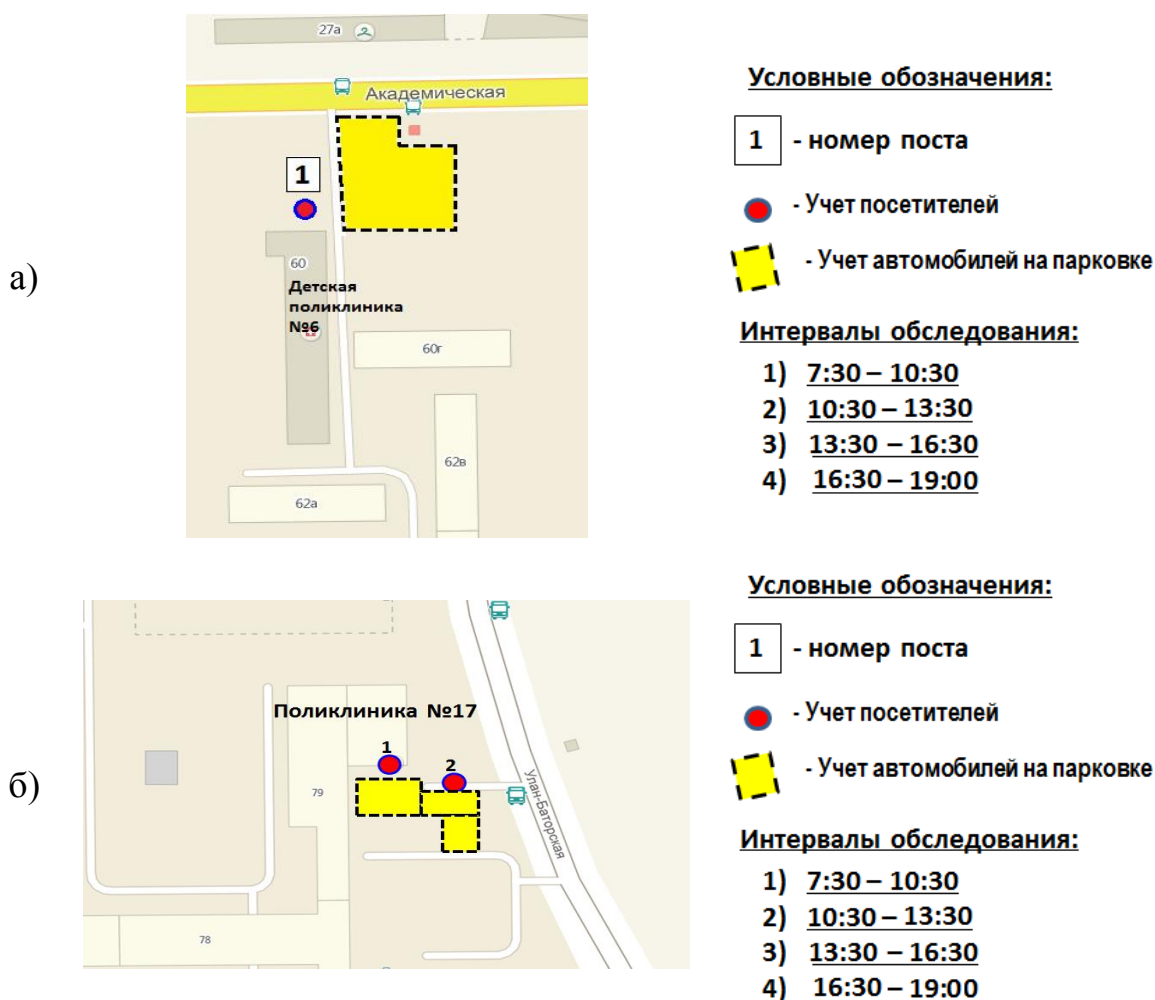


Рисунок 1 – «Общая схема эксперимента», а) Детская поликлиника №6;

б) Поликлиника №17

В ходе эксперимента и последующей обработке данных были выявлены количественные характеристики функционирования рассматриваемого объекта. Наиболее важные из них будут детально представлены в этой работе. Например, распределение посетителей рассматриваемой территории,

использующих индивидуальный транспорт (ИТ), могут дать представление о загрузке, прилегающей УДС (рисунок 2).

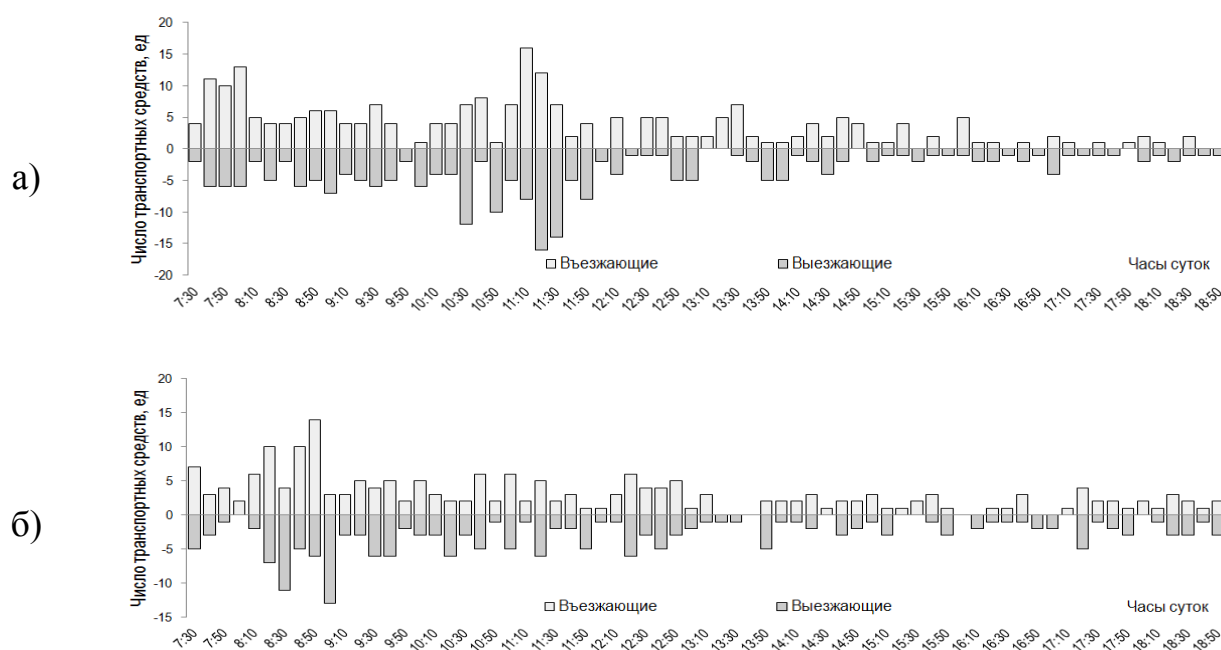


Рисунок 2 – Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств а) Детская поликлиника №6; б) Поликлиника №17

Из представленного рисунка, можно сделать вывод, о значительной активности въезда на территорию и выезда с неё на индивидуальном транспорте в утренние часы «пик». С 7:40 до 8:10 и с 10:30 до 11:30 наибольшее количество въезжающих и выезжающих транспортных средств к детской поликлинике №6, а вот возле поликлинике №17 самая большая активность наблюдается с 8:20 до 9:10. Всплеск активности в эти периоды, на наш взгляд, обусловлен, режимом работы врачей и временем оказания услуг в поликлинике. Общее число въехавших автомобилей в рассматриваемую территорию за период обследования к поликлинике №6 составило 201 ед., при этом среднее наполнение транспортных средств составило 2,2 чел. [1,2]. Следовательно, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 532 человека в сутки на личных автомобилях. А к поликлиники № 17 общее количество въехавших транспортных средств составило 199 ед., при этом среднее наполнение автомобилей составило 1,6 чел. Следовательно, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 318 человек в сутки на личных автомобилях.

Показатель активности территории может показывать распределение загрузки стоянки на рассматриваемой территории. Фактически это разница

между въезжающими и выезжающими транспортными средствами за определенный промежуток времени (рисунок 3). Из рисунка можно заключить, что наибольшее число мест необходимое для парковки составило 8:10 до 9:50 часов для детской поликлиники №6 и с 8:40 до 9:00 для поликлиники №17.

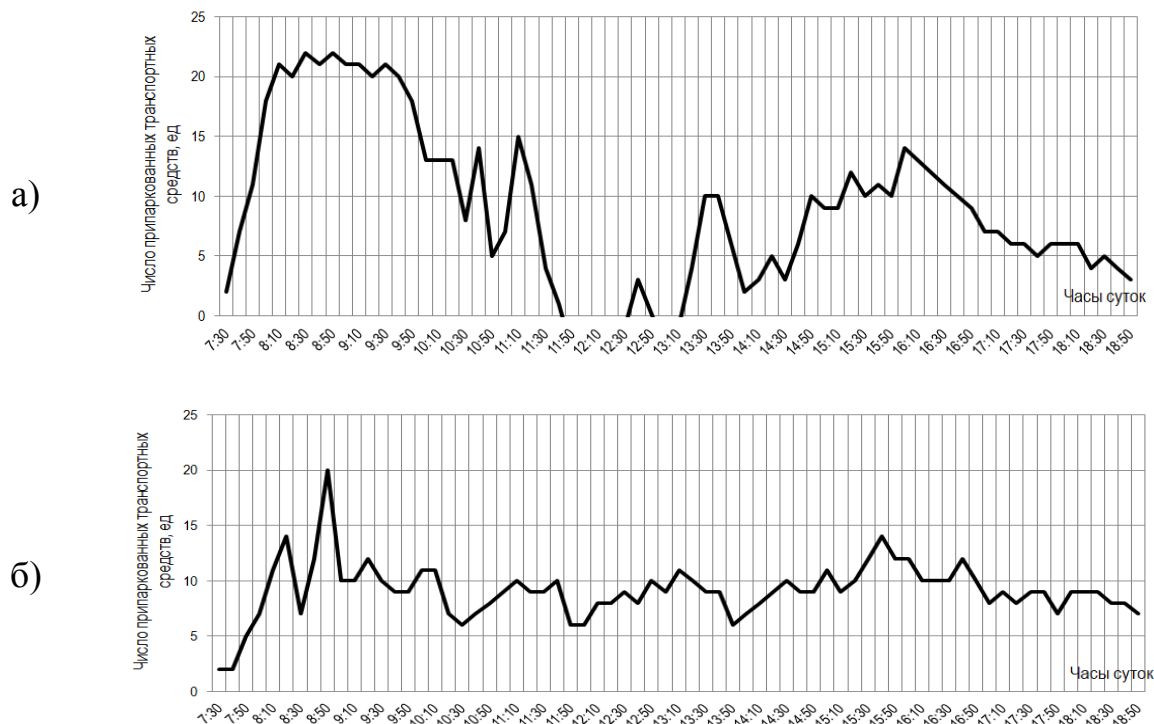


Рисунок 3 – «Распределение загрузки стоянки по часам суток» а) Детская поликлиника №6; б) Поликлиника №17

Так же из рисунка 3 видно, что парковка возле поликлиники №17 загружается в течение всего дня равномерно в отличии от парковки возле детской поликлиники №6, где наблюдается большая загрузка в утренние "часы" пик, в обеденные часы резко снижается количество припаркованных транспортных средств, а вечером наблюдается новая волна прибывающих автомобилей.

При учете общего числа посетителей, можно наблюдать наибольшую активность по входу и выходу людей для детской поликлиники №6, приходящуюся на период с 7:30 до 10:30 часов, а для поликлиники №17 с 8:00 до 12:00 (рисунок 4). Общее число вошедших и вышедших человек в детскую поликлинику №6 за период обследования составило 2089 человек. При этом, учитывая, что 535 человека из них прибыли на личных автомобилях, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 1554 человека в сутки без использования личного транспорта (рисунок 5 а).. Общее число вошедших и вышедших человек в поликлинику №17 за период обследования составило 943 человека. При этом, учитывая, что 318 человека из них прибыли на личных автомобилях, можно

утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 625 человека в сутки без использования личного транспорта (рисунок 5 б).

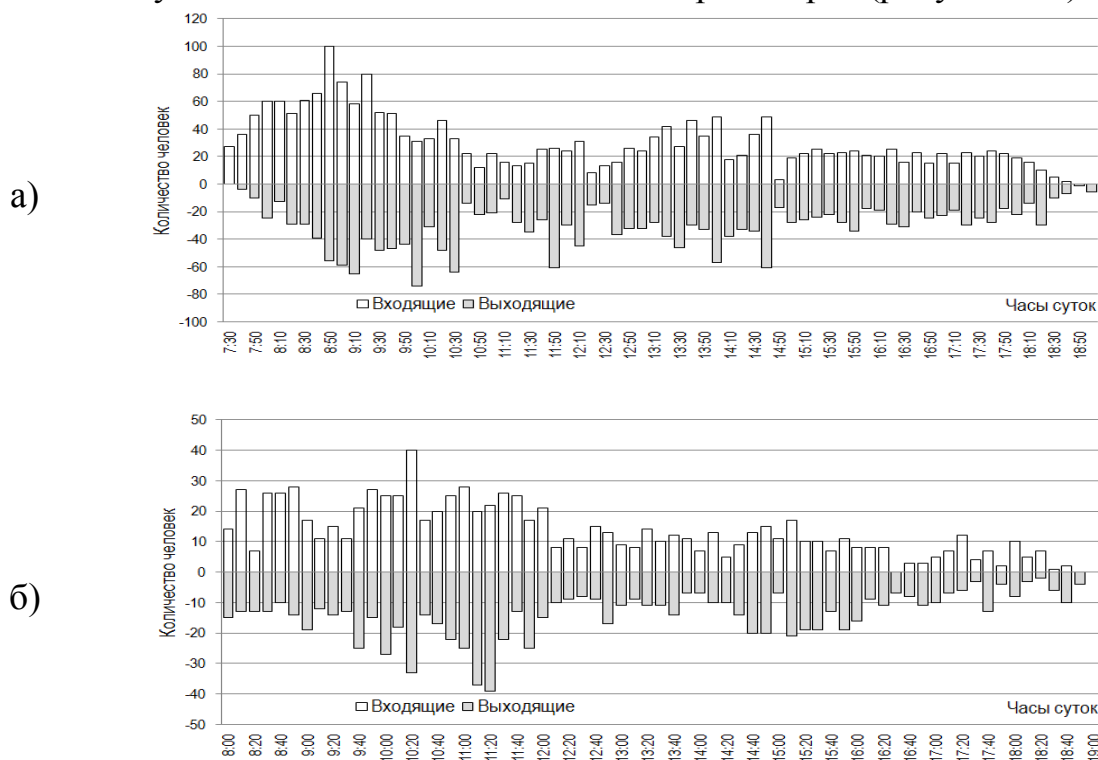


Рисунок 4 – «Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток» а) Детская поликлиника №6; б) Поликлиника №17

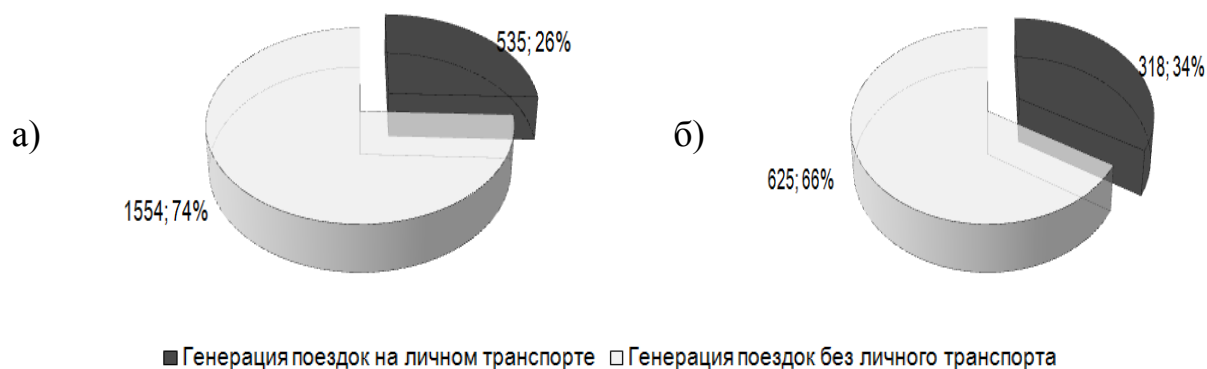


Рисунок 5 – Распределение генерации поездок а) Детская поликлиника №6; б) Поликлиника №17

Следует отметить, что полученный результат может быть распределен в трех направлениях: первое - часть людей воспользуются услугами городского пассажирского транспорта; второе – часть осуществит пешую корреспонденцию и третье – часть воспользуется личным автомобилем [3]. В

рамках обследования, выявить распределение между первым и вторым направлением не представляется возможным [4].

Основным итогом проделанной работы можно считать полученные распределения различных показателей по часам суток и выявленный объем генерации, создаваемый медицинскими учреждениями (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели генерации медицинских учреждений

№ строения	Площадь основания, м ²	Число этажей	Общая площадь	Объем генерации, чел/сут		Удельный объем генерации, чел/м ²	Удельный объем генерации, м ² /чел
				На инд. тр.	Без инд. тр.		
Детская поликлиника №6	873	3	2619	535	1554	0,8	1,25
Сумма	873	–	2619	2089			
Поликлиника №17	992	5	4960	318	625	0,19	5,26
Сумма	992	–	4960	943			

Коэффициенты часовой неравномерности, показывающие связь между суточной загрузкой рассматриваемой территории и конкретными часами суток имеют наибольшее значение при прогнозировании интенсивности движения на отдельных участках УДС (рисунок 6)[5].

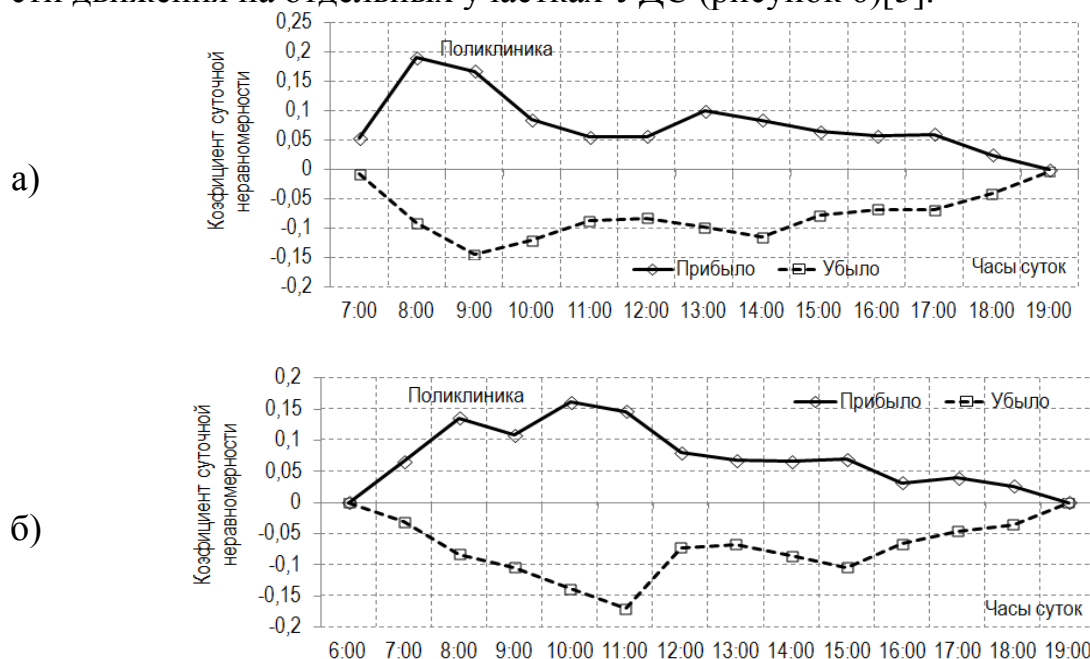


Рисунок 6 – Коэффициенты суточной неравномерности а) Детская поликлиника №6; б) Поликлиника №17

Сравнивая полученные данные детской поликлиники №6 и поликлиники №17 г. Иркутска можно сделать вывод о том, что медицинские учреждения функционируют одинаково, у них совпадают утренние часы "пик", загруженность парковок по часам суток находится примерно в одинаковом интервале, коэффициенты суточной неравномерности так же совпадают. Но если оценивать генерацию корреспонденций к детской поликлинике №6 и поликлинике №17, то они различаются между собой. Генерация корреспонденций к детской поликлинике №6 практически в 2 раза больше, чем к поликлинике №17. Это происходит из-за разного размера обслуживаемой поликлиниками территории. Детская поликлиника №6 охватывает больший район обслуживания.

Тематика дальнейших исследований может быть направлена на выявление основных характеристик медицинских учреждений в будние и праздничные дни, а также в различной удаленности от центра города.

Список использованной литературы

1. Белинский А.Ю. Закономерности подвижности и расселения жителей Таллина. — Сб. «Городской транспорт». ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. М., 1969.
2. Градостроительство. Под ред. Белоусова В.Н. Изд. 2-е перераб. и доп.- М.: Стройиздат, Справочник проектировщика 1978.-367 е.: ил.
3. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г., Зедгенизова А.Н. Оценка объема генерации поездок к гаражным кооперативам индивидуального пользования // Материалы VIII Международной научно - практической конференции «Научное пространство Европы - 2012». Технические науки: Пшемысль. Польша. Издательский дом «Образование и наука» 96 стр, 2012. – С. 3 – 7.
4. Trip Generation, 8th Edition. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers (ITE), 2008.
5. Павлов Б.А., Бурков Д.Г. Оценка транспортного спроса жителей малоэтажной застройки (на примере «Шведской деревни» г. Иркутска) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость: научный журнал. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. – № 6 (11). – 145 с.

Особенности классификации автомобильных дорог в РФ

Р.Ю. Лагерев, С.Ю. Лагерев

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены и обобщены общие вопросы соблюдения национальных стандартов и строительных норм и правил в части соблюдения требований обеспечения доступа к дорогам высших категорий.

Ключевые слова: автомагистраль, непрерывное движение, прерывное движение, ramp control management, ГОСТ Р 52398-2005, СНиП 2.07.01-89, управление доступом.

Лагерев Роман Юрьевич, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте тел. +79149143264, E-mail: lagerev.roman@gmail.com

Лагерев Сергей Юрьевич, старший преподаватель кафедры путь и путевое хозяйство Иркутского государственного университета путей сообщения тел. +79245401340, E-mail: lagerev.sergey@gmail.com

В соответствии с ГОСТ Р 52398-2005 под термином «автомagистраль» понимаются автомобильные дороги, имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой, не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками, доступ на которые возможен только через пересечения в разных уровнях. Аналогично первому, в национальном стандарте, дается определение «скоростной дороге» отличающейся от автомагистрали лишь тем, что доступ к последней осуществляется через пересечения в разных уровнях и примыкания в одном уровне расположены не чаще чем через 5 км.

Вместе с этим, в соответствии с «Правилами дорожного движения», устанавливающими единый порядок дорожного движения на всей территории РФ, в которых закрепляются права и обязанности всех категорий участников дорожного движения автомобильная дорога – инженерное сооружение (включающее в себя тротуары, обочины и т.д.) используется и приспособлена для движения не только транспортных средств, но и пешеходов. Следовательно, имеются основания полагать, что принятые определения в «Правилах дорожного движения» противоречат основным определениям ГОСТ Р 52398-2005, где термин «дорога» подразумевает обслуживание только транспортных потоков, а сами «Правила дорожного движения» не распространяются на улицы, поскольку в соответствии с ПДД "Дорожное движение" - совокупность общественных отношений, возникающих в процессе перемещения людей и грузов с помощью транспорт-

ных средств или без таковых в пределах дорог. Имеет место разногласия в основных понятиях важнейших документов, регламентирующих основные принципы функционирования транспортных систем городов РФ.

В этом контексте СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» разделом 6 «Сеть улиц и дорог» четко классифицирует улично-дорожную сеть по функциональному назначению. Согласно этим правилам проектирования, магистральная сеть городов должна формироваться непрерывной системой магистральных улиц и дорог, предназначенных для движения преимущественно общественного пассажирского, легкового и частично грузового транспорта (рисунок 1)

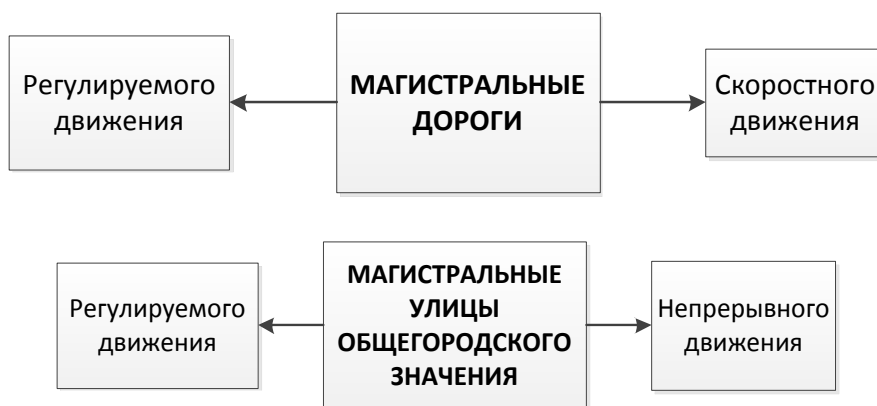


Рисунок 1 – Общая классификация улиц и дорог высших категорий по СНиП 2.07.01-89

Вышеуказанные правила в составе улично-дорожной сети также выделяют улицы и дороги магистрального и местного значения, а также местные проезды (рисунок 2, 3, 4).

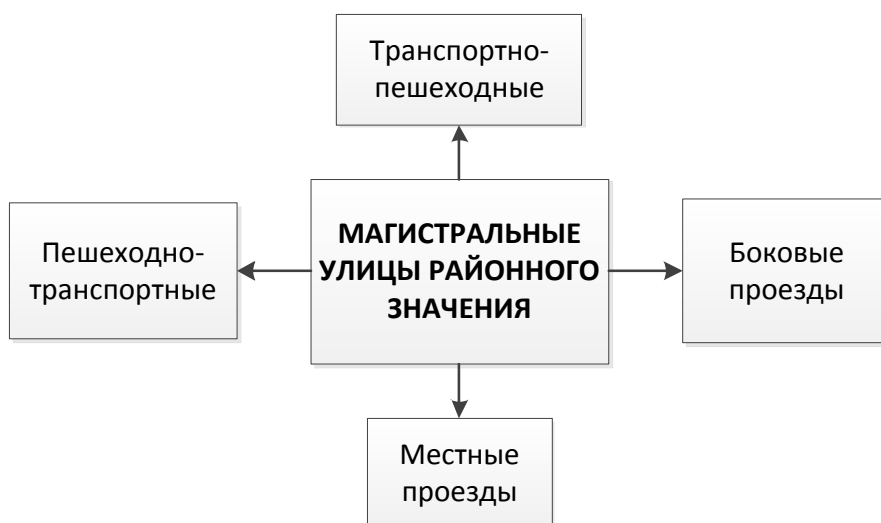


Рисунок 2 - Классификация магистральных улиц районного значения по СНиП 2.07.01-89

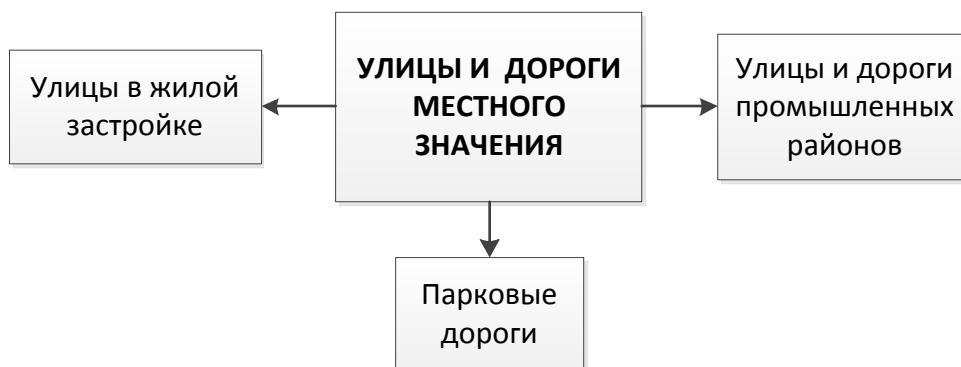


Рисунок 3 - Классификация улиц и дорог местного значения по СНиП 2.07.01-89



Рисунок 4 - Классификация проездов по СНиП 2.07.01-89

Таким образом, в отечественной классификации «автомагистраль» по одним правилам может относиться и к «дороге», и к «улице», основное отличие, как уже было отмечено выше, заключается в наличии или отсутствии части пешеходного тротуара, по другим – «автомагистраль» - наивысший ранг дороги с обособленным непрерывным движением, с ограниченным доступом. Без всякого сомнения, имеющая место путаница в терминах и определениях объясняет необходимость дальнейшего совершенствования многих технических российских регламентов.

В современных условиях автомобилизации фактические технические возможности магистральных улиц и дорог в большинстве городов полностью не реализованы. Смешанные неуправляемые транспортные потоки на улицах высших категорий практически сглаживают функциональное назначение магистральных улиц и дорог. В случаях, когда магистральные улицы не обеспечивают пропуск насыщенных транспортных потоков, когда интенсивность движения достигает пропускной способности, водители автомобилей используют для проезда местную сеть улиц. В результате на территориях жилых районов – на улицах низших категорий и даже внутри микрорайонов – на местных проездах создается обстановка повышенной дорожной и экологической опасности и нарушается основной принцип «концентрации потоков».

Дифференциация магистральных улиц и дорог по ограничению доступа к ним, специализация проезжих частей в настоящее время носят фрагментарное отражение транспортной обстановки, не отвечают требованиям системного управления движением и пропуска концентрированных

транспортных потоков. В теоретических положениях развития магистральной улично-дорожной сети имеют место серьезные методические упущения и ошибки, что является следствием недостаточной изученности рассматриваемой проблемы, нечеткости методических рекомендаций, несовершенной организацией учебного процесса и слабой профессиональной подготовки выпускников.

В действующей нормативной документации по проектированию дорог высших категорий закладывается основной принцип их функционирования: обеспечение обособленного и безопасного движения транспортного потока – все это можно обеспечить лишь, выполняя требования стандарта ГОСТ Р 52398-2005, в части выполнения требований по организации доступа к дороге (рисунок 5). В зарубежной практике проектирование дорог и улиц ограничение въезда часто является заранее предусматриваемым условием при их проектировании. Степень ограничения въезда на дороги, очевидно, сильно влияет на величину средней скорости основного потока. По данным обследований, средние скорости потока на городских магистральных улицах, при полностью ограниченном въезде, превышают соответствующие средние значения скоростей на 5-25%, по сравнению с условиями неограниченного въезда.



Рисунок 5 – Российская концепция ограничения въезда

На современном этапе проектирования магистральных улиц и дорог должна приниматься организация удобных транспортных связей между смежными районами, а также изоляция транзитных внутригородских автомобильных потоков от жилой застройки. обеспечиваться соответствие

между пропускной способностью улично-дорожной сети и объемами транспортных потоков. Необходимо добиться приемлемого технического решения магистралей, уровня их оборудования, обеспечивающего благоприятные условия движения транспортных средств (однородность потока, обособление транспортного движения, оптимальную скорость и безопасность движения на примыкающих рампах).

Список использованной литературы

1. ГОСТ Р 52398-2005 – *«Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования»*. Москва 2005.
2. Зедгенизов А.В. Лагерев Р.Ю. *Влияние режима работы светофорной сигнализации на пропускную способность остановочных пунктов*. Известия вузов Инвестиции. Строительство. Недвижимость, 2011. - № 1(1). – С. 38-44. г. Иркутск.
3. СНиП 2.07.01-89 *«Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»*. Москва 1994.

Обоснование необходимости введения светофорного регулирования

Н.Е. Лаптева, С.Л. Чикалина

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

Аннотация: Безопасность дорожного движения, играет очень важную роль в жизни современного общества. В настоящее время организация дорожного движения невозможна без технических средств, применяемых для безопасности дорожного движения и обустройства автомобильных дорог. Постоянный рост мирового автомобильного парка ставит перед обществом серьезные проблемы, которые связаны, прежде всего, с предупреждением аварийности и одновременным обеспечением высоких скоростей движения.

Ключевые слова: *безопасность, пешеход, светофорное регулирование, пешеходное вызывное устройство.*

Лаптева Наталья Евгеньевна, студент гр. ЛМБм-14-1, E-mail: laptevane18@gmail.com
Чикалина Светлана Леонидовна к.т.н. доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 40-51-35, E-mail: Chikalinasveta@gmail.com

Автомобилизация наряду с положительными аспектами, такими как удобства и комфорт для людей дают положительное влияние на экономику страны, но также приводит к увеличению интенсивности транспортных средств, что в свою очередь в условиях городов влечет серьезные транспортные проблемы. Особенно сильно это проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети, на которых появляются транспортные задержки, и происходит снижением пропускной способности улично-дорожной сети.

В России ежегодно совершается около 70 тысяч наездов на пешеходов: каждое третье дорожно-транспортное происшествие (ДТП) (с пострадавшими) – это наезд на пешехода, а в крупных городах этот показатель составляет 40-50% всех ДТП [1].

Крупные города в России, к сожалению, - не самое лучшее место для пешехода. Особую озабоченность в последние годы вызывает рост числа наездов на пешехода на пешеходных переходах, которые, как правило, происходят по вине водителей и имеют тяжкие последствия. Вступая на «зебру» пешеходного перехода, пешеход считает себя защищенным Законом, однако на практике, «зебра» пешехода не защищает.

В последние несколько лет, в результате ДТП погибает от 87 до 100 тысяч пешеходов ежегодно, и каждый седьмой из пострадавших в ДТП, т. е. около 10 000 пешеходов в год, становятся инвалидами и более 55 000 получают травмы. Каждый такой случай - трагедия для обоих участников

ДТП и членов их семей. Пешеход под колесами автомобиля в лучшем случае попадает в больницу, а водитель получает психологическую травму на всю жизнь, отправляется в тюрьму или получает условный срок и выплачивает компенсацию пострадавшему.

В период с 1990 по настоящее время число погибших на дорогах Европы уменьшилось в два раза, а в России практически не изменилось.

Наиболее многочисленной и самой уязвимой группой участников дорожного движения являются пешеходы. Конфликты между пешеходами и автомобильным транспортом — это самые распространенные и опасные транспортные конфликты в условиях городов. По данным ГИБДД России наезды на пешеходов за 2014 г. составили:

- 15% - наезды со смертельным исходом;
- 90 % - наезды с тяжкими повреждениями [2].

Чаще всего ДТП происходят на нерегулируемых пешеходных переходах, число аварий на переходах зебра в период с 2008 по 2014 гг. выросло на треть и каждый шестой наезд на пешехода происходит именно на этих переходах.

Основными причинами аварийности на пешеходных переходах являются:

- несоблюдение водителями знака «Пешеходный переход» и дорожной разметки;
- неадекватная оценка дорожной обстановки пешеходом;
- риск самих пешеходов [3].

Отсюда следует, что главной задачей организации дорожного движения в нашей стране является повышение безопасности на нерегулируемых пешеходных переходах.

Введение светофорного регулирования ликвидирует наиболее опасные конфликтные точки, что способствует повышению безопасности движения. Вместе с тем появление светофора на перекрестке, вызывает транспортные задержки даже на главной дороге, порой весьма значительные из-за характерной для этой дороги высокой интенсивности движения и господствующего в настоящее время жесткого программного регулирования. Это определяет необходимость правильного выбора фаз регулирования и точного распределения времени между фазами [4]. Таким образом, введение светофорного регулирования является не всегда оправданным и зависит прежде всего от интенсивности конфликтующих потоков и от числа и тяжести ДТП [5].

При высокой интенсивности транспортных потоков применение ЖРР с ненасыщенными пешеходными фазами (т.е. пешеходными фазами, в которых пешеходы отсутствуют или их интенсивность движения очень низкая) связано с неоправданными транспортными задержками. В этих условиях целесообразной является установка ПВУ (пешеходное вызывное устройство).

Вместе с тем, даже при высоких значениях интенсивности движения пешеходов, могут быть случаи, когда пешеходная фаза окажется ненасыщенной. Такое положение наблюдается в местах, где высокая интенсивность пешеходного движения имеет эпизодический характер. Примером могут служить пешеходные переходы у общеобразовательных учреждений. Здесь высокая интенсивность наблюдается лишь в моменты начала и конца смен, в остальное время пешеходы на переходах практически отсутствуют.

Великобритания на протяжении нескольких десятилетий относится к числу стран с наиболее низкими показателями аварийности. В этой стране уделяется большое внимание техническим нормативам проектирования и обустройства пешеходных переходов. Особый интерес представляет практика проектирования переходов с вызывными устройствами, таких как «Пеликан» и PUFFIN, применяемых для пешеходных потоков небольшой и средней интенсивности. Появление переходов типа PUFFIN означает принципиально новый этап в развитии регулирования пешеходного движения – применение ITS-технологий, т.е. детекторов, регистрирующих окончание движения пешехода через проезжую часть. По результатам опросов, переходы типа PUFFIN оцениваются пешеходами как более безопасные и удобные чем «зебра» и «пеликан» [6].

В городе Иркутске был проведен опрос пешеходов на тему: «Стало ли удобнее Вам переходить через дорогу около лица (на ул. Тимирязева) после установки кнопки «ПО ТРЕБОВАНИЮ» на светофоре?»

Получены следующие результаты:

- Да, конечно – 421 респондентов (57,8%);
- Не заметил разницы – 187 респондентов (25,7%);
- Мне все равно, я не пользуюсь кнопкой – 83 респондента (11,4%);
- Нет, не удобно – 38 респондентов (5,2%).

Таким образом, при введении светофорного регулирования с вызывным устройством, пешеходам становится удобнее и безопаснее переходить дорогу, о чем свидетельствуют практика применения таких светофоров и результаты опроса.

Список использованной литературы

1. Материалы к заседанию Правительственной комиссии по безопасности дорожного движения. «Состояние безопасности дорожного движения. Партнерский обзор по стране: Российская Федерация» М.: ЗАО «Концерн Знак», 2006г., 169 с.
2. Официальный сайт Госавтоинспекции МВД России [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.gibdd.ru

3. Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев «Технические средства организации дорожного движения». ИКЦ «Академкнига», 2005 г., 279 с.
4. Самойлов Д.И., Юдин В.А. «Организация и безопасность городского движения». М.: «Высшая школа», 1922 г, 256 с.
5. Левашев А.Г., Михайлов А.Ю. Состояние методов расчета регулируемых пересечений // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2003. № 3-4 (15-16). С. 71-76.
6. Н.А. Скульбеденко, А.Ю. Михайлов Задачи совершенствования норм проектирования пешеходных переходов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://waksman.ru/Russian/Ek&org/2007/sku.htm>

Бенчмаркинг аэропорта Иркутск

Я.Д. Литкевич, С.А. Шведина

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

Представлен результат анализа конкурентного окружения аэропорта Иркутск, отображена динамика производственных показателей, основных финансово-экономических показателей. Установлено, что ОАО «Международный Аэропорт Иркутск» занимает среднюю позицию по большинству из показателей среди региональных аэропортов России.

Ключевые слова: пассажиропоток, пропускная способность аэропортов, анализ конкурентного окружения.

Литкевич Ярослава Денисовна, студентка 4 курса института экономики, управления и права, e-mail: yaroslava.litk@mail.ru

Шведина Светлана Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления промышленными предприятиями, e-mail: c12@istu.edu

Бенчмаркинг – это процесс сравнения своей деятельности с лучшими компаниями на рынке и в отрасли с последующей реализацией изменений для достижения и сохранения конкурентоспособности.

Для анализа конкурентного окружения ОАО «Международный Аэропорт Иркутск» были выбраны региональные аэропорты РФ, выполняющие роль крупных узловых транспортных центров в азиатской части России. Сравнение производственных показателей проводилось по итогам 2011, 2013 годов (Таблица 1 - 4). Общий пассажиропоток рассматриваемых аэропортов представлен таблицей 1.

Таблица 1 – Пассажиропоток Аэропортов в 2011 году

2011 год	Кольцово (Екатеринбург)	Толмачево (Новосибирск)	Емельяново (Красноярск)	Хабаровск (Хабаровск)	Владивосток (Владивосток)	Иркутск (Иркутск)	Среднее
Место по пассажиропотоку в РФ	5	6	12	13	14	15	-
Пассажиропоток, Всего (чел)	3 356	2 766	1 632	1 596	1 457	1 258	2011
Прирост к 2010 году, (%)	22	22	28	9	14	17	18,6
Пассажиропоток на 1 жителя города	2,49	1,88	0,85	2,66	2,46	2,14	2,08

Среди анализируемых аэропортов Иркутск занимает 6 место по общему пассажиропотоку. Рост объема обслуженных пассажиров выше среднего (17%), так как показатель роста по России +13,2%. По динамике роста пассажиропотока среди конкурентов Аэропорт Иркутск занимает четвертое место.

По географии полетов на первом месте находится аэропорт Кольцово: 102 направления, 41 внутрироссийское и 61 зарубежное. Зарубежные маршруты покрывают территорию СНГ, Западную и Восточную Европу, Ближний Восток, Центральную и Восточную Азию. Полеты по ним обеспечивают 35 пассажирских авиакомпаний.

Второе место занимает аэропорт Толмачево: 43 внутрироссийских и 46 международных направлений. Базовой компанией является «S7 Airlines». Помимо нее рейсы выполняют еще 39 пассажирских авиакомпаний, 17 из них иностранные.

Аэропорт Емельяново так же активно развивает свою маршрутную сеть. В 2011 году из Красноярска полеты выполняются в 54 пунктов: 37 внутрироссийских и 17 зарубежных городов. Полеты осуществляют 25 российских и иностранных компаний. Среди грузовых авиакомпаний основным партнером является авиакомпания «Lufthansa Cargo».

Хабаровский аэропорт имеет в своей маршрутной сети 30 пунктов, из них 4 иностранных: Пекин, Сеул, Ташкент, Токио, Харбин. Акцент сделан на городах Дальнего Востока и странах Азии. Летают 17 авиакомпаний, 3 из них зарубежные: «Asiana Airlines», «China Eastern Airlines», «China Southern Airlines». В планах аэропорта привлечение компаний, выполняющих рейсы из Азии в Северную Америку, для осуществления технической посадки.

Аэропорт Владивосток по сравнению с конкурентами имеет большое преимущество за счет введения режима открытого неба для иностранных авиакомпаний. В 2011 году полеты производились по 26 направлениям: 13 российских и 13 зарубежных. Упор был сделан на перевозки в Юго-Восточную Азию. Из аэропорта свои рейсы осуществляли 15 авиакомпаний, 3 из которых иностранные.

Аэропорт Иркутск по сравнению с конкурентами занимает среднюю позицию. Полеты осуществляются по 54 направлениям: 36 внутрироссийских и 18 международных. Полеты осуществляют 26 авиакомпаний, 8 из них иностранные. В аэропорту базируется 2 авиакомпании: «ИрАэро» и «Ангара». Они обеспечивают местные и региональные перевозки.

В целом, можно сделать положительный прогноз по динамике роста производственных показателей иркутского аэропорта по отношению к аэропортам – конкурентам. В целях реализации программы развития маршрутной сети, предприятие намерено проводить агрессивную политику по привлечению новых авиакомпаний-партнеров и стимулированию действующих авиаперевозчиков. На предприятии разработана и внедрена спе-

циальная программа по предоставлению скидок на аэропортовые услуги для авиакомпаний, открывающих новые рейсы из г. Иркутска.

Для более полной характеристики предприятий-конкурентов и возможностей последующего анализа был проведен бенчмаркинг финансово-экономических показателей конкурентов.

Результаты сравнения основных финансово-экономических показателей работы ОАО «Международный Аэропорт Иркутск» и аэропортов-конкурентов представлены в таблице 2.

При анализе таблицы необходимо отметить, что для сравнения финансово-экономических показателей использовались данные о работе ОАО «Международный Аэропорт Иркутск» после перехода на новую форму собственности (01.03.2011), т.е. при расчетах были взяты показатели за 10 месяцев 2011 года.

По показателям годовой выручки и прибыли от продаж среди исследуемых аэропортов иркутский аэропорт занимает среднюю позицию, уступая лишь аэропортам, имеющим в своем составе топливно-заправочные комплексы (далее ТЗК). В аэропортах Кольцово, Толмачево и Хабаровск в структуре бизнеса есть ТЗК, обеспечивающие более половины годовой выручки предприятий.

Лидирующие позиции иркутского аэропорта по сравнению с аэропортом Емельяново и Владивосток обусловлены существенной долей доходов от неавиационной деятельности предприятия, что является конкурентным преимуществом ОАО «Международный Аэропорт Иркутск».

По показателю дохода на 1 вложенный рубль предприятие уступает лишь абсолютному лидеру представленного рейтинга – аэропорту Кольцово, что также свидетельствует об эффективности работы предприятия.

Рентабельность ОАО «Международный Аэропорт Иркутск», определяемая как отношение чистой прибыли к выручке, за 2011 год составила 17% (второе место в исследуемом рейтинге).

Показатель производительности труда иркутского аэропорта сравнительно небольшой и превышает лишь аналогичный показатель аэропорта Емельяново. Низкий рейтинг данного показателя обусловлен значительной долей персонала не занятого в основном производстве (МСЧ, гостиница, служба авиационного сервиса и т.п.).

По показателю коэффициента текущей ликвидности иркутский аэропорт занимает последнюю позицию, что вызвано значительной нагрузкой по погашению кредитов в 2011 году, ранее привлеченных предприятием для строительства терминала ВВЛ.

Коэффициент финансовой автономии предприятия уступает лишь аналогичным показателям аэропортов Толмачево и Емельяново. Данный показатель свидетельствует о стабильном финансовом положении предприятия на фоне других аэропортов.

Таким образом, обобщая результаты бенчмаркинга основных показателей эффективности работы ОАО «Международный Аэропорт Иркутск», можно отметить, что они показывают стабильное финансово-экономическое состояние предприятия.

В таблицах 3,4 сравниваются результаты основных финансово-экономических показателей работы аэропортов-конкурентов и аэропортов за 2013 год, сопоставимых по объему пассажиропотока.

Таблица 2 – Финансово-экономические показатели за 2011 год

2011 год	Кольцово (Екатеринбург)	Толмачево (Новосибирск)	Емельяново (Красноярск)	Хабаровск (Хабаровск)	Владивосток (Владивосток)	Иркутск (Иркутск)	Среднее
Выручка (тыс.руб.)	4179732	3443917	945313	4913708	1291372	1267763	2673643
Расходы (тыс.руб.)	2564015	2774977	829853	4040610	1149337	999686	2059746
Прибыль от продаж	1179473	698940	115460	649694	142035	268077	508946,
Чистая прибыль (тыс.руб.)	1043772	419819	87051	380599	92959	216450	373442
Доход на 1 вложенный рубль	0,41	0,15	0,10	0,09	0,08	0,22	0,18
Коэффициент быстрой лик- видности	1,24	0,86	2,37	1,74	0,73	0,77	1,29
Коэффициент текущей лик- видности	1,3	1,02	2,77	1,77	0,96	0,85	1,45
Коэффициент финансовой автономии	0,47	0,79	0,8	0,59	0,58	0,75	0,66
Рентабельность чистой при- были	24,9%	12,2%	9,2%	7,7%	7,2%	17%	0,13%
Рентабельность продаж (%)	28,2	20,3	12,2	13,2	10,9	21,1	17,65

Из анализа по пассажиропотоку аэропорт Иркутска занимает 16 место по стране, уступая аэропортам, базирующимся в более крупных городах, либо на курортных направлениях. Лидерство (Новосибирск) и Кольцово (Екатеринбург) обусловлено удачным географическим расположением и высокой численностью и деловой активностью Новосибирска. Благодаря

экономии на масштабе крупным аэропортам, таким как Толмачево, легче финансировать дорогостоящие необходимые капвложения в инфраструктуру, что позволяет достигать высоких показателей рентабельности. Следует отметить пассажиропоток приморских аэропортов – Хабаровска и Владивостока. Являясь транзитными аэропортами между странами Восточной Азии и Россией, они имеют пассажиропоток больше, чем аэропорт Иркутска при сопоставимой численности населения городов.

Таблица 3 – Пассажиропоток Аэропортов в 2013 году

2013 год	Кольцово (Екатеринбург)	Толмачево (Новосибирск)	Хабаровск (Хабаровск)	Владивосток (Владивосток)	Казань (Казань)	Иркутск (Иркутск)	Среднее
Место по пассажиропотоку в РФ	5	6	12	14	15	16	-
Пассажиропоток, Всего (чел)	4 293	3 748	2 089	1 853	1 847	1 569	2566,5
Прирост к 2010 году, (%)	13,6	14,7	10,9	14,1	24,2	12,1	14,9
Пассажиропоток на 1 жителя города	3,18	2,54	3,48	3,13	1,28	2,67	2,71

Показатель пассажиропотока на 1 жителя города в целом показывает эффективность привлечения пассажиров аэропортом. По данному показателю, аэропорт Иркутска находится на 4 месте среди 6. В каждом из опережающих Иркутск городов, есть свои факторы, повышающие данный показатель: в Кольцово - выгодное географическое расположение на пересечении основных транспортных путей в одном из наиболее развитых регионов страны, Владивосток и Хабаровск — аэропорты-хабы, перевозящие пассажиров между Россией и Азией и т.д. Иркутск не имеет такого осязаемого фактора привлечения пассажиров из-за неудовлетворительного состояния дорожных покрытий в области, но, тем не менее, показатель пассажиропотока на одного жителя города, в ОАО «МАИ» является одним из самых высоких. Это говорит об относительной мобильности населения, а также об относительно развитой региональной авиации.

Однако по темпу роста пассажиропотока, аэропорт Иркутска находится лишь на 5 месте из 6 рассматриваемых аэропортов, опережая лишь аэропорт Хабаровска. Для увеличения данного показателя необходимо увеличить пропускную способность терминала МВЛ. В абсолютном выражении, темп роста в 12,1% является достаточно высоким показателем, поз-

воляющим опережать темпы инфляции в росте объема, а не цен, но учитывая рост других аэропортов, следует стремиться к большему росту пассажиропотока.

По объему выручки, размерам чистой прибыли ОАО «Международный Аэропорт Иркутск» отстает от крупных аэропортов с более развитой инфраструктурой (Таблица 4).

Таблица 4 – Финансово-экономические показатели за 2013 год

2013 год	Кольцово (Екатеринбург)	Толмачево (Новосибирск)	Хабаровск (Хабаровск)	Владивосток (Владивосток)	Казань (Казань)	Иркутск (Иркутск)	Среднее
Выручка (тыс.руб.):	4350020	7123358	2057611	1083611	1216971	1986802	2969729
Расходы (тыс.руб.):	2842852	5468576	1690481	1199268	1185274	1572466	2326486
Прибыль от продаж	1507428	1654782	367130	-115657	31677	414336	643283
Чистая при- быль (тыс.руб.):	802514	1169735	428824	-194116	-406937	309992	351669
Доход на 1 вложенный рубль	0,184	0,164	0,208	-0,179	-0,334	0,156	0,03
Коэффициент текущей лик- видности	2,2	3,66	2,22	0,21	1,88	1,78	2
Коэффициент финансовой автономии	0,6	0,64	0,64	0,31	0,92	0,82	0,66
Рентабель- ность соб- ственного ка- питала	10,7%	15,5%	14,4%	-54,1%	-7,4%	14,2%	-0,01
Рентабель- ность чистой прибыли	18,45%	16,42%	20,84%	-17,91%	-33,44%	15,60%	0,03
Рентабель- ность продаж %	34,65%	23,23%	17,84%	-10,67%	2,60%	20,85%	0,15%

Рентабельность собственного капитала в числе наиболее высоких по отрасли — помимо аэропортов, понесших убытки, эффективность использования вложенных собственником средств выше соответствующих показателей аэропорта Екатеринбурга.

По коэффициенту автономии, характеризующему зависимость предприятия от заемных средств, ОАО «МАИ» находится на втором месте. Значение коэффициента финансовой автономии 0,82, что эффективно с точки зрения финансового дохода и финансовой устойчивости предприятия в случае падения доходов. Только аэропорт Казани (из рассматриваемых) используют меньше заемных средств. В будущем планируется дальнейший рост данного показателя, по мере погашения имеющихся обязательств.

Сравнивая аэропорты Иркутска и Казани как наиболее сопоставимые по пассажиропотоку, стоит заметить, что тарифы по регулируемым услугам в Казани значительно ниже. Это объясняет относительно низкую выручку данного аэропорта. Показатели рентабельности продаж и чистой прибыли в Казани выше аналогичных в Иркутске. Наиболее вероятно, что это достигается эффективным управлением себестоимости. Тем не менее, рентабельность собственного капитала по чистой прибыли в Казани самая низкая из рассматриваемых. Это означает, что для того, чтобы окупить вложения собственника чистой прибылью, потребуется почти в два раза больше времени, чем в Иркутске. Выручка ОАО «Международный аэропорт Казань» выросла после проведения «Универсиады» на 26,2% — с 964 млн. до 1,22 млрд. рублей, однако основные издержки выросли на 78,6% до 950 млн. рублей. В 2013г. наблюдался значительный рост не только основных затрат аэропорта Казани, но и коммерческие расходы также увеличились — на 25 % до 50 млн. рублей, что в целом адекватно росту выручки, управленческие расходы выросли на 42% или 185 млн. рублей. Как следствие, операционная прибыль уменьшилась в 8 раз — с 262 млн. рублей в 2012г. до 32 млн. рублей в 2013г. По итогам года на балансе аэропорта Казани отражен убыток, в основном, за счет прочих расходов, а именно роста дебиторской задолженности за 2013г. На 254 млн. рублей до 940 млн. рублей (77% от выручки).

ОАО «МАИ» финансируется заемным капиталом меньше остальных рассматриваемых предприятий, поскольку не имеет четкой концепции развития транспортного узла, ликвидно, имеет рентабельность собственного капитала сопоставимую с показателями более крупных аэропортов. Показатель рентабельности чистой прибыли (процент выручки, получаемый в форме чистой прибыли) является положительным и имеет среднее значение (15,6 %) в сравнении с приведенными аэропортами. Данный показатель близок к рентабельности чистой прибыли Толмачево.

Таким образом, показатели ОАО «Международный Аэропорт Иркутск» находятся на среднем уровне среди российских аэропортов с поправкой на масштабы и особенности активов предприятий.

Список использованной литературы

1. Годовой отчет ПАО «Аэропорт Кольцово» (Екатеринбург), 2013 г.
2. Годовой отчет ОАО «Международный Аэропорт Иркутск», 2013 г.
3. Годовой отчет ООО «Аэропорт Емельяново», 2011 г.
4. Годовой отчет ОАО «Международный аэропорт «Казань», 2013 г.
5. Годовой отчет ОАО «Аэропорт Толмачево» (Новосибирск), 2013 г.
6. Годовой отчет ОАО «Международный аэропорт Владивосток», 2013 г.
7. Годовой отчет ОАО «Хабаровский Аэропорт», 2013 г.

Подготовка управленческого персонала в России и за рубежом

С.Ю. Попова, Л.П. Федорова

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

Аннотация: В данной статье рассматривается службы управления кадрами на предприятии. Главными резервами на производстве становятся лучшее использование кадров и оптимальное их распределение по рабочим местам. Именно качественные и количественные характеристики трудового потенциала определяют конкретные результаты структурной перестройки экономики, диверсификации производства, повышения качества продукции и обеспечение роста производительности труда.

Ключевые слова: управление персоналом, обучение персонала, кадры.

Попова Светлана Юрьевна студент гр. ТТб-12-1, E-mail: svetik2008_93@mail.ru
Федорова Лидия Петровна старший преподаватель кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 40-51-35, E-mail: LidiyaFedorova@yandex.ru

«Важнейшая задача маркетинговых исследований - научить человека мыслить»
Джастин Менкес

В качестве объектом исследования является управленческий персонал предприятия, и учебно-образовательные учреждения, представляющие услуги по подготовке квалификации управленческого персонала предприятий. Теоретической основой исследования послужили соответствующие положения экономической теории, касающиеся трудовых ресурсов: управления персоналом, теории систем и главное маркетинговый подход к обучению персонала.

В этом подходе предусматривает: обогащение знаний и навыков руководителей, представления товара потребителя, рекламные ролики, стимулирование сбыта товара, продаж, размещение новой продукции, главной задачей является развитие рыночного мышления персонала компании в целом. Задачей этого подхода является обучения сотрудника способностям на основе анализа экономических данных вскрывать тенденции развития рынка и принимать решения относительно стратегии деятельности компании, взаимоотношений с клиентами, партнерами по бизнесу и сотрудниками.

В рассматриваемой подготовке управленческого персонала лежит концепция «специализированного обучения», главной целью является пе-

редача персоналу необходимые знания в рамках проведения краткосрочных и среднесрочных учебных курсов. Обучающий персонал получает квалифицированную и общеэкономическую подготовку, осваивая знания об основных концепциях, категориях и понятиях рыночной экономики. Для приобретений новых знаний и практических навыков, которые позволяют персоналу учитывать влияние маркетинга на принятие управленческих решений, воспринимая маркетинг как философию современного предпринимательства, должны знать: маркетинг, стратегию фирмы, логистику, правовое обеспечение менеджмента, бизнес-планирование и др. Важное имеют значения в области финансов, позволяющих сотрудникам анализировать и учитывать финансовые аспекты при принятии конкретных решений.

Для начала рассмотрим подготовку управленческого персонала в России, а затем для сравнения, за рубежом.

В России в конце XX в начале XXI в. Наблюдался рост доли специалистов по кадрам в общей численности управленческих работников. По результатам опроса руководителей кадровых служб ведущих предприятий Р.Ф. были определены следующие приоритетные направления кадровой политики: совершенствование оплаты труда и повышение квалификации кадров.

Для примера возьмем работу программы «Топ- Менеджер» в области бизнес –образования, по которому с 1991 г. в Академии народного хозяйства при правительстве Российской Федерации обучалось более 550 руководителей высшего звена управления, показывает, что именно такой подход к корпоративной подготовке обеспечивает предпосылки для эффективного развития компаний. Опыт программы «Топ- Менеджер», ее содержание (MBA, Master of Business Administration) позволяет ей осуществлять подобные обучающие проекты. Проведение программ корпоративного обучения имеет свою специфику. Должно обеспечивать согласование личных и организационных потребностей в обучении с особенностями компании. Персонал компании обязан изучить: определение задач, которые компания ставит перед собой и надеется решить с помощью обучения персонала; анализ ограничений, которые возникают при массовом «отрыве» от непосредственной деятельности многих специалистов одной компании одновременно; выявление собственно специфики бизнеса, которым занимается компания.

В обществе сейчас спорят о переосмыслении основ экономики, психологии и старых стереотипов. За рубежом давно осознан тот факт, что только исполнительность не может восполнить собой весь набор необходимых качеств работников. «Людьми надо научиться управлять, а не править», говорил известный бизнесмен Альберт Гетти. Это означает, что нужно научиться видеть в каждом человеке не только то, что растворяет, его среди других, но и выделяет. Только так можно получить от индивида то, что

вам не обходимо, и не в коем случае нельзя подавлять индивидуальность в человеке, не приведёт ни к чему хорошему.

За рубежом на предприятиях человек рассматривается, как наивысшая ценность. В условиях развития научно-технического прогресса специалисты сделали вывод, что одним из основных компонентов эффективной работы предприятия является повышенное внимание к персоналу и методам управления их совместной деятельностью в условиях высокоавтоматизированных технологий. Следовательно выделяем основные концепции управления персоналом:

- капитал вкладывается не только в технологию, но и в кадры;
- координация активности сотрудников обеспечивается через взаимопонимание и средства коммуникации;
- необходимо совместное решение проблем коллективом.

Можно так же выделить особенности управления персоналом, которые на протяжении нескольких лет становятся все более универсальными и принимаемыми в практике мировых компаний:

- широкое применение внешних консультационных и посреднических фирм, работающих с организационными подразделениями служб управления персоналом;
- делегирование полномочий и ответственности по выполнению функций управления персоналом;
- формирование международной школы управления персоналом.

На примере США рассмотрим систему подготовки управленческого персонала и повышение деловой квалификации.

В США существует около 150 краткосрочных курсов при школах бизнеса и университетах, которые обучают в год до 10 тыс. человек; рассчитаны в основном на 2-3 недели обучения, но иногда –и до двух лет. Расходы оплачиваются фирмами и составляют примерно 16 млрд.\$ в год. Вечерние курсы оплачиваются также за счет фирм и направлены на обучение высшего и среднего управленческого персонала. Американская ассоциация подготовки персонала проводит свыше 2000 семинаров и курсов, на которых обучаются до 100 тыс. персонала низшего и среднего звена. Например в учебном центре фирмы «Хегок» обучается 12 тыс. чел. в год. Крупные комплексы и свои программы обучения имеют фирмы «IBM», «Western Electric», «General Motors». Центры повышения квалификации при колледжах и университетах имеют свыше 400 фирм, где проводится специализированная подготовка по программам, разработанным фирмами-заказчиками. Вечерняя школа американского института мировой торговли проводит до 45 курсов в своих центрах; занятия проводятся 2-3 раза в неделю, всего от 15 до 30 занятий, при этом стоимость обучения колеблется от 80 до 500 \$ за курс. Как говорят за рубежом: «для приобретений высокой квалификации, любых денег не жалко!» Высокая квалификация персонала необходима для успешной работы. Так же программа в области пси-

хологии не мало важную роль играет в экономике. Она позволяет усвоить навыки формирования сплоченных групп. Обострение конкурентной борьбы требует от управленческого персонала не столько навыков, сколько постоянного нацеливание на поиск новых нестандартных путей решения беспрецедентных задач.

Итак, из всего выше сказанного приходим к выводу, что в каждой стране заботятся о своих подчинённых, предоставляют подготовку обучения в высших и средних специальных учебных заведениях и учебных центрах, но, к сожалению, значительно меньше внимание уделяют оценке кадров, развитию информирования персонала, проблемам его продвижения по службе.

Список использованной литературы

1. Бизнес-цитатник www.business-citation.ru
2. Системность подготовки управленческих кадров www.cyberleninka.ru//article/n/.
3. Традиционная модель подготовки управленческого персонала в Р.Ф.
4. www.top-personal.ru/issue/
5. www.irbis.vegy.ru/ Оценка и подготовка управленческих кадров за рубежом

Маркетинг как функция управления персоналом (производством)

О.Н. Праскова, Л.П. Федорова

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

Аннотация: Составной частью управления предприятием является управление персоналом, которое должно быть направлено как на удовлетворение запросов предприятия, так и на удовлетворение интересов его сотрудников и общества в целом. Основная особенность персонала в том, что помимо выполнения производственных функций, работники предприятия являются активной составляющей производственного процесса.

Ключевые слова: маркетинг персонала, потребность, потенциал, персонал, управление.

Праскова Ольга Николаевна студент гр. ТТб-12-1, E-mail: olga.praskova@tl-istu.com
Федорова Лидия Петровна старший преподаватель кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 40-51-35, E-mail: LidiyaFedorova@yandex.ru

Маркетинг (с англ. “market”-рынок) – это рыночная концепция управления научно-технической и производственно-сбытовой деятельностью предприятия.

Профессор международного маркетинга в США Филипп Котлер дал такое определение маркетинга: маркетинг - вид человеческой деятельности, направленной на удовлетворение нужд и потребностей посредством обмена [1]. Основной целью маркетинга, которую сформулировал американский ученый Питер Друкер, является хорошо познать и понять клиента так, что товар или услуга будут точно подходить клиенту и продавать себя сами.

Стратегический потенциал производства, с помощью которого возможно решение конкретных целевых задач, образуют человеческие ресурсы. Управленческая деятельность, направленная на долговременное обеспечение организации человеческими ресурсами является маркетинг персонала. Он включает в себя следующие понятийные элементы:

- маркетинг как основной принцип управления, ориентированного на рынок;
- маркетинг как метод систематизированного поиска решений. Через использование современных методов исследования рынка формируется база данных, как для стратегических, так и для оперативных решений;

- маркетинг как средство достижения конкурентных преимуществ. Ориентированная и целенаправленная коммуникативная политика решают стратегическую задачу по предоставлению на рынке собственной организации как конкурентоспособной и привлекательной [2].

Для того, чтобы определить состав и содержание задач маркетинга персонала выделяют два основных принципа:

- первый принцип;
- второй принцип.

Первый принцип рассматривает задачи маркетинга персонала в широком смысле. В данном случае под маркетингом персонала понимается определенная философия и стратегия управления человеческими ресурсами. В качестве внешних и внутренних клиентов организации рассматривается персонал. Целью такого маркетинга является оптимальное использование кадровых ресурсов путем создания максимально благоприятных условий труда, которые содействуют повышению его эффективности, развитию в каждом сотруднике партнерского и лояльного отношения к предприятию. Принцип маркетинга персонала в его широком толковании опирается на рыночное мышление, что отличает его от традиционных административных концепций управления кадрами [2].

Второй принцип рассматривает понятие маркетинга персонала в более узком смысле, а точнее как особую функцию службы управления персоналом. Эта функция направлена на выявление и покрытие потребности предприятия в кадровых ресурсах. В узком смысле маркетинг персонала предполагает выделение определенной специфической деятельности службы управления персоналом, причем эта деятельность обособлена от других направлений работы кадровой службы.

Исходную информацию для определения направлений маркетинговой деятельности, формирования плана маркетинга персонала и мероприятий по его реализации дает анализ внешних и внутренних факторов. Это и является отправной точкой маркетинговой деятельности. К внешним факторам, которые определяют содержание маркетинга персонала, относят следующие факторы, представленные в таблице 1.

Основными составляющими маркетинга персонала являются:

- разработка качественных требований к персоналу;
- определение количественной и качественной потребности в персонале;
- расчет затрат на приобретение и дальнейшее использование персонала;
- выбор путей покрытия потребности в персонале;
- деловая оценка персонала;

- анализ и контроль эффективности распределения трудовых ресурсов организации по должностным позициям.

Таблица 1

Наименование фактора	Характеристика фактора
Общэкономическая ситуация и состояние отрасли деятельности	Анализ данного фактора показывает тенденции экономического развития, конкурентную ситуацию, взаимодействие с профсоюзами, ситуацию в области образования
Развитие технологий	Определяет изменение характера и содержание труда, его предметной направленности, что в свою очередь, формирует изменение требований к специальностям и рабочим местам, подготовке и переподготовке персонала
Особенности социальных потребностей	Учет данного фактора позволяет представить структуру мотивационного ядра потенциальных сотрудников организации определяемую характером складывающихся в заданный момент времени общественных, производственных отношений
Развитие законодательства	При решении вопросов персонал – маркетинга следует учитывать вопросы трудового законодательства, его возможного изменения в обозримом периоде времени, особенности законодательства в области охраны труда, занятости и т.п.
Кадровая политика организаций конкурентов	Изучение форм и методов работы с кадрами в организациях-конкурентах с целью выработки собственной стратегии поведения, направленной на изменение кадровой политики

Одним из важнейших направлений в маркетинге персонала является определение потребности в персонале, позволяющее установить на заданный период времени качественный и количественный состав персонала.

Следует различать качественную и количественную потребность в персонале. Оба эти вида потребности в практике планирования численности рассчитывают в единстве и взаимосвязи.

Качественная потребность – это потребность по категориям, профессиям, специальностям, уровню квалификационных требований к персоналу. Расчет качественной потребности сопровождается одновременным

расчетом количества персонала по каждому критерию качественной потребности

Задача определения количественной потребности в персонале сводится как к выбору метода расчета численности сотрудников, так и к установлению исходных данных для расчета и непосредственному расчету необходимой численности работников на определенный временной период.

Таким образом, маркетинг персонала становится одним из важнейших факторов выживания предприятий в условиях рыночных отношений. Порой минимальные вложения и максимальное использование человеческих ресурсов позволяют предприятию выиграть в конкурентной борьбе. Центры управления персоналом необходимы на каждом более или менее крупном предприятии, а роль руководителя этой службы возрастает. Он становится одним из основных руководителей современного предприятия или фирмы.

Список использованной литературы

1. Центр управления финансами. Функции маркетинга: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://center-yf.ru/data/Marketologu/Funkcii-marketinga.php>

2. Маркетинг персонала: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vsempomogu.ru/economika/marketing/80-10.html>

3. Волкова Наталья. Маркетинг персонала: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cfin.ru/encycl/personal_marketing.shtml

4. Основные функции управления персоналом: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.30n.ru/5/1.html>

Обзор методов укрепления грунтов оснований дорожных одежд автомобильных дорог и улично-дорожных сетей населенных пунктов

Н.А. Слободчикова, К.В. Плюта, А.А. Дзогий

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматриваются методы укрепления грунтов как эффективный и экономичный подход к строительству, реконструкции и ремонту автомобильных дорог и улично-дорожных сетей населенных пунктов. Данные методы предусматривают использование местных каменных материалов и грунтов, обработанных органическими, неорганическими или комплексными вяжущими для увеличения прочности, повышения морозо- и водостойкости и улучшения других физико-механических свойств.

Ключевые слова: автомобильные дороги; укрепление грунтов; укрепление каменных материалов; органические вяжущие; неорганические вяжущие; комплексные вяжущие.

Слободчикова Надежда Анатольевна, к.т.н., доцент кафедры автомобильных дорог ИрНТУ, тел.: 89025771417, e-mail: nslobodchikova@rambler.ru

Плюта Ксения Викторовна, студентка гр. АДб-12-1, тел.: 89041480883, e-mail: kv_plyuta@mail.ru

Дзогий Александр Александрович, студент гр. АДб-12-1, тел.: 89647344171, e-mail: a_dzogii93@mail.ru

Актуальность использования укрепленных грунтов в настоящее время обусловлена увеличивающимися объемами строительства автомобильных дорог, в том числе в восточной части страны и дефицитом высокопрочных каменных материалов. Большая часть Российской Федерации лишена высокопрочных каменных материалов, и дорожное строительство в ее пределах базируется на применении этих материалов, доставляемых из горной части страны или зарубежья. Значительные затраты на транспортирование материалов вызывают увеличение общей стоимости строительства автомобильных дорог [1].

Укрепление грунтов – эффективный подход к строительству, реконструкции и ремонту автомобильных дорог и улично-дорожных сетей населенных пунктов, предусматривает использование местных каменных материалов и грунтов, взамен дорогих высокопрочных каменных материалов, входящих в составы смесей для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. Обобщение результатов наблюдений за эксплуатируемыми конструкциями дорожных одежд со слоями из укрепленных грунтов и каменных материалов в районах с неблагоприятными природными и гидрогеологическими условиями показали их существенное преимущество по

сравнению с конструкциями дорожных одежд со слоями из высокопрочных каменных материалов[4]. При устройстве слоев оснований из укрепленных грунтов, поступление влаги к грунту земляного полотна, сверху через дорожную одежду, практически исключается. В результате чего, влажность верхней части земляного полотна всегда бывает меньше, чем при устройстве традиционных щебеночных оснований на дренирующем песчаном слое. Вследствие хорошей распределяющей способности слоев из укрепленных грунтов ровность покрытий на таких основаниях обычно лучше, чем на щебеночном или гравийном основании. Преимущества эти заключаются в более длительном сохранении ровности покрытия, особенно при интенсивном морозном пучении грунтов земляного полотна. Наличие укрепленных слоев, особенно грунта рабочего слоя земляного полотна и морозозащитного слоя, полностью предотвращает смешение материала основания с материалами нижележащего слоя, улучшает условия уплотнения вышележащих слоев и обеспечивает достижение высокой ровности их поверхностировность покрытия [2].

В строительной практике методы укрепления грунтов классифицируются согласно таблице 1.

Таблица 1 – Классификация методов укрепления грунтов

<i>Метод</i>	<i>Применяемые материалы и способы воздействия</i>
Укрепление гранулометрическими добавками	Щебень, гравий, песок, шлаки, глины, суглинки
Укрепление органическими вяжущими	Битумы твёрдые и жидкие, дёгти, битумные и дегтевые эмульсии и пасты, синтетические смолы, древесные пески и др.
Укрепление минеральными вяжущими материалами	Цемент, известь, силикат натрия (жидкое стекло)
Термическая обработка	Местное топливо (дрова, уголь, электрический ток, газ)
Укрепление соевыми растворами	Хлористый кальций, хлористый натрий и др.
Электрохимические обработки	Электрический постоянный ток (с применением электролитов)
Комплексные методы	Органические и минеральные вяжущие с гранулометрическими добавками, органические вяжущие с активными добавками и т. д.

Укрепление грунтов представляет собой весьма сложный процесс, идущий во времени и включающий в себя разнообразное взаимодействие постоянно и временно действующих факторов.

Постоянно действующими факторами являются минералогический и химический составы укрепляемых грунтов и применяемых для этих целей вяжущих материалов, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и др. Степень дисперсности, т.е. гранулометрический состав грунта, твердых порошкообразных вяжущих и вносимых в грунт добавок (зол уноса, шлаков и др.), также играет важную роль [3].

Временно действующими факторами являются все технологические операции, выполняемые при обработке грунтов, укладке и уплотнении готовой смеси, а также способы ухода за уплотненным слоем укрепленного грунта.

Особенность автомобильных дорог и улично-дорожных сетей населенных пунктов состоит в их большой зависимости от климатических, грунтовых и гидрогеологических условий местности. Специфика строительства заключается в использовании огромного объема различных материалов и грунтов. Каждый из методов имеет свои специфические особенности, как по эффективности воздействия на грунт, так и по условиям технологии работ [4].

В дорожном строительстве методы укрепления грунтов с позиции, применяемого вяжущего можно подразделить: укрепление грунтов органическими вяжущими, укрепление грунтов неорганическими вяжущими и укрепление грунтов комплексными вяжущими.

В качестве органических вяжущих для приготовления укрепленных грунтов применяют битумы нефтяные дорожные жидкие и эмульсии битумные дорожные. Допускается использование других органических вяжущих (вспененного битума, карбамидоформальдегидных смол, битумных паст, высокосмолистой нефти и т.п.), удовлетворяющих требованиям действующих нормативных документов и обеспечивающих получение укрепленных грунтов в соответствии с требованиями существующего стандарта. Для устройства несущих слоев оснований не допускается использование жидких битумов без активных добавок.

При выборе вяжущего необходимо учитывать исходную горную породу минеральных материалов, так, например, кислые породы целесообразнее укреплять известью, а основные – цементом. Уменьшение расхода цемента способствует введению тонкомолотого основного доменного шлака, сланцевой золы, опоки, известково-мергелистых конкреций, малопрочных известняков, горелой породы, зол ТЭЦ и других материалов, обладающих собственной вяжущей способностью [5].

Существенным преимуществом укрепления местных каменных материалов неорганическими вяжущими является их способность пробуждать и усиливать собственную вяжущую способность. При этом эффективно используются мелкие составляющие, которые активно взаимодействуют с неорганическим вяжущим, превращая минеральные частицы различной

величины и формы в жесткий монолит, характеризующийся хорошей сдвигоустойчивостью и распределяющей способностью [1].

Комплексное вяжущее состоит из основного компонента и активатора твердения. В качестве основного компонента как правило используются слабоактивные и активные шлаки черной металлургии и шлаки фосфорные по ГОСТ 3344-83 [6], основные золы уноса по ГОСТ 25818-91 [7], бокситовые и нефелиновые шламы; в качестве активаторов твердения - портландцемент, шлакопортландцемент марок по прочности не ниже 400 по ГОСТ 10178-85 [8], известь строительную 1-го и 2-го сортов по ГОСТ 9179-77 [9], гипс строительный марок не ниже Г10 по ГОСТ 125-79 [10].

Технологии укрепления и стабилизации грунтов широко применяются по всему миру уже множество десятилетий, и показали значительное преимущество по сравнению с различными аналогами.

Для строительства основания дорожной одежды – стабилизация и укрепление грунта во многих случаях является наиболее выгодным и оперативным способом решения вопроса по многим экономическим критериям. Стабилизация грунтов вяжущими веществами помогает увеличить прочность местных грунтов, повысить их морозо- и водостойкость, улучшить физико-механические свойства грунтов. Преимуществом данного метода является также то, что благодаря появлению новой специализированной техники и уникальных добавок он позволяет значительно упростить и ускорить процесс выполнения работ, сократить стоимость и сроки строительства и одновременно обеспечить получение оснований и покрытий с более длительным сроком сохранения их несущей способности и ровности [11].

Список использованной литературы

1. Автомобильные дороги и мосты /Федеральное дорожное агентство министерства транспорта Российской Федерации ;Федеральное государственное унитарное предприятие «ИНФОРМАВТОДОР». – М., 2007. – Вып.3: Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами : обзор. инф. – 66 с.

2. Стабилизация дорожного покрытия переходного типа на автомобильной дороге «Няндом-Шестиозерский» в Няндомском районе Архангельской области [Электронный ресурс]: ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ ПО ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ. – Режим доступа: http://ador.ru/data/files/docs/innovations_05.pdf (дата обращения: 10.03.2015)

3. Путилин Е.И. Размельчение глинистых грунтов и влияние агрегатного состава на физико-механические свойства этих грунтов, укрепленных вяжущими материалами : тр. / Союздорнии М 1968 Вып. 25

4. Связующие для укрепления грунтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroy-server.ru/notes/svyazuyushchie-dlya-ukrepleniya-gruntov> (дата обращения: 14.03.2015)
5. Особенности и способы укрепления каменных материалов неорганическими вяжущими [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroj-archive.ru/dorozhnye-materialy/123-osobennosti-i-sposoby-ukrepleniya-kamennyh-materialov-neorganicheskimi-vyazhuschimi.html> (дата обращения: 17.03.2015)
6. ГОСТ 3344-83 Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.yondi.ru/inner_c_article_id_851.phtm (дата обращения: 11.03.2015)
7. ГОСТ 25818-91 Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.yondi.ru/inner_c_article_id_565.phtm (дата обращения: 11.03.2015)
8. ГОСТ 10178-85 ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ И ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vashdom.ru/gost/10178-85/> (дата обращения: 15.03.2015)
9. ГОСТ 9179-77 Известь строительная. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/33/33528.shtml> (дата обращения: 17.03.2015)
10. ТУ 5740-036-01393697-2000. Устройство конструктивных слоев дорожных и аэродромных одежд с использованием ангидрита-силикатного вяжущего (АСВ). - Балашиха: Союздорнии, 2000.
11. Технология укрепления и стабилизации грунта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://globus-nerud.com/stroitelnye_uslugi/stabilization_soils/ (дата обращения 15.03.2015)

Предложение по развитию сети улиц успокоенного движения в центре г.Иркутска

В.В. Яворская, С.Л. Чикалина

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

В статье рассматривается использование методики многомерного статистического анализа для функциональной классификации улиц центра г. Иркутска с последующим выделением пешеходных зон и границ зон успокоения движения.

Ключевые слова: пешеходные зоны, зоны успокоения движения, кластерный анализ

Чикалина Светлана Леонидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, e-mail: chikalinasveta@gmail.com

Яворская Валентина Владимировна, магистрант гр. ЛМБ-13, e-mail: valentina.yavorskaya@tl-istu.com

На сегодняшний день уровень организации дорожного движения в центральной части г. Иркутска, так же, как и в городе в целом, оставляет желать лучшего. Это обусловлено тем, что через центральную часть города проходят транзитные потоки транспорта. Пропускная способность магистралей исчерпана, центр города перегружен транспортом, так же сказывается отсутствие мест для парковок. А вместе с тем, в центре сосредоточено большое количество объектов массового тяготения населения: офисы, мед. учреждения, вузы, специализированные магазины, кафе, рестораны, торгово-развлекательные центры и др., что обуславливает большое количество пешеходов на улицах. Вследствие чего возникают конфликты между пешеходами и автомобилистами. Передвижения пешеходов в центре города не упорядочены и не безопасны.

Обеспечение удобства и безопасности движения пешеходов является одним из наиболее важных и вместе с тем до сих пор недостаточно проработанным вопросом. Внимание организаторов движения направлено главным образом на обеспечение движения транспортных средств и зачастую не уделяется достаточного внимания условиям пешеходного движения.

Практика применения пешеходных зон и зон успокоения движения в зарубежных странах показывает эффективность применения этих зон для уменьшения количества и тяжести ДТП, повышения безопасности движения пешеходов. В США, Канаде, Великобритании и др. странах создаются и успешно применяются рекомендации и руководства для создания таких зон.

Пешеходная зона – это городская территория исключительно для пешеходного движения, где запрещено передвижение на автотранспортных средствах, за исключением автомобилей спецслужб, коммунальной техники, маршрутного транспорта, транспорта для инвалидов, а также обслуживание магазинов (при отсутствии альтернативного маршрута) [2].

В центре г. Иркутска преимущественно старая и довольно плотная застройка, в которой сосредоточено большое количество мест массового тяготения пешеходов. Опыт большинства зарубежных стран показывает необходимость в том, чтобы закрывать или резко ограничивать движение транспортных средств на отдельных улицах в центре города, создавая тем самым бестранспортную зону. При этом пешеходы беспрепятственно движутся по тротуарам и проезжей части. При организации пешеходных зон движение транспортных средств исключают полностью, либо вводят ограничение на определенное время суток [2].

При создании пешеходных зон основные транспортные потоки перераспределяют на другие параллельные пути и обходы, так же необходимо обеспечивать подъезд жителей к домам на личных автомобилях, обеспечить пути подвоза товаров и грузов к объектам пешеходной зоны, учесть пешеходную доступность до остановок общественного транспорта, обустройство стоянок по периферии пешеходных зон [1].

Еще один метод повышения безопасности пешеходного движения – это выделение зон успокоения движения.

Успокоение движения является «комбинацией физических мер, которые уменьшают негативный эффект использования автомобилей и улучшают условия для других пользователей улицы» [4].

При введении зон успокоения движения предполагается, что обслуживание транспортных потоков будет осуществляться другими участками и элементами УДС. Обслуживание зон в основном обеспечивается общественным транспортом, который получает приоритет.

Применение зон успокоения движения снижает негативный эффект от автотранспорта, создает благоприятные условия для пешеходов и велосипедистов [3].

Обеспечение приоритета движения пешеходов и велосипедистов, а также снижение скорости движения транспортных средств достигается путем организации пространства улиц, их благоустройства и дизайна.

В основу разработки функциональной классификации улиц центра г. Иркутска была взята методика применения многомерного статистического анализа [1]. Для выполнения кластерного анализа, использован метод Уорда [1].

С учетом выбранного метода кластерного анализа были взяты следующие этапы выделения пешеходных зон и зон успокоения движения в центре г. Иркутска:

1) анализ состояния движения пешеходов в центральной части города; сбор исходных данных (параметры использования застройки) и обследование ОДД (тротуары, проезжая часть, парковки);

2) выбор критериев зонирования и определение их числовых значений на каждом из объектов обследования, выбор параметров, по которым будет осуществляться многомерный анализ;

3) разделение исходного множества объектов наблюдения (улиц центра) на кластеры (функциональные классы улиц); проверка корреляции между значением параметров и уменьшением размерности задачи; выполнение кластерного анализа;

4) анализ полученных классов и выделение групп улиц с одинаковыми параметрами (в том числе получение сетки пешеходных улиц и улиц с внедряемым успокоением движения);

5) установление границ зон успокоения движения и пешеходных зон.

Основные параметры классификации улиц: интенсивность транспортных потоков, маршрутного транспорта, доля общественного транспорта в транспортных потоках, интенсивность пешеходных потоков, количество паркуемых транспортных средств, площади торговых объектов.

Методика обследования УДС центральной части г. Иркутска:

1) Обследование интенсивности движения с определением состава транспортных потоков;

2) Обследование интенсивности движения пешеходов на тротуарах и переходах;

3) Обследование стоянок (уличные и внеуличные, общие и приобъектные);

4) Сбор данных о характеристике торговых объектов.

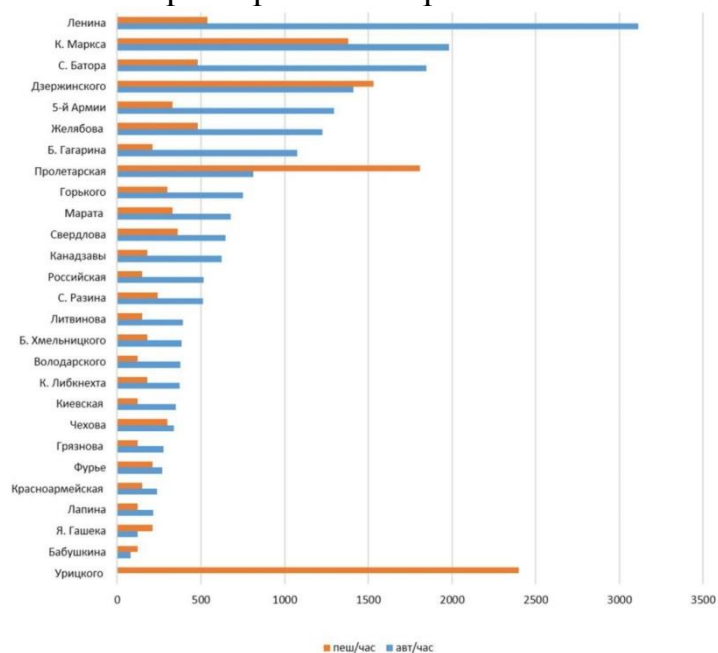
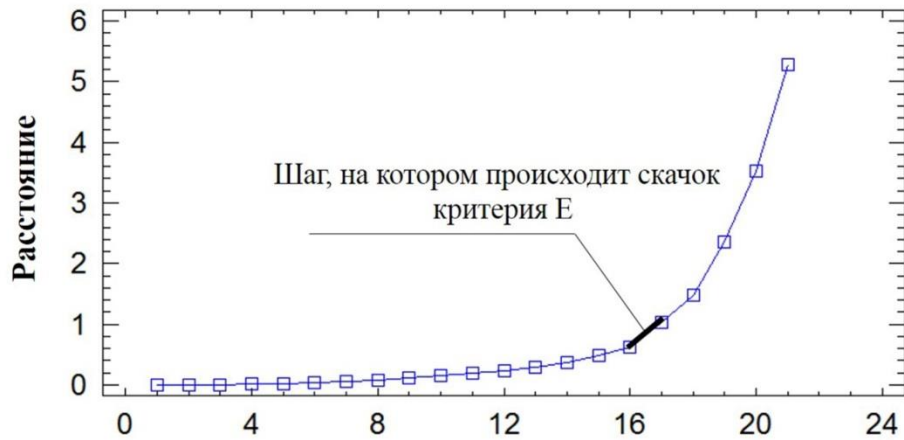
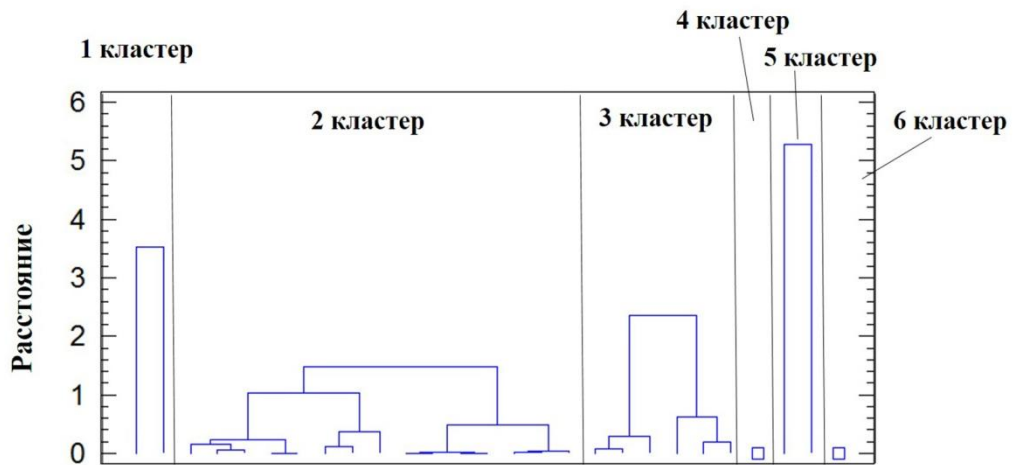


Рисунок 1 – Интенсивность движения транспорта и пешеходов на улицах в центре г. Иркутска

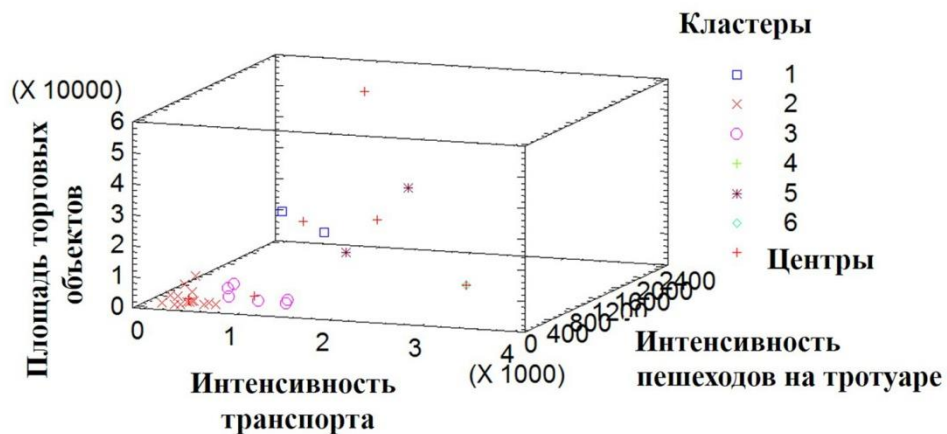
На основе полученных данных выполняется многомерный статистический анализ, в ходе которого определяется оптимальное количество кластеров, на основе которых формируется классификация улиц и выделяются пешеходные зоны и зоны успокоения движения.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Результаты кластерного анализа: а) расстояние агломераций; б) дендограмма; в) принадлежность к кластерам

Анализ полученных кластеров позволяет выделить следующие классы улиц:

- 1 и 2 кластер – городские бульвары;
- 3 кластер – магистральные улицы;
- 4 кластер – второстепенные улицы;
- 5 кластер – пешеходные улицы;
- 6 кластер – парковочные улицы.

На основе многомерного статистического анализа выделены границы зон успокоения движения и пешеходных зон:

- 1) улицы К. Маркса и Дзержинского – городские бульвары;
- 2) улица Урицкого – пешеходная зона;
- 3) улицы Литвинова и Фурье – улицы-парковки;
- 4) сеть местных улиц (между ул. Ленина и Б. Гагарина) – зона успокоения движения.

Список использованной литературы

1. Боровиков В.П. Популярное введение в программу Statistica. КомпьютерПресс, 1998 – 267 с.
2. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов.– 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
3. Куприянова А.Б., Михайлов А.Ю.К вопросу об успокоении движения в центрах крупных городов. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 6 (53). С. 65-69.
4. Официальный сайт института транспортных инженеров (ИТЕ) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ite.org/traffic/tcstate.htm>.

СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК

Устройство для укрепления откосов дорог на базе автогрейдера.

М.В. Бабков, А.В. Захаренко.

НИ Иркутский государственный технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Аннотация – Описано устройство, предназначенное для укрепления торфо-песчаной смесью откосов дорог.

Ключевые слова: укрепление откосов; торфо-песчаная смесь; шнековый транспортер; автогрейдер.

Бабков Михаил Викторович, аспирант кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел.: 89501402078

Захаренко Анатолий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел.: 89148849742

Укрепление песчаных и супесчаных участков откосов выемок и насыпей с целью предотвращения водной и ветровой эрозии является одной из актуальных проблем. Типы конструктивных решений по укреплению откосов автомобильных дорог отличаются большим разнообразием. Для обеспечения эрозионной устойчивости откосов разработано более 20 видов укреплений, которые выполняются частично вручную, частично механизированным способом [1]. Общая тенденция проектных решений по применению для укрепления откосов методов и конструкций индустриального типа - стремление к максимальной механизации процесса укрепительных работ [2].

Перечислим некоторые типы укреплений откосов [3]:

- природными породами, например, глиной или глинобетоном, каменной наброской;
- деревянными конструкциями;
- бетонными и железобетонными плитами;
- габионами;
- геосинтетическими материалами;
- механизированным посевом трав;
- торфо-песчаной смесью.

Наиболее распространённым является метод укрепления откосов торфо-песчаной смесью (рис.1). Также этот метод имеет существенный недо-

статок, такой как, использование большой доли ручного труда при укреплении длинных откосов.

Торфо-песчаная смесь с последующим засевом травами применяется при укреплении откосов земляного полотна в районах, где растительный грунт представлен почвами, в биологическом отношении малопригодными для произрастания трав, или там, где растительный грунт дефицитен.

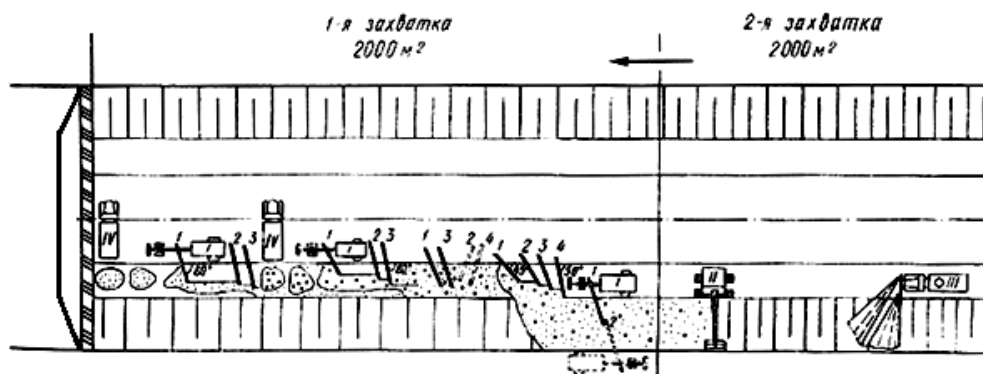


Рисунок 1 - Схема организации и производства работ

Операции, выполняемые на захватках:

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.

Проанализировав основные методы, были найдены недостатки в методе укрепления откосов торфо-песчаной смесью, такие как, низкая производительность и использование большой доли ручного труда при укреплении откосов, длина которых превышает максимальный вылет рабочего

оборудования машины (автогрейдер, экскаватор). В связи с этим проведён обзор и анализ патентных решений и предложено устройство для укрепления откосов дорог [4]. Наиболее подходящими по назначению являются автогрейдер и шнековый транспортер, но они тоже имеют ряд недостатков.

Недостатками автогрейдера являются небольшой вылет рабочего органа (длина укрепляемого откоса зависит от максимального вылета рабочего оборудования), укрепление откосов происходит за несколько проходов машины (увеличиваются затраты времени).

Недостатками шнекового транспортера являются отсутствие базовой машины, и невозможность укладки слоя торфо-песчаной смеси заданной толщины.

Описание устройства (рис.2,3).

На базе автогрейдера 1 закреплено устройство 2 для укрепления откосов дорог, состоящее из шнека 3, закрепленного в перевернутом желобе 4 U-образного сечения. В начале желоба имеется загрузочное отверстие 5 для подачи торфо-песчаной смеси. Шнек 3 приводится в движение гидромотором 6 через соединительные муфты, на концах шнека 3 закреплены подшипники 7. Устройство 2 подвешено на тяговой раме 8 автогрейдера 1 (вместо промежуточного отвала), на хребтовой раме 9 которого имеется поворотная обойма 10 для изменения угла расположения устройства 2. Главным отличием шнека 3 от аналогов является наличие перемешивающих лопаток 11, назначение которых придавать однородность торфо-песчаной смеси. Длина устройства 3-4 м (в зависимости от габаритов автогрейдера). Для откосов большей длины было решено использовать фланцевое соединение 12 нескольких секций желоба 4 с шнеком 3. На дополнительные секции 13 монтируются опорные колеса 14, необходимые для устранения прогиба устройства 2 и выдерживания толщины укладываемого слоя смеси. Также в конструкции имеются стальные канаты (растяжки) 15 предназначенные для обеспечения жёсткости конструкции.

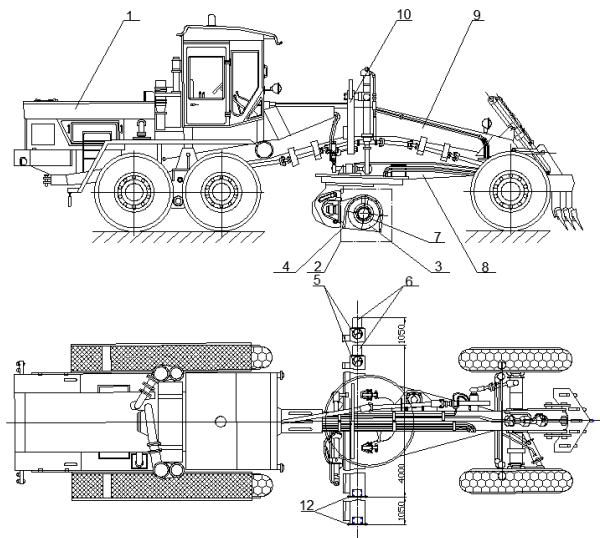


Рисунок 2 – Общий вид устройства на базе автогрейдера

Технология укрепления откосов дорог устройством заключается в следующем (рис.3).

Автогрейдер 1 с устройством 2 для укрепления откосов располагают так, чтобы ходовая часть находилась параллельно откосу. Машинист автогрейдера 1 поворачивает тяговую раму 8 и направляет устройство 2 на поверхность откоса. Устройство 2 находится в подвешенном состоянии на требуемом расстоянии от поверхности откоса. Если откос превышает длину устройства 2, то монтируются дополнительные секции 13 желоба 4 с шнеком 3. Самосвал, снабженный разгрузчиком, стыкуется с загрузочным отверстием 5 устройства 2 и подаёт в него торфо-песчаную смесь. Машинист автогрейдера 1 запускает гидромотор 6, который приводит во вращение шнек 3. Смесь перемешивается лопатками 11 шнека 3 и укладывается на поверхность откоса. По мере заполнения поверхности откоса, автогрейдер 1 движется и планирует откос желобом 4 устройства 2. В результате получается ровный и однородный слой торфо-песчаной смеси на поверхности откоса. Также можно заранее добавлять семена различных трав в торфо-песчаную смесь для достижения наилучшего эстетичного вида поверхности откоса, когда трава прорастет. Еще один вариант укрепления – на первый слой торфо-песчаной смеси с семенами трав уложить геосинтетические маты или решетки и сверху нанести второй слой торфо-песчаной смеси.

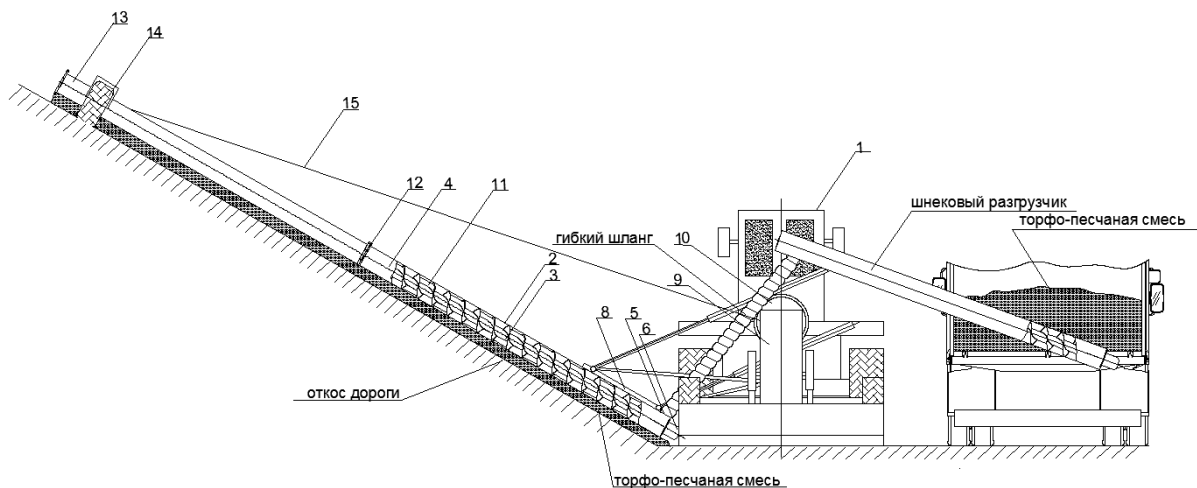


Рисунок 3 – Схема технологии укрепления откосов дорог устройством на базе автогрейдера

Метод укрепления откосов дорог устройством на базе автогрейдера даёт лучший результат и защиту поверхности откосов от водной и ветровой эрозии по сравнению с известными методами укрепления откосов.

Список использованной литературы

1. Львович Ю.М., Мотылев Ю.Л. Укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1979. – 159с.
2. Волкова Е.В., Козлова М.Н., Волков Н.С. Проектирование автомобильных дорог с использованием современных автоматизированных средств // Вестник ИрГТУ. 2011. № 6. С. 45 –50.
3. Кравченко И.М., Суходуб Е.Н. Укрепление откосов насыпей и выемок при строительстве автомобильных дорог. Технологические карты. – Киев: Будивельник, 1990.
4. <http://www.fips.ru/>

Современные методы диагностирования аксиально-поршневых гидронасосов

Д. С. Бирюков, А.Н. Стрельников

Национальный Исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Представлены различные методы диагностирования гидронасосов, для получения более полной информации о состоянии регулируемых гидронасосов, необходима модернизация статопараметрического метода, который включает в себя диагностику не только силового контура насоса, но и диагностику контура управления.

Ключевые слова: давление, температура, рабочий объем, диагностика

Бирюков Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел.: 89086600835, e-mail: 600835@mail.ru

Стрельников Александр Николаевич, к.т.н., доцент кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел.: 40-51-34

Техническая диагностика - отрасль научно-технических знаний, сущность которой составляют теория, методы и средства обнаружения и поиска дефектов объектов технической природы. Под дефектом следует понимать любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым его свойствам. Обнаружение дефекта есть установление факта его наличия или отсутствия в объекте. Поиск дефекта заключается в указании с определенной точностью его местоположения в объекте.



Рисунок 1 – Классификационная схема методов контроля гидроприводов

Достоверность оценки технического состояния гидроприводов зависит от совершенства методов их диагностирования. Существует достаточно большое разнообразие методов контроля изменяющихся при эксплуатации параметров гидравлических приводов. Эти методы обладают определенными преимуществами и недостатками. Выбор методов диагностирования существенно зависит от типа, назначения и условий эксплуатации приводов, а также от оснащенности эксплуатационных подразделений средствами диагностирования. На рис. 1 представлена классификационная схема основных методов контроля гидроприводов.

Методы контроля гидроприводов можно разделить на две большие группы: субъективные и объективные.

Субъективные методы основаны на индивидуальном восприятии процессов, происходящих в приводе. Они не предполагают измерения параметров функционирования систем.

Оценка технического состояния в этом случае осуществляется:

- визуальным осмотром
- прослушиванием
- «на ощупь»
- «по запаху»

Таким образом определяются:

- степень нагрева механизмов
- степень нагрева трубопроводов
- характер шумов и стуков
- места подтекания масла
- цвет масляного пятна, наносимого на фильтровальную бумагу
- вспенивание жидкости

Объективные методы основаны на использовании измерительных приборов и позволяют количественно измерять параметры технического состояния приводов. Зная предельные и допустимые значения параметров, можно прогнозировать потерю работоспособности отдельных узлов или гидропривода в целом и принимать соответствующие предупредительные меры.

Временной метод основан на измерении параметров движения исполнительных органов приводов, нагруженных внешним нормированным силовым воздействием. Разработан применительно к гидроприводам тракторов и строительно-дорожных машин для оценки общего состояния привода.

Техническое состояние оценивается, например, по времени подъема нормированного груза; по величине усадки поршня под действием груза при нейтральном положении золотника распределителя; по величине и скорости перемещения штоков при осуществлении эталонных технологи-

ческих процессов (перемещение детали, подъем ковша, подъем пустой платформы самосвала и т.д.)

Силовой метод основан на определении величины усилия, развиваемого исполнительным органом диагностируемой гидросистемы. Используется для оценки общего технического состояния, а также при испытаниях гидропривода навесного и технологического оборудования. Среди недостатков метода следует отметить низкую информативность и трудность применения из-за использования громоздких нагружающих устройств.

Метод амплитудно-фазовых характеристик основан на анализе волновых процессов изменения давления в напорной и сливной магистралях гидросистем на рабочих режимах. Режим нагружения системы может задаваться двумя способами: дросселированием жидкости в сливной магистрали; нагружением системы со стороны исполнительного органа. Метод позволяет оценить общее техническое состояние привода или локализовать неисправность. Наиболее эффективен в гидросистемах, работа которых сопровождается значительными колебаниями давления. Используется в основном для определения неисправностей аксиально-поршневых насосов.

Метод переходных характеристик основан на анализе реакции системы на изменение давления при переходных (неустановившихся) режимах работы. Существует несколько вариантов метода, когда техническое состояние гидропривода определяется:

- по характеру протекания переходных процессов;
- по скорости изменения давления в нагнетательной магистрали;
- по скорости падения давления.

Для оценки технического состояния гидропривода на основании характера протекания переходных процессов их возбуждают путем мгновенного перекрытия потока рабочей жидкости распределителем или краном управления. Диагностирование осуществляют по волновым диаграммам или переходным характеристикам.

Второе направление реализации метода переходных характеристик - оценка технического состояния гидроприводов тракторов и дорожно-строительных машин по скорости изменения давления в нагнетательной магистрали перед нагружателем.

Оценку технического состояния по скорости падения давления можно использовать, например, для диагностирования исполнительных цилиндров и распределителей. При достижении определенного давления в системе, насос с помощью распределителя отключается от привода.

Методы анализа состояния рабочей жидкости. Рабочая жидкость подвержена старению под воздействием таких факторов, как температура, давление, и просто время. В процессе эксплуатации их химический состав изменяется. Вследствие чего изменяются и свойства жидкостей, что в свою очередь приводит к нарушению режимов работы гидрооборудования, повышенному износу, потере мощности, снижению эффективности и т.п.

Метод основан на определении количества и состава продуктов износа, находящихся в рабочей жидкости, счетчиками частиц, микроскопами, спектральными анализаторами или специальными индикаторами. Используются методы спектрального и гранулометрического анализа

Виброакустический метод основан на анализе параметров вибраций и акустических шумов. Сущность метода заключается в следующем. Работа узлов и агрегатов привода сопровождается вибро- и гидроударными процессами или акустическими шумами, которые называют структурным шумом. По мере износа механизмов или при возникновении в них дефектов нарушаются кинематические связи между деталями, вследствие чего характер шума и вибраций изменяются. По мощности вибрации определяют зазор в сопряжении, так как с увеличением зазора резко возрастает интенсивность удара и мощность вибрации.

Тепловой метод основан на оценке распределения температуры на поверхностях узлов и агрегатов, а также перепадов температур циркулирующей рабочей жидкости, так как температура является мерой количества тепла, в которое превращается теряемая энергия. Метод универсальный. Может быть реализован с помощью накладных и встраиваемых датчиков. Нагрузка может создаваться дросселированием или самонагрузением.

Термодинамический метод диагностирования гидравлических машин основан на законе сохранения и превращения энергии, согласно которому подводимая к гидроагрегату (например, к насосу) механическая энергия преобразуется в энергию потока жидкости - тепловую, виброакустическую, электромагнитную и т.д.

Он может быть использован для определения полного КПД насосов и малых внутренних утечек в гидроагрегатах в процессе эксплуатации. Этот метод можно отнести и к методам нормированных параметров, так как в его основу положено определение КПД и сравнение с заданными в технической документации нормированными значениями.

Сущность метода заключается в контроле во время функционирования привода температуры и давления рабочей жидкости до и после диагностируемого агрегата. При этом предполагается, что все потери энергии в гидроагрегате уходят на нагрев рабочей жидкости, а отдача энергии в окружающую среду из-за нагрева корпуса агрегата незначительна.

Статопараметрический метод диагностирования, основан на измерении параметров установившегося задросселированного потока рабочей жидкости. В качестве диагностических используют такие параметры, как давление, расход, утечки рабочей жидкости, коэффициент подачи, объемный КПД. Этот метод позволяет оценивать объемный КПД, и по его величине прогнозировать состояние привода в целом, и его составных частей. Объемный КПД определяется по формуле:

$$\eta_0 = \frac{Q\phi}{Qt}$$

Q_{ϕ} - фактическая подача (расход) жидкости при номинальном давлении и номинальной частоте вращения; Q_m - теоретическая подача насоса при номинальной частоте вращения n_0 .

$$Q_m = q_n * n_{ном}$$

где q_n - рабочий объем гидромашины.

В течение срока эксплуатации гидронасосов вследствие износа увеличиваются зазоры между деталями. Увеличение зазоров приводит к увеличению утечек в гидрооборудовании при наличии большой разницы давлений на выходе, и на входе в диагностируемый гидронасос. При небольшой разнице в давлениях утечки в гидронасосе с большим сроком эксплуатации почти не отличаются от утечек в новом гидрооборудовании

Диагностика гидроприводов строительных машин позволяет с минимальными затратами определить техническое состояние гидропривода, установить дефект и его местоположение. На сегодняшний день с учетом преобладания импортной техники в строительстве, диагностика гидроагрегатов требует более точную информацию о техническом состоянии регулируемых гидронасосов. Перспективным направлением является усовершенствование статопараметрического метода для диагностики регулируемых одно-двух поточных гидронасосов. Использование этого метода на специализированном стенде позволяет одновременно проводить диагностику, обкатку и испытание. Модернизация данного метода позволит нам проводить диагностику силового контура отдельно от контура управления. Что существенно повышает качество полученного результата, о техническом состоянии гидронасоса.

Список использованной литературы

1. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидрорепневмопривод. МГИУ, Москва, 2007 – 345 стр.
2. Наземцев А.С., Рыбальченко Д.Е. Гидравлические приводы и системы. Форум, Москва, 2007 – 304 стр.
3. Зедгенизов В.Г., Коломиец А.Н., Стрельников А.Н. Математическое моделирование процесса диагностирования аксиально-поршневого гидронасоса с регулятором мощности. Вестник ИрГТУ №4, Иркутск, 2007
4. Диагностика технического состояния гидропривода мобильных машин
http://www.os1.ru/article/service/2008_03_A_2008_11_13-20_40_02/
5. Свободная энциклопедия Википедия
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Гидропривод>

Радиально-поршневая гидромашина с фазово-объемным регулированием подачи и режимом амплитудной модуляции для приводов сейсмоиспытательных платформ

А.А. Бурлакова, А.И. Нижегородов

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматривается новая конструкция радиально-поршневой гидромашины с фазово-объемным регулированием подачи и режимом амплитудной модуляции. Приводятся расчетные формулы для определения ее параметров и параметров колебаний возбуждаемой испытательной платформы.

Ключевые слова: радиально-поршневая гидромашина, фазово-объемное регулирование подачи, режим амплитудной модуляции, испытательная платформа.

Бурлакова Анастасия Андреевна, студентка гр. НКб-12-1, тел. 8-914-953-03-21.
Нижегородов Анатолий Иванович, доктор технических наук, зав. кафедрой строительных, дорожные машины и гидравлические системы, тел. 8-914-906-12-28.

Для привода вибростендов для испытаний макетов и фрагментов зданий на сейсмостойкость может быть использована радиально-поршневая гидромашина с фазово-объемным регулированием подачи и режимом амплитудной модуляции.

На рис. 1, 2 и 3 показана радиально-поршневая гидромашина, содержащая фазово-объемный регулятор 1 с эксцентриком 2, внешним диском 3, приводным валом 4 и консолью 5, установленный в подшипниках 6 и 7. В подшипниках 7 и 8 соосно с регулятором установлен ротор 9 с радиальными цилиндрами 10 и попарно установленными в них поршнями 11 и 12 и пружинами 13. В роторе выполнены каналы 14, выведенные из межпоршневых пространств каждой пары поршней в распределительный диск 15, а в корпусе – полукольцевые каналы 16 и 17 (рис. 3) шириной, меньшей ширины распределительного диска.

В проточках 18 установлены прижимные перемычки 19 с пружинами 20, а полости над ними сообщены через клапаны 21 и 22 с гидролиниями А и Б. Этим достигается плотный контакт перемычек с распределительным диском и высокая герметичность каналов 16 и 17.

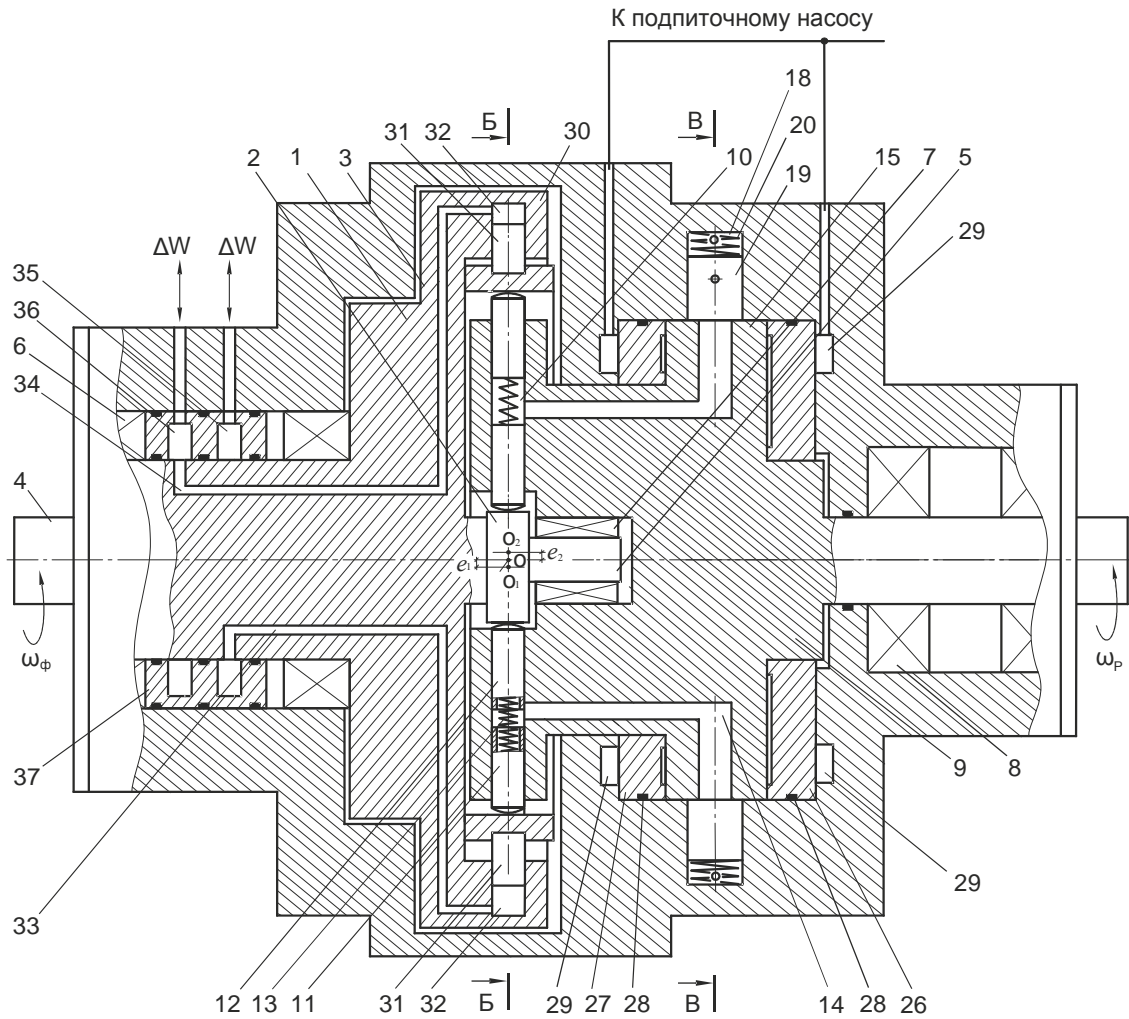


Рисунок 1— Радиально-поршневая гидромашина с фазово-объемным регулированием подачи (продольный разрез)

При неподвижном фазово-объемном регуляторе (нулевой фазовый угол $\varphi = 0$) и вращении ротора против часовой стрелки, поршни 12 под действием пружин 13, находясь в скользящем контакте с эксцентриком и переходя из положения *a* через стадии *b* и *v* в положение *z*, всасывают жидкость через каналы 14 из полукольцевого канала 16 и гидролинии Б. Остальные поршни 12, сообщенные каналами 14 с полукольцевым каналом 17 переходят их положения *z* через стадии *d* и *e* в положение *a* и вытесняют жидкость в гидролинию А. Одновременно поршни 11 под действием пружин 13, переходя из положения *g* через стадии *h* и *j* в положение *c*, всасывают жидкость через каналы 14 из полукольцевого канала 16 и гидролинии Б. Остальные поршни 11, сообщенные каналами 14 с полукольцевым каналом 17 переходят их положения *c* через стадии *d* и *f* в положение *g* и вытесняют жидкость в гидролинию А. Таким образом, все поршни, попеременно работая на всасывание и нагнетание, создают постоянную подачу жидкости в линию А, всасывая ее из гидролинии Б.

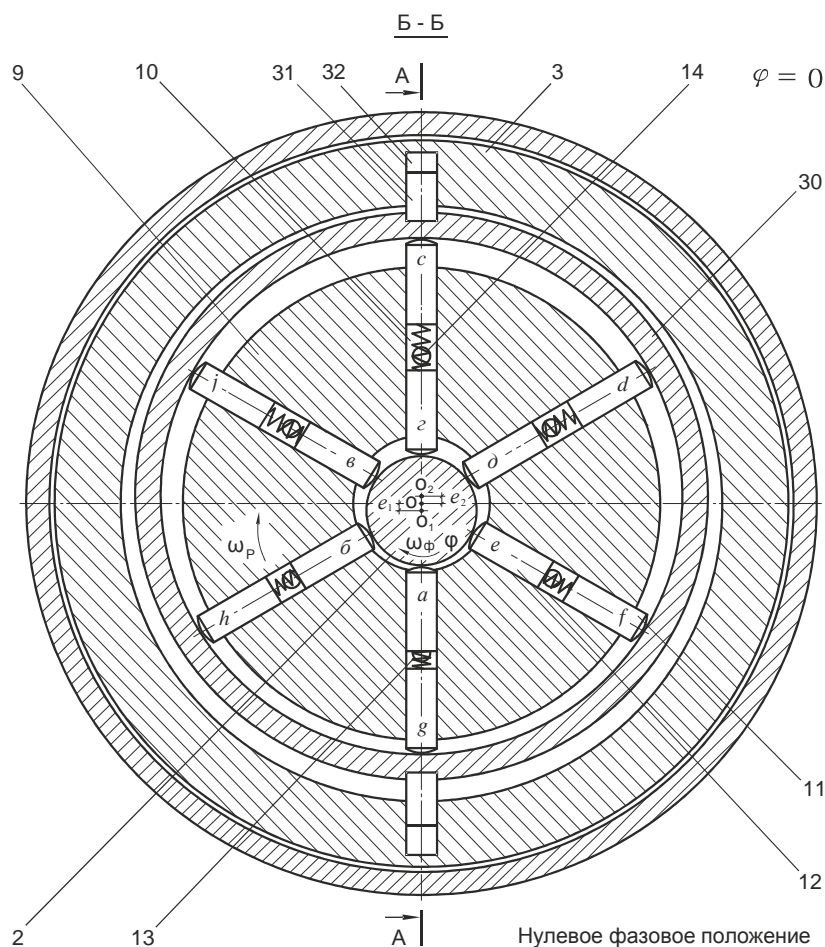


Рисунок 2 – Радиально-поршневая гидромашина с фазово-объемным регулированием подачи (поперечный разрез)

В перемычках размещены перепускные клапаны 23 с пружинами 24, рис. 3. Отверстия 19 сообщают их через каналы ротора 14 с межпоршневыми пространствами парных поршней 11 и 12, когда радиальные отверстия каналов 14 находятся под перемычками. Надклапанные пространства через отверстия 25 сообщены с полукольцевыми каналами 16 и 17.

С обеих сторон распределительного диска 15, рис. 1, установлены неподвижные уплотнительные диски 26 и 27 с уплотнениями 28. Благодаря кольцевым проточкам 29 в корпусе гидромашин, соединенным с подпиточным насосом, обеспечивается прижатие дисков 26 и 27 к торцам ротора и высокая герметичность каналов 16 и 17. Система распределения в

При подаче объема жидкости ΔW в проточку 36 и заборе равного объема из проточки 35 коллектора 37 поршеньки 31, расположенные в цилиндрах 32 внешнего диска 3 смещают статорное кольцо к оси O и уменьшают эксцентриситет e_2 до нуля (оси O и O_2 совмещаются). При этом поршни 11 выводятся из работы, а подача гидромашин определяется только работой поршней 12:

$$Q = 2e_1z_1s_n f_p = \frac{e_1z_1s_n\omega_p}{\pi},$$

где z_1 – количество поршней 12 в роторе, s_n – площади поршней 11 и 12, m^2 , f_p – частота вращения ротора, об/с, ω_p – угловая скорость ротора, рад/с.

При дальнейшем смещении статорного кольца эксцентриситет e_2 становится отрицательным, движение поршней 12 и 11 – синфазным, а при $e_2 = e_1$ подача прекращается, так как поршни 12 всасывают столько жидкости, сколько поршни 11 нагнетают и наоборот.

Объемное регулирование подачей за счет управления объемом ΔW при не вращающемся регуляторе 1, когда гидромашина работает в режиме обычного насоса, позволяет изменять подачу от максимума:

$$Q_{\max} = (2e_1z_1 + 2e_2z_2)s_n f_p = \frac{(e_1z_1 + e_2z_2)s_n\omega_p}{\pi},$$

до нуля:

$$Q_0 = (2e_1z_1 - 2e_2z_2)s_n f_p = \frac{(e_1z_1 - e_2z_2)s_n\omega_p}{\pi}.$$

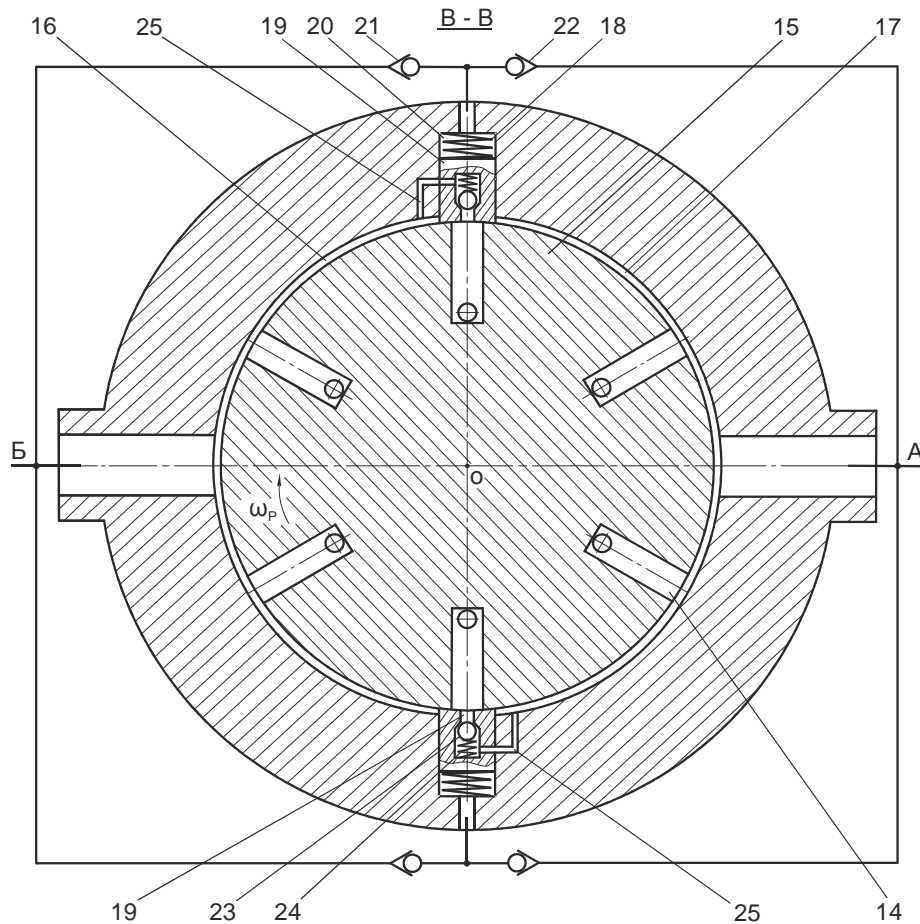


Рисунок 3 – Радиально-поршневая гидромашина с фазово-объемным регулированием подачи. Система распределения

В нулевом фазовом положении регулятора $\varphi = 0$, показанном на рис. 2, при прохождении радиальных отверстий каналов 14 под перемычками 19, рис. 10, когда поршни 11 и 12 завершают вытеснение жидкости, в момент отсечки радиальных отверстий каналов 14 от полукольцевого канала 17 в межпоршневом пространстве парных поршней 11 и 12 временно возникнет запертый объем. Если компрессия жидкости превысит рабочее давление в гидросистеме, клапан 23 перепустит запертую жидкость в канал 17 через отверстие 25.

В первом фазовом положении регулятора, когда угол $\varphi = \pi/2$, рис. 2, поршни 11 и 12, сообщенные с каналом 17, рис. 3, всасывают и нагнетают в него равные объемы жидкости, так же как и поршни, сообщенные с каналом 16. Такое положение регулятора соответствует реверсированию подачи. При переводе регулятора во второе фазовое положение при $\varphi = \pi$, подача вновь становится максимальной, но жидкость вытесняется в канал 16 и гидролинию А, а всасывается из канала 17 и гидролинии Б. Третье фазовое положение при $\varphi = 3\pi/2$ соответствует первому – реверсирование, подача отсутствует. В первом фазовом положении регулятора (фазовый угол $\varphi = \pi/2$), при прохождении радиальных отверстий каналов 14 под перемычками 19 (рис. 3), когда поршни 11 и 12 движутся с максимальной скоростью и вытесняют жидкость с максимальной подачей, в момент отсечки радиальных отверстий каналов 14 от полукольцевого канала 17 в межпоршневом пространстве парных поршней 11 и 12 возникнет существенно бóльший запертый объем. Тем не менее, если компрессия жидкости превысит рабочее давление в гидросистеме, клапан 23 так же перепустит запертую жидкость в канал 17.

При вращении регулятора с постоянной угловой скоростью ω_ϕ , рис. 3, его фазовое положение изменяется непрерывно $\varphi = \omega_\phi t$, а реверсирование подачи происходит за один оборот. Гидромашина переходит в режим роторного пульсатора [1 и 2], когда в гидролиниях А и Б создается циклическое, знакопеременное движение жидкости, возбуждающее колебания платформы платформы.

Подача жидкости определяется с учетом угловой скорости вращения фазового регулятора:

$$Q = \frac{(e_1 z_1 + e_2 z_2) s_n}{\pi} \cdot (\omega_p - \omega_\phi) \cdot \text{Cos } \omega_\phi \cdot t, \quad (1)$$

а виброскорость и колебания испытательной платформы описываются выражениями:

$$v = \frac{(e_1 z_1 + e_2 z_2) s_n}{\pi F} \cdot (\omega_p - \omega_\phi) \cdot \text{Cos } \omega_\phi \cdot t, \quad (2)$$

$$x = \frac{(e_1 z_1 + e_2 z_2) s_n}{\pi F} \cdot \left(\frac{\omega_p}{\omega_\phi} - 1 \right) \cdot \text{Sin } \omega_\phi \cdot t, \quad (3)$$

Из выражений (1, 2 и 3) следует, что рассматриваемая гидромашина, может обеспечить два режима сейсмоиспытаний:

- режим с амплитудно-модулированными колебаниями при фиксированной частоте возбуждения $f_\phi = \omega_\phi / 2\pi = \text{Const}$;

- режим амплитудно-частотной модуляции колебаний платформы при качающейся (флуктуирующей) частоте возбуждения f_ϕ .

В первом случае алгоритм управления амплитудой задается законом изменения объема жидкости ΔW , подаваемого через коллектор в полости цилиндров 32, рис. 1, фазово-объемного регулятора:

$$A = \frac{(e_1 z_1 + e_2 z_2) s_n}{\pi F} \left(\frac{\omega_p}{\omega_\phi} - 1 \right) = f(\Delta W). \quad (4)$$

В зависимости от закона модулирующей функции реализуется насыщенный гармониками узкополосный линейчатый спектр с частотным диапазоном в одну-две декады, что позволяет охватить резонансные частоты строительных объектов, проявляющиеся при землетрясениях от 0,5 до 15 Гц [3].

Глубина модуляции определяется интервалом изменения эксцентриситета e_2 :

- при $e_2 = + e_{2(\max)}$ – амплитуда максимальна,

- при $e_2 = - e_{2(\max)} = e_1$ – амплитуда равна нулю.

Во втором случае алгоритм управления становится более сложным, так как должен учитывать влияние качающейся частоты возбуждения $\omega_\phi = f(t)$ на величину амплитуды (4). Этот метод, реализующий сплошной узкополосный спектр, способен расширить охват собственных частот испытуемого объекта и одновременно возбуждать все имеющиеся у него резонансы и деформации элементов и узлов его конструкции.

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.

3. Шапиро Г.А. Вибрационные испытания зданий / под. ред. Г.А. Шапиро. М.: Стройиздат, 1972. – 160 с.

Применение новейших технологий и машин для выполнения комплекса подготовительных работ в дорожном строительстве

Е.В. Волкова, К.В. Плюта

Рассматриваются виды современных машин по расчистке дорожной полосы при выполнении подготовительных работ. Приводится их описание и область применения, предлагаются наиболее эффективные технологии подготовки местности для данного этапа строительства.

Ключевые слова: автомобильные дороги; лесозаготовительные работы; валка деревьев; трелевка деревьев; лесозаготовительные машины; харвестеры; форвардеры; трелевочные трактора (скиддер); мульчеры, бульдозерно-рыхлительные агрегаты, основные рыхлители, вспомогательные рыхлители, подготовительные работы.

Волкова Елена Викторовна, кандидат географических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, тел.: 89149275065, e-mail: volkova_elena13@mail.ru; Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Плюта Ксения Викторовна, студентка гр. АДб-12-1, тел.: 89041480883, e-mail: kv_plyuta@mail.ru; Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Комплексная механизация постройки земляного полотна автомобильных дорог может быть произведена только в том случае, когда дорожная полоса, на которой намечается строительство земляного полотна, соответствующим образом подготовлена для работы дорожных машин.

В незалесенной местности с грунтами, не содержащими в поверхностных слоях валунов, булыжного камня и корней деревьев, подготовка дорожной полосы сводится к восстановлению трассы и разбивке работ, осуществляемой при помощи обычных геодезических инструментов техническим персоналом строительства, а также в предварительном рыхлении грунтов, требующемся при работе некоторых машин.

В лесной местности подготовительные работы значительно сложнее, так как здесь требуется валка и корчевка деревьев и пней, уборка полосы работ от срубленных деревьев, пней и ветвей и расчистка (рыхление) верхних слоев грунта от остатков корневой системы убранного леса.

Комплекс подготовительных работ в лесной местности требует значительных затрат людской силы и механической энергии, причем эти затраты иногда бывают выше, чем при производстве основных земляных работ по постройке земляного полотна.

Известно, что валка леса (рубка леса) является одной из самых опасных работ. Работы при ней требуется проводить с применением современ-

ных технологий, которые обеспечивают: сохранение природной среды, рациональное использование природных ресурсов, обеспечение безопасных условий труда, защиту здоровья персонала. Сделать это можно только при условии использования специальных машин для валки леса и рубки просек (профилей).

К сожалению, дорожные организации в основном применяют ручные инструменты по спиливанию деревьев (мотопилы) и валке леса (гидравлические клинья, валочные вилки или специальные лопатки), что требует строгого соблюдения техники безопасности.

В то же время, современный лесопромышленный комплекс применяет новейшие технологии для заготовки древесины.

Наиболее эффективной считается технология применения комплекса машин харвестер-форвардер.

Харвестер (рис. 1) выполняет за один технологический проход валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку, оставляя на лесосеке сортименты заготовленной древесины необходимой длины [1].

Автоматизированные функции часто позволяют системе оптимизировать раскрой ствола с учетом цены сортимента и его оптимальных параметров. Настройка давления сучкорезных ножей и возврат харвестерной головки повышают продуктивность работы и не отвлекают оператора от процесса выбора места для валки следующего дерева [2, 5].



Рисунок 1 – Харвестер

Манипулятор и харвестерная головка делают основную работу харвестера. Геометрия манипуляторов параллельного действия позволяет успешно обрабатывать как уже поваленные (раскряжевка из штабеля), так и стоящие деревья. Преимущество телескопических стрел на харвестерах – это большой вылет, он обеспечивает максимальную досягаемость деревьев при минимальных перемещениях машины по деляне [2]. Механизм поворота харвестерной головки позволяет расширить возможность захвата деревьев, особенно при выборочных рубках, а в сочетании с цилиндрами наклона головки облегчает работу с наклонными деревьями, а также работу на ветровальных и буреломных делянках [3].

Однако весь цикл лесосечных работ можно выполнить с помощью одной единицы техники – форвардера (рис. 2, 3). Это транспортное средство, используемое для лесозаготовительных работ [3]. Конструктивно форвардер представляет собой самоходную двухмодульную машину, состоящую из погрузочного манипулятора и грузовой тележки. Он выполняет весь комплекс лесозаготовительных работ: валку, очистку стволов деревьев от сучьев, раскряжевку хлыстов обрабатываемых деревьев, погрузку и транспортирование на погрузочный пункт верхнего склада, то есть объединяет в себе функции харвестера и форвардера [2].

Форвардер обладает хорошей маневренностью, относительной независимостью выполнения транспортной и погрузочно-разгрузочных операций от другой лесозаготовительной техники и исключением ручного труда. Объем транспортируемой древесины в виде сортиментов ограничивается грузоподъемностью форвардера [3, 5].



Рисунок 2 – Форвардер



Рисунок 3 – Форвардер

Примером области применения этого специализированного средства могут являться малые предприятия с небольшим объемом заготовок древесины, а также участки, где использование двух различных типов машин нецелесообразно. Возможно применение этого вида техники при расчистке дорожной полосы от леса [6].

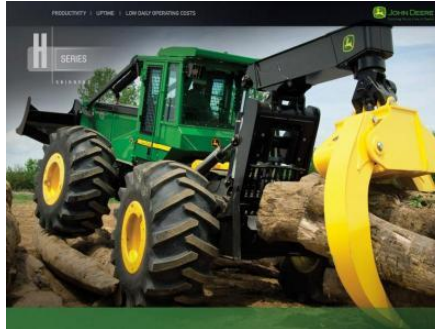


Рисунок 4 – Скиддер с захватом

Трелевочный трактор (скиддер) – транспортное средство, используемое для лесозаготовительных работ (рис. 4). В технологические задачи трелевочных тракторов входит сбор, доставка деревьев и хлыстов от места рубки до места промежуточного складирования. Транспортировка деревьев и хлыстов ведется волоком (методом частичной погрузки).

Трелевочный трактор используется в основном (в отличие от харвестера и форвардера) при хлыстовой заготовке леса, как правило, в паре с валочно-пакетирующей машиной (ВПМ), реже при работе вальщиков с бензопилами [5, 6].

В зависимости от используемых для сбора и фиксации поваленных деревьев механизмов, различают:

чокерные, осуществляющие трелевку деревьев, срубленных вальщиками с бензопилами;

безчокерные, трелевочные трактора, работающие в паре с валочно-пакетирующей машиной.

В последние годы широкое распространение при очистке и подготовке различных площадей в нефтегазовой промышленности получили мульчеры.



Рисунок 5 – Мульчер

Мульчер (англ. mulcher – «лесной измельчитель») – оборудование, предназначенное для измельчения древесины, пней и кустарников на корню. Устанавливается на трактор, погрузчик, экскаватор. Рабочее устройство – тяжелый металлический (стальной) ротор с установленными на нем

подвижными молотками или неподвижными резцами (рис. 5) [5]. Основные задачи, решаемые данным классом оборудования:

- очистка зон отчуждения ЛЭП, газопроводов и нефтепроводов;
- подготовка площадок под строительство;
- создание противопожарных полос в лесных массивах;
- уничтожение старых отслуживших садов;
- уход за лесными участками;
- расчистка лесосек от пней;
- расчистка заросших лесом полей в сельском хозяйстве [4].

Следующей стадией подготовительных работ в лесной местности является рыхление верхних слоев, эта работа необходима для дальнейшей механизации работ по возведению земляного полотна.



Рисунок 6 – Бульдозер-рыхлитель

Рыхлители применяют для послойной разработки прочных грунтов, включая мерзлые, многолетнемерзлые и скальные, с последующей их уборкой землеройными, землеройно-транспортными или погрузочными машинами.

Различают рыхлители основные и вспомогательные. Основные рыхлители изготавливают как навесное оборудование к гусеничным или пневмоколесным тракторам, а вспомогательные агрегируют с основным оборудованием для рыхления плотных грунтов и слежавшихся материалов. Вспомогательные рыхлители позволяют повысить производительность и расширить область применения основного оборудования. В последнее время сменным рыхлительным оборудованием оснащают универсальные строительные гидравлические экскаваторы. В строительстве применяют также бульдозерно-рыхлительные агрегаты (рис. 6), которые используются как бульдозерное, так и рыхлительное рабочее оборудование. Эффективность работы основных рыхлителей зависит от тягово-сцепных свойств базовых тракторов. Наиболее выгодно их использовать для разработки многолетнемерзлых грунтов, трещиноватых и выветренных слоистых или низкопрочных горных пород (сланцев, ракушечников, бурых углей, апатитов, фосфоритов, песчаников, легких и средних известняков и т. п.).

Как основные, так и вспомогательные рыхлители оборудуют одним или несколькими зубьями. Зубья с поперечной балкой навешивают на базовый трактор через стойку, регулируя глубину погружения зубьев [7].

Разрыхляют грунт заглубленными в него зубьями тяговым усилием перемещающегося на рабочей скорости трактора. Для работы в плотных грунтах выгоднее использовать однозубые рыхлители с жестким креплением зуба на поперечной балке, которые по сравнению с многозубыми реализуют большие усилия на одном зубе. С этой же целью многозубые рыхлители переоборудуют в однозубые или снабжают их буферными устройствами, устанавливаемыми в верхней части среднего зуба, для работы с трактором-толкачом, также оборудованным буферным устройством в его передней части. Отдельные модели рыхлителей оборудуют дистанционными системами регулирования угла резания и изменения вылета зуба из кабины машиниста. Первое решение позволяет выбирать рациональный угол резания в зависимости от категории разрабатываемых грунтов, а также сокращает время внедрения наконечников в прочные грунты. Изменением вылета зуба можно обеспечить оптимальный режим рыхления и сократить за счет этого число проходов при послойном рыхлении грунта.

Повысить производительность рыхлителя и улучшить его тягово-сцепные свойства можно за счет рационального выбора направления рабочего движения, отдавая предпочтение движению под уклон, резервирования части необработанного после предшествующих проходов грунта или породы слоем 5...7 см, удаления снежного покрова перед разрыхлением мерзлых грунтов для улучшения сцепления движителя, совместной работы с тракторами-толкачами. В последнем случае энергозатраты на разрыхление грунта увеличиваются примерно в два раза, а производительность повышается в три-четыре раза [8].

Рассматриваемые технологии позволяют механизировать труд по подготовке дорожной полосы. Применение такой техники и оборудования позволяет полностью устранить тяжелый ручной труд, повысить производительность труда, ликвидировать травматизм, значительно улучшить условия труда. Но использование данной техники в дорожной отрасли будет рациональным только на основе технико-экономических расчетов.

Список использованной литературы

1. Кондратюк Д. В., Пашков В. П. Лесной комбайн для заготовки сортиментов // Строительные и дорожные машины. 2013. № 4. С. 8–11.
2. Лесозаготовительная техника // Vertikalnet [Электронный ресурс]. URL: http://www.vertikalnet.ru/informatsija/articles/lesozagotovitel'naya_tehnika.php/. (дата обращения: 12 марта 2015 г.).

3. Лесотехника [Электронный ресурс]. URL: <http://lesotehnika.com/>. (дата обращения: 17 марта 2015 г.).
4. Мульчер – лесные мульчеры, измельчители травы, веток, дерева [Электронный ресурс] // World Lux Realty. URL: <http://www.worldluxrealty.com/node/2876>. (дата обращения: 12 марта 2015 г.).
5. Harves [Электронный ресурс]. URL: <http://harves.ru/>. (дата обращения: 17 марта 2015 г.).
6. John Deere [Электронный ресурс]. URL: <https://www.deere.ru>. (дата обращения: 19 марта 2015 г.).
7. Машины для разработки мерзлых грунтов и разрушения дорожных покрытий [Электронный ресурс]. URL: <http://stroy-technics.ru/article/mashiny-dlya-razrabotki-merzlykh-gruntov-i-razrusheniya-dorozhnykh-pokrytii>. (дата обращения: 10 марта 2015 г.).
8. Машины для подготовительных работ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-62/27.htm>. (дата обращения: 10 марта 2015 г.).

Применение мобильного комплекса термического обезвреживания (инсинератора): КТО-50 при строительстве скважин

М.А. Иванова, С.Б. Клименкова, Р.С. Золотуев

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

Рассмотрен вариант применения Комплекса термического обезвреживания КТО-50 отходов производства и потребления при строительстве скважин на Ковыктинском ГКМ, вместо вывоза и утилизации отходов производства и потребления на полигоны. Установлен ряд преимуществ и недостатков при использовании данной установки. Несмотря на давность и большое количество исследований в области экологически чистого производства, проблема утилизации и переработки отходов производства и потребления остается актуальной до сих пор.

Ключевые слова: мобильный комплекс; нефтешламы; окружающая среда; обезвреживание отходов; класс опасности отходов; инсинератор; безопасность оператора.

Иванова Маргарита Александровна, доцент, к.т.н., доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения, 89027666875, e-mail: rita-iva@yandex.ru
Клименкова Светлана Богдановна, доцент, к.т.н., доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения, тел.: 89021772217, e-mail: ksbsaqa@yandex.ru
Золотуев Роман Сергеевич, студент гр. ТБб-14-1 ИРНТУ.

Геологоразведочные, буровые и строительные работы сопровождаются неизбежным техногенным воздействием на объекты природной среды. Основная задача нефтедобывающих компаний – не только минимизировать негативное влияние на окружающую среду, но и принять всевозможные меры по сохранению уникальной сибирской природы, ее флоры и фауны. Географическое месторасположение Ковыктинского ГКМ не позволяет осуществлять перевозку отходов на дальние расстояния. Вывоз, захоронение и утилизация отходов производства и потребления с объектов Ковыктинского ГКМ является одной из главных проблем при строительстве скважин. Расстояние от Ковыктинского ГКМ до близлежащего населенного пункта (г. Усть-Кут) более 400 км, где расположена организация, имеющая лицензию, по сбору и захоронению ТБО (КТО). В связи с этим, вывоз КТО с Ковыктинского ГКМ до г. Усть-Кута обойдется очень дорого и не выгодно, а при существующем законодательстве вывоз и утилизация отходов необходима, не зависимо от расстояния. Также близлежащие населенные пункты к Ковыктинскому ГКМ п. Жигалово ≈ 150 км и п. Магистральный ≈ 200 км. В п. Жигалово имеется несанкционированная свал-

ка, в настоящее время администрацией поселка, ведется работа по лицензированию полигона по захоронению КТО. В п. Магистральный, также не имеется специализированных организаций, занимающихся вывозом и захоронением КТО.

В настоящее время Промышленная группа «Безопасные Технологии» разработала и выпустила на российский рынок оборудование, способное решить проблему утилизации отходов производства и потребления. Данное оборудование носит название инсинератор КТО-50.К20 мощностью 50 кг/ч. Установка способна в течение суток превратить в пепел более одной тонны отходов производства и потребления. Инсинератор КТО-50 обладает уникальным свойством переработки и фильтрации отработанных газов, в результате чего те становятся абсолютно безвредными для окружающей среды. Важнейшее преимущество КТО-50 – компактность и мобильность. Весь комплекс помещается в стандартном 20-футовом контейнере рис. 1, для него не требуется отдельное здание.



Рисунок 1 – Мобильный комплекс термического обезвреживания отходов КТО-50.К20

Комплекс термического обезвреживания отходов КТО-50.К20 выполнен по ТУ 4853-001-52185836-2005. Установку можно привезти на место, смонтировать и она готова к запуску. При использовании высокоэффективного инсинератора КТО-50 не возникает необходимости прямого контакта оператора установки непосредственно с отходами производства и потребления. Процесс загрузки мусора полностью автоматизирован, что снижает риск получения травмы или заражения.

Экологическая безопасность комплекса КТО-50 подтверждена множеством испытаний, результатами которых стали положительные отзывы о работе оборудования, санитарно-эпидемиологические и экологические заключения. Комплекс термического обезвреживания КТО-50, спроектированный и произведенный российскими специалистами, полностью соответствует самым высоким показателям международных норм и стандартов, а при эксплуатации оказывается удобнее и надежнее зарубежных аналогов.

На сегодняшний день инсинератор такого типа является средством для наиболее эффективной и экологически безопасной утилизации отходов производства и потребления. Комплекс обеспечивает переработку отходов 3-5 классов опасности (таблица 1) по классификации ФККО - 15 и не предназначен для переработки отходов 1, 2 классов опасности.

Таблица 1 - Перечень отходов для обезвреживания на Установке КТО-50

Твердые бытовые и промышленные отходы	Код ФККО	Класс опасности
Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)	733 100 01 72 4	IV
Отходы из жилищ несортированные (исключая крупногабаритные)	7 31 110 01 72 4	IV
Резиновые изделия незагрязненные, ленты конвейерные и пр. утратившие потребительские свойства	4 31 120 01 51 5	V
Отходы упаковочной бумаги незагрязненные	4 05 182 01 60 5	V
Отходы упаковочного картона незагрязненные	4 05 183 00 00 0	V
Отходы полиэтиленовой тары незагрязненной	4 34 110 04 51 5	V
Обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее	9 19 204 02 60 4	IV
Загрязненная нефтепродуктами и нефтью почва	4 06 900 00 00 3	III
Отходы минеральных масел компрессорных	4 06 166 01 31 3	III
Остатки дизельного топлива, утратившие потребительские	4 06 910 01 10 3	III
Отходы минеральных масел промышленных	4 06 130 01 31 3	III
Отходы минеральных масел моторных	4 06 110 01 31 3	III
Отходы минеральных масел трансмиссионных	4 06 150 01 31 3	III
Шлам очистки емкостей трубопроводов от нефти и нефтепродуктов	9 11 200 02 39 3	III

Комплекс предназначен для термического обезвреживания твердых бытовых и промышленных отходов, жидких нефтешламов, загрязненной нефтепродуктами почвы, образующихся в результате работы объектов месторождения в период его обустройства и промышленной эксплуатации.

Не допускаются к сжиганию крупногабаритные изделия, продукты, содержащие ртуть, взрывоопасные вещества. Цена на российский комплекс в два раза ниже, чем на импортный аналог.

В настоящее время на Ковыктинском ГКМ используется установка по обезвреживанию нефтесодержащих отходов «Форсаж», которая обезвреживает малую часть отходов (таблица 2).

Сравнив затраты на приобретение и эксплуатацию этих двух установок, можно сделать вывод, что Установку КТО-50 выгодно приобретать на Ковыктинское ГКМ с перспективой работы более 5 лет. По техническим данным установка КТО-50.К20 способна в течение суток превратить в пе-

пел более одной тонны отходов производства и потребления. При строительстве скважин на КГКМ за год будет образовываться ≈ 200 т отходов производства и потребления, которые подлежат обезвреживанию на установке КТО-50.К20. По данным Промышленной группы «Безопасные Технологии» процент выхода золы, шлаков и пыли составляет 4% от массы обезвреженных отходов. Что составляет соответственно 8 т золы от 200 т отходов. Согласно Экспертному заключению Федерального государственного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург», выданному ЗАО «Безопасные технологии» отход зола, полученный при сжигании отходов производства и потребления на установке типа КТО относится к 4 классу опасности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил СанПин 2.1.7.13220-03 «Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления» Приложение №1.

Таблица 2- Перечень отходов, обезвреживаемых на установке «Форсаж»

Наименование отходов	Класс опасности
Фильтры автомобильные масляные и воздушные отработанные	3
Отработанные сорбенты	3
Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел менее 15%)	4
Разнородные отходы бумаги и картона	4
Нефтедержащие отходы	3,4
Другие горючие материалы	3,4

Использование Установки уменьшает уровень негативного воздействия отходов производства и потребления на природу, и решает проблему прогрессирующего их накопления в окружающей среде при вывозе их на полигон. Золой, шлаки являются инертным материалом и используются при строительстве технологических дорог, для дорожного строительства, благоустройства и землеустроительных работ взамен или наравне с заполнителем природного происхождения. В связи с тем, что строительство скважин на КГКМ предполагает строительство дорог к запроектированным скважинам, образуемый отход зола может быть использован при строительстве подъездных дорог. Географическое расположение скважин в труднопроходимой тайге не позволяет вывозить отходы по мере их образования, если не существует круглогодичных дорог, вывоз отходов осуществляется раз в год по зимникам, Установка, благодаря мобильности и компактности, позволяет обезвреживать отходы по мере их образования, не накапливая тоны мусора до открытия зимников. Ввиду удаленности населенных пунктов от КГКМ, при вывозе отходов сторонними организациями, имеющими лицензию по обращению с опасными отходами, отходы приходится возить на очень большие расстояния (более 400 км), организа-

ция, осуществляющая строительство скважин на КГКМ несет большие транспортные расходы по вывозу отходов. Мобильность Установки КТО-50.К20 позволяет переезжать с площадки скважины на площадку. Тем самым обеспечивает обезвреживание отходов ежедневно.

Благодаря, уникальным свойствам переработки и фильтрации отработанных газов, выбросы от Установки становятся абсолютно безвредными для окружающей среды. Образующийся отход в виде золы и шлаков представляет собой малоопасный отход 4 класса опасности. Минус приобретения вышеуказанной установки, в том, что приобретение и эксплуатация КТО-50.К20 рассчитана на большие объемы работ и долгосрочную перспективу.

Список использованной литературы

1. Бобович, Б.Б., Девяткин, В.В. Переработка отходов производства и потребления: справочное издание / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин. - М: Норма, 2000. - 496 с.
2. Коржубаев, А.Г., Филимонова, И.В. Ковыктинское ГКМ: проблемы и перспективы освоения / А.Г. Коржубаев // Всероссийский научный журнал Сибирского отделения РАН Регион: экономика и социология. -2007. - №3. – С. 48-60.
3. Лобкова, Е.А. Применение Комплекса термического обезвреживания (инсинератора): КТО-50 при строительстве скважин на Ковыктинском ГКМ / Е.А. Лобкова, рук. М.А. Иванова //Магистерская диссертация. – Иркутск: ИрГТУ. – 2013. – 98 с.

Диагностирование аксиально–поршневых насосов виброакустическим методом.

В.В. Конев, А.Н. Стрельников

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Объектом исследования данной работы являются динамические процессы, протекающие в сложной гидромеханической системе, в которую входят аксиально-поршневой гидронасос с возникающими в нем дефектами в виде зазора пары поршень-цилиндр и уменьшением смазочной пленки прецизионных трибологических пар, а также система сбора и обработки информации, включающая датчик-акселерометр, АЦП, модуль обработки информации (ПК).

Ключевые слова: аксиально-поршневой насос, виброакустический метод диагностики, акселерометр, блок цилиндров, распределительный узел, подшипниковый узел, колебания, ударный импульс, дефект, спектр колебаний.

Конев Виталий Валерьевич, студент гр. СДМ - 10 - 1.

Стрельников Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительные, дорожные машины и гидравлические системы, тел. 8(3952)40–51–34.

Рассмотрим конструкцию аксиально - поршневых насосов, которые применяются в качестве силовых узлов объемного гидропривода строительных и дорожных машин.

Условно насос можно разделить на три узла: подшипниковый, качающий и распределительный. Основным рабочим элементом аксиально-поршневой гидромашин является унифицированный качающий узел. Схема работы аксиально-поршневого нерегулируемого гидронасоса типа 210...А приведена на рисунке 1.

Вал 5 соединен через карданный вал 6 и пространственный кривошипно-шатунный механизм 4 (включающий семь шатунов 3, соответственно связанных с поршнями 2) с блоком цилиндров 1.

Блок цилиндров представляет собой монолитный цилиндр, выполненный из бронзы, имеющий поршневые (7 шт.) и одно центральное отверстие.

С одного торца блок цилиндров имеет сферическую поверхность, притертую со сферой распределителя 7.

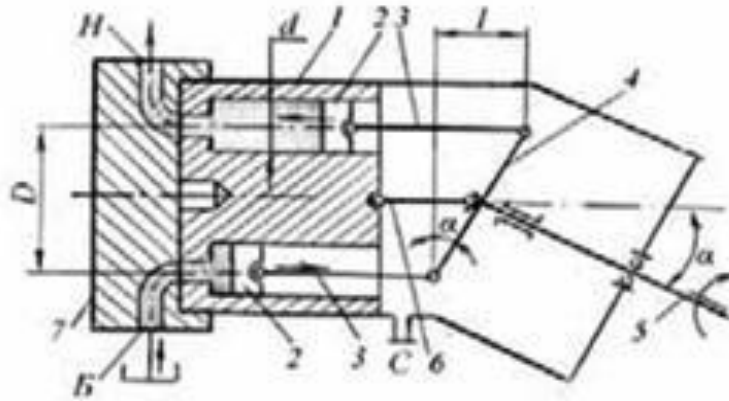


Рисунок 1 – Схема работы аксиально-поршневого нерегулируемого гидронасоса типа 210...А (правое направление вращения):

*1 – ротор (блок цилиндров); 2 – поршень (7 шт.); 3 – шатун;
4 – пространственный кривошипно-шатунный механизм (наклонная шайба); 5 – приводной вал; 6 – двойной шарнир Гука (карданный вал); 7 – распределительный диск (распределитель); Б, Н – каналы «бак» и «напор»; С – сливной (дренажный) канал; D – диаметр окружности, на которой располагаются центры отверстий над поршнем; d – диаметр цилиндра; l – ход поршня; α – угол между осью блока цилиндров и приводным валом*

Виброакустический метод предусматривает оценку зазоров в сопряжениях деталей по их вибрационным характеристикам и акустическим шумам.

Сущность метода заключается в следующем. Работа узлов и агрегатов привода сопровождается вибро- и гидроударными процессами. По мере износа механизмов или при возникновении в них дефектов нарушаются кинематические связи между деталями, вследствие чего характер шума и вибраций изменяются. При этом в основном используются два показателя вибрации – частота и мощность.

Для того, чтобы провести оценку технического состояния гидропривода виброакустическим методом, необходимо выделить спектр колебаний детали, измерить энергию вибрации, рассчитать её среднюю мощность и по ней определить величину зазора в сопряжении. Для выделения спектра колебаний применяют частотную фильтрацию и временную фазовую селекцию сигнала.

При виброакустическом методе контроля большое значение имеет правильный выбор первичных преобразователей и мест их установки.

Рассмотрим применение виброакустического метода при оценке технического состояния основных узлов гидронасоса.

Рассмотрим применение виброакустического метода при диагностировании неисправностей подшипникового узла.

Повреждения подшипников в эксплуатационных условиях могут быть условно разделены на следующие группы:

- разрушения от усталости материала;
- повреждения от повышенного износа;
- разрушения, вызываемые изменением зазоров и посадок между деталями подшипников и опорами ротора;
- повреждения из-за недостаточности или прекращения подачи смазочного материала.

При вычислении основных частот возмущения подшипников качения исходят от гипотезы преимущественного действия ударных возбуждающих сил.

Основные частоты возбуждения, возникающие из-за повреждений элементов роликовых подшипников, следующие:

из-за дефекта формы тел качения:

$$f_1 = \left(\frac{D+d}{d} \right) \cdot \left(\frac{D-d}{d} \right) \cdot \frac{n}{30}; \quad (1)$$

из-за изменения формы внутренней дорожки:

$$f_2 = \left(\frac{D+d}{d} \right) \cdot \frac{nz}{120}; \quad (2)$$

из-за изменения формы внешней дорожки:

$$f_2 = \left(\frac{D-d}{d} \right) \cdot \frac{nz}{120}. \quad (3)$$

Резонансные колебания элементов подшипника могут быть получены при периодических ударах тел качения, проходящих дефектные точки дорожки на частоте вращения. Одним из таких резонансов может быть резонанс шариков, частота которого вычисляется по формуле:

$$f_m = \frac{0,848}{d} \cdot \frac{E}{2\rho}, \quad (4)$$

где E — модуль упругости; ρ — удельная плотность шариков.

Одним из наиболее распространенных дефектов монтажа подшипников является перекус колец. Перекус наружного кольца подшипника проявляется на частотах:

$$f_{н.к.} = \kappa \cdot f_{сеп} \cdot z, \quad (5)$$

где $f_{сеп}$ — частота вращения сепаратора; z — число тел качения.

Перекус внутреннего кольца подшипника проявляется на частотах:

$$f_{в.к.} = \kappa \cdot (f_p - f_{сеп}) \cdot z. \quad (6)$$

Дефекты шаров в виде поясков износа проявляются на боковых частотах относительно гармоник двойной частоты их вращения:

$$f_{ш.н.} = f_{сеп} \left[2k \cdot \frac{D}{d} \left(1 + \frac{d}{D} \right) \pm 1 \right]. \quad (7)$$

На этих частотах (5...7) проявляются и другие дефекты деталей подшипника качения, в частности, сосредоточенные дефекты типа раковин, царапин, наклепов и т. п.

Для различения сосредоточенных и распределенных дефектов (типа перекоса) колец подшипника необходимо ориентироваться на число гармоник спектра полигармонических колебаний.

Методы диагностирования технического состояния подшипников качения можно условно разбить на три группы. К первой группе следует отнести все те методы, которые основаны на выделении и анализе дискретных составляющих вынужденных колебаний либо на основных частотах возбуждения колебаний в подшипнике, либо на частотах возбуждения, которые возникают по причине появления различных дефектов элементов подшипника [формулы (1...7)].

Диагностическими признаками повреждения внешнего кольца являются спектральные амплитуды на частотах, кратных частоте возбуждения. Диагностическими признаками разрушения подшипников служат характеристики импульсов, следующих с частотами прокатывания тел качения по местам выкрашивания.

Вторую группу методов составляют методы диагностирования технического состояния подшипников качения в целом. Здесь предлагается диагностировать состояние подшипников качения в целом, оценивая степень развития деградационных процессов в подшипнике и остаточный ресурс.

К третьей группе относятся методы обнаружения зарождающихся дефектов, базирующиеся на анализе изменений свойств амплитудной огибающей вибросигнала на резонансных частотах подшипникового узла ($1 \text{ кГц} \leq f_c \leq 20 \text{ кГц}$) или на резонансной частоте вибродатчика ($30 \text{ кГц} \leq f_c \leq 500 \text{ кГц}$).

Диагностическими признаками неисправностей подшипников качения могут быть значения парциальных коэффициентов модуляции с кратными частотами прокатывания дефекта (1...7) или более информативный параметр - p -мерный вектор парциальных коэффициентов модуляции. Этот вектор формируется из амплитуд спектральных отсчетов кратных гармоник спектра амплитудной огибающей. Частотный состав спектра огибающей вибросигнала дает возможность локализовать неисправность в подшипнике.

На рисунке 2 изображены спектры амплитудной огибающей вибраций на резонансной частоте подшипника качения ($f_c = 1475 \text{ Гц}$) при двух значениях времени наработки. В спектре огибающей четко видны гармоники частоты вращения вала.

Виброакустический метод можно также применить при диагностике пары трения - скольжения (распределительный диск и блок цилиндров) на примере диагностики подшипников скольжения.

Распределительный узел, состоя из трех элементов (распределительной шайбы, части поверхности блока цилиндров, разделяющего масляного слоя), является сложным и ответственным узлом, в котором возможно возникновение опасных дефектов.

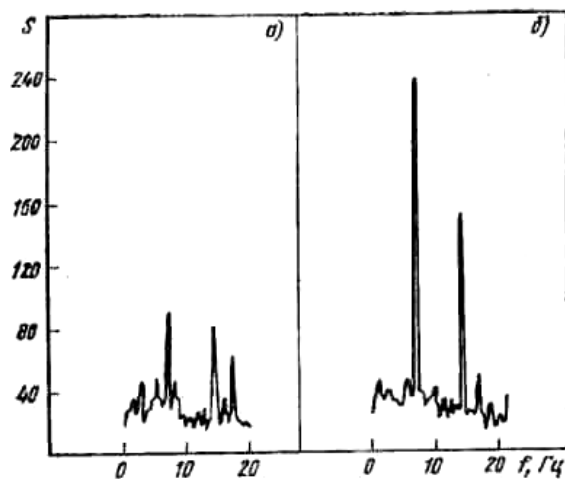


Рисунок 2 – Спектры амплитудной огибающей вибраций подшипникового узла на резонансной частоте:

а — в начальной стадии развития дефекта; *б* — при большом радиальном зазоре.

В основном все возникающие в процессе эксплуатации проблемы состояния подшипников скольжения можно объединить в три группы:

- проблемы состояния рабочих поверхностей подшипника;
- проблемы величины зазора между поверхностью блока цилиндров и распределительной шайбой;
- проблемы несущей способности слоя смазочного масла.

Частота масляных вибраций – показатель относительной скорости перемещения масла в зазоре между неподвижным вкладышем и вращающимся ротором.

По величине частоты масляных вибраций можно косвенно судить об относительном состоянии каждой из рабочих поверхностей подшипника.

При выполнении диагностики подшипника скольжения требуется знать, как минимум, спектральную историю развития вибраций на данном подшипнике, но лучше знать конструкцию подшипника.

Для разделения двух пиков (масляного и резонансного) необходим спектроанализатор с хорошим спектральным разрешением – с большим числом линий в спектре (более 800), иначе диагностика масляных вибраций некорректна.

При монтаже подшипника скольжения всегда тщательно контролируются зазоры со всех сторон ротора, т. к. все они в той или иной мере участвуют в работе.

В процессе работы из-за износа зазоры постепенно возрастают и наступает момент, когда величина зазора начинает сказываться на состоянии агрегата, что проявляется в спектре вибрации.

Спектральная картина последней стадии увеличенного зазора в подшипнике скольжения имеет стандартный вид, свойственный механическому ослаблению. На спектре появляется целая гамма оборотных гармоник с номерами до 10–20.

При увеличении зазора ротор обычно имеет перемещения в вертикальном направлении, а дефект проявляется в большей степени в виде повышенных вертикальных вибраций, более значительных по сравнению с горизонтальными.

Характерный спектр такого дефекта показан на рисунке 3.

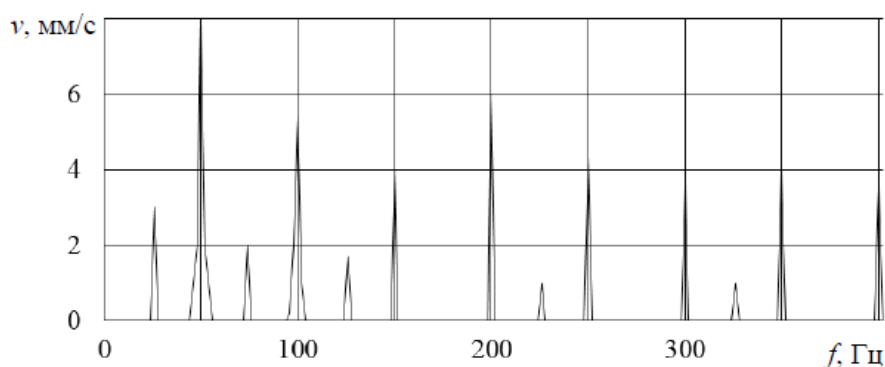


Рисунок 3 – Спектр вибрации агрегата с увеличенным зазором в подшипнике скольжения

Спектр характеризуется набором (15–20) целых гармоник оборотной частоты ($f_1 = 50$ Гц, $f_2 = 100$ Гц и т. д.) и дробных гармоник с кратностью $1/2$ от оборотной частоты вращения вала. Таким образом, этот дефект достаточно трудно спутать с другим дефектом.

Вибрации масляного клина в подшипниках скольжения характерно проявляются в спектре вибросигнала в виде увеличения амплитуды субгармоники с частотой $0,42 \dots 0,48$ от оборотной частоты вала. Если амплитуда превышает 50% от величины первой оборотной гармоники частоты вращения вала, то следует говорить о серьезном характере данного дефекта и об опасном влиянии его на общее состояние агрегата.

Ниже приведена картина диагностики состояния подшипника (рис. 4).

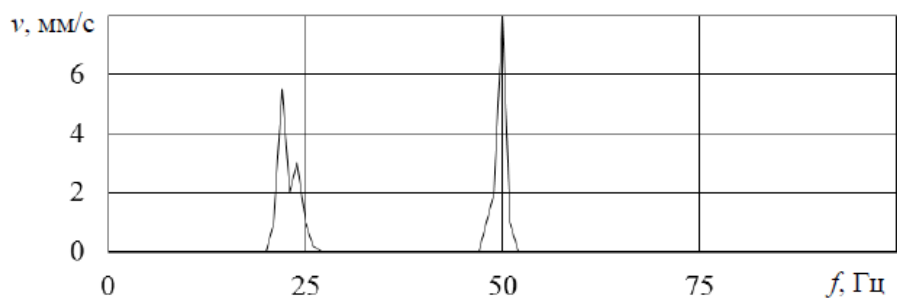


Рисунок 4 – Спектр вибрации подшипника скольжения с масляной субгармоникой

Зафиксировано увеличение амплитуды виброскорости на частоте 22 Гц до 5,5 мм/с. Частота составляет 0,44 от оборотной частоты вала ($f_1 = 50$ Гц), а отношение амплитуд в процентах – 68,8.

Наряду с уже рассмотренными методами диагностики различных узлов аксиально–поршневых насосов, важную роль играет обнаружение задира поверхностей сопряжения поршень–цилиндр.

Дефект такого рода является чрезвычайно опасным по своим последствиям как для гидромашины, так и для обслуживающего персонала, так как создается аварийная ситуация, которая может привести к обрыву шатунов, отрыву поршней и другим подобным явлениям, вызвав тем самым выход машины из строя и прочие тяжелые последствия.

Спектр вибраций качающего узла насоса в диапазоне частот имеет вид гребенки, зубцы которой являются гармоническим рядом частоты вращения приводного вала. И компоненты спектра, удобного для анализа процессов с такого рода спектром, с развитием задира меняются не монотонно, а волнообразно, что связано с волнообразным характером протекания самого деградационного процесса.

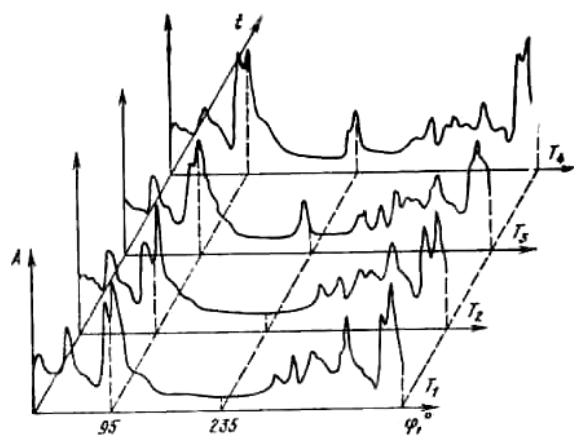


Рисунок 5 – Усредненные на периоде одного цикла амплитудограммы $A(\varphi)$ вибраций качающего узла в частотной полосе $\Delta f = 8,0 \dots 12,5$ кГц для последовательных моментов времени при развитии задира контактирующих поверхностей ЦПГ.

На амплитудограмме вибраций цилиндра (рис.5) видны характерные изменения амплитуды импульса от переключки поршня в верхней мертвой точке ($\varphi = 235^\circ$). Уровень сигнала во временном окне, соответствующем этому углу поворота приводного вала, непрерывно увеличивается к концу эксперимента, однако характеристика импульса не является стабильным признаком и сильно зависит от других факторов, в том числе и от режима работы насоса.

Анализ спектров вибрации показывает, что с увеличением зазоров от номинальных до предельно допустимых энергия вибрации в активной полосе частот аксиально-поршневых насосов (0,5—14 кГц) возрастает в 5 раз на рабочих режимах. Установлено, что при оценке зазоров в сопряжении поршень-цилиндр наиболее информативный участок спектра лежит в диапазоне частот 8 - 12,5 кГц.

Заключение о техническом состоянии насоса после диагностирования виброакустическим методом с указанием причины, места и вида дефекта можно сделать только после анализа амплитудограмм спектров вибраций и сравнения их с вышеперечисленными амплитудограммами колебаний различных узлов насоса.

Список использованной литературы

1. Диагностика технологических систем: учебное пособие. Часть 2/ А.Н. Гаврилин, Б.Б. Мойзес; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 – 128 с.
2. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.: ил.
3. Богдан Н.В., Жилевич М.И., Красневский Л.Г. Техническая диагностика гидросистем: Научное издание.–Мн.: Белавтотракторостроение, 2000. – 120 с.: ил.
4. Харазов А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин.– М.: Машиностроение, 1979. – 112с.: ил.
5. Решетников Л.Л. Повышение надежности аксиально – поршневых гидромашин экскаваторов путем совершенствования их диагностирования: Дис. к.т.н. Л., 1988. – 234 с.
6. Казаринов С.А. Диагностирование аксиально – поршневых насосов гидроприводов строительных экскаваторов по виброакустическим характеристикам: Дис. к.т.н. Л., 1990 – 210 с.
7. Стрельников А.Н., Зедгенизов В.Г., Коломиец А.Н. Математическое моделирование процесса диагностирования аксиально-поршневого гидро-насоса с регулятором мощности (статья): Вестник ИрГТУ, №4, Иркутск, 2007.

Технико-экономическая эффективность использования подметально-уборочной машины

М. П. Куксов

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье рассматривается зависимость производительности и эффективности уборки от изменения внешних условий. Сравнивается режим работы подметально-уборочной машины с нерегулируемыми параметрами рабочего процесса и с регулируемыми, адаптирующимися к изменяющимся внешним условиям. Приведены значения годового экономического эффекта, полученного за счет увеличения производительности.

Ключевые слова: коммунальная техника, производительность, качество уборки, цепной вес, угол подъема, адаптация.

Куксов Максим Петрович, аспирант кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел.: 89041188122, e-mail: venom18@yandex.ru

Технические характеристики рабочего процесса подметально-уборочной машины с регулируемым режимом работы зависят от параметров f_1 , f_2 , f_3 , которые определяют распределение мощности базового двигателя между приводом движителя, щетки и всасывающего оборудования соответственно [2].

Одной из основных характеристик рабочего процесса любой техники является производительность. Чем она выше, тем целесообразнее использование коммунальной машины в конкретных условиях работы и выгоднее экономический эффект.

Производительность (Π) определяется как:

$$\Pi = B \cdot v, \quad (1)$$

где B – ширина полосы уборки, м;

v – поступательная скорость машины, м/с.

Но необходимо помимо достижения максимально возможной производительности поддерживать наивысшую эффективность уборки.

Под эффективностью (Θ) подразумевается соотношение:

$$\Theta = \frac{m_n - m_{ост}}{m_n} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где m_n – масса начальных загрязнений, кг;

$m_{ост}$ – масса остаточных загрязнений, кг.

При построении графиков параметры регулирования в одном случае настроены на средние значения и остаются без изменения ($f_1, f_2, f_3 = \text{const}$),

описывая режим работы машины без адаптации к изменяющимся внешним условиям, в другом случае происходит корректировка для сохранения высокой производительности и эффективности уборки [1].

На рис. 1 представлена зависимость производительности подметально-уборочной машины от угла подъема при движении. При увеличении угла подъема скорость машины снижается, что приводит к уменьшению производительности.

При значениях угла $\alpha < 5^\circ$ двигатель работает на регуляторной ветви внешней скоростной характеристики. В этом случае разница в производительности между нерегулируемым и регулируемым режимом работы с подстройкой к изменяющимся внешним условиям незначительна. После достижения номинальной мощности и дальнейшего увеличения угловой скорости коленчатого вала, двигатель переходит на корректурную ветвь внешней скоростной характеристики. При этом если не настроить режим работы на новые условия производительность резко падает до значения $0,178 \text{ м}^2/\text{с}$, так как скорость машины, вследствие недостаточной мощности на двигателе, значительно снижается. Но используя перераспределение мощности скорость, а значит и производительность, сокращается несущественно, и равна $0,6052 \text{ м}^2/\text{с}$. При этом (рис. 2) эффективность качества уборки в первом случае равна $68,7\%$, а во втором значительно выше – $96,3\%$.

В данном случае годовой экономический эффект за счет разницы в производительности, вызванной перераспределением мощности и адаптацией к изменяющемуся углу подъема равен 1145397 рублей.

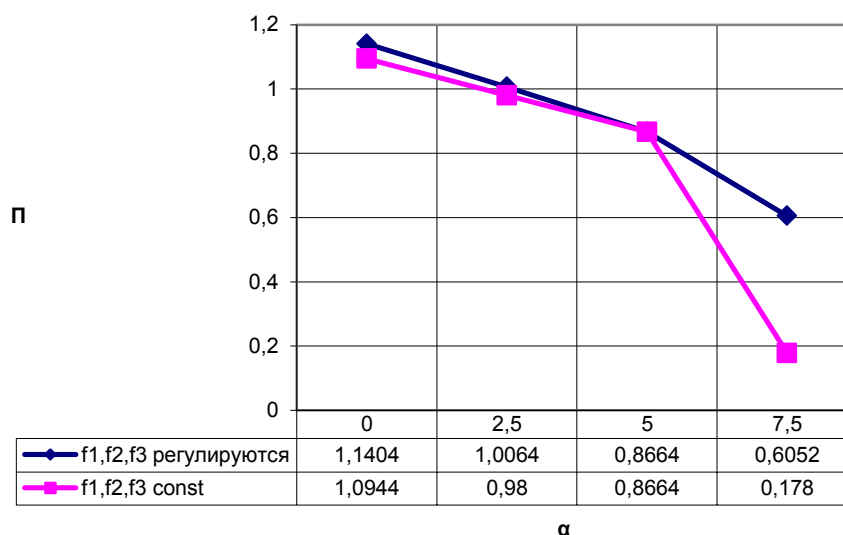


Рисунок 1 – Зависимость производительности Π от изменения угла подъема α . (сцепной вес $G=6000\text{Н}$; удельная загрязненность поверхности $q=0,5 \text{ кг}/\text{м}^2$)

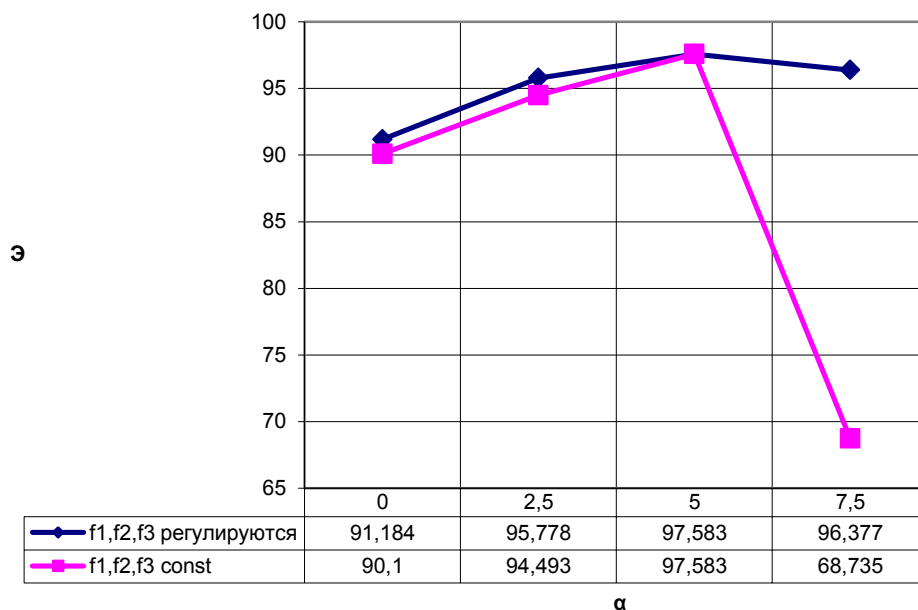


Рисунок 2 – Зависимость эффективности уборки \mathcal{E} от изменения угла подъема α

На рис. 3 представлена зависимость производительности подметально-уборочной машины от изменения сцепного веса G . В процессе уборки коммунальная машина подбирает загрязнения и транспортирует их в накопительный бункер. При этом увеличивается сцепной вес и уменьшается коэффициент буксования. Это приводит к увеличению скорости передвижения машины и, следовательно, к повышению производительности.

При значениях сцепного веса до 6500 Н двигатель работает на регулирующей ветви внешней скоростной характеристики и производительность при регулируемом режиме работы незначительно выше, чем при нерегулируемом ($f_1, f_2, f_3 = \text{const}$).

Когда сцепной вес становится больше 6500 Н, двигатель переходит на корректурную ветвь, мощности, приходящейся на движитель не хватает для сохранения скорости передвижения, и без адаптации к изменившимся условиям производительность резко снижается до значения $\Pi = 0,7388 \text{ м}^2/\text{с}$.

Для сохранения производительности и адаптации к сложившимся условиям требуется перераспределение мощности базового двигателя и происходит подстройка параметров f_1, f_2, f_3 . В этом случае сохраняется высокая производительность, равная $\Pi = 0,9324 \text{ м}^2/\text{с}$.

На рис. 4 проиллюстрировано, что при этом и эффективность уборки при регулируемом режиме работы выше, чем при нерегулируемом.

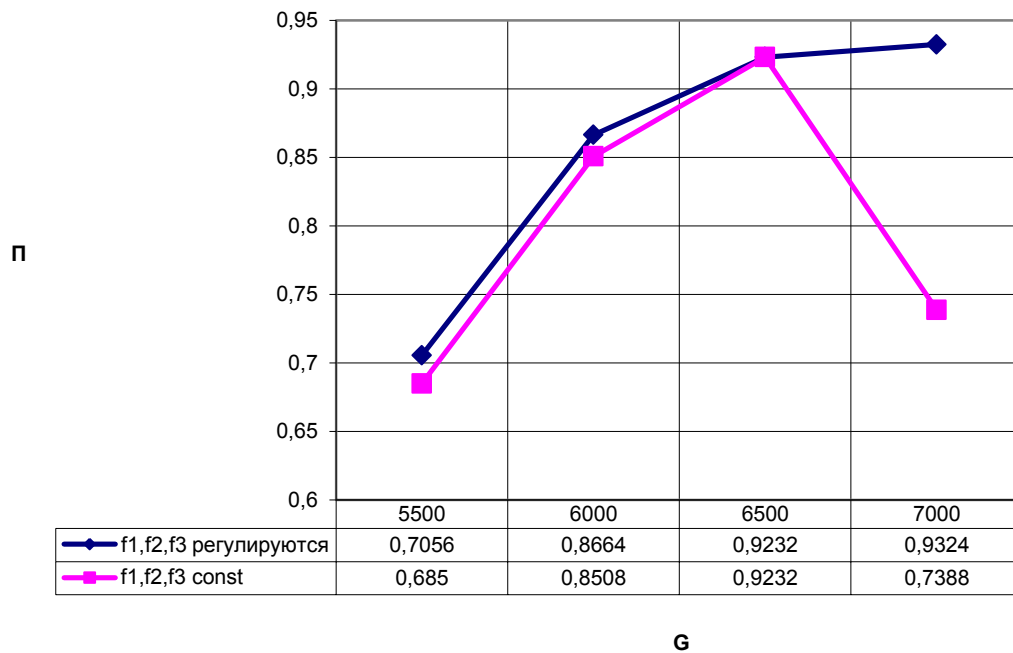


Рисунок 3 – Зависимость производительности П от изменения сцепного веса G (угол подъема $\alpha=5^\circ$; удельная загрязненность поверхности $q=0,5$ кг/м²)

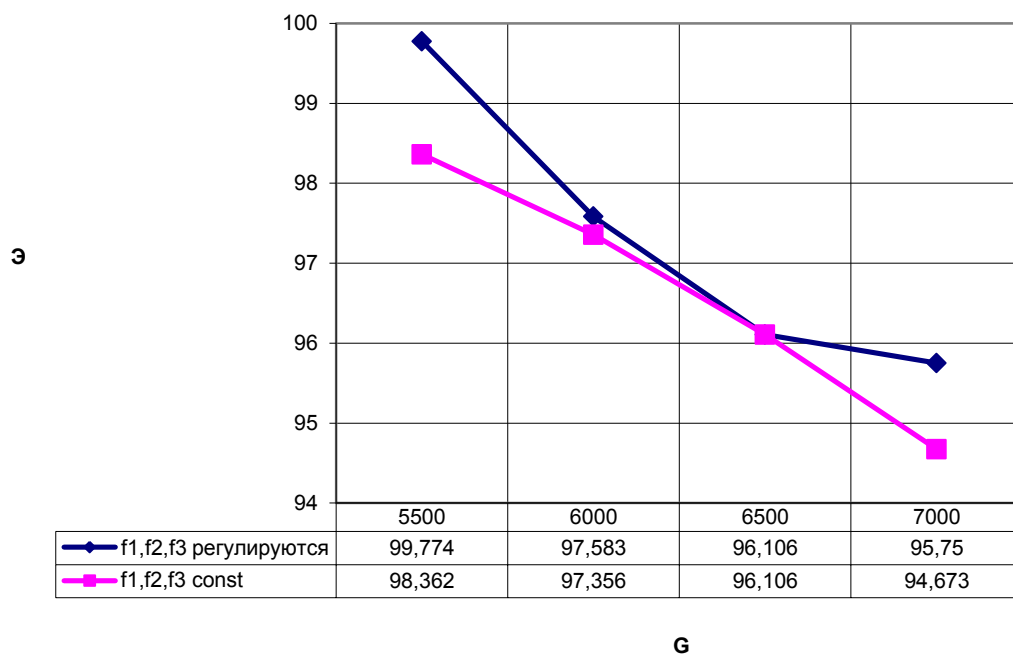


Рисунок. 4 – Зависимость эффективности уборки Э от изменения сцепного веса G

Годовой экономический эффект при использовании коммунальной машины с адаптацией под изменяющиеся внешние условия равен 77466 рублей, получен за счет более высокой производительности

Таким образом, режим работы подметально-уборочной машины должен быть регулируемым, с адаптацией к изменяющимся внешним условиям. Это позволит, как минимум сохранить высокую производительность, а в некоторых условиях повысить ее, при этом сохраняя качество уборки на максимально доступном уровне.

Список использованной литературы

1. Зедгенизов В. Г., Кокоуров Д. В., Простакова Л. В. Определение рациональных режимов работы малогабаритной машины на математической модели // Вестник ИрГТУ, 2009, № 3, С. 47-50.
2. Нижегородов А. И., Куксов М. П. К построению математической модели рабочего процесса подметально-уборочной машины. // Иркутск: «Вестник ИрГТУ» №12. – 2013. – С. 88-91.

Диагностирование методом переходных характеристик элементов гидропривода.

М.А. Никитенко, В.Г. Зедгенизов, А.Н. Стрельников

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

Для получения математической модели гидропривода и результатов расчетов с требуемой точностью нужно использовать волновые уравнения. При анализе динамики гидроприводов с дроссельным управлением при отсутствии пульсаций расхода для описания движения жидкости приемлема сосредоточенная модель гидролинии с жидкостью, в которой допустимо не учитывать инерционность жидкости.

Ключевые слова: диагностирование, математическая модель, гидропривод, волновая характеристика, уравнение Навье-Стокса

Никитенко Михаил Андреевич, аспирант, тел.89642624505, e-mail: mixail-nikitenko@mail.ru

Зедгенизов Виктор Георгиевич, доктор технических наук, профессор кафедры строительных, дорожных машины и гидравлические системы, тел. 40-51-34.

Стрельников Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных, дорожных машины и гидравлические системы, тел. 40-51-34.

Техническое диагностирование — процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью. Результатом технического диагностирования является заключение о техническом состоянии объекта с указанием при необходимости места, вида и причины дефекта, а также определение его остаточного ресурса.

Диагностика гидрооборудования часто требует проведения сборочно-разборочных работ, что сопряжено со значительными затратами времени. Сокращение времени на диагностику является одной из важных задач технического обслуживания. Её решение возможно различными путями, одним из которых является применение метода переходных характеристик.

Метод переходных характеристик основан на анализе реакции гидросистемы на мгновенные изменения давлений в ней. Основное преимущество заключается в том, что переходный процесс представляет собой динамический режим работы объекта диагностирования, при котором наиболее полно проявляется уровень технического состояния.

Достоинствами метода являются: высокая информативность; нагружение может осуществляться исходя из возможностей схемы привода, т.е. самонагружением; метод можно использовать как в случае встраиваемых, так и в случае накладных датчиков.

При оценке технического состояния гидропривода переходные процессы возбуждают путем мгновенного перекрытия потока рабочей жидкости распределителем или краном управления. По времени падения давления в диагностируемом участке привода судят о герметичности соответствующих узлов и агрегатов. При износе сопряжений увеличиваются утечки жидкости и скорость падения давления.

При проверке состояния гидропривода СДМ используют средства диагностирования в виде отдельных простых механических и электромеханических устройств, применение которых характеризуется значительной трудоемкостью, и электронных приборов с накладными датчиками, не требующими разъема трубопроводов, что в несколько раз увеличивает производительность диагностирования и исключает загрязнение рабочей жидкости, а значит, и возможность отказа составных частей гидропривода по этой причине.

Диагностические параметры, измеряемые при применении метода переходных характеристик, представлены в таблице 1.

В качестве стационарных средств используют стенды, устанавливаемые на эксплуатационных и ремонтных предприятиях, а также заводах, выпускающих машины с гидроприводом. Стенды обычно рассчитаны на диагностирование сборочных единиц гидравлического привода, демонтированных с машин. Переносные средства используют для поиска дефектов в сборочных единицах без демонтажа их с машины. Передвижные средства (например, размещенные на автомобиле) могут применяться при диагностировании как с демонтажем, так и без демонтажа сборочных единиц. Передвижные средства, как правило, соединяют в себе элементы, характерные для стационарных и переносных средств.

Гидротестер, предназначенный для измерения параметров переходных процессов в режиме «самозагрузки» гидропривода, содержит измерительный прибор, комплект накладных измерительных преобразователей давления, устанавливаемых на шток гидроцилиндра, встраиваемые измерительные преобразователи давления, вибропреобразователь и преобразователь температуры.

Измерительный прибор гидротестера, структурная схема которого представлена на рис. 1, состоит из четырех блоков: измерения параметров переходных процессов, измерения частоты вращения привода насосов, измерения температуры рабочей жидкости и питания. Основным является первый блок, содержащий измерительный преобразователь давления, блок памяти начального уровня, анализатор сигнала, задатчик уровней, компараторы, схему «ИЛИ», блок запрета, генератор меток времени, блок индикации, блок экстремума, преобразователь. Измерительный преобразователь давления на время измерения устанавливается на диагностируемый гидропривод.

Таблица 1

Структурный параметр	Диагностический параметр
Коэффициент подачи нагнетательной магистрали	Подача гидронасоса Скорость нарастания давления
Давление срабатывания автомата золотника	Амплитудное значение давления
Давление открытия предохранительного клапана	Установившееся давление при удержании золотника в рабочем положении
Суммарные утечки в объеме, ограниченном золотником распределителя (или гидрозамком) и рабочей полостью гидроцилиндра	Скорость падения давления Усадка штока гидроцилиндра под нагрузкой
Давление настройки перепускного клапана	Начальное (установившееся) давление на всех передачах
Отсутствие заедания золотника перепускного клапана	Нестабильность установившегося давления и полного времени переходного процесса при переключении одной передачи
Отсутствие заедания поршня гидроаккумулятора и перебросных клапанов	Минимальное (амплитудное) давление
Коэффициент подачи нагнетательных магистралей	Полное время переходного процесса на каждой передаче
Коэффициент подачи насоса	Падение давления на выходе насоса
Утечки в распределителе	Полное время переходного процесса на отдельных передачах
Утечки в гидроподжимных муфтах	Время нарастания давления на каждой передаче
Износ и коробление дисков гидроподжимных муфт (рабочий ход поршня)	Полное время переходного процесса на всех передачах

Метод измерения параметров переходного процесса может быть применен для диагностирования отремонтированного гидропривода. На рис. 2 показана схема стенда для диагностирования насосов по виброускорению или пульсациям давления в напорной линии. В начальный момент времени в гидроприводе существует установившееся значение давления, сигнал которого от измерительного преобразователя поступает на усилитель. С выхода усилителя сигнал поступает на измерительный прибор. При нажатии кнопки включается цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), который преобразует цифровую последовательность импульсов в аналоговое

напряжение. Это напряжение подается на схему сравнения. В момент, когда усиленный сигнал с датчика давления превысит уровень сигнала с ЦАП, на выходе схемы сравнения появляется уровень логического «0» и происходит переборс схемы совпадения в состояние логической «1». Этот сигнал прерывает работу ЦАП. Измерительный прибор в это время показывает амплитудное значение давления p_{\min} в гидроприводе.

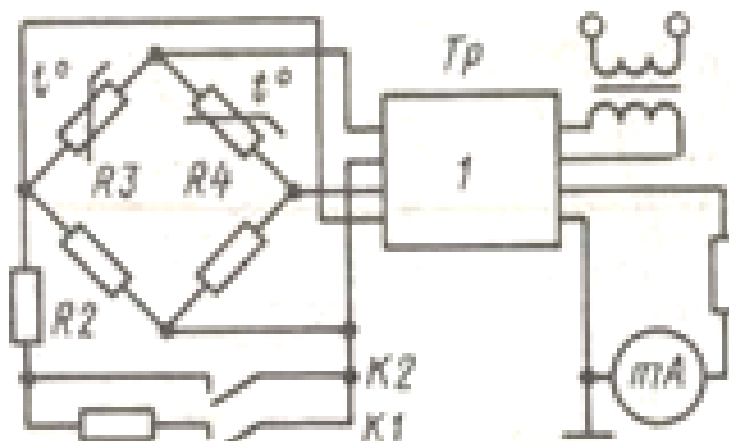


Рисунок 1 – Схема прибора

1 - усилитель постоянного тока; *R1* - резистор установки нуля; *R2* - градуировочный резистор; *R3*, *R4* - проволочные терморезисторы; *K1*, *K2* - кнопочные выключатели; *Tr* - сетевой трансформатор

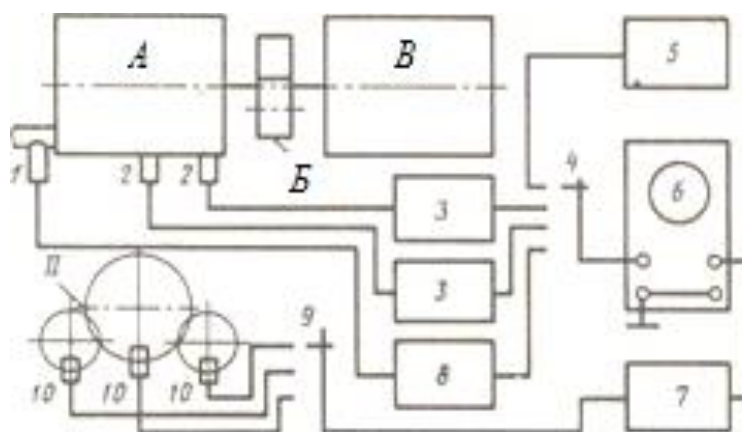


Рисунок 2 – Схема стенда для диагностирования сдвоенного насоса методом переходных характеристик.

A - диагностируемый насос; *B* - вспомогательный редуктор; *B* - приводной двигатель; *1* - датчик давления на выходе диагностируемого гидронасоса; *2* - датчики виброускорений; *3* - предусилители; *4*, *9* - переключатели; *5* - градуировочный генератор звуковых частот; *6* - ЭЛО; *7* - усилитель-формирователь сигнала синхронизации; *8* - тензометрический усилитель; *10* - датчики координаты

Математические модели проектируемых и исследуемых объектов на макроуровне представляют собой системы обыкновенных дифференциальных уравнений, которые в частных случаях решения задач статики превращаются в алгебраические и трансцендентные.

Для получения расчетных характеристик составляется математическая модель гидропривода, описывающая динамические процессы в нем. Переходные процессы в них описываются системой линейных и нелинейных дифференциальных уравнений

Уравнение (1,3) описывает работу двигателя внутреннего сгорания и определяет угловую скорость коленчатого вала в зависимости от нагрузки, создаваемой диагностируемым насосом. Зависимость крутящего момента от угловой скорости описывается двумя линейными уравнениями (6).

Уравнение (2,4,5) формирует давление в напорной магистрали от внешнего воздействия и параметров системы.

$$\dot{I}\omega = M(\omega) - q \cdot p \quad (1)$$

$$\lambda \dot{p} = q_H \cdot \omega_H - \mu \cdot f \sqrt{\frac{2gp}{\rho}} \quad (2)$$

$$\dot{\omega} = \frac{1}{I} [M(\omega) - q_H \cdot p] \quad (3)$$

$$\dot{p} = \frac{1}{\lambda} \left[q_H \cdot \omega_H - \mu \cdot f \sqrt{\frac{2gp}{\rho}} \right] \quad (4)$$

$$\dot{p} = \frac{1}{\lambda} \left[q_H \cdot \omega_H - \sqrt{\frac{2gp}{\rho}} (\mu_1 \cdot f_1 + \mu_2 \cdot f_2) \right] \quad (5)$$

где I — момент инерции вращающихся и поступательно движущихся частей, приведенный к коленчатому валу двигателя;

ω — угловая скорость коленчатого вала;

$M(\omega)$ — зависимость крутящего момента двигателя от угловой скорости коленчатого вала;

q — рабочий объем диагностируемого насоса;

p — давление в напорной магистрали;

λ — коэффициент, учитывающий упругость стенок трубопроводов и сжимаемость рабочей жидкости;

f, f_1, f_2 — площадь проходного сечения регулируемого дросселя, зазоров в поршневой группе, между блоком цилиндров и распределительной шайбой соответственно;

μ, μ_1, μ_2 — коэффициенты формы проходных сечений регулируемого дросселя, зазоров в поршневой группе, между блоком цилиндров и распределительной шайбой соответственно;

ρ — плотность рабочей жидкости.

$$M(\omega) = \begin{cases} a_1\omega + b_1 & \text{при } 0 \leq \omega \leq \omega_{\text{НОМ}} \\ a_2\omega + b_2 & \text{при } \omega > \omega_{\text{НОМ}} \end{cases} \quad (6)$$

где M — крутящий момент ДВС;

ω — угловая скорость вращения коленчатого вала ДВС;

a_1, a_2 и b_1, b_2 — коэффициенты линейных уравнений;

При исследовании переходных процессов, происходящих при работе гидроприводов, с целью упрощения математической модели привода и получения конечных результатов расчетов с требуемой точностью за приемлемое время широко используют так называемые волновые уравнения:

$$\partial p / \partial x = - \rho dv / dt; \quad (7)$$

$$dp / dt = - \rho c^2 \partial v / \partial x, \quad (8)$$

где p - давление жидкости; x - координата в направлении движения жидкости; v - скорость движения жидкости; t - время; ρ - плотность жидкости; c - скорость распространения звука в жидкости с учетом податливости стенок гидролинии, в которой она заключена.

При расчете параметров движения жидкости в гидролинии удобно пользоваться приведенным модулем объемной упругости $E_{гп}$ гидролинии с содержащейся в ней жидкостью. С учетом того обстоятельства, что

$$E_{гп} = \rho c^2, \quad (9)$$

уравнение (8) может быть представлено в виде

$$dp / dt = - E_{гп} \partial v / \partial x \quad (10)$$

Волновые уравнения (7) и (8) являются производными из уравнений Навье-Стокса и уравнения неразрывности. Они получаются при следующих допущениях:

- 1) движение жидкости является одномерным;
- 2) жидкость является абсолютно невязкой (идеальной);
- 3) действие массовых сил на жидкость отсутствует;
- 4) скорость движения жидкости пренебрежимо мала по сравнению со скоростью распространения в ней звука.

Волновая характеристика, представленная на рис.3, показывает изменение давления в напорной магистрали при ступенчатом нагружении системы. Качество переходного процесса определяется параметрами системы, в том числе величинами зазоров в поршневой группе диагностируемого элемента.

Поскольку реальные жидкости обладают вязкостью, то для повышения точности расчетов волновое уравнение (7), являющееся упрощенной

модификацией уравнений Навье-Стокса, корректируют на величину потерь давления, приходящихся на единицу длины в направлении движения жидкости и вычисляемых с использованием какого-либо эмпирического коэффициента. Так, для случая движения жидкости в гидролинии круглого сечения скорректированное уравнение обычно используют в форме

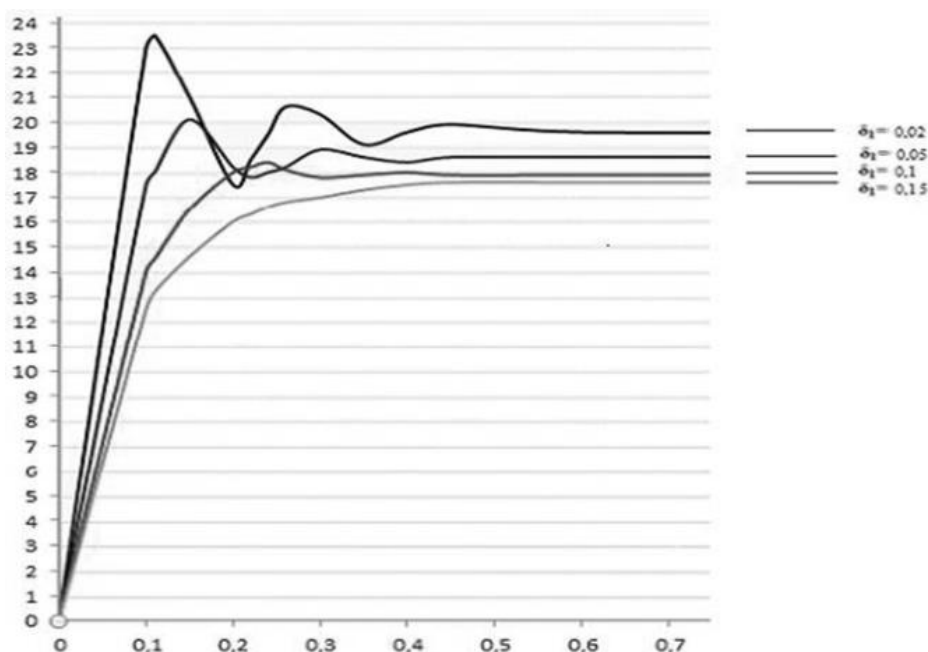


Рисунок 3 – Изменение давления в напорной магистрали при ступенчатом нагружении системы.

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -p [dv/dt + \lambda |v|v/(2D_B)], \quad (11)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения; D_B - внутренний диаметр гидролинии.

Несмотря на то, что уравнения (7), (8), (10) и (11) существенно проще сходных уравнений Навье-Стокса и неразрывности, они также являются дифференциальными уравнениями в частных производных и их применение ограничено исследованием переходных процессов в сравнительно несложных гидросистемах (из-за трудностей вычислительного характера).

При проведении проектировочных и проверочных расчетов сложных гидроприводов приходится отказываться от учета распределения упругих свойств жидкости и стенок гидролиний, в которых она заключена, в пространстве и переходить к использованию сосредоточенных моделей движения жидкости вместо распределенных.

В каждом конкретном случае при расчете переходных процессов, происходящих в гидроприводе, возможность применения сосредоточенной модели гидролинии с жидкостью вместо распределенной (исходя из условия получения достоверных результатов) требует тщательной проверки. В первом приближении при выборе математической модели гидролинии с

жидкостью можно руководствоваться результатами исследований, изложенными в работе: Беренгард Ю.Г., Гайгори М.М. К выбору математической модели трубопровода гидросистемы // Машиноведение. 1978. № 5.

Согласно выводам, сделанным в указанной работе, при анализе динамики гидроприводов с дроссельным управлением, сравнительно короткими гидролиниями и малым быстродействием регулирующей гидроаппаратуры (время изменения площади проходного сечения не менее 0,1 с) при отсутствии пульсаций расхода для описания движения жидкости вполне приемлема сосредоточенная модель гидролинии с жидкостью, в которой допустимо не учитывать инерционность жидкости. При наличии пульсаций расхода для гидроприводов с гидролиниями длиной до 5 м возможно использование сосредоточенной модели гидролинии с жидкостью (при этом в модели обязательно должна учитываться инерционность жидкости), а для гидроприводов с гидролиниями длиной более 5 м необходимо использовать распределенную модель гидролинии с жидкостью.

Список использованной литературы

1. МДС 12-20.2004. Механизация строительства. Организация диагностирования строительных и дорожных машин. Диагностирование гидроприводов. – Москва, 2004. – С. 31.

2. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин : учеб. пособие для вузов по направлению «Назем. трансп. Системы» и специальности «Подъемно-транспортные системы, строит., дор. машины и оборудование» / В. И. Баловнев. - 2-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1994. - 432 с.

3. Гойдо М. Е. Проектирование объемных гидроприводов / М. Е. Гойдо. - М.: Машиностроение, 2009. - 299 с.

4. Зедгенизов В. Г., Коломиец А. Н., Стрельников А. Н. Математическое моделирование процесса диагностирования аксиально-поршневого гидронасоса регулятором мощности / В. Г. Зедгенизов, А. Н. Стрельников, А. Н. Коломиец // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. - 2007. - № 4. - С. 64-67.

5. Стрельников А. Н., Никитенко М. А. Моделирование процесса диагностирования гидронасоса/ А. Н. Стрельников, М. А. Никитенко // Механики XXI века. XXI Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием. Сборник докладов, г. Братск, БрГТУ, 2013.- С. 210-212.

6. Технические средства диагностирования : справочник / Под общ. ред. В. В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1989. - 671 с.

Вибростенд с гидрообъемным роторным генератором колебаний для испытаний макетов и фрагментов зданий на сейсмостойкость

А.А. Сыдыков, А.И. Нижегородов

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматривается конструкция вибростенда с гидрообъемным роторным генератором колебаний для испытаний макетов и фрагментов зданий на сейсмостойкость, работающего в режиме амплитудной и амплитудно-частотной модуляции.

Ключевые слова: вибростенд, гидрообъемный роторный генератор, сейсмостойкость, режим амплитудной и амплитудно-частотной модуляции.

Сыдыков Антон Анатольевич, студент гр. НКб-12-1, тел. 8-914-953-03-21.

Нижегородов Анатолий Иванович, доктор технических наук, зав. кафедрой строительных, дорожные машины и гидравлические системы, тел. 8-914-906-12-28.

В технике испытаний на сейсмостойкость утвердились подходы, основанные на испытаниях крупномасштабных макетов и фрагментов зданий и сооружений, дающие адекватные реальным сейсмическим воздействиям результаты [1, 2]. Это требует создания испытательных платформ большой грузоподъемности, способных имитировать достоверные условия динамического нагружения испытуемых объектов, возникающие при землетрясениях. Испытательные платформы, снабженные гидрообъемным виброприводом, подходят для этих целей наилучшим образом: они характеризуются высокой удельной мощностью, большой грузоподъемностью и возможностью управления, свойственной объемным гидроприводам [3].

Механизм воздействия сейсмических колебаний на строительные объекты объясняется возникновением резонансных явлений, приводящих к необратимым деформациям элементов и узлов их конструкций. Экспериментально установлено [2], что любое сооружение характеризуется спектром собственных частот, который, в зависимости от размеров и структуры объекта (кирпичные, крупнопанельные, каркасные из ж/б или стальных конструкций, на ленточном или свайном фундаменте, бескаркасные здания и т. д.) имеют частотный диапазон от 0,5 до 15 Гц и более. Так как сейсмические колебания имеют сплошной спектр с наибольшими уровнями гармоник в интервале 0,1...10 Гц, то очевидно, что всегда находится соответствие частот возбуждения и собственных частот, что и приводит к возникновению резонансов.

Если из спектра случайных колебаний грунта выделить уровни амплитуд, осредняя их по третьоктавным диапазонам, то его можно предста-

вить имитирующим линейчатым спектром, близким по соотношению уровней гармоник к спектру амплитудно-модулированных (АМ) колебаний. И этот результат не случаен, так как реальные колебания грунта во время землетрясения являются естественным модуляционным процессом [1], хотя и не характеризующимся математической стройностью, свойственной АМ-колебаниям, целенаправленно реализуемым в технике.

Таким образом, наиболее адекватным колебательным процессом, имитирующим сейсмические колебания при испытаниях, является процесс амплитудной или амплитудно-частотной модуляции. Огибающие АМ-колебаний могут быть заданы различными функциями, а это позволяет реализовать различные по гармоническому составу колебательные процессы.

Метод амплитудно-частотной модуляции основной несущей гармоники является наиболее совершенным методом испытаний крупномасштабных макетов и фрагментов зданий и сооружений на сейсмостойкость, дающий адекватные реальным сейсмическим воздействиям результаты.

Для реализации этого метода гидросистема испытательной платформы, рис. 1, содержит гидромашину 1 с фазово-объемным регулированием и режимом амплитудно-частотной модуляции. Она создает знакопеременные потоки жидкости в трубопроводах 2 и 3 с угловой частотой ω_ϕ , задаваемой фазовым регулятором, а гидроцилиндр 4 возбуждает колебания x платформы 12 с частотой $f_\phi = \omega_\phi / 2\pi$. Гидросистема работает с начальным давлением P_0 , поддерживаемым подпиточным насосом 7 совместно с гидроаккумулятором 8 и дросселями 6. Клапан 9 обеспечивает настройку P_0 , а клапаны 5 – защиту гидросистемы от перегрузок.

Ротор гидромашины вращается в одном направлении с регулятором с постоянной угловой скоростью ω_p , но в управлении колебательным процессом не участвует. Маховики 10 сглаживают пульсацию их крутящих моментов.

Метод амплитудной модуляции с качающейся несущей частотой [4], хотя и требует более сложной системы управления приводом испытательной платформы, является наиболее адекватно имитирующим сейсмические колебания при испытаниях.

Дальнейшим развитием концепции объемных гидромашин для возбуждения испытательных динамических систем, является разработка гидрообъемных генераторов случайных колебаний, способных возбуждать узкополосную вибрацию с высоким уровнем спектральной плотности виброускорений [5]. Такие гидроагрегаты могут использоваться не только в технике сейсмических испытаний, но так же при испытаниях различных приборов и аппаратуры на вибропрочность и виброустойчивость.

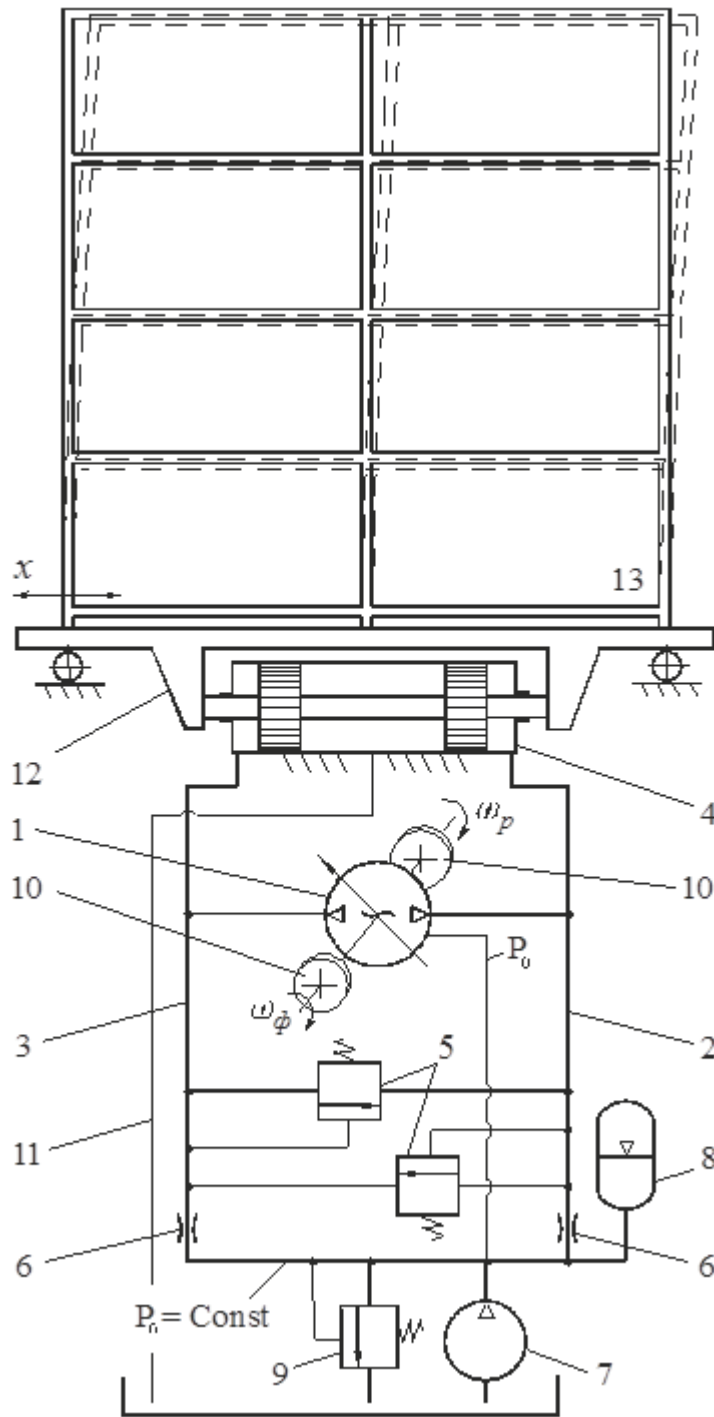


Рисунок 1 – Гидравлическая схема сейсмоиспытательной платформы:
 1- гидроагрегат, 2 и 3- трубопроводы, 4- гидроцилиндр, 5- переливные
 клапаны, 6- дроссели, 7- насос подпитки, 8- гидроаккумулятор, 9- клапан
 давления, 10- маховики, 11- дренажная линия, 12- платформа,
 13- испытуемый объект

Список использованной литературы

1. Жунусов Т.Ж. Колебания зданий при взрывах и землетрясениях. Алма-Ата, Казахстан, 1972. – 200 с.
2. Шапиро Г.А. Вибрационные испытания зданий / под. ред. Г.А. Шапиро. М.: Стройиздат, 1972. – 160 с.
3. Испытательная техника: Справочник. В 2-х кн. / Под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1982 – Кн. 2. 1982. – 560 с.
4. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования. В 2-х кн. Кн. 2 / Под. ред. В.В. Солодовникова. – М.: Машиностроение, 1967. – 682 с.
5. 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.

Оборудование для разработки мерзлых и прочных грунтов

К.Г. Тушинцев, Ю.И. Чеботарев

Иркутский государственный технический университет, 664074, г.Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены конструкции активных рабочих органов рыхлителей для разработки мерзлых грунтов. Установлено, что наиболее эффективным рыхлителем является рыхлитель с магнитострикционным приводом активного рабочего органа. Упругие деформации волнового типа, создаваемые в рабочем органе передаются разрушаемой среде и распространяются в ней. Происходит изменение ее прочностных свойств. Снижаются силы сопротивления и трения при движении рабочего органа в среде. Направление распространения волн ориентируют как, определенную составляющую колебаний вдоль направления движения инструмента.

Ключевые слова: мерзлый грунт; активный рабочий орган; магнитострикционный вибровозбудитель; упругие волны; динамический рыхлитель; гидроимпульсное возбуждение; газодинамический рыхлитель.

Тушинцев Константин Геннадьевич, студент гр. СДМз-09-1, тел.: 89021723556
Чеботарев Юрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных дорожных машины и гидравлические системы, тел.: 721001.

Разработка мерзлого грунта машинами статического действия имеет ограничения в связи с необходимостью применения мощных тягачей. Поэтому важным является создание машин для разработки как мерзлых, так и талых грунтов с использованием принципа интенсификации рабочих органов, позволяющего повысить эффективность работы землеройной техники, снизить удельную энергоемкость процесса разработки грунтов.

В последние годы на мерзлых грунтах и для разработки скальных и полускальных грунтов, а также при реконструкции предприятий, широко применяются рыхлители с активными рабочими органами. Основное преимущество таких машин заключается в возможности практически неограниченной возмущающей силы за счет высоких скоростей колебаний, ударов или силового резания. При прочих равных условиях мощности, веса габаритов, производительности, такие рыхлители позволяют разрабатывать в 2-3 раза более прочные грунты, чем статические. Во всех развитых странах, в том числе и в нашей стране, созданию таких машин придается значительное внимание. Далее рассмотрим некоторые разработанные в стране перспективные конструкции на примере оборудования для установ-

ки на бульдозеры. Динамический рыхлитель с гидроимпульсным возбуждением рабочего органа.

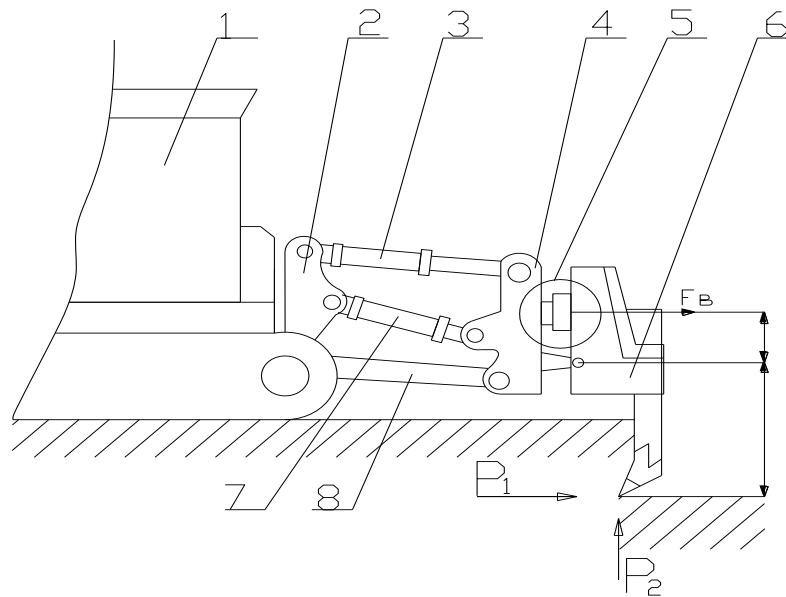


Рисунок 1 – Динамический рыхлитель с гидроимпульсным возбуждением рабочего органа

Принцип работы динамического рыхлителя следующий : при рыхлении грунта от воздействия сил сопротивления резанию стойка 6 с рыхлителем отклоняется от среднего положения и, воздействуя на гидравлический генератор колебаний 5, зажимает рукава высокого давления. В рукава импульсно под давлением подается гидравлическая жидкость вследствие чего генератор колебаний воздействует на стойку рыхлительного зуба 6 и передает ей колебания. В свою очередь, под действием колебаний зуб рыхлителя осуществляет динамическое воздействие на грунт. На рисунке 2 представлена схема гидравлического генератора колебаний, состоящего из корпуса, рукавов высокого давления и плунжерной пары, подающей импульсы в рукава высокого давления.

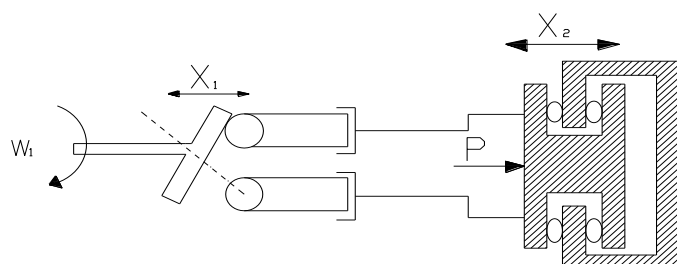


Рисунок 2 – Гидравлический генератор колебаний

Рыхлитель с ударным воздействием рабочего органа на грунт.

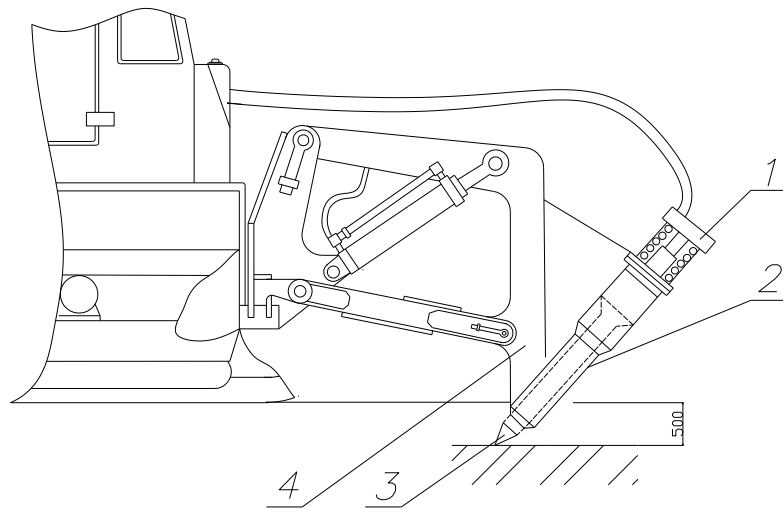


Рисунок 3 – Рыхлитель с ударным воздействием рабочего органа на грунт

Рыхлитель ударного действия, монтируется на обычной подвески. В качестве активатора применяется гидромолот 1 работающий от гидросистемы базовой машины. Молот воздействует на рабочий орган 3, который перемещается во втулке 2 и передает воздействие на грунт. Все активизирующее оборудование крепится к балке 4.

Рыхлитель газодинамического действия (рис 4.) с использованием детонации предназначен для разрушения и дробления мерзлых и прочных грунтов. К базовой машине, при помощи обычной подвески, навешивается рыхлитель 1 со специальным зубом. Зуб рыхлителя снабжен в верхней части камерой сгорания 2 с центральным каналом 8, который заканчивается направленным вперед отверстием 9 в клине наконечника. Камера сгорания имеет больший диаметр, чем канал 8, диаметр которого постепенно уменьшается к выходу. Детонационная камера и канал в целом имеют форму, которая обеспечивает создание детонационной ударной волны, распространяющейся вдоль по каналу после воспламенения горючей смеси. Детонационная волна, проходящая через отверстие 9, создает вторичную реакцию или взрыв в расщелинах породы. От специальных источников 3 через трубопроводы в камеру сгорания поступает кислород и газообразное топливо (водород или ацетилен). Газовоздушная смесь воспламеняется свечой зажигания 7 от специальной цепи зажигания, в которую входит катушка, батарея, кулачковый выключатель 6. Клапаны 4 на пружинах регулируют поток газов, поступающих в камеру сгорания 2, и приводятся в движение кулачком 5, который связан с кулачком 6, замыкающим цепь. Применение кислородно-водородных смесей или же смесей, эквивалент-

ных им, позволяет значительно уменьшить параметры взрывной камеры, а детонационное воздействие позволяет повысить эффективность системы. Теоретически существует возможность использовать электрогидравлический эффект для создания ударной волны, при определённой переработке конструкции. С определённой долей уверенности можно считать такое направление развития газодинамического рыхлителя более перспективным и безопасным, по сравнению с тем, который использует взрывоопасные газы.

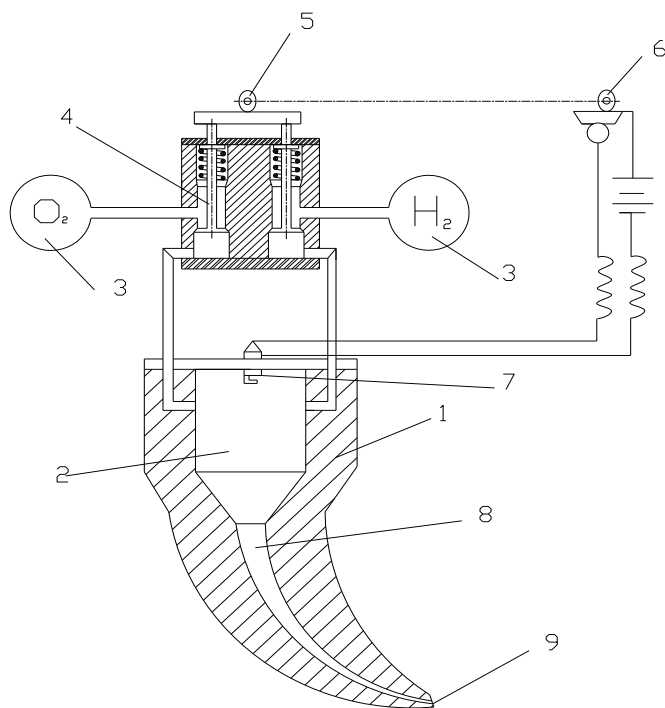


Рисунок 4 – Схема рыхлителя с газодинамическим воздействием на грунт

На основании вышеизложенного материала можно сказать, что наиболее эффективными машинами для разработки мерзлых грунтов являются рыхлители непрерывного скола мерзлого грунта (статикодинамические рыхлители). Использование оборудования с интенсификацией рабочих органов позволяет применить тракторы среднего класса (100 – 150 кН тяги) для работ на которых они не могли быть использованы, в особенности, в зимнее время. Одной из альтернатив возможности увеличения сил резания и снижения сил сопротивления грунта резанию, является применение ультразвукового воздействия рабочего органа на разрушаемую среду.

Эффект интенсификации определяется снижением сил сопротивления и трения при взаимодействии инструмента со средой. Упругие деформации волнового типа, создаваемые в рабочем органе передаются разрушаемой среде и распространяются в ней. Происходит изменение ее прочностных

свойств. Снижаются силы сопротивления и трения при движении рабочего органа в среде. Направление распространения волн ориентируют как, определенную составляющую колебаний вдоль направления движения инструмента.

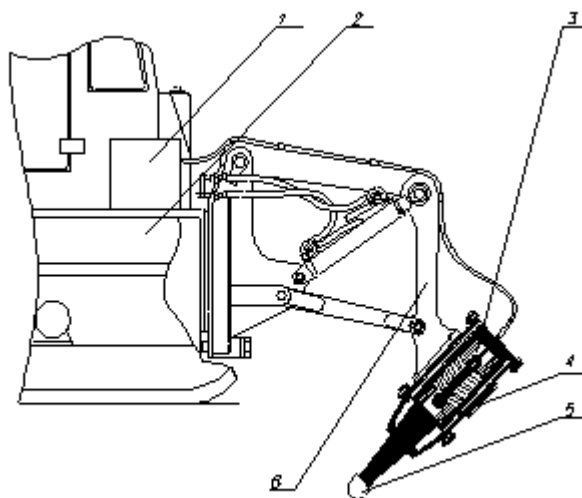


Рисунок 5 – Рыхлитель с магнестрикционным приводом

Механические упругие колебания распространяются в виде волн, следующих одна за одной с определенной частотой (f). Частотой называют число колебаний, совершаемых в одну секунду. За единицу частоты принято одно колебание в секунду – герц (Гц); 1000 Гц составляет 1 кГц. Под звуковыми колебаниями принято понимать упругие механические колебания с частотой до 16 кГц. На практике часто используют упругие механические колебания с частотой 1 – 10 кГц. На рисунке 5

В качестве активатора применяется магнестрикционный вибровозбудитель. Высокочастотный тиристорный генератор 1, устанавливается на базовом тракторе 2, и питается от автономной дизельной станции. Все оборудование крепится на специально смонтированной площадке. Тиристорный генератор преобразовывает ток промышленной частоты 50 Гц в ток с частотой 5200 Гц и передает его на колебательную систему 3. Колебательная система через концентратор 4 передает упругие волны на рабочий орган 5 и таким образом оказывают воздействие на разрушаемую среду (грунт). Все активизирующее оборудование крепится к балке 6.

Важнейшей характеристикой волнового движения является длина волны (λ), представляющая собой расстояние между соседними сжатиями или разрежениями, находящимся в одном периоде колебаний, т. е. в одной фазе. В области сжатия амплитуда колебаний имеет максимальное значение, в областях разрежения – минимальное. Звуковые волны, распространяются в среде, вызывают колебания ее материальной точки. Энергия колебаний последней передается окружающим ее частицами этой среды, а

они в свою очередь передают колебания новым частицам, за счет этого происходит разупрочнение мерзлого грунта. Основным узлом всех звуковых и ультразвуковых установок является колебательная система. Ее задача – преобразование электрических импульсов ультразвуковой частоты, поступающих от источника питания, в механические (упругие) колебания рабочего элемента установки.

Все элементы колебательной системы строго увязываются между собой по акустическим, механическим и конструктивным параметрам.

Список использованной литературы

1. Чеботарев Ю.И., Рабодзей Р.И., Об испытании высокочастотного вибрационного рыхлителя мерзлого грунта Совершенствование проектирования и строительства автомобильных дорог. ЛИСИ, 1987, №2/130/
2. Чеботарев Ю.И., Мельников А.В., Изменение прочностных свойств в горных породах при динамическом нагружении Горный журнал, №4, 1991
3. Чеботарев Ю.И. Критерий эффективности динамического нагружения мерзлого грунта Вестник ИрГТУ, №6, 2010

Исследование процесса окраски деталей и машин с элементами автоматизации

А.С.Худченко, Д.А.Андронов

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

Приведены типы и способы окраски машин и их деталей при помощи различных установок, с исследованием процесса покраски, с элементами автоматизации.

Ключевые слова: процесс, поверхность, покрытие, распыление, краска, поверхности детали окрашиваются.

Худченко Александр Сергеевич, старший преподаватель, кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел. 89647306144, e-mail: Alex122809@rambler.ru

Андронов Денис Александрович, студент группы НКб-11-1, кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел. 89501138972

Машины, агрегаты и детали после ремонта окрашивают полностью или частично с целью защиты от коррозии и улучшения их внешнего вида. Детали окрашивают только те, окраска которых оговорена в технических условиях.

Процесс окраски состоит из следующих основных операций: подготовка поверхностей деталей для окраски, грунтовка, шпаклевка, сушка шпаклевки, шлифование шпаклеванных поверхностей и окраска. Окраска нередко производится в несколько слоев в зависимости от условий, в каких будет эксплуатироваться машина. Как и при выполнении сборочных операций, наибольшей производительности достигают при комплексной механизации всех операций процесса окраски.

Для получения прочных и плотных лакокрасочных покрытий, способных защитить металл от коррозии, а также для сохранения отделки на длительное время поверхности деталей машин тщательно очищаются перед покраской. С поверхностей деталей удаляется ржавчина, окалина, пригоревший формовочный песок, старая краска, масло. Все это может нарушить прочность лакокрасочной пленки и привести к коррозии металла.

Подготовка поверхностей может быть осуществлена тремя методами: механическими, химическими и термическими. Для механической очистки поверхностей применяются ручные металлические щетки, электрические и пневматические шлифовальные машинки. Литые детали обычно подвер-

гаются барабанной или дробеметной очистке в обрубных отделениях литейных цехов. Поверхности крупных деталей подвергаются гидроочистке. Неровности отливок обрабатываются пневматическими зубилами, зачищаются на стационарных или подвесных маятниковых зачистных станках.

После подготовки поверхности детали окрашиваются. Применяется несколько методов окраски машин: окраска кистью, окунанием, обливанием, воздушным распылением, бескомпрессорным распылением и автоматическая окраска в электростатическом поле.

В тяжелом машиностроении наибольшее распространение нашел метод окраски воздушным распылением и окраска кистью, хотя заслуживает внимания и бескомпрессорная окраска и окраска в электростатическом поле.

Окраска воздушным распылением производится с применением различных краскораспылителей (пульверизаторов). Окраска воздушным распылением в 5—10 раз производительнее окраски кистью и дает хорошее качество покрытия, позволяет применять быстросохнущие материалы. В машиностроении широко применяются высокопроизводительные распылители Кр-10, Кр-20, Кр-30, работающие при давлении воздуха 3—6 атм. Они позволяют окрашивать до 60 м² в час. Однако недостатком окраски с воздушным распылением является наличие краски в воздухе во взвешенном состоянии, не попавшей на изделие. Для устранения вредного действия на рабочих необходимо производить отсос этой краски, что не всегда возможно при окраске крупных узлов, машин. Туман краски вредно отражается на здоровье маляров и рядом работающих слесарей-сборщиков, поэтому окраска должна производиться в специальных камерах.

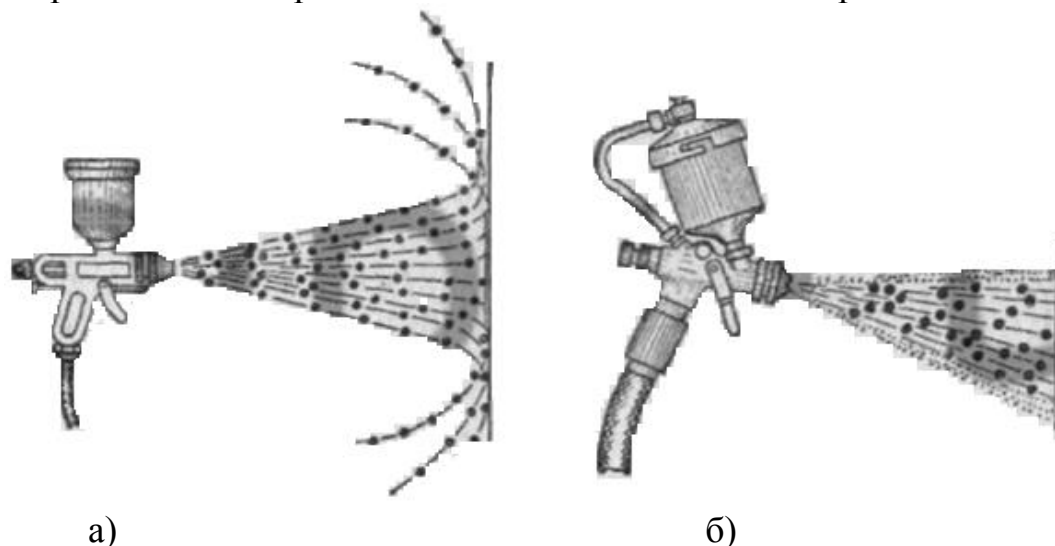


Рисунок 2 – Действие обычного распылителя краски (а) и бестуманного распылителя (б).

Заслуживает особого внимания применение бестуманных распылителей 0-31 и БТО-3М.

На рис. 2, а показано действие обычного распылителя, создающего распыленную струю, а на рис. 2, б действие бестуманного распылителя. Туман краски в нем устраняется воздушным потоком в виде конуса, обволакивающего факел краски и препятствующего отражению краски от поверхности окрашивания. Эти распылители работают при пониженном давлении. Вместо 3—4 атм при обычном распылении требуется давление 1—1,5 атм, в связи с чем сила удара краски о поверхность уменьшается, и она не отскакивает.

Бескомпрессорная окраска имеет свои преимущества перед окраской воздушным распылением. Эти преимущества: большая производительность, экономия лакокрасочных материалов, отсутствие туманообразования при окрашивании. Краска через распылитель подается из цилиндра при движении поршня под давлением до 35 атм.

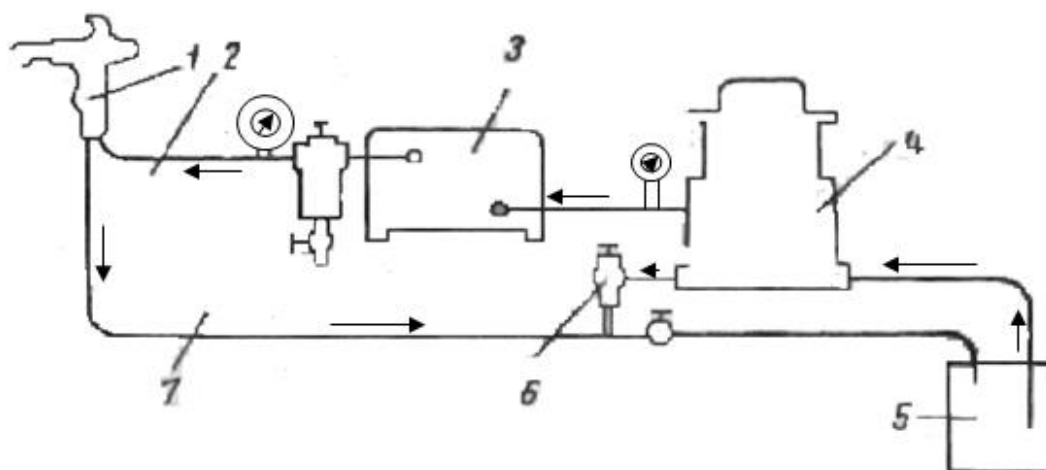


Рисунок 3— Схема установки «Эрлесс» для окраски машин

За последние годы окраска безвоздушным распылением нашла широкое распространение за рубежом, причем окраска ведется с подогревом краски. Один из методов назван «эрлесс», т. е. безвоздушное распыление. По примеру США в настоящее время многие фирмы Франции, Англии, Италии и др. изготавливают необходимую аппаратуру для окраски этим методом.

На рисунке 3 изображена схема работы установки «эрлесс» для окраски машин. Принципиальная особенность метода заключается в том, что краска распыляется в результате высокого давления и высокой температуры. Оба фактора влияют на производительность и качество окраски.

Краска из бака 5 насосом 4 под давлением 21 - 42 атм нагнетается в систему. Пройдя нагреватель 5, краска по шлангу 2 подается к пистолету-распылителю 1. Неиспользованная краска может циркулировать в системе по шлангам 2 и 7, проходя через предохранительный клапан 6. Краска по-

догревается до температуры 90° для синтетических материалов и до 70° при окраске нитрокрасками.

Покрасочные конвейеры – составляющая часть автоматических линий окраски. Окрасочные конвейеры позволяют добиться высокой производительности процесса окраски изделий. Они могут подразумевать окраску ручными краскопультами или же автоматическими системами напыления.



Рисунок 4 – Схема покрасочной камеры

На рисунке 5 изображена логическая схема работы покрасочного конвейера. На конвейерную подвеску навешиваем нуждающуюся в окрашивании деталь, далее заполняем ванну краской нужного до требуемого уровня при этом срабатывают два датчика Дмкр. (датчик массы краски) и Дм. под. (датчик массы на подвеске). Они в свою очередь через суммирующий элемент включают подогрев камеры предварительного подогрева, ванны с краской и сушильной камеры. Далее так, как данные установки нагрелись, срабатывают три датчика температуры Дт. кам. (камеры подогрева), Дт. кр. (ванны с краской), Дт. суш. (сушильной камеры), через суммирующий элемент включают привод конвейера Пр.кон. Деталь пройдя предварительный прогрев и самоокрашивание, подходит к сушильной камере и тут срабатывает Дф (фотодатчик) который по цепочке включает привод ворот Пр. вор. на открывание. Деталь въезжает в сушильную камеру, останавливается и замыкает контакты, включается привод ворот на закрытие, при этом дополнительно срабатывает реле времени Рел. вр.

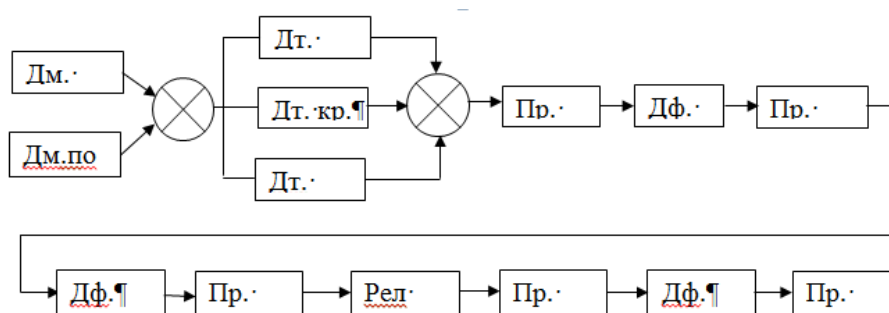


Рисунок 5 – Логическая схема работы покрасочной камеры

После истечения определенного времени реле открывает противоположные ворота Пр.вор. деталь выходит из сушильной камеры, на выходе срабатывает вновь Дф (фотодатчик) включает привод ворот Пр. вор. и ворота закрываются. Деталь готова!

Последний этап правильной покраски деталей и машин — полировка.

Список использованной литературы

1. Галич А.Ю. Техобслуживание, мелкий ремонт и покраска автомобиля своими руками. Изд-во: Клуб семейного досуга, 2012.
2. Гестрин Б.И. Управление техническими системами. Курс лекций. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005.
3. Гестрин Б.И. Управление техническими системами. Методические указания по выполнению практической работы. - Иркутск, Изд-во ИрГТУ, 2006.

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ СОВРЕМЕННЫХ МАШИН

УДК 628.517.4

Динамические свойства механических соединительных устройств планетарного типа с неуравновешенными сателлитами

В.Г. Грудинин

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

Проведен анализ соединительного устройства на основе планетарного механизма с неуравновешенными сателлитами. Рассмотрено применение в соединительном устройстве сателлитов с неподвижной неуравновешенной дополнительной массой. Рассмотрен вариант использования неуравновешенного груза, имеющего возможность перемещаться относительно сателлита. Составлены дифференциальные уравнения движения механической системы. Рассмотрен способ вывода системы на рабочий режим за счет целенаправленного изменения динамических свойств передачи посредством подвижных неуравновешенных грузов.

Ключевые слова: механическая система – машинный агрегат – соединительное устройство – режимы работы – динамическое гашение колебаний – инерционно-импульсный планетарный механизм – амплитудно-частотная характеристика.

Грудинин Владимир Гарриевич, старший преподаватель кафедры Конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: 89041371795, e-mail: grudinin_v60@mail.ru

В машинных агрегатах вращательное движение от двигателя к рабочим (исполнительным) органам передается через передаточные механизмы и соединительные устройства. Передаточные механизмы подвергаются переменным динамическим воздействиям, возникающим при работе. Динамические воздействия являются причиной потери работоспособности приводных механизмов: усталостного износа, снижения долговечности. Одним из способов защиты приводных механизмов от динамических воздействий является использование компенсирующих соединительных устройств.

Основное назначение соединительных устройств в машинных агрегатах – соединение валов отдельных узлов и передача крутящего момента на всех режимах работы. Кроме своего основного назначения соединительные устройства выполняют различные дополнительные функции. К таким функциям относят защиту устройств от аварийных перегрузок; многократный разрыв и включение силового потока; передачу движения только в одном направлении; обеспечение плавного разгона; виброзащиту приводных и исполнительных механизмов.

В механических колебательных системах дополнительные связи принято классифицировать по порядку производной, содержащейся в их операторе. Именно порядок производной в наибольшей степени определяет свойства дополнительных связей и степень их влияния на работу системы при динамических воздействиях. Введение в исходную систему дополнительных связей нулевого и первого порядка приводит к изменению упругих и диссипативных свойств колебательной системы. Введение в исходную механическую систему дополнительных связей второго порядка (динамических связей) создаёт силу, пропорциональную ускорению. Появление дополнительной силы приводит к режиму динамического гашения возмущающих динамических воздействий на определенной частоте. Исследование влияния дополнительных связей в колебательных механических системах вращательного типа было рассмотрено автором ранее [1].

Соединительные устройства с дополнительными динамическими связями являются эффективными вибрационными изоляторами. Это подтверждено исследованиями соединительных устройств с центробежными связями и маятниковых гасителей крутильных колебаний (угловых вибраций). В работе [2] был предложен способ динамического гашения крутильных колебаний дополнительными связями второго порядка. Этот способ реализуется в планетарном механизме с неуравновешенными грузами, установленными на сателлитах. Механизм применяют в широком диапазоне изменения скорости вращения в качестве планетарного формирователя импульсов инерционно-импульсной передачи, работающей в режиме динамической муфты.

Планетарный механизм с неуравновешенными сателлитами позволяет совмещать передачу крутящего момента на всех режимах работы (разгон, установившийся режим, выбег) машинного агрегата с защитой приводных механизмов от переменных динамических воздействий.

Создание такого соединительного устройства осложнено тем, что планетарный механизм с неуравновешенными сателлитами (планетарный импульсный механизм) не обеспечивает разгон рабочих органов машинного агрегата без дополнительных устройств, например, без механизма свободного хода. Известные центробежные муфты и динамические гасители колебаний с механизмами преобразования движения также обеспечивают передачу крутящего момента в период разгона за счет жестких связей нулевого порядка (жесткие упоры, упругие элементы). Это обусловлено тем, что в планетарных импульсных механизмах [3] крутящий момент на сателлите зависит не только от скоростного режима, но и от угла поворота неуравновешенного груза. При повороте сателлита величина крутящего момента изменяется по гармоническому закону. При этом крутящий момент меняет знак (направление) при переходе неуравновешенного груза через прямую, проходящую через оси сателлита и центрального колеса и разделяющую плоскость сателлита на две полуплоскости. В результате на

сателлите генерируется знакопеременный крутящий момент, среднее значение которого за цикл равно нулю.

Исследования показывают, что создание нового соединительного устройства на основе планетарного механизма с неуравновешенными сателлитами, обладающего широким диапазоном гашения колебаний, возможно лишь при использовании нового подхода к развитию планетарных механизмов с неуравновешенными сателлитами. Один из таких подходов состоит в создании планетарного механизма с неуравновешенными грузами, установленными на сателлитах и связанных с водилом таким образом, чтобы перемещение грузов при вращении сателлита происходило только в одной из полуплоскостей сателлита.

При исследовании динамических свойств соединительных устройств применялись методы теории малых колебаний и аналитической механики. Для составления дифференциальных уравнений движения системы применялись уравнения Лагранжа II рода или уравнения движения с неопределенными множителями Лагранжа. Исследование устойчивости стационарного движения проводилось по уравнениям первого приближения. Интегрирование уравнений движения в режимах разгона и выбега проводилось численными методами.

Были рассмотрены структурные представления механических систем с инерционными динамическими связями. При исследовании динамики устройства были рассмотрены частотные характеристики. Динамические свойства инерционно-импульсных устройств при кинематическом возбуждении были исследованы в предположении неограниченной мощности источника возмущений.

Устройство с неподвижным неуравновешенным грузом на сателлите. Кинематическая схема планетарной передачи, содержащей соединительное устройство с неуравновешенными грузами, изображена на рис. 1. На рисунке обозначены: 1 – водило, 2 – сателлит, 3 – центральное колесо. Расчетная схема соединительного устройства приведена на рис. 2. Дифференциальное уравнение движения передачи, с неподвижным относительно сателлита неуравновешенным грузом 5 массой m_5 ($b = \text{const}$) при кинематическом возмущении $\varphi_1(t)$ имеет вид

$$\begin{aligned} [J_1 + (J_2 + m_5 b^2) i^2] \ddot{\varphi}_3 = (J_2 + m_5 b^2) (i + 1) i \ddot{\varphi}_1 + \\ + m_5 a b i \sqrt{\dot{\varphi}_1^2 + \dot{\varphi}_1^4} \sin(\beta + \alpha) - M_n \end{aligned} \quad (1)$$

где $\text{tg } \alpha = \dot{\varphi}_1 / \dot{\varphi}_1^2$.

Момент M_n , развиваемый двигателем для обеспечения $\varphi_1(t)$, равен

$$M_n = M_n + \Delta M, \quad (2)$$

где

$$\Delta M = (J_2 + m_5 b^2) \ddot{\varphi}_2 + [J_2 + (m_2 + m_5) a^2] \ddot{\varphi}_1 + J_1 \ddot{\varphi}_3 + m_5 a b (\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_2) \cos \beta - m_5 a b \dot{\beta} (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) \sin \beta. \quad (3)$$

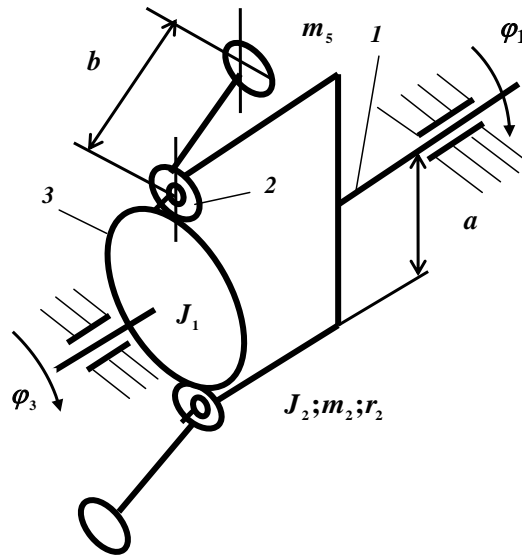


Рисунок 1. – Устройство с неподвижным неуравновешенным грузом

В стационарном режиме движения, когда входной и выходной валы вращаются равномерно ($\ddot{\varphi}_1 = \ddot{\varphi}_3 = 0$) с одинаковыми угловыми скоростями $\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_3$, сателлит не проворачивается, $\dot{\beta} = 0$, и из выражения (3) следует, что $\Delta M = 0$ и момент M_d , развиваемый двигателем, равен моменту нагрузки M_n .

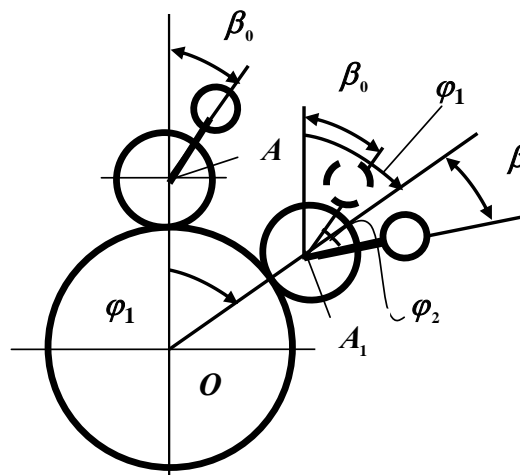


Рисунок 2 – Расчетная схема устройства

При этом из выражения (1) получим

$$M_n = m_5 a b i \dot{\varphi}_1^2 \sin \bar{\beta}. \quad (4)$$

В зависимости от приложенной нагрузки M_n устанавливается значение угла $\bar{\beta}$, соответствующее выражению (4). При изменении момента нагрузки M_n изменяется и угол β в пределах, определяемых из условий устойчивости и $0 < \bar{\beta} < \pi/2$.

В случае малых угловых колебаний, при малых значениях β муфта может работать как динамический гаситель колебаний на частоте

$$\omega = \dot{\varphi}_1 \sqrt{\frac{m_5 a b i \cos \bar{\beta}}{(J_2 + m_5 b^2)(i+1) + m_5 a b \cos \bar{\beta}}}, \quad (5)$$

пропорциональной угловой скорости $\dot{\varphi}_1$ во всём диапазоне её изменения.

Покажем, что выход на стационарный режим в данной передаче без дополнительных устройств невозможен. Пусть в режиме разгона угловая скорость входного вала $\dot{\varphi}_1$ меняется согласно графику, изображенному на рис. 3.

Начиная с некоторого момента времени $t = \tau$, $\ddot{\varphi}_1$ становится равным нулю и уравнение (1) принимает вид

$$[J_1 + (J_2 + m_5 b^2) i^2] \ddot{\varphi}_3 = m_5 a b i \dot{\varphi}_1^2 \sin \beta - M_n. \quad (6)$$

При разгоне $\dot{\varphi}_1 > \dot{\varphi}_3$, $\beta = (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_3) i \neq 0$, сателлит проворачивается вокруг своей оси, β при этом меняется от 0 до 2π . За каждый оборот сателлита среднее значение момента $m_5 a b i \dot{\varphi}_1^2 \sin \bar{\beta}$, передаваемого на выходной вал 3, равно нулю. При этом, как следует из (6) ускорение $\ddot{\varphi}_3 < 0$ и скорость $\dot{\varphi}_3$ начнёт убывать. Следовательно, в передаче с неподвижным относительно сателлита неуравновешенным грузом невозможно осуществить выход на рабочий режим, при котором $\dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_1$.

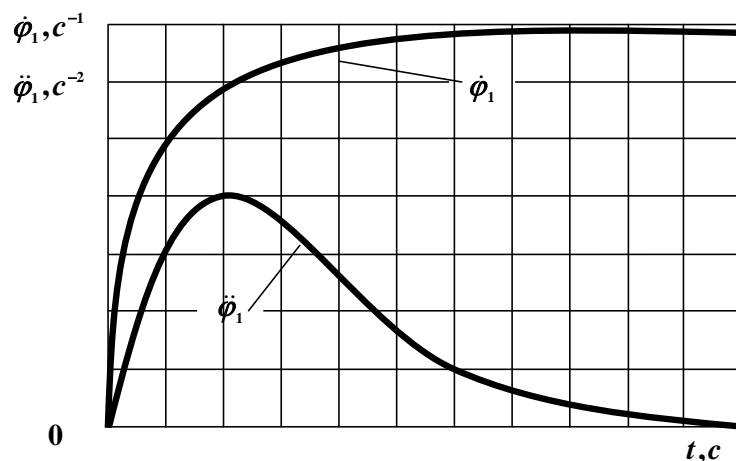


Рисунок 3 – Кривые разгона

Устройство с подвижным неуравновешенным грузом на сателлите. Одним из способов решения проблемы вывода системы на рабочий режим $\dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_1$ является целенаправленное изменение динамических свойств пере-

дачи посредством подвижных неуравновешенных грузов. Пусть неуравновешенный груз имеет возможность перемещаться относительно сателлита по траектории $b = b(t)$ по прямолинейному каналу (рис. 4).

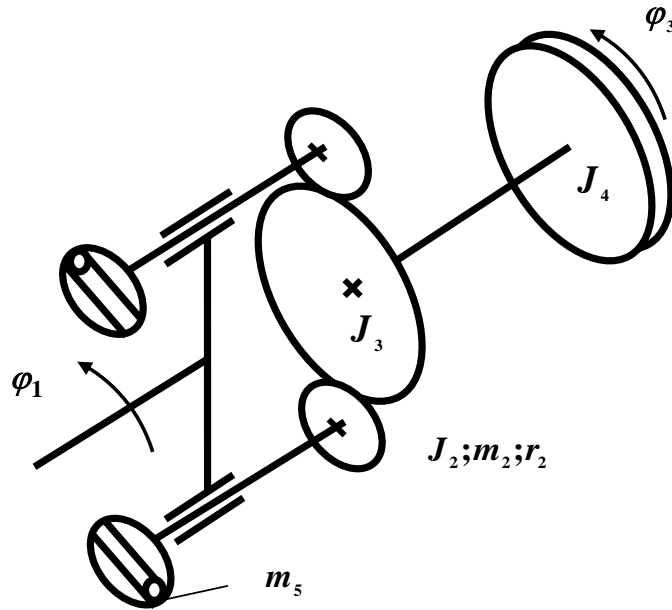


Рисунок 4 – Устройство с подвижным неуравновешенным грузом

Пренебрегая трением, получим дифференциальные уравнения движения системы при свободном движении груза по каналу

$$[J_1 + (J_2 + m_5 b^2) i^2] \ddot{\varphi}_3 = (J_2 + m_5 b^2) (i + 1) i \ddot{\varphi}_1 + m_5 a b i \sqrt{\dot{\varphi}_1^2 + \dot{\varphi}_2^4} \sin(\beta + \alpha) + 2m_5 b \dot{b} i \dot{\varphi}_2 - M_H, \quad (7)$$

$$m_5 \ddot{b} = m_5 b \dot{\varphi}_2^2 + m_5 a \sqrt{\dot{\varphi}_1^2 + \dot{\varphi}_2^4} \cos(\beta + \alpha). \quad (8)$$

При b_{\max} груз прижимается к ободу стеллита ($b_{\max} = r_2$) или ограничивающим упорам ($b_{\max} < r_2$) и движение системы так же как и при $b = \text{const}$ описывается уравнением (1). В уравнении (7) по сравнению с уравнением (1) появляется дополнительный член – момент кориолисовой силы инерции $M_k = 2m_5 b \dot{b} i \dot{\varphi}_2$.

Момент на двигателе будет определен выражением (2), где в данном случае

$$\Delta M = [J_1 + (m_2 + m_5) a^2] \ddot{\varphi}_1 + (J_2 + m_5 b^2) \ddot{\varphi}_2 + (J_3 + J_4) \ddot{\varphi}_3 + m_5 a b (\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_2) \times \times \cos \beta - m_5 a b \dot{\beta} (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) \sin \beta + 2m_5 \dot{b} \dot{\varphi}_2 (b + a \cos \beta) + m_5 a \ddot{b} \sin \beta. \quad (9)$$

Последние два слагаемых $2m_5 \dot{b} \dot{\varphi}_2 (b + a \cos \beta)$ и $m_5 a \ddot{b} \sin \beta$ в выражении (9) определяют дополнительную нагрузку на двигатель, обусловленную движением неуравновешенных грузов относительно сателлита.

В стационарном режиме движения ($\dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_1$) груз прижимается к периферии сателлита ($b = \text{const}$) при определенном угле $\bar{\beta}$, определяемом так же, как и при $b = \text{const}$, из равенства (4) в зависимости от приложенной нагрузки M_n . В передаче происходит динамическое гашение колебаний на частоте, определяемой уравнением (5). Изменяя b_{max} – расстояние от оси сателлита до ограничителей, можно настраивать гаситель на определенную частоту, пропорциональную несущей частоте работы передачи; изменять границы устойчивой работы в режиме муфты.

При разгоне, начиная с некоторого момента времени, имеем $\dot{\varphi}_1 = \text{const}$, $\ddot{\varphi}_1 = 0$ и уравнения (7) и (8) на участке свободного движения груза по каналу примут вид

$$[J_3 + J_4 + (J_2 + m_5 b^2) i^2] \ddot{\varphi}_3 = m_5 a b i \dot{\varphi}_1^2 \sin \beta + 2 m_5 b b i \dot{\varphi}_2 - M_n, \quad (10)$$

$$m_5 \ddot{b} = m_5 b \dot{\varphi}_2^2 + m_5 a \dot{\varphi}_1^2 \cos \beta. \quad (11)$$

При повороте сателлита вокруг собственной оси ($\gamma = \dot{\varphi}_3 / \dot{\varphi}_1 \neq 1$) неуравновешенный груз смещается по каналу к периферии или возвращается в центр в зависимости от угла поворота сателлита и соотношения угловых скоростей γ . Если в момент прекращения разгона ведущего звена $\gamma < (i + 1 - \sqrt{1 + i}) / i$, то груз в канале будет всё время прижат к периферии и, как было показано ранее, скорость $\dot{\varphi}_3$ снизится, и режим $\dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_1$ не будет достигнут.

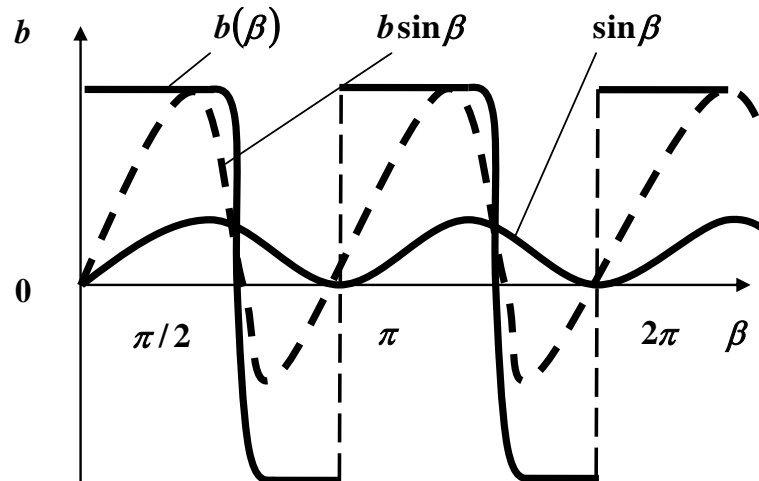


Рисунок 5 – Зависимость момента центробежных сил от угла поворота сателлита

При $\gamma > (i + 1 - \sqrt{1 + i}) / i$ груз из определенного положения на диске сателлита начинает движение к центру, пройдя через который, устремляется к периферии и снова прижимается к ободу до следующего отрыва.

При таком движении угол поворота сателлита можно считать изменяющимся от 0 до π , т.к. после этого процесс повторяется. Если для простоты считать удар груза об ограничительные упоры на периферии сателлита абсолютно неупругим, то движение груза относительно сателлита можно описать зависимостью, примерный вид которой представлен на рис. 5.

Здесь же приведены кривые $\sin \beta$ и $b \sin \beta$ (пунктирная линия). Как видно из графика, при изменении β от 0 до π , среднее за цикл значение $b \sin \beta$, а следовательно, и момента центробежных сил $M_{цб} = m_5 a b i \dot{\phi}_1^2 \sin \beta$ является положительным.

Анализ момента кориолисовой силы инерции $M_k = 2m_5 b b i \dot{\phi}_2$ показывает, что $M_k = 0$ на участках, где груз не имеет прямолинейного движения ($b = \text{const}$), $M_k > 0$ при движении груза к центру сателлита и $M_k < 0$ при движении от центра к периферии.

Если среднее за цикл значение $\bar{M}_k = 0$, то суммарное значение момента, передаваемого на выходной вал, является положительным и появляется возможность выхода системы на рабочий режим $\dot{\phi}_3 = \dot{\phi}_1$.

Дальнейшим развитием данной схемы является ограничение движения груза по каналу сателлита. Это ограничение исключит возможность получения отрицательных значений момента центробежных сил и снизит удары об ограничительные упоры на периферии сателлитов.

Устройство с подвижным неуравновешенным грузом сателлита, имеющим удерживающую связь с водилом. Ограничим движение груза по каналу относительно сателлита с помощью направляющей, установленной на водиле. Пусть направляющая такова, что обеспечивается движение груза по закону

$$b = r_2 \sin \beta. \quad (12)$$

Для осуществления этого закона следует выполнить направляющую в виде окружности радиуса $r_2 / 2$ (см. рис. 6) или связать груз с водилом шарнирно посредством стержня.

Дифференциальное уравнение движения системы в этом случае имеет вид:

$$\begin{aligned} [J_1 + (J_2 + m_5 r_2^2) i^2] \ddot{\phi}_3 = J_2 i (1 + i) \ddot{\phi}_1 + m_5 i r_2^2 (i + 1/2) \ddot{\phi}_1 - \\ - m_5 i r_2 \sqrt{(a^2 + r^2 / 4) (\dot{\phi}_1^4 + \dot{\phi}_1^2)} \sin(2\beta + \gamma_1 + \alpha) - M_n, \end{aligned} \quad (13)$$

где $\text{tg} \gamma_1 = 2a / r_2$.

Нагрузка на двигатель определяется выражением (2), где

$$\begin{aligned} \Delta M = [J_b + (m_2 + m_5) a^2] \ddot{\phi}_1 + (J_2 + m_5 r_2^2 / 2) \ddot{\phi}_2 + J_1 \ddot{\phi}_3 - \\ - m_5 r_2 \sqrt{(a^2 + r^2 / 4) (\dot{\phi}_2^2 + 4\dot{\beta}^2 \dot{\phi}_2^2)} \sin(2\beta + \gamma_1 - \alpha_1), \end{aligned} \quad (14)$$

где $\text{tg} \alpha_1 = \dot{\phi}_2 / (2\dot{\beta} \dot{\phi}_2)$.

В стационарном режиме движения

$$\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_3 = const, \quad \beta = \bar{\beta} = const, \quad \dot{\beta} = 0, \quad \Delta M = 0, \quad M_d = M_n,$$

где

$$M_n = -m_s i r_2 \sqrt{a^2 + r^2 / 4} \sin(2\bar{\beta} + \gamma_1). \quad (15)$$

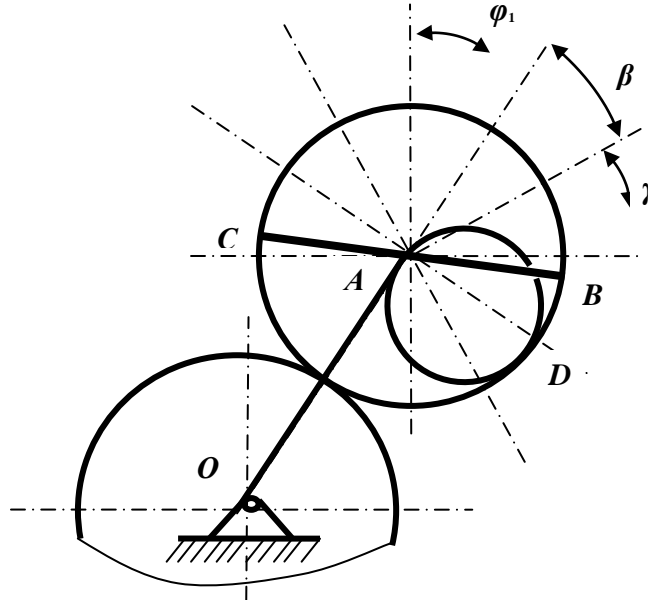


Рисунок 6 – Расчетная схема устройства с неуравновешенным грузом, имеющим удерживающую связь с водилом

Выражение, стоящее в правой части равенства (15), должно быть больше нуля. Это возможно при

$$\sin(2\bar{\beta} + \gamma_1) < 0 \quad \text{или} \quad \pi < 2\bar{\beta} + \gamma_1 < 2\pi. \quad (16)$$

Из выражения (16) получим граничные значения угла $\bar{\beta}$, при котором возможна передача момента с входного вала на выходной. Например, при значении передаточного числа $i = 0,556$ получим

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = 2a / r_2 = 2(r_1 + r_2) / r_2 = 2(i + 1) = 3,112, \quad \gamma_1 = 72^\circ$$

и выражение (33) примет вид

$$54^\circ < \bar{\beta} < 144^\circ. \quad (17)$$

Максимальный момент, передаваемый передачей, получим из выражения (15) при $2\bar{\beta} + \gamma_1 = 3\pi/2$. При $i = 0,556$ максимальному моменту соответствует значение $\bar{\beta} = 99^\circ$.

Исследование устойчивости стационарного режима по уравнениям первого приближения для возмущенного движения [4] $\varphi_3 = \bar{\varphi}_3 + \Delta\varphi_3$ дает условие устойчивости

$$\cos(2\bar{\beta} + \gamma_1 + \alpha) < 0 \quad (18)$$

или

$$\pi/4 - \gamma_1/2 < \bar{\beta} < 3\pi/4 - \gamma_1/2. \quad (19)$$

При $i = 0,556$ условие (19) примет вид

$$9^\circ < \bar{\beta} < 99^\circ. \quad (20)$$

Таким образом, в области устойчивой работы $M_n > 0$ при

$$\pi/2 - \gamma_1/2 < \bar{\beta} < 3\pi/4 - \gamma_1/2. \quad (21)$$

Для $i = 0,556$ условие (22) примет вид

$$54^\circ < \bar{\beta} < 99^\circ.$$

В режиме разгона, когда входной вал начинает вращаться с постоянной скоростью $\dot{\varphi}_1 = const$, $\ddot{\varphi}_1 = 0$, дифференциальное уравнение движения (13) примет вид

$$[J_1 + (J_2 + m_3 b^2) i^2] \ddot{\varphi}_3 = -M_n - m_3 i r_2 \dot{\varphi}_1^2 \sqrt{(a^2 + r^2/4)} \sin(2\beta + \gamma_1). \quad (22)$$

При изменении угла β от 0 до π среднее значение передаваемого на выходной вал момента $m_3 i r_2 \sqrt{(a^2 + r^2/4)} \sin(2\beta + \gamma_1)$ равно нулю и из (22) получим $\ddot{\varphi}_3 < 0$. Следовательно угловая скорость $\dot{\varphi}_3$ начнет убывать и выход на рабочий режим $\dot{\varphi}_3 = \dot{\varphi}_1$ становится невозможным.

Возможность выхода на рабочий режим без дополнительных устройств появляется, если связанную с водилом направляющую сделать односторонней связью, т.е. дать возможность грузам отрываться от нее. Исследование такой системы в настоящее время выполняется.

Заключение

Основные результаты исследований соединительных устройств и систем с инерционно-динамическими связями в машинных агрегатах, приведенные в статье, показывают следующее:

1. Введение в динамическую систему дополнительных связей, взаимодействующих с полем центробежных сил, образованных вращением и формирующих пропорциональные ускорению силовые воздействия, является эффективным способом виброзащиты приводных механизмов машинного агрегата от динамических воздействий, возникающих при работе.
2. Соединительное устройство в виде планетарного механизма с неуравновешенными грузами, подвижно установленными на сателлитах и связанными с водилом, обеспечивающее передачу крутящего момента на всех режимах работы машинного агрегата.
3. Предложенное соединительное устройство обеспечивает режим динамического гашения колебаний при работе в режиме динамической муфты в широком диапазоне изменения скорости вращения машинного агрегата.
4. Предложенное соединительное устройство применяется и может получить дальнейшее развитие при разработке соединительных устройств машинных агрегатов.

В дальнейшем целесообразно продолжить исследования и разработать в целях повышения эффективности работы машинного агрегата на ос-

нове планетарного механизма с неуравновешенными грузами, подвижно установленными на сателлитах.

Список использованной литературы

1. Грудинин В. Г., "Исследование влияния дополнительных связей в колебательных механических системах вращательного типа" // Вестник ИрГТУ. - 2011. - №2 с. 34-40.
2. Грудинин В.Г. "Способ динамического гашения крутильных колебаний дополнительными связями второго порядка", Вестник ИрГТУ, Иркутск, 2011, №5, с. 6-15.
3. Елисеев С.В., Грудинин Г.В. Теоретические основы работы динамического гасителя крутильных колебаний в случае кинематических возмущений. В сб.: "Инерционно-импульсные механизмы, приводы и устройства": Труды II Всесоюзной научной конференции, Челябинск, 1978, с. 159 - 164.
4. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М.: - Наука, 1971. – 312 с.

Устройство для подъёма и поворота колесных пар железнодорожных вагонов

В.К. Еремеев, А.Л. Гольцман

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83;

Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского 15.

Аннотация. Разработана конструкция устройства для перестановки колесных пар с одной рельсовой колеи на вторую, перпендикулярную первой, позволяющая выполнить процесс от одного пневмопривода с точной фиксацией рабочих положений, используя в качестве источника питания типовую пневмомагистраль цеха, и выполнять работу при ручном и автоматическом управлении.

Ключевые слова: колёсная пара, пневмоцилиндр, шток, поршень, крестовина, направляющая, подшипник, воздух, датчик.

Еремеев Валерий Константинович, доцент кафедры конструирования и стандартизации ИрГТУ, тел. 89642158811, E-mail: eremeev1940@bk.ru.

Гольцман Алексей Леонидович, студент гр. В10-2 ИрГУПС, Тел. 89247049772, E-mail: Golcman-aleksey@yandex.ru

На кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» ИрГУПС и кафедре «Конструирование и стандартизация в машиностроении» ИрГТУ разработана конструкция подъемно-поворотного устройства колесных пар. Предпосылкой предложения проекта к разработке является несовершенство конструкций существующих на данный момент аналогичных устройств, которые сложны в исполнении, имеют большие габариты и металлоемкость и требуют значительных усилий оператора или времени для выполнения данной работы. В существующих конструкциях для подъёма и поворота колёсной пары используются отдельные самостоятельные приводы пневматического или электромеханического действия. Была поставлена и успешно решена задача по проектированию подъемно-поворотного устройства, выполняющего одновременно подъём и поворот колёсной пары от одного пневмопривода за один цикл срабатывания.

На рис.1 представлен общий вид устройства, состоящего из 6 основных узлов: рама (1) установленная на бетонном фундаменте, на которой смонтирован пневмоцилиндр (2) с установленной на нем направляющей пластиной (3), в паз которой вставлено колесо (4) поворотного устройства (5) с опорной крестовиной (6). Опорная крестовина крепится к штоку

пневмоцилиндра на двух радиально-упорных подшипниках, обеспечивая достаточную жесткость конструкции и вращение крестовины относительно штока. Из расчёта силовых факторов подъёма и поворота колёсной пары, массы перемещающихся частей конструкции, возникающих сил трения и инерции, а также рабочего давления в пневмомагистрали цеха выбран пневмоцилиндр стандартного диаметра 250 мм. Для обеспечения достаточной жесткости конструкции диаметр штока значительно увеличен и принят из стандартного ряда 160мм. Данное соотношение диаметров поршня и штока пневмоцилиндра, кроме достаточной жесткости, даёт более широкие возможности по регулировке скорости при опускании колёсной пары в конечную позицию. Диаметр штока под подшипниками крестовины принят 150мм и на нём монтируются стандартные радиально-упорные подшипники № 7930 по ГОСТ 27365-87. Расчётный ресурс подшипников обеспечивает 16,8 миллионов рабочих циклов.

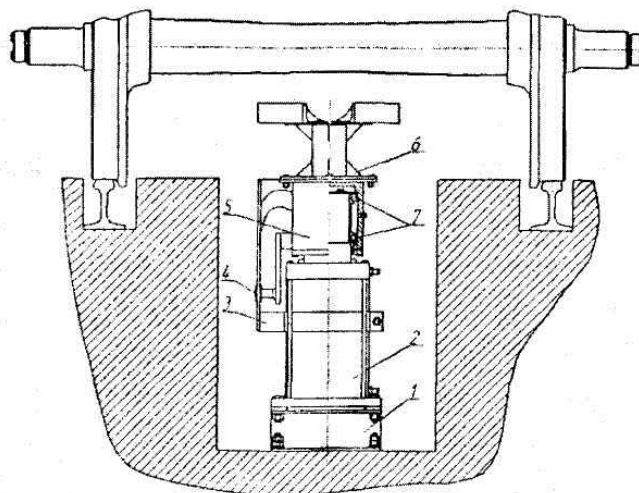


Рисунок 1 – Общий вид установки: 1-рама; 2-пневмоцилиндр; 3-направляющая пластина; 4-колесо; 5-поворотное устройство; 6-опорная крестовина; 7- подшипники.

После постановке колесной пары на позицию поворота оператор включает подачу воздуха в поршневую полость, шток пневмоцилиндра (2) поднимает поворотное устройство (5) вместе с опорной крестовиной (6) до момента контакта с колесной парой. Штоковая полость постоянно сообщается с атмосферой через дроссель расхода воздуха. Далее колесная пара поднимается вертикально без вращения, пока колесо (4) движется по линейной части направляющего выреза пластины (3). При выходе штока на высоту 150 мм колесо (4) начинает движение по нелинейной части направляющего выреза, вследствие чего поворотное устройство (5) начинает вращаться в подшипниках (7), вместе с которым вращается и колесная пара. На пневмоцилиндре (1) установлен бесконтактный электромагнитный датчик положения поршня цилиндра, который выключает подачу воздуха

посредством сигнала на электромагнитный воздухораспределитель и соединяет поршневую полость с атмосферой. Регулировка скорости перемещения поршня выполняется дросселированием расхода воздуха из штоковой полости. Датчик расположен таким образом чтобы подача воздуха прекратилась за 5 - 7 мм до входа колеса (4) в верхнюю мертвую точку направляющего выреза. В момент отключения подачи воздуха подвижные части механизма уже вращаются с определенной угловой скоростью, которая необходима для преодоления верхней мертвой точки. Далее начинается движение штока вниз. В это время колесо (4) продолжает движение по нелинейной части направляющего выреза, обеспечивая поворот механизма на необходимый угол. После выхода колеса (4) из нелинейной части выреза опускание колесной пары продолжается без вращения до постановки ее на рельс. В конструкции пневмоцилиндра предусмотрено демпфирование при опускании поршня в нижнее положение. Определение точного исходного положения крестовины относительно колесной пары выполняется за счёт наладочного поворота направляющей пластины (3) с помощью затяжного хомута. Данная операция выполняется однократно и в дальнейшей работе на требуется никаких позиционных настроек. На рис.2 показана развернутая в одну плоскость направляющая пластина с вырезом и ее основные элементы. На рис.3 изображена направляющая пластина(1) с хомутом крепления(2) к пневмоцилиндру (вид сверху).

Условие прохода колеса (4) через мёртвую точку направляющей пластин будет обеспечено, если кинетическая энергия вращающихся частей машины будет больше работы сил трения при движении колеса (4) и работы по подъёму колесной пары и подвижных частей машины без подачи сжатого воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра. Данное условие

может быть записано в виде
$$\frac{J\omega^2}{2} > A_{тр} + A_{п},$$

где: J - момент инерции вращающихся частей машины и колесной пары, ω – угловая скорость этих частей.

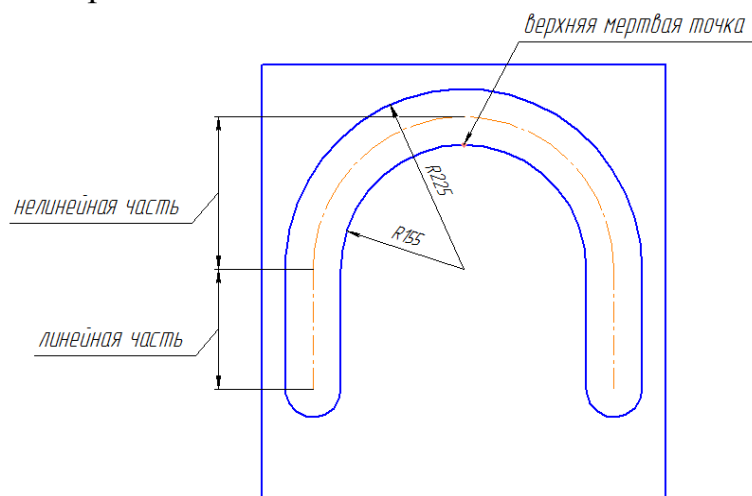


Рисунок 2 – Развернутый вид направляющей пластины.

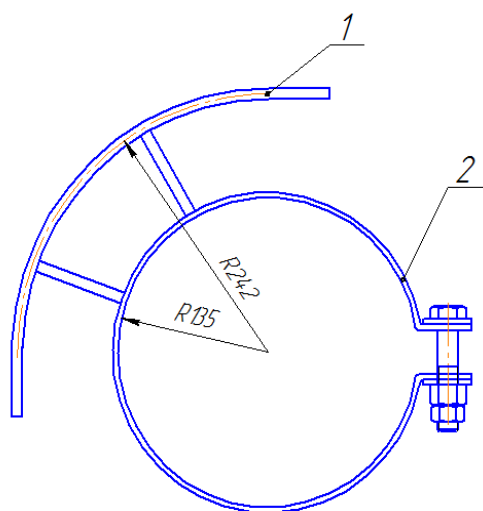


Рисунок 3 – Направляющая пластина с хомутом крепления к пневмоцилиндру

Работа трения: $A_{тр} = F_{тр}s + M\varphi$, где $F_{тр}$ – сила трения качения колеса (4) в направляющей пластине, s – путь проходимый колесом до мёртвой точки, M – момент трения в подшипниках поворотного устройства (5), φ – угол поворота на заданном участке. В реальной конструкции данный угол составляет примерно 150. Работа подъёма: $A_{п} = (m_1 + m_k)gh$, где m_1 – масса подвижных частей машины, m_k – масса колёсной пары, g – ускорение свободного падения, h – высота подъёма без подачи воздуха. Угловая скорость ω связана с линейной скоростью подъёма $V_{п}$ поршня цилиндра со-

отношением $\omega = \frac{V_{п}}{Rtg\alpha}$, где R – расстояние от центра цилиндра до точки контакта колеса (4) с направляющей, α – угол подъёма профиля направляющей. В реальной конструкции этот угол составляет 5 - 70.

Общее решение приведенных зависимостей определяет необходимую скорость перемещения поршня пневмоцилиндра:

$$V_{п} = 1,4Rtg\alpha \sqrt{\frac{F_{тр}s + M\varphi + (m_1 + m_k)gh}{J}}$$

В предлагаемой конструкции эта скорость должна составить 50 – 60 мм/с, что вполне достижимо в реальных условиях эксплуатации и обеспечивает плавную работу механизма. Время одного цикла составит 12 – 15 с.

Установка разработана и смонтирована таким образом, чтобы с ее помощью осуществлялась операция поворота как новой, так и предельно изношенной колесной пары.

Установка может работать и в автоматическом режиме. Для этого требуется только два дополнительных сигнала: колёсная пара пришла к точке поворота и колёсная пара ушла с новой позиции поворота.

Список использованной литературы

1. Еремеев В.К., Пашков Н.Н. Конструирование нестандартного технологического оборудования вагоноремонтных предприятий : учеб. пособие : в 3ч. – Иркутск: – изд. ИрГУПС, 2011.– 572с.
2. Еремеев В.К., Кузнецов Н.К. Обеспечение продольной устойчивости изделия. // Вестник Иркутского государственного технического университета 2012. №12, с 43-50. Иркутск: Изд-во: ИрГТУ.
3. Оборудование для обслуживания и ремонта грузовых вагонов: каталог © ЗАО «ТД «ЭНЕРПРОМ».2012 г.

Разработка метода испытания материалов при двухосном напряженном состоянии

Е.В. Зеньков, Л.Б. Цвик

Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15

В работе предложен метод испытания материалов при двухосном нагружении, позволяющий снизить технические требования к числу силовых приводов испытательного оборудования. На основе метода разработан специальный образец для механических испытаний. Использование метода расширяет возможности исследования прочностных свойств различных материалов и уточняет оценку прочности объектов машиностроения, работающих в условиях разнонаправленных нагрузок.

Ключевые слова: двухосное нагружение, испытание материалов, вид напряженного состояния, образец для механических испытаний

Зеньков Евгений Вячеславович, ассистент кафедры вагонов и вагонного хозяйства, тел.: 89086526251, e-mail: jovanny1@yandex.ru

Цвик Лев Беркович, доктор технических наук, профессор кафедры вагонов и вагонного хозяйства, тел.: 89643593088, e-mail: tsvik_1@mail.ru

Необходимым этапом проектных расчётов на прочность объектов машиностроения является проведение экспериментальных исследований, включающих изучение прочностных свойств материала, из которого изготовлен объект исследования. С учетом полученных опытных данных производится выбор необходимых конструктивных размеров объекта, обеспечивающих надежность в процессе эксплуатационных нагрузок.

Опыт эксплуатации объектов машиностроения, работающих в условиях сложного нагружения, в частности штуцерных узлов аппаратуры высокого давления, транспортных трубопроводов нефтехимического производства, несущих элементов транспортных средств, элементов летательных аппаратов и др., показывает, что расчетные и реальные условия их разрушения могут существенно не совпадать [1, 2]. Одной из причин указанного несовпадения является несовершенство традиционных методов расчета на прочность, которые не полностью учитывают влияние на прочностные свойства материала такого фактора как вид напряженного состояния [1]. Поэтому принятый в расчетах на прочность «коэффициент запаса» компенсирует их недостаточную точность. Проблема не учета вида напряженного состояния объясняется ещё и тем, что испытание материалов при

двухосном нагружении представляет технически сложную и дорогую процедуру, требующую привлечения специализированного испытательного оборудования и нестандартных образцов для механических испытаний [3 – 7]. В данной работе сделана попытка решения представленной проблемы посредством разработки метода испытания материалов при двухосном нагружении, позволяющего осуществлять процесс нагружения на стандартном оборудовании [8].

Развитие технологий инженерного анализа привели к возможности создания нестандартных конструкторских решений, основанных на новых принципах формирования разнонаправленных сил, действующих на испытываемый образец. На рис. 1а представлена общеизвестная схема нагружения крестообразного образца для исследования свойств материалов при двухосном нагружении [4]. Создание в этом образце двухосного состояния материала происходит за счет приложения нагрузок к его концевым частям (силы P и моменты M на рис. 1а). При этом каждое из главных напряжений в образце создается при помощи силовых приводов испытательной машины (двухприводной машины). Недостатком такого метода испытаний является погрешности получаемых характеристик, связанных с податливостью силовых механизмов машины и их синхронизации, высокая стоимость испытаний.

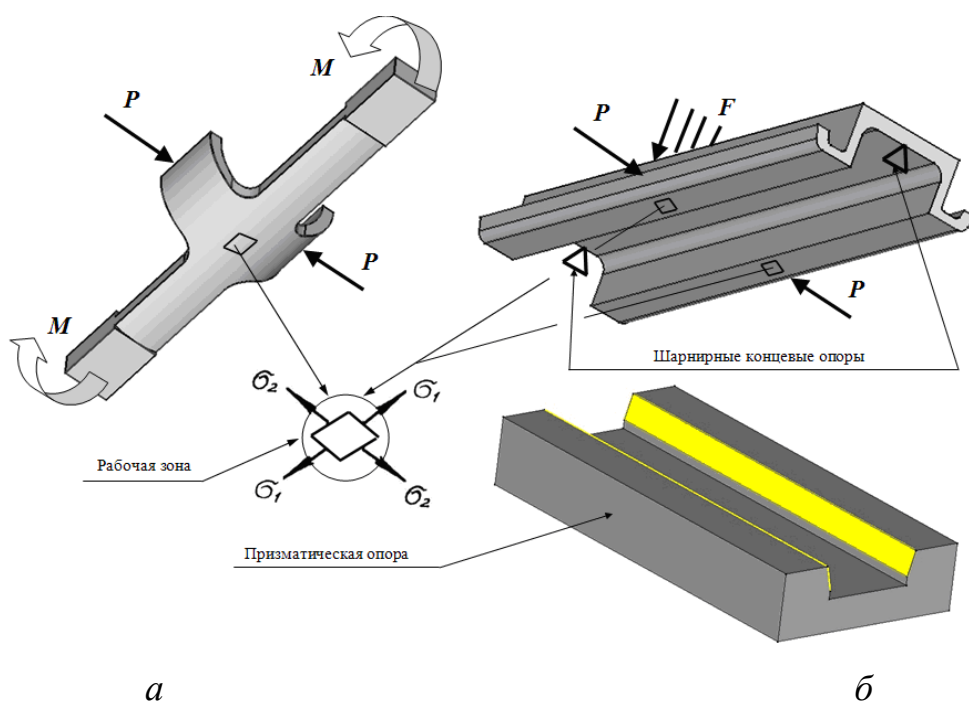


Рисунок 1 – Схемы нагружения образцов с боковыми выступами: а – поперечные усилия P создаются приводом испытательной машины; б – поперечные усилия P являются контактными реакциями, возникающими на наклонных опорных поверхностях образца

В рассматриваемой работе предложен метод испытания материала при сложном нагружении, заключающийся в генерации и использовании контактных реакций на наклонных поверхностях [8]. Конструктивное решение, реализующее указанный метод, приведено на рис. 1б. Необходимые для создания двухосности поперечные силы P будут возникать при действии основного испытательного усилия F . При этом силы P будут возникать как силы реакции на наклонных опорных поверхностях образца при их скольжении по опорным поверхностям призматической опоры без использования дополнительного силового привода. Предлагаемый образец снабжен боковыми выступами, на концах которых располагаются наклонные опорные поверхности (рис. 1б), и размещен при проведении испытаний в соответствующей призматической опоре.

Одной из важных задач при реализации схемы нагружения предложенного образца (рис. 1б) является оценка влияния сил трения, возникающих на наклонных поверхностях, на уровень напряженного состояния в его рабочих зонах. Осуществлялось расчетное моделирование процесса деформирования модели образцов с учетом контактного характера их упругого взаимодействия с опорными элементами. Формирование конечно-элементных (КЭ) моделей выполнено в постпроцессоре MSC.PATRAN, решение задачи проводилось в MSC.NASTRAN. В силу симметрии конструктивной схемы использовалась четверть, высеченная двумя ортогональными плоскостями симметрии, при этом в зонах контакта образца с опорой использовался метод согласованных сеток и локальное сгущение (рис. 2).

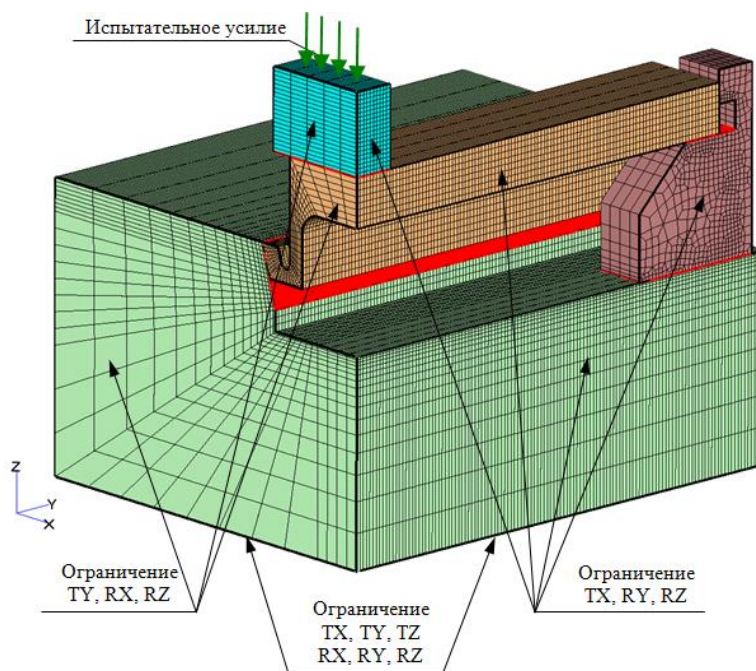


Рисунок 2 – Дискретная конечно-элементная модель взаимодействия образца с опорными элементами

Для расчетного исследования выбран вариант конструктивного оформления образца с геометрическими параметрами – длина образца в продольном направлении $L = 220$ мм, его высота $H = 30$ мм, толщина $S = 44$ мм, опоры: длина в продольном направлении $L_{on} = 250$ мм, высота $H_{on} = 70$ мм, толщина $S_{on} = 200$ мм. При расчетной оценке варьировался параметр γ – угол наклона опорной поверхности бокового выступа образца в диапазоне с интервалом 5° .

$$0^\circ \leq \gamma \leq 60^\circ \quad (1)$$

Левая граница диапазона (1) при $\gamma = 0^\circ$ соответствует отсутствию контакта образца с призматической опорой. При $\gamma \geq 60^\circ$ – скольжение тел относительно друг друга происходит в условиях высоких контактных усилий, которыми пренебрегать нельзя (в этом случае может возникнуть опасность заклинивания). При моделировании принималось, что материалом образца и опоры является конструкционная сталь, для которой модуль Юнга $E = 210000$ МПа и коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$, коэффициент трения равен $\mu = 0,2$, что соответствует трению относительно гладких стальных поверхностей (параметр шероховатости $Ra = 1,25$). Нагружение осуществлялось единичным давлением $P = 1$ МПа. На рис. 3 представлены некоторые варианты используемых углов γ .

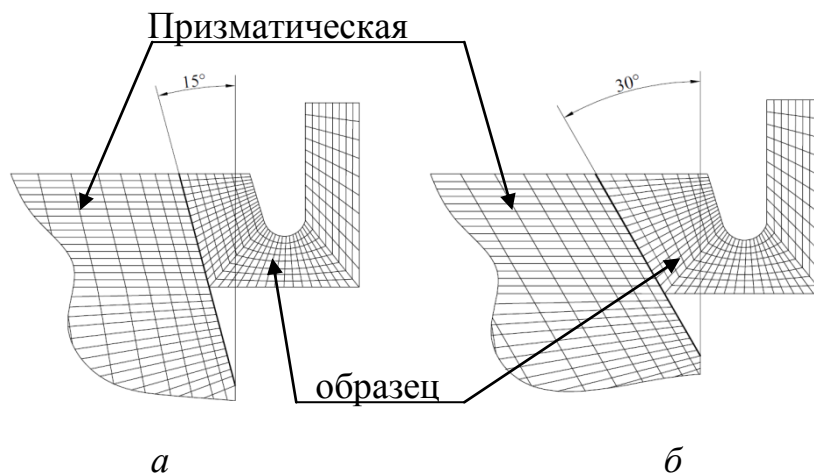


Рисунок 3 – Изменение угла γ наклонной опорной поверхности: а – $\gamma = 15^\circ$, б – $\gamma = 30^\circ$

На рис. 4а представлено изменение контактных напряжений p , определяемое отношением этих напряжений к прикладываемой на образец испытательной нагрузке P , а на рис. 4б относительное изменение интенсивности напряжений σ_i , вычисляемое как отношение возникающих в рабочей зоне образца напряжений σ_i к нагрузке P , для случаев, когда на наклонной контактной поверхности отсутствуют силы трения ($\mu = 0$) и с учетом сил трения ($\mu = 0,2$). Из рис. 4а видно, что по мере увеличения угла γ наблюдается увеличение контактных напряжений. При этом для расчетного случая,

учитывающего силы трения на наклонных поверхностях, эта тенденция соответствует несколько большим значениям напряжений p . Следует отметить, что увеличение угла наклонной поверхности вплоть до $\gamma = 20^\circ$ расчетные значения контактных напряжений для рассмотренных случаев (кривые $\mu = 0$ и $\mu = 0,2$) практически совпадают, т.е. влияние сил трения несущественны. Таким образом, в расчетах с $\gamma \leq 20^\circ$ использованием коэффициента трения можно пренебречь.

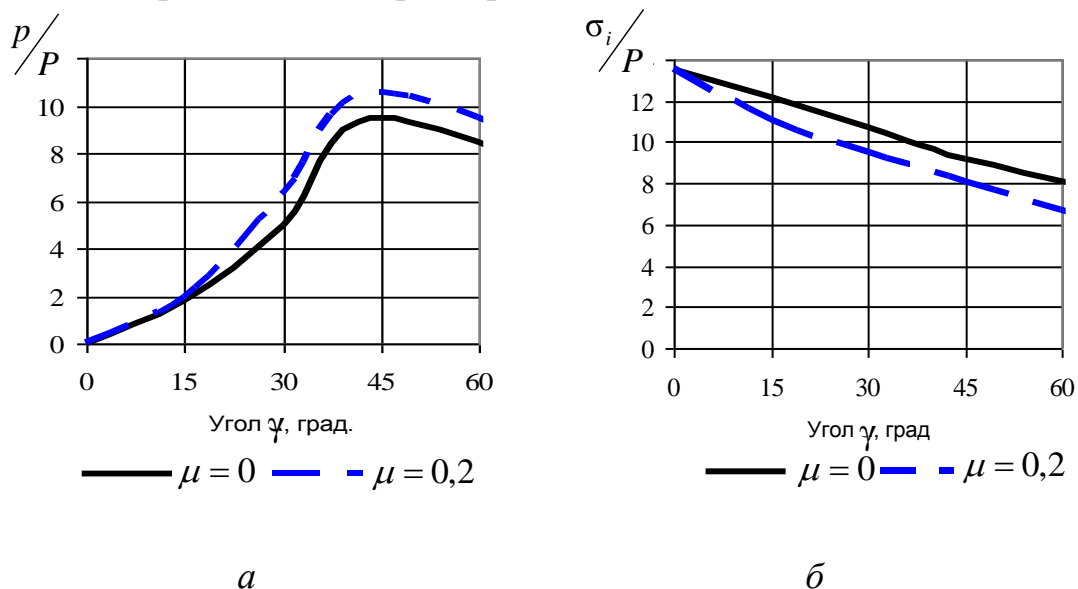


Рисунок 4 – Зависимости контактных напряжений p на наклонных опорных поверхностях в средней части (а) и интенсивности σ_i напряжений в рабочей зоне образца (б)

Из анализа данных, представленных на рис. 4а и рис. 4б, следует, что для уменьшения влияния высоких контактных напряжений и сохранения относительно высокого уровня интенсивности напряжений в рабочей зоне образцов, углы указанных поверхностей γ рекомендуется не превышать 15° . На практике выполнение этого условия будет способствовать незначительным испытательным усилиям со стороны нагружающей машины, что снижает требования к её силовым характеристикам.

Исходя из вышеизложенного следует, что для внедрения в практику разработанного метода испытания материалов при двухосном нагружении необходимо провести комплекс экспериментов, направленных на оценку достоверности выбранных конструктивных схем и моделей.

Список использованной литературы

1. Когаев В. П., Махутов Н. А., Гусенков А. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справочник – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.

2. Цвик Л.Б., Щеглов Б.А., Федотова С.И. и др. Укрепление отверстий и статическая прочность осесимметричных штуцерных узлов. // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1993. – № 1. – С 58 – 65.
3. Пат. 2057317 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 N 3/08. Способ испытания образцов материалов в условиях двухосного растяжения / Гнитий Н. А., Куприков Е. П.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики. – № 5023594/28; заявл. 27.01.92; опубл. 27.03.96. – 5 с.: ил.
4. Пат. 2073842 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 N 3/08. Образец для испытания металла труб при двухосном напряженном состоянии / Есиев Т. С., Басиев К. Д., Стеклов О. И. и др.; заявитель и патентообладатель Северо-Кавказский горно-металлургический институт. – № 5042491/28; заявл. 18.05.92; опубл. 20.02.97. – 5 с.: ил.
5. Пат. 2089875 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 N 3/32. Образец для усталостных испытаний при сложном напряженном состоянии и способ усталостных испытаний образца при сложном напряженном состоянии / Протасов В. Д., Казаев О.И., Лихов Е.С. и др.; заявитель и патентообладатель Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения. – № 92006836/28; заявл. 17.11.92; опубл. 10.09.97. – 5 с.: ил.
6. Пат. 2091748 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 N 3/32. Способ испытания металла трубы на усталость при двухосном напряженном состоянии (варианты) / Есиев Т. С., Басиев К. Д., Стеклов О. И.; заявитель и патентообладатель Северо-Кавказский горно-металлургический институт. – № 94043352/28; заявл. 08.12.94; опубл. 27.09.97. – 5 с.: ил.
7. Пат. 2362139 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/32. Способ испытания образца на малоцикловую усталость в условиях плоского напряженного состояния / Чаевский М. И., Бледнова Ж. М. – №2007145080/28; заявл. 04.12.2007; опубл. 20.07.2009 г. – 5 с.: ил.
8. Пат. 2516599 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/08. Призматический образец для оценки прочности материала / Зеньков Е.В., Цвик Л.Б., Пыхалов А.А., Запольский Д.В. – №2012140619/28; заявл. 21.09.2012; опубл. 27.03.2014 г. Бюл. № 9.

Исследование эффективности алгоритмов управления упругими колебаниями многомассовых мехатронных систем на основе концепции обратных задач динамики

Н.К.Кузнецов, Б. Х.Ле, Ш. Х. Нгуен

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

На примере трехмассовой расчетной схемы исследуется эффективность алгоритмов управления упругими колебаниями исполнительных механизмов многомассовых мехатронных систем, полученных на основе решения обратных задач динамики при различных вариантах задания колебательных движений. Оценивается влияние частот колебаний исполнительного механизма и промежуточной массы, коэффициентов демпфирования и соотношения масс, а также допустимых значений параметров системы управления на интенсивность и продолжительность колебаний. Обсуждаются возможности применения предлагаемых алгоритмов управления колебаниями в мехатронных системах.

Ключевые слова: обратные задачи динамики, мехатронные системы, компенсация упругих колебаний, алгоритмы управления, эффективность гашения колебаний.

Кузнецов Николай Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: (3952) 405434, e-mail: knik@istu.edu

Ле Ба Хань, аспирант, тел.: 89246250801, e-mail: bakhanh25186@yahoo.com

Нгуен Ши Хьен, студент гр. АМ-10-1

В современных условиях интенсивного развития производства появляется большое число мехатронных систем различного назначения. Актуальной проблемой создания этих систем является проблема ограничения упругих колебаний исполнительных механизмов в переходных режимах работы. Особенно большое значение эта проблема приобретает при создании новых высокопроизводительных мехатронных систем, к которым, прежде всего, следует отнести промышленные и транспортные роботы, автооператоры, станки с программным управлением и т.д.

Эффективным методом синтеза алгоритмов управления упругими колебаниями в переходных режимах работы мехатронных систем является метод обратных задач динамики [1, 2]. В работах [3, 4] синтез алгоритмов управления колебаниями производился с помощью задания экспоненциального и гармонического законов изменения упругих координат, в работе [5] – на основе задания дифференциальных уравнений движения, а в работе [6] – на основе использования интегральных квадратичных оценок колебаний. В настоящем докладе на примере трехмассовой расчетной схемы

приводятся результаты численного моделирования эффективности предложенных алгоритмов управления упругими колебаниями мехатронных систем.

Исследование эффективности алгоритмов управления колебаниями производилась применительно к расчетной схеме, показанной на рис. 1.

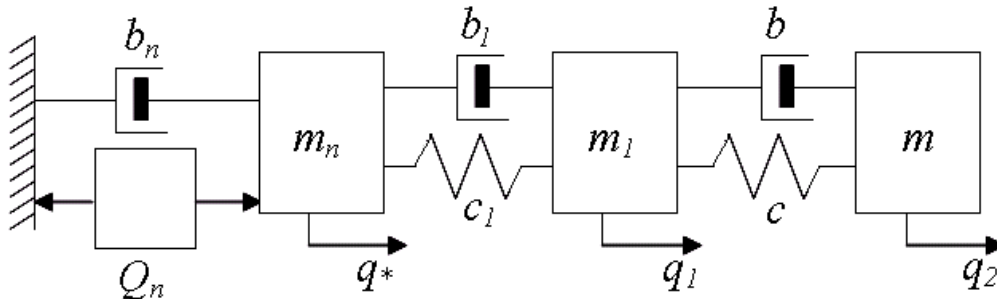


Рисунок 1 – Трехмассовая расчетная схема мехатронной системы

На рис.1 приняты следующие обозначения: q_* – обобщенная координата программного движения; q_1, q_2 – обобщенные координаты; m_n, m_1 – соответственно приведенные массы привода и механических передач движения; m – приведенная масса исполнительного механизма; Q_n – приведенная движущая сила привода; c_1 – приведенный коэффициент жесткости механических передач движения; c – приведенный коэффициент жесткости исполнительного механизма; b_n, b_1, b – коэффициенты вязкого трения.

Дифференциальные уравнения движения этой системы для режима позиционирования в окрестности некоторого заданного положения, определяемого координатой q_* , имеют вид:

$$m_n \ddot{q}_* + b_n \dot{q}_* + b_1 (\dot{q}_* - \dot{q}_1) + c_1 (q_* - q_1) = Q_n; \quad (1)$$

$$m_1 \ddot{q}_1 + b_1 (\dot{q}_1 - \dot{q}_*) + c_1 (q_1 - q_*) + b (\dot{q}_1 - \dot{q}_2) + c (q_1 - q_2) = 0; \quad (2)$$

$$m \ddot{q}_2 + b (\dot{q}_2 - \dot{q}_1) + c (q_2 - q_1) = 0. \quad (3)$$

Структурная схема, полученная на основании преобразованных по Лапласу уравнений (1) – (3), приведена на рис. 2.

По структурной схеме найдем передаточную функцию для абсолютного отклонения исполнительного механизма Δq от программного движения

$$W_0(p) = \frac{\Delta q(p)}{Q_0(p)} = - \frac{b_1 p^3 + b_3 p}{a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + a_5} = - \frac{B(p)}{A(p)}, \quad (4)$$

где $b_1 = 1$; $b_3 = \omega_1^2 + \omega_0^2 \cdot [1 + \gamma \cdot (n^{-1} - 1)]$; $a_0 = 1$; $a_1 = \mu$;

$a_2 = \omega_1^2 (1 + \gamma^{-1}) + \omega_0^2 \cdot [1 + \gamma \cdot (n^{-1} - 1)]$; $a_3 = \mu \cdot \{\omega_1^2 + \omega_0^2 \cdot [1 + \gamma \cdot (n^{-1} - 1)]\}$;

$a_4 = \omega_1^2 \cdot \omega_0^2 \cdot (\gamma^{-1} + n^{-1})$; $a_5 = \omega_1^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \mu$; $p = d/dt$, $\Delta q = q_2 - q_*$; $\omega_0^2 = c/m$; $n = m_n/(m_n + m)$;
 $\mu = b/m_n$; $\omega_1^2 = c_1/m_1$ И $\gamma = m_n/m_1$.

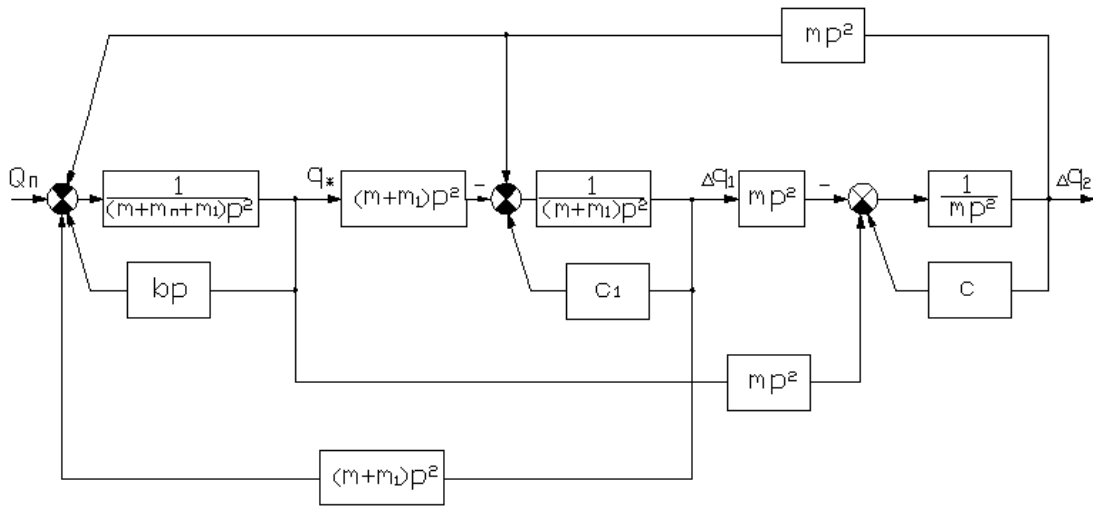


Рисунок 2 – Структурная схема трехмассовой системы

Структурная схема системы управления колебаниями трехмассовой системы показана на рис. 3.

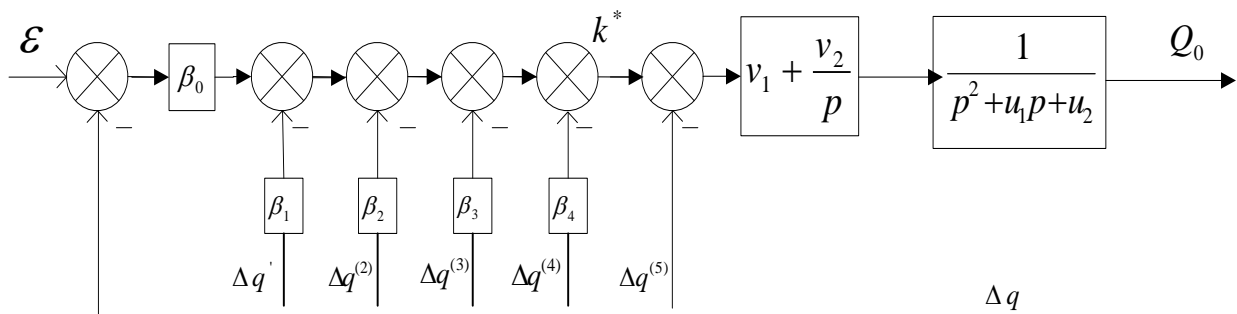


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления

Для проверки эффективности алгоритмов гашения упругих колебаний был проведен численный эксперимент на основе уравнений (1)–(4) с помощью программы Matlab/Simulink. Произвольные коэффициенты v_1 , v_2 , u_1 и u_2 выбирались из условий устойчивости системы. Проведенные исследования показали, что использование дополнительной обратной связи позволяет снизить амплитуды и сократить продолжительность упругих колебаний трехмассовой мехатронной системы. В качестве иллюстрации, на рис. 4–7 показаны графики упругих колебаний исходной системы (штриховая) и системы с дополнительной обратной связью по старшей производной (сплошная линия), для различных сочетаниях параметров исходной системы.

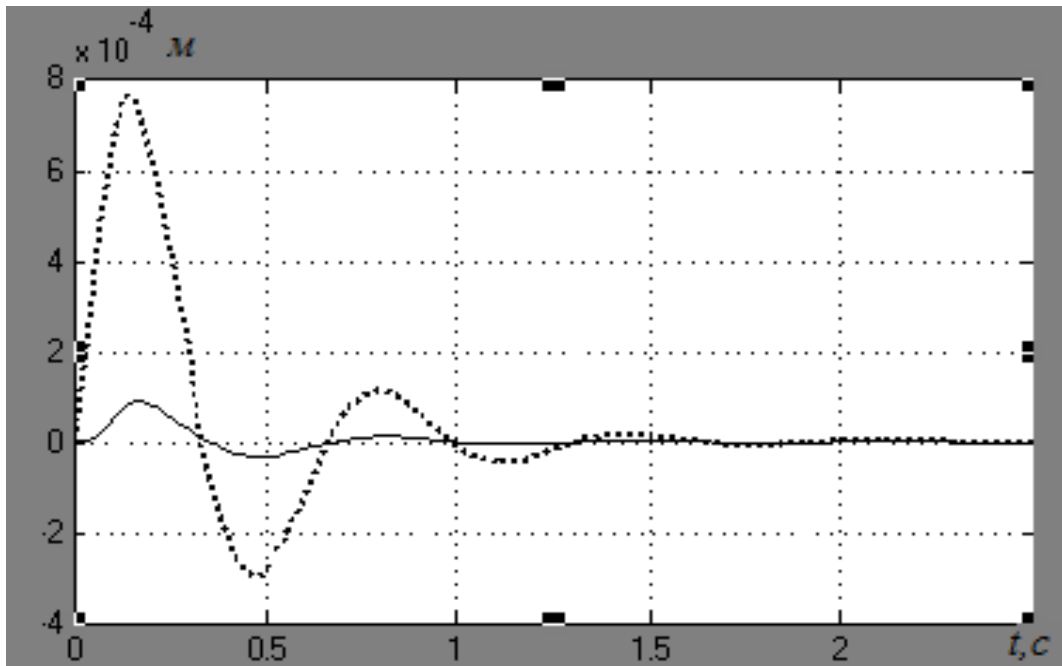


Рисунок 4 – Графики колебаний при: $\omega_0 = 14\Gamma\zeta$, $n = 1/6$, $\mu = 100$, $\omega_1 = 33\Gamma\zeta$ $\gamma = 1$

$$v_1 = 1000 \quad v_2 = 1; \quad u_1 = 20; \quad u_2 = 1000$$

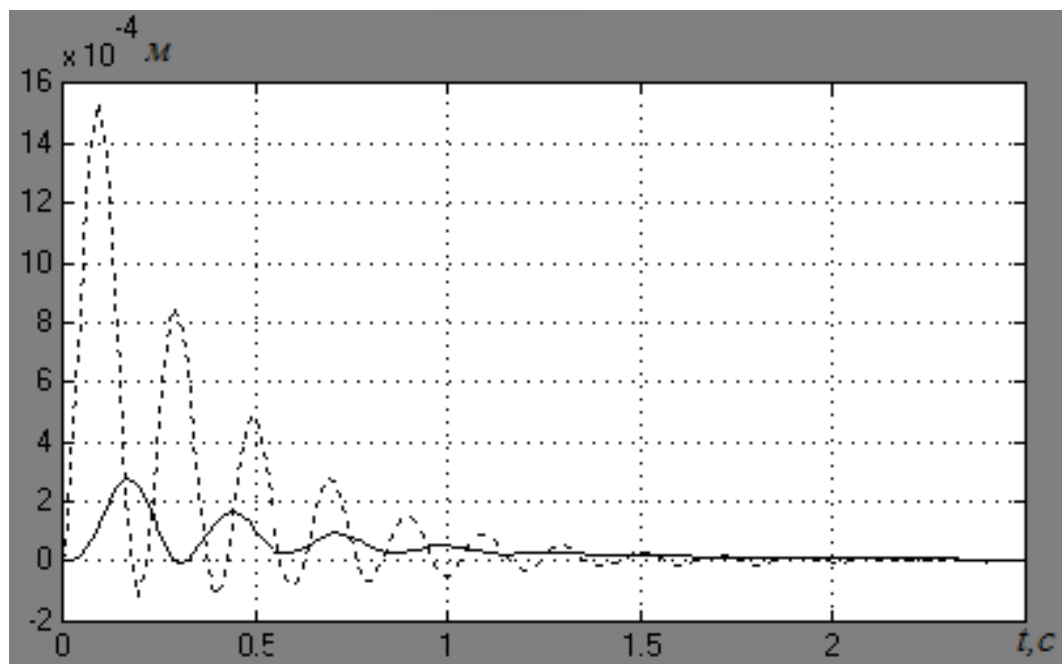


Рисунок 5 – Графики колебаний при $\omega_0 = 14\Gamma\zeta$, $n = 1/6$, $\mu = 10$, $\omega_1 = 33\Gamma\zeta$ и $\gamma = 1$

$$v_1 = 1000 \quad v_2 = 1; \quad u_1 = 20; \quad u_2 = 1000$$

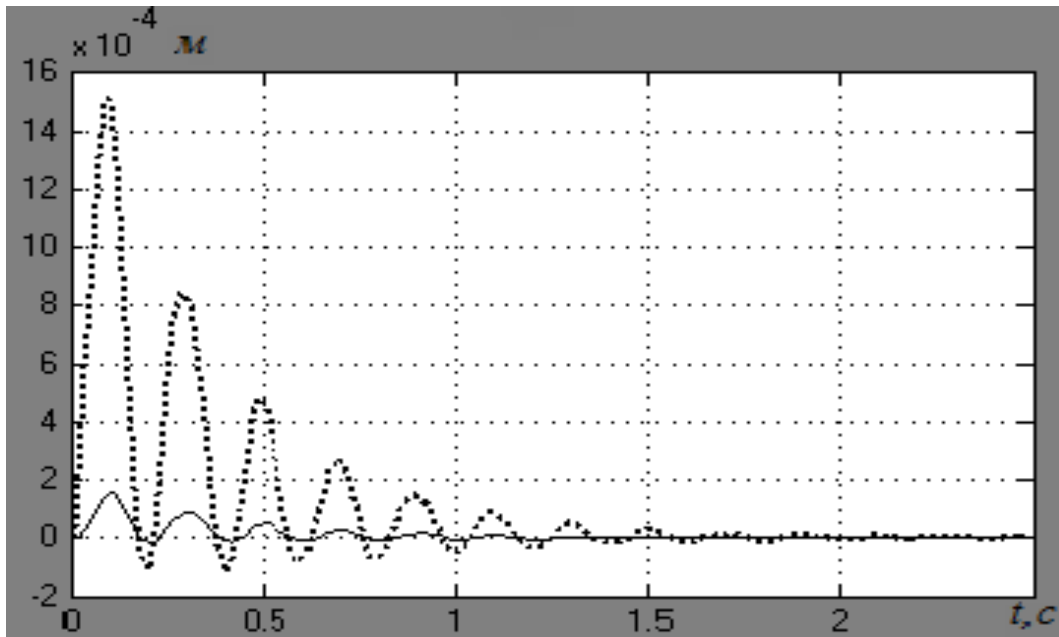


Рисунок 6 – Графики колебаний при $\omega_0 = 14\Gamma\zeta$, $n = 1/6$, $\mu = 10$, $\omega_1 = 33\Gamma\zeta$ и $\gamma = 1$
 $v_1 = 100$; $v_2 = 1$; $u_1 = 100$; $u_2 = 1000$

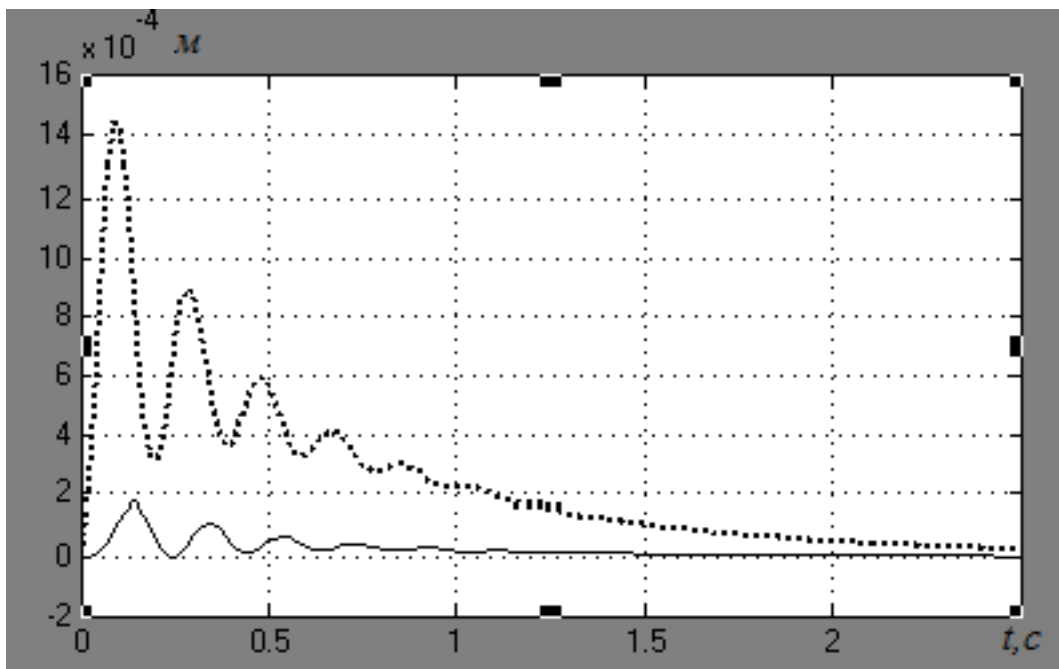


Рисунок 7 – Графики колебаний при $\omega_0 = 45\Gamma\zeta$, $n = 1/6$, $\mu = 1$, $\omega_1 = 33\Gamma\zeta$ и $\gamma = 1$
 $v_1 = 1000$; $v_2 = 1$; $u_1 = 20$; $u_2 = 1000$

Как видно из графика, проведенного на рис. 4, дополнительная обратная связь уменьшает амплитуду и повышает декремент колебаний исходной системы со значения $\delta_{исх} = 1.88$ до $\delta_{ос} = 2.3$. Изменения демпфирования (рис. 5) и соотношения между парциальными частотами ω_0 и ω_1 колебаний (рис. 6) приводят только к снижению амплитуд упругих колебаний, однако

степень затухания при этом снижается (соответствующие логарифмические декременты колебаний в первом случае - $\delta_{\text{неч}} = 0.55$, $\delta_{oc} = 0.6$, а во втором - $\delta_{\text{неч}} = 0.46$ $\delta_{oc} = 0.66$). В тоже время, подбором коэффициентов v_i и u_i , как показано на рис. 7, можно добиться увеличения декремента со значения $\delta_{\text{неч}} = 0.55$ до $\delta_{oc} = 0.7$, при снижении в несколько раз амплитуд колебаний.

Предлагаемые алгоритмы управления колебательными движениями исполнительных механизмов мехатронных систем оказываются удобными не только в практическом, но и вычислительном аспектах, так как при этом требуется вычисление малых отклонений от абсолютных координат и меньшая точность вычисления при управлении в реальном времени, их применение позволит повысить точность, быстродействие и надежность работы мехатронных систем.

Список использованных источников

1. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели / П. Д. Крутько. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
2. Кузнецов Н.К. Управление колебаниями упругих мехатронных систем//Мехатроника. Автоматизация. Управление. – 2005. – № 7. – С. 7–13.
3. 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.
4. Кузнецов Н.К. Динамика управляемых машин с дополнительными связями: монография / Н. К. Кузнецов. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 288с.
5. Кузнецов Н.К., Ле Ба Хань. Управление колебательными движениями мехатронных систем на основе задания дифференциальных уравнений движения исполнительных механизмов // Вестник ИрГТУ. – 2013. – №6. – С. 21–25.
6. Кузнецов Н.К., Ле Ба Хань. Синтез алгоритмов управления колебаниями многомассовых мехатронных систем на основе интегральных квадратичных оценок // Вестник ИрГТУ. – 2013. – №12. – С. 83–88.

Анализ конструкций двигателей внутреннего сгорания

А.Г. Осипов, А.Н. Портнов

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, Лермонтова, 83

Аннотация. В статье приведена краткая классификация двигателей внутреннего сгорания. Проанализированы достоинства и недостатки конструкций распространенных двигателей. Предложена конструкция нового перспективного двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, рабочий цикл, роторный двигатель Ванкеля, роторно-лопастной двигатель Вигриянова, движение рабочего компонента, предлагаемая конструкция лопастного двигателя.

Осипов Артур Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и стандартизация в машиностроении», тел.: 89501448951, E-mail: arthur.osipov@rambler.ru

Портнов Андрей Николаевич, студент гр. КТб-12-1, тел.: 89025433174, E-mail: Portnov.dron@yandex.ru

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются наиболее известными энергетическими установками в области двигателестроения и широко применяются в технике уже 150 лет.

Первый практически пригодный к работе двухтактный газовый ДВС мощностью 8,8 кВт (11,97 л. с.) был сконструирован французским механиком Этьеном Ленуаром (1822–1900) в 1860 году. Двигатель представлял собой одноцилиндровую горизонтальную тепловую машину двойного действия с электрическим искровым зажиганием от постороннего источника, работавшую на смеси воздуха и светильного газа. КПД двигателя не превышал 4,65 %. Несмотря на неэкономичность, двигатель Ленуара получил определенное распространение и использовался в качестве лодочного мотора [1].

В качестве энергетических (силовых) установок различных машин наибольшее распространение в настоящее время получили ДВС, в которых процесс превращения тепла в механическую работу осуществляется с использованием в качестве рабочего компонента поршня, возвратно-поступательно движущегося в цилиндре, то есть поршневые двигатели.

Современные поршневые ДВС, устанавливаемые на различных машинах, классифицируются по целому ряду признаков:

1) По способу смесеобразования – двигатели с внешним смесеобразованием, у которых горючая смесь приготавливается вне цилиндров (бен-

зиновые, карбюраторные и газовые), и двигатели с внутренним смесеобразованием, у которых рабочая смесь образуется внутри цилиндров (дизельные, бензиновые с непосредственным впрыском топлива в цилиндр);

2) По способу организации рабочего цикла – четырехтактные и двухтактные;

3) По числу цилиндров – одноцилиндровые, двухцилиндровые и многоцилиндровые;

4) По расположению цилиндров – двигатели с вертикальным или наклонным расположением цилиндров в один ряд, V-образные с расположением цилиндров под острым углом в два ряда, VR-образные с комбинированным расположением цилиндров под небольшим углом, оппозитные с расположением цилиндров под углом 180° и звездообразные с круговым расположением цилиндров;

5) По способу охлаждения – двигатели с жидкостным и воздушным охлаждением;

6) По виду применяемого топлива – бензиновые, дизельные, газовые, многотопливные (всеядные);

7) По степени сжатия – двигатели с высокой ($E=12...18$) и низкой ($E=4...9$) степенью сжатия;

8) По способу наполнения цилиндра свежим зарядом – двигатели без наддува, у которых процесс впуска воздуха или горючей смеси осуществляется за счет разрежения в цилиндре при всасывающем ходе поршня, и двигатели с наддувом, у которых впуск воздуха или горючей смеси в цилиндр происходит под избыточным давлением, создаваемым специальным нагнетателем для увеличения плотности заряда;

9) По частоте вращения коленчатого вала – тихоходные, повышенной частоты вращения и быстроходные;

10) По назначению – двигатели стационарные, автотракторные, судовые, тепловозные, авиационные и др. [2].

В данной работе мы хотим несколько отойти от классической классификации ДВС и выделить возможные версии ДВС по конструкции рабочего компонента, воспринимающего давление расширяющихся газов, и по виду его движения внутри корпуса:

- поршневые с возвратно-поступательным движением поршня;
- роторные со сложным вращательным движением ротора;
- роторно-лопастные с ускоренно-замедленным вращением лопастей.

Наибольшее распространение получили поршневые двигатели, поршень которых совершает в цилиндре возвратно-поступательные движения.

Конструкция этих двигателей характеризуется наибольшей проработкой и наиболее совершенной технологией изготовления основных деталей.

Кинематика двигателей данного типа весьма классическая, поскольку с помощью кривошипно-шатунного механизма возвратно-поступательное

движение поршня преобразуется во вращательное движение коленчатого вала.

Менее распространенные в технике роторные двигатели в настоящее время представлены двигателем Ванкеля, в котором главный рабочий компонент – ротор совершает сложное вращательное движение в корпусе, внутренняя полость которого выполнена по эпитрохоиде [3]. В центре ротора имеется отверстие с внутренними зубьями как у шестерёнки. В это отверстие входит вращающийся вал меньшего диаметра с наружными зубьями, обеспечивающими надежное зацепление вала с ротором. Отношения диаметров отверстия и вала подобраны так, что вершины ротора, выполненного в форме треугольника Рело, двигаются по одной и той же замкнутой кривой – эпитрохоиде.

Немецкому инженеру Феликсу Ванкелю удалось точно рассчитать движение ротора, выполняющего функции поршня, отсекающего в полости корпуса три камеры переменного объёма и положения [4].

В разработанных в 1973 г. отечественным инженером Михаилом Вигрияновым роторно-лопастных двигателях во внутренней полости посредством лопастей образуются четыре рабочих камеры. В каждой камере за один оборот совершается четыре такта: впуск свежего заряда, сжатие, рабочий ход и выпуск отработавших газов. Лопасты устанавливаются на паре соосных валов и совершают ускоренно-замедленное вращение. В данной конструкции реализуется четырёхтактный цикл превращения тепла в механическую работу [5].

Лопасты роторно-лопастных двигателей выполняют функции поршней, совершающих движение по окружности. Это движение является неравномерным, так как при прохождении различных тактов рабочего цикла лопасти то ускоряются, то замедляются.

Проведя анализ конструкций ДВС по приведенной выше классификации, можно отметить следующие преимущества и недостатки двигателей.

Преимуществами классических поршневых ДВС являются простота организации рабочего процесса, технологичность изготовления, а также долговечность их эксплуатации.

К недостаткам поршневых двигателей следует отнести низкий КПД (от 20 до 40 %), связанный с большими теплотерями, значительными по величине инерционными силами возвратно-поступательно движущихся деталей и большим числом узлов трения, относительно большие габариты по сравнению с другими ДВС и повышенный шум, возникающий из-за вибраций движущихся деталей.

Большим преимуществом роторных двигателей Ванкеля перед двигателями других рассматриваемых в статье конструкций является компактность и относительно небольшой вес. Так, мотор японского автомобиля «Мазда-110С Космо Спорт» при мощности 110 л. с. имеет длину 508, ширину 594, высоту 537 мм и весит всего 102 кг. Столь небольшие габариты

позволяют устанавливать его в моторном отсеке автомобиля «Мазда-R100», где мог бы разместиться только поршневой двигатель вдвое меньшего литража и мощности.

В сравнении с поршневыми, роторные двигатели менее металлоемки и, следовательно, имеют меньший удельный вес. Не менее важным преимуществом этих ДВС является также их хорошая уравновешенность.

Одним из минусов конструкции роторного двигателя является его склонность к перегреву из-за линзовидной формы камеры сгорания. В отличие от последней, классические поршневые ДВС имеют сферическую форму камеры сгорания. Топливо, сгораемое в камере линзовидной формы, превращается в тепловую энергию, расходуемую не только на рабочий ход, но и на нагрев всего корпуса (цилиндра). В конечном итоге частое «закипание» двигателя приводит к его быстрому износу и выходу из строя [6].

Также следует отметить, что камера сгорания в роторном двигателе располагается с одной стороны и выделяемое в процессе сгорания тепло интенсивнее нагревает одну из сторон двигателя, что приводит к неравномерному расширению металла и температурным напряжениям деталей.

При работе роторного двигателя значительная часть нагрузок ложится на уплотнители между ротором и корпусом. Поскольку уплотнители подвергаются постоянному перепаду давления, максимальный ресурс роторного двигателя составляет не более 100-150 тыс. километров.

Также роторный двигатель очень требователен к обслуживанию. Расход масла у него составляет более 500 мл. на одну тысячу километров, что приводит к необходимости заливать смазку каждые 4-5 тыс. километров пробега. Если вовремя не произвести смену масла, двигатель может выйти из строя. Поэтому к вопросу обслуживания роторного двигателя следует подходить более ответственно, так как малейшая небрежность может привести к дорогостоящему ремонту ДВС [6].

Роторно-лопастные двигатели, по сравнению с ДВС других конструкций, имеют большой КПД, малые удельные габариты, хорошую уравновешенность, а также небольшой расход смазочных материалов (рис 1).

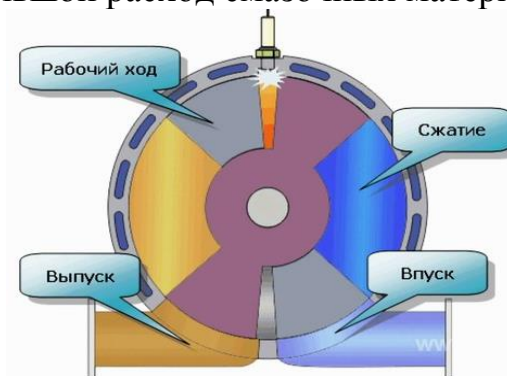


Рисунок 1 – Конструктивное исполнение роторно-лопастного двигателя

Однако, несмотря на революционность конструкции, этот двигатель по ряду причин не может сейчас получить широкое распространение.

Основной причиной задержки начала массового производства роторно-лопастных двигателей является отсутствие в настоящее время надежной конструкции синхронизирующей муфты, обеспечивающей движение лопастей.

В качестве недостатка этого ДВС следует отметить неравномерный односторонний его нагрев, характерный для роторных двигателей, и связанные с ним проблемы тепловой напряженности деталей.

Принципиальным недостатком роторно-лопастных двигателей является сложность снятия мощности с двух «пульсирующих» валов, движущихся неравномерно – то затормаживаясь, то ускоряясь поочередными импульсами [7].

В связи с вышеотмеченными недостатками конструкций существующих ДВС в работе предлагается новая конструкция лопастного двигателя.

Предлагаемая конструкция лопастного ДВС предусматривает установку двух симметричных газораспределительных механизмов для одновременного осуществления рабочих циклов со всех сторон рабочей лопасти, выполняющей функции поршня, то есть воспринимающей давление образующихся при сгорании топлива газов (рис 2).

Рабочая лопасть, находящаяся в корпусе двигателя, разделяет внутреннюю полость корпуса на четыре отдельные рабочие камеры. В каждой из этих камер поочередно происходят рабочие циклы, состоящие из четырех последовательно протекающих процессов: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск.

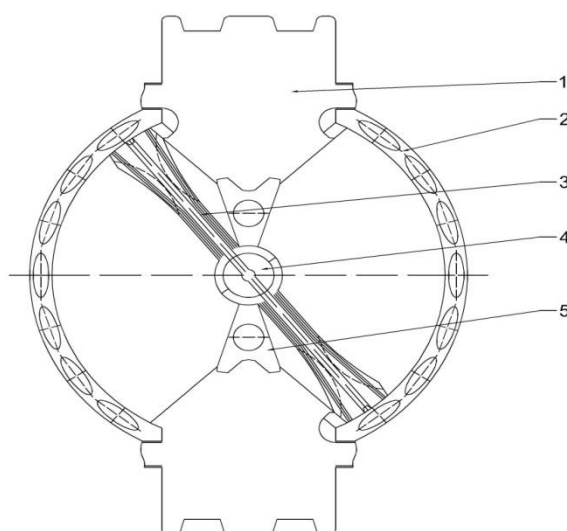


Рисунок 2 – Схема предлагаемой конструкции лопастного двигателя: 1 – газораспределительный механизм; 2 – корпус двигателя; 3 – рабочая лопасть; 4 – вал лопасти; 5 – разделительная перегородка

Предлагаемая конструкция лопастного двигателя относительно существующих конструкций ДВС имеет следующий ряд преимуществ: малые удельные габариты, незначительные инерционные силы движущихся компонентов, небольшой расход смазочных материалов, низкая себестоимость изготовления благодаря сокращению количества сложных деталей, а также небольшая металлоемкость в связи с компактностью двигателя.

Основным преимуществом предлагаемой конструкции лопастного двигателя является большой рабочий объем при незначительных размерах корпуса двигателя (рис 3).

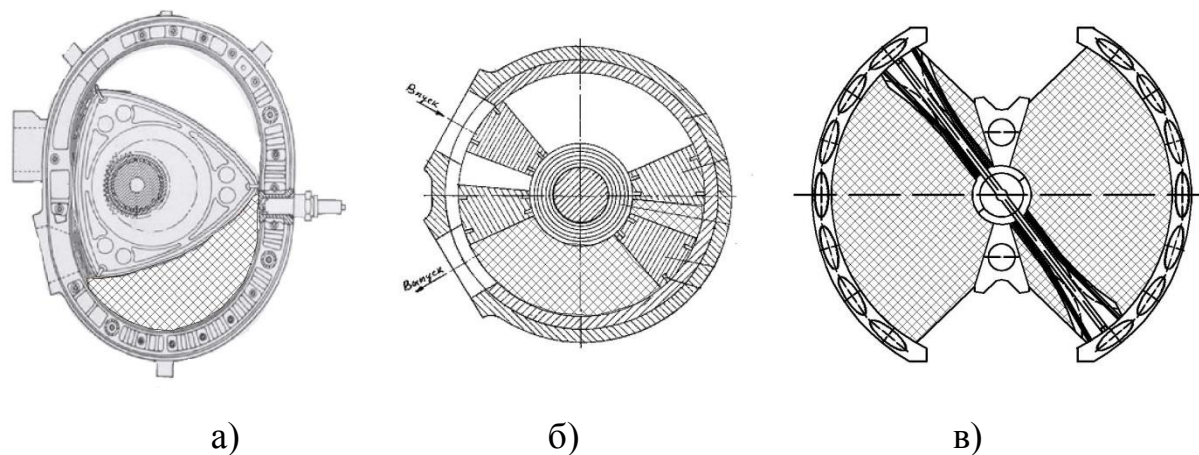


Рисунок 3 – Рабочие объемы двигателей разных конструкций:
а) рабочий объем двигателя Ванкеля; б) рабочий объем роторно-лопастного двигателя Вигриянова; в) рабочий объем лопастного двигателя предлагаемой конструкции

На рис. 3 схематично изображены рабочие объемы существующих роторных (рис.3,а) и роторно-лопастных (рис. 3,б) ДВС, составляющие примерно 1/3 всего объема внутренней полости двигателей, а на рис. 3,в представлен рабочий объем предлагаемой конструкции лопастного двигателя.

Как видно на рис. 3,в рабочий объем лопастного ДВС предлагаемой конструкции занимает почти весь объем внутренней полости двигателя, что позволяет с малогабаритного компактного ДВС снимать большую мощность, сопоставимую с мощностью, развиваемую большим многоцилиндровым двигателем.

Вышеотмеченное преимущество предлагаемой конструкции лопастного двигателя является весьма ценным для конструкции ДВС боевых и специальных машин, у которых на первом месте стоит мощность и компактность силовых установок, а экономичность и стоимость – на втором месте.

Таким образом, предлагаемая конструкция лопастного двигателя внутреннего сгорания обладает целым рядом преимуществ перед существующими конструкциями ДВС, и по этому заслуживает, на наш взгляд,

внимания специалистов, занимающихся разработкой перспективных конструкций тепловых энергетических установок.

Список использованной литературы:

1. Википедия свободная энциклопедия двигатель Ленуара [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_Ленуара
2. Хреферат двигатель внутреннего сгорания [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://xreferat.ru/76/407-1-dvigateli-vnutrennego-sgoraniya.html>
3. Роторные двигатели прошлое, настоящие, будущие. Двигатель Ванкеля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rotor-motor.ru/page05.htm>
4. Мастерок. жж.рф Хочу все знать [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://masterok.livejournal.com/1172303.html>
5. Найди свой свободный стиль Роторный двигатель: принцип работы. Плюсы и минусы роторного двигателя [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.syl.ru/article/158520/new_rotornyiy-dvigatel-printsip-raboty-i-plyusy-i-minusyi-rotornogo-dvigatelya
6. Википедия свободная энциклопедия Роторно-лопастной двигатель Вигриянова [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Роторно-лопастной_двигатель_Вигриянова

Проект лопастного двигателя внутреннего сгорания

А.Г. Осипов, А.Н. Портнов

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, Лермонтова, 83

Аннотация. Приведена классификация двигателей внутреннего сгорания. Предложен проект лопастного двигателя и рассмотрен принцип его работы. Освещена кинематика механизма, преобразующего возвратно-вращательное движение во-вращательное. Дана сравнительная оценка преимуществ и недостатков проектируемого лопастного двигателя.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, проектируемый лопастной двигатель, конструктивная схема, принцип работы, фазы газораспределения, рабочий цикл, механизм преобразования движения, инерционные силы.

Осипов Артур Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и стандартизация в машиностроении», тел.: 89501448951, E-mail: arthur.osipov@rambler.ru

Портнов Андрей Николаевич, студент гр. КТб-12-1, тел.: 89025433174, E-mail: Portnov.dron@yandex.ru

В настоящее время существует множество конструкций двигателей внутреннего сгорания (ДВС), из которых особого внимания заслуживают нижеследующие двигатели:

Рядные поршневые ДВС, у которых цилиндры с поршнями расположены вертикально в один ряд. Они обозначаются буквой R и имеют число цилиндров от одного до шести. Чаще всего на практике используются четырехцилиндровые рядные поршневые двигатели R4.

V-образные поршневые ДВС, у которых цилиндры с поршнями размещены напротив друг друга под углом от одного до 180° в форме латинской буквы «V». Наиболее часто между блоками (рядами) цилиндров угол принимается равным 45° , 60° и 90° . В настоящее время в автомобилях чаще всего встречаются ДВС с пятью, шестью и восемью цилиндрами, а в спортивных моделях с 10-ю и 12-ю цилиндрами. В мотоциклах V-образные поршневые ДВС имеют два-четыре цилиндра, а в спортивных моделях – пять-шесть цилиндров.

VR-образные поршневые ДВС, разработанные компанией Volkswagen, представляют собой комбинацию V-образного двигателя с экстремально малым углом развала 15° и рядного поршневого двигателя. Шестицилиндровый двигатель VR6 настолько компактный, что оба ряда его цилиндров имеют одну общую головку, в отличие от обычного V-образного двигателя с двумя головками.

Оппозитные поршневые ДВС являются разновидностью V-образных поршневых двигателей, в которых угол между рядами цилиндров составляет 180° . В автобусах и мотоциклах оппозитные двигатели применяются вместо традиционных V-образных ДВС для высвобождения места в пассажирском салоне, снижения центра тяжести и уменьшения вибрации.

Поршневые ДВС со встречным движением поршней, у которых цилиндры расположены в два ряда, обычно один над другим, таким образом, что поршни расположенных друг против друга цилиндров движутся навстречу друг другу и имеют общую камеру сгорания. При этом коленчатые валы механически соединены так, что мощность отбирается с одного из них, или с обоих, например, при приводе двух гребных винтов. Двигатели такой конструкции в основном двухтактные и имеют турбонаддув.

Роторно-поршневые ДВС (двигатели Ванкеля), конструкция которых разработана в 1957 году инженером компании NSU Вальтером Фройде в соавторстве с Феликсом Ванкелем. Конструктивной особенностью этих двигателей является применение в качестве поршня трёхгранного ротора, имеющего форму треугольника Рело. Ротор вращается в корпусе, внутренняя полость которого выполнена по эпитрохоиде [1].

Роторно-лопастные ДВС (двигатели Вигриянова), конструкция которых разработана в 1973 году инженером Михаилом Вигрияновым. Особенностью конструкции этих двигателей является применение вращающегося сложносоставного ротора, размещённого внутри корпуса и состоящего из четырех лопастей. Лопасты, попарно установленные на двух соосных валах, разделяют внутреннюю полость корпуса на четыре рабочие камеры. В каждой камере за один оборот совершается рабочий цикл из четырех тактов: впуска, сжатия, рабочего хода и выпуска. Таким образом, в данных двигателях реализуется четырехтактный рабочий цикл превращения тепла в механическую работу [2].

Каждый из вышеотмеченных ДВС имеет свои достоинства и недостатки, определяющие степень распространения двигателя на практике. Однако, даже самые распространенные двигатели имеют резервы дальнейшего совершенствования конструкции.

Поэтому в данной работе предлагается рассмотреть проект и принцип работы нового лопастного ДВС (рис. 1), обладающего, по сравнению с существующими двигателями, определенными преимуществами.

Конструкция предлагаемого лопастного двигателя содержит корпус, выполняющий функции цилиндра традиционного ДВС, рабочий компонент в виде лопасти, выполняющий функции поршня, механизм преобразования возвратно-вращательного движения лопасти во вращательное движение вала отбора мощности, компоненты искрового зажигания и два газораспределительных механизма, обеспечивающие рабочий процесс.

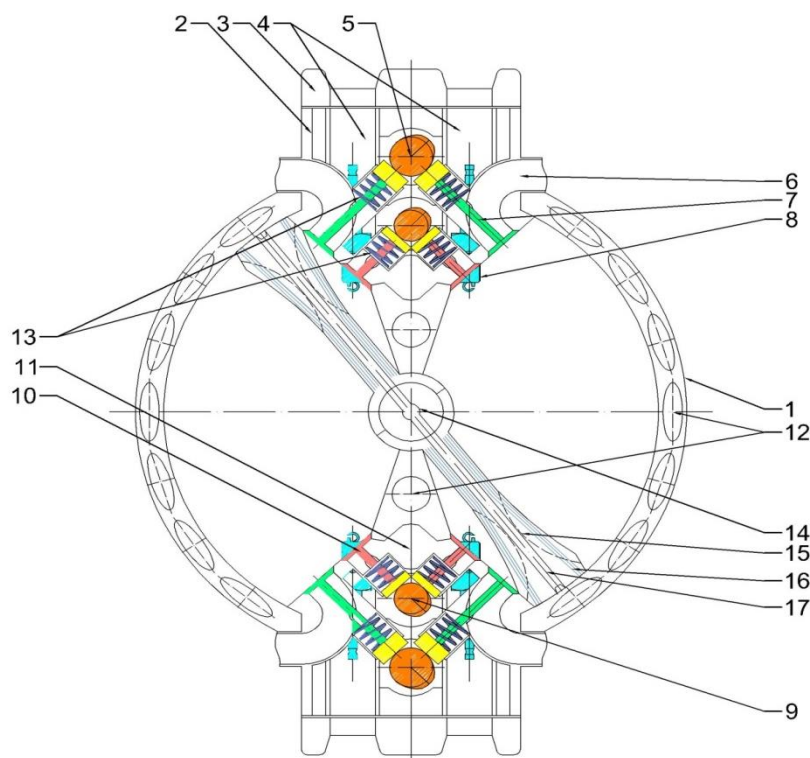


Рисунок 1 – Конструктивная схема лопастного двигателя внутреннего сгорания: 1 – корпус двигателя; 2 – корпус газораспределительного механизма; 3 – крышка корпуса газораспределения; 4 – свечные колодцы; 5 – кулачек распределительного вала впускных клапанов; 6 – впускной канал топливо-воздушной смеси; 7 – впускной клапан; 8 – свеча зажигания; 9 – кулачек распределительного вала выпускных клапанов; 10 – выпускной клапан; 11 – выпускной канал отработавших газов; 12 – технологические полости охлаждающей системы; 13 – пружины клапанов; 14 – вал лопасти; 15 – лопасть; 16 – уплотнительные элементы; 17 – масляный канал.

Корпус лопастного двигателя выполнен в виде тора, внутренняя полость которого разделена неподвижной перегородкой на две равные части. В стенках корпуса имеются отверстия, образующие рубашку охлаждения для жидкости. В верхней и нижней части корпуса предусмотрены два свободных симметричных сектора для установки корпусов газораспределительных механизмов. В центральной части корпуса предусмотрено отверстие, необходимое для установки вала лопасти.

Рабочий компонент лопастного двигателя представляет собой лопасть, жестко связанную с валом, совершающим возвратно-вращательные движения в корпусе двигателя. На торцах лопасти расположены уплотнители, служащие для герметизации отдельных рабочих объемов. Для увеличения долговечности уплотнителей лопасти и корпуса двигателя предусмотрен масляный канал для смазки трущихся деталей и дополнительного отвода от них тепла.

Конструктивные размеры и форма лопасти выбираются с учетом действующих максимальных нагрузок. В дополнительных направляющих лопасть не нуждается, что способствует уменьшению массы лопасти и снижению инерционных сил.

Возвратно-вращательное движение вала лопасти преобразуется во вращательное движение маховика посредством преобразующего механизма, кинематическая схема которого представлена на рис. 2.

Кинематика данного преобразующего механизма довольно проста: коромысло 4 совершает возвратно-вращательное движение, полностью повторяющее движение рабочей лопасти, жестко соединенной с коромыслом 4 в точке А. Соединенный с коромыслом 4 в точке В шатун 3 совершает сложное движение, переводя его из точки В в точку С, в которой шатун 3 соединяется с выходным кривошипом 1. Выходной кривошип 1 совершает вращательное движение вокруг точки D, в которой он соединяется с маховиком, обеспечивающим равномерность вращения.

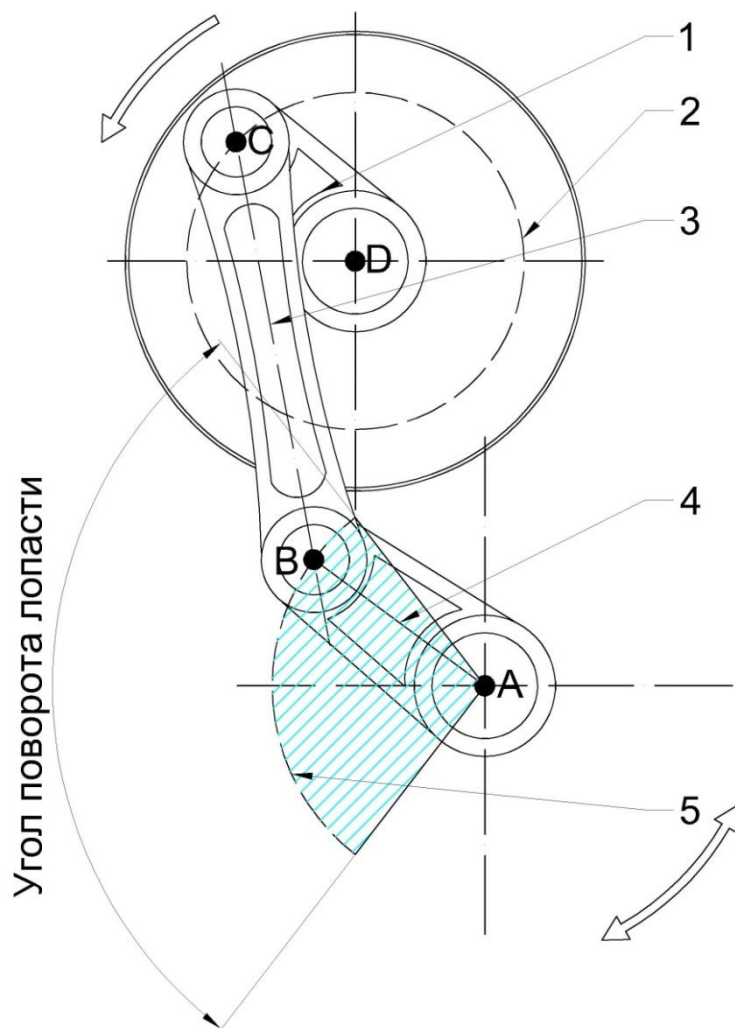


Рисунок 2 – Кинематическая схема преобразующего механизма:
1 – выходной кривошип; 2 – траектория движения точки С; 3 – шатун; 4 – коромысло; 5 – траектория движения точки В

Преобразующий механизм не сложен в проектировании, поскольку необходимо соблюдать только угол поворота лопасти, а остальные размеры деталей механизма будут зависеть только от передаваемой нагрузки. При этом можно минимизировать инерционные силы движущихся деталей.

Газораспределительные механизмы лопастного двигателя, по сравнению с аналогичными механизмами поршневых ДВС, по конструкции являются более сложными, так как обеспечивают газораспределение двух различных объемов и ограничены в размерах.

Поскольку у симметрично расположенных клапанов фазы газораспределения совпадают, можно использовать один и тот же профиль кулачка и управление клапанами осуществлять одним кулачком.

Свечи зажигания в проектируемом лопастном двигателе располагаются между парами клапанов и устанавливаются в колодцах вертикально.

В проектируемом лопастном двигателе каждый выпускной канал для удаления отработавших газов обслуживает две рабочих камеры, что позволяет уменьшить пространство, занимаемое газораспределительным механизмом, и сделать лопастной двигатель более компактным.

Принцип работы проектируемого лопастного двигателя представлен на рис. 3. Как видно на этом рисунке, рабочая лопасть делит внутреннюю полость корпуса двигателя на четыре рабочих камеры, соответственно обозначенных цифрами 1, 2, 3 и 4. В каждой из этих камер протекают рабочие циклы, состоящие из четырех последовательных процессов (тактов):

Впуск топливо-воздушной смеси. Двигаясь по часовой стрелке, рабочая лопасть увеличивает объем рабочей камеры 1, в которой открыт впускной клапан (левая верхняя схема рис. 3).

Сжатие или компрессия рабочей смеси. Двигаясь против часовой стрелки, рабочая лопасть уменьшает объем рабочей камеры 1, в которой закрыты впускной и выпускной клапаны (правая верхняя схема рис. 3).

Сгорание или рабочий ход. В рабочую камеру 1 подается искра, воспламеняющая сжатый свежий заряд. Под действием давления расширяющихся газов, рабочая лопасть, двигаясь по часовой стрелке, увеличивает объем рабочей камеры 1 (правая нижняя схема рис. 3).

Выпуск отработавших газов. Двигаясь против часовой стрелки, рабочая лопасть уменьшает объем рабочей камеры 1, в которой открыт выпускной клапан (левая нижняя схема рис. 3).

Таким образом, за четыре возвратно-вращательных хода рабочей лопасти в рабочей камере 1 происходит полный четырехтактный рабочий цикл. Аналогичные рабочие циклы протекают и в трех остальных рабочих камерах двигателя 2, 3 и 4 (рис. 3).

Управление клапанами двух газораспределительных механизмов осуществляется с помощью четырех распределительных валов, совершающих вращательные движения. За один ход лопасти кулачек газораспределительного механизма поворачивается на угол 90° .

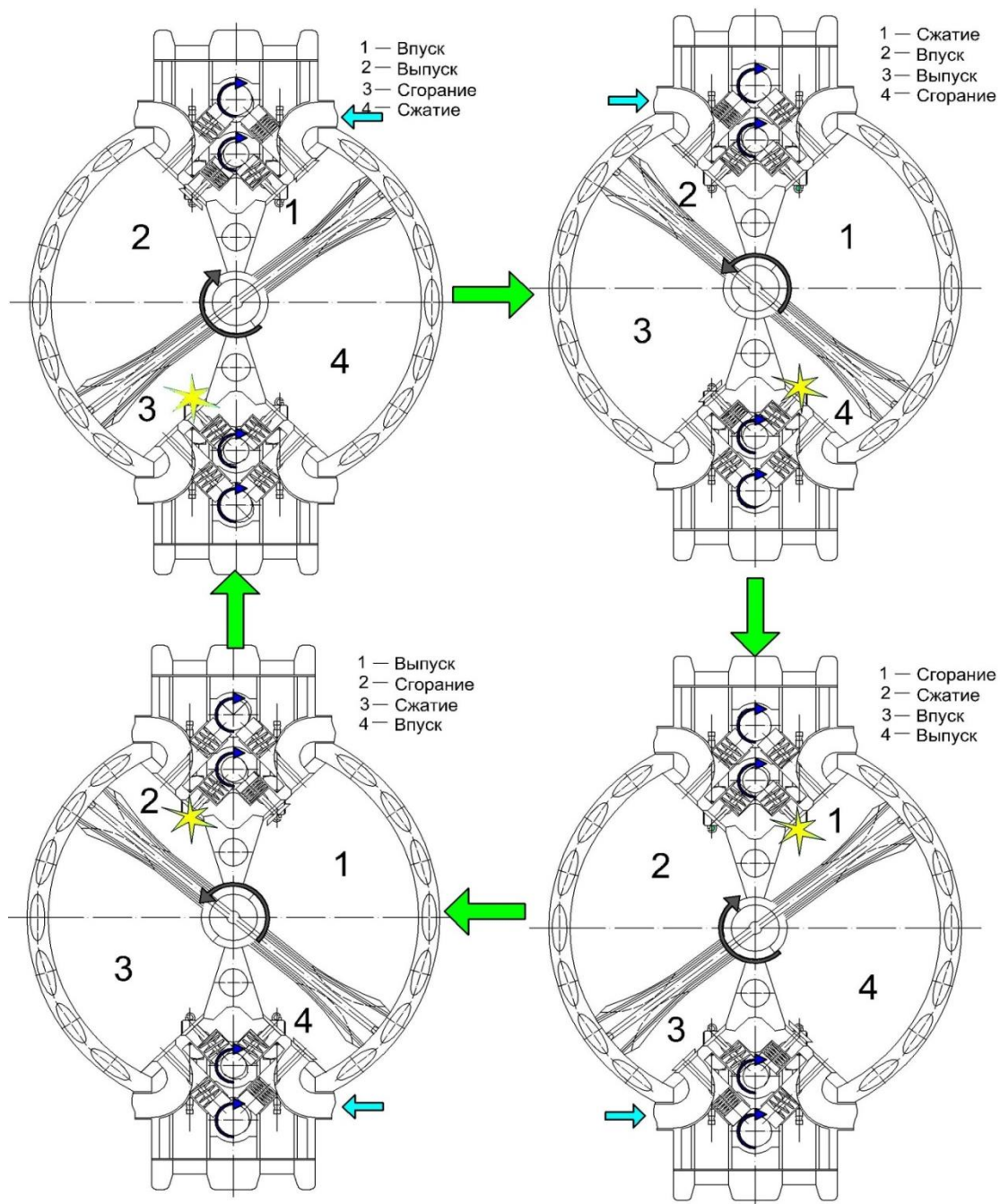


Рисунок 2 – Принцип работы проектируемого лопастного двигателя

Для уравновешенной работы проектируемого лопастного двигателя во всех его четырех рабочих камерах происходят разноименные такты, последовательно составляющие четырехтактные рабочие циклы, аналогично работе многоцилиндровых поршневых ДВС.

Так как лопастной двигатель имеет газораспределительные механизмы в нем возможно изменение фаз газораспределения, регулирование опережения зажигания, а также применение десмодромных механизмов.

Анализируя достоинства и недостатки проектируемого лопастного двигателя, можно констатировать следующее.

Основным достоинством проектируемого лопастного двигателя является большой рабочий объем при небольших габаритах, что позволяет сочетать высокие мощностные показатели двигателя с компактностью его конструкции.

К достоинствам проектируемого лопастного двигателя следует отнести технологичность изготовления корпуса, имеющего форму тора, рабочей лопасти, а также других конструктивных компонентов, обеспечивающих превращение тепла в механическую работу.

Достоинством проектируемого лопастного двигателя также является незначительное, по сравнению с другими ДВС, количество узлов трения, смазка которых легко осуществима. Отмеченное способствует снижению механических потерь и повышению коэффициента полезного действия.

В качестве преимущества проектируемого лопастного двигателя следует отметить небольшие массы движущихся деталей, а следовательно, уменьшенные значения инерционных сил и незначительные вибрации.

Достоинством конструкции проектируемого лопастного двигателя можно считать незначительную металлоемкость, в связи с небольшими размерами деталей, а следовательно, невысокую стоимость изготовления.

К основным недостаткам проектируемого лопастного двигателя следует отнести усложненную конструкцию двух газораспределительных механизмов, обеспечивающих работу нового двигателя, а также повышенный температурный режим работы.

Вышеотмеченные достоинства проектируемого лопастного двигателя позволяют заключить о целесообразности его применения в практике двигателестроения, особенно в случаях, когда от компактной энергетической установки требуются высокие мощностные показатели.

Список использованной литературы

1. Роторные двигатели прошлое, настоящие, будущие. Двигатель Ванкеля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rotor-motor.ru/page05.htm>

2. Учебно-информационный центр Автомобилиста. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.auto-uch.info/dv_vid.html

Совершенствование элементов манипуляторов комплекса разливки стали

В. В. Точилкин , В.И. Умнов

Рассмотрены вопросы, связанные с модернизацией манипуляционных систем комплекса разливки стали. Четкое функционирование системы разливки стали обеспечивает эффективность работы основных агрегатов и машин, входящих в ее состав. Высокая степень ее функциональной совместимости в едином производственном цикле за счет использования манипуляторов различной конструкции (транспортных манипуляторов по перемещению сталеразливочного и промежуточного ковшей, манипуляторов по отсечке конвертерного шлака, манипуляционных систем зоны вторичного охлаждения и т.п.) способствует улучшению нормального функционирования без поломок и с высокой производительностью.

Ключевые слова: манипулятор, комплекс разливки стали, машина непрерывного литья заготовок, модернизация

Точилкин Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования, Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск, ул. Ленина, 38, тел. (3519) 29-85-07, e-mail: toch56@mail.ru

Умнов Виктор Иванович, старший преподаватель кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. (3952) 40-51-46, e-mail: umnovvi61@ramler.ru

Ужесточение конкуренции на рынке металлопродукции стимулировало создание новых эффективных устройств – манипуляторов [1] машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Широкое применение роботов, мехатронных систем и манипуляторов различного назначения, оснащенных системами гидравлического и пневматического приводов, обусловлено экстремальными условиями работы с жидкими металлами [2, 3]. Возможные неисправности [3] или не стабильная работа отдельных компонентов манипуляторов работающих с системами подачи жидкого металла и исполнительской части - могут представлять большую угрозу для нормальной работы автоматизированных комплексов разливки металла, в частности, стали на базе МНЛЗ.

Важной проблемой, требующей решения, является проблема обеспечения эффективной работы системы разливки стали, систем привода [4], манипуляционных систем комплекса разливки в целом [4, 5], а также их

отдельных элементов и устройств [6] в течение всего технологического цикла работы автоматизированного комплекса разливки стали (рисунок 1).

Одним из направлений, обеспечивающих решение данной проблемы, а также задач расширения области применения и эффективного использования манипуляторов и роботов МНЛЗ, является совершенствование их конструкций. Предлагаемый анализ акцентирует внимание на конструкциях рабочих инструментов – системах подачи стали манипуляционных систем специального назначения, используемых в МНЛЗ комплекса непрерывной разливки стали и их исполнительных устройств (манипуляторов и других элементов).

Современная МНЛЗ представляет собой сложный автоматизированный комплекс агрегатов и технологического, гидравлического, механического, электронного оборудования (рис.1):

- 1) Комплект транспортных манипуляторов для сталеразливочного и промежуточного ковшей.
- 2) Промежуточный ковш – металлургический агрегат, оснащенный системой подачи жидкой стали в кристаллизатор – рабочим инструментом (по числу кристаллизаторов). При этом рабочий инструмент системы подачи стали к кристаллизаторам из промежуточного ковша выполняется в виде:
 - 2.1) Комплекта стакана – дозатора и стопора, установленного в ковше и закрепленного на стреле специального манипулятора - при разливке закрытой струей стали (с использованием специального стакана, погружаемого в кристаллизатор – погружного стакана).
 - 2.2) Сменного стакана – дозатора и манипулятора для смены стаканов – дозаторов при разливке открытой струей стали (без использования погружных стаканов – применяется только на сортовых МНЛЗ).
- 3) Опускаемый под уровень металла погружной стакан – рабочий инструмент для подачи жидкой стали в кристаллизатор, транспортируемый и удерживаемый в кристаллизаторе специальным манипулятором.
- 4) Систему конструкций и устройств кристаллизатора.
- 5) Устройства для подачи шлаковых смесей на поверхность металла в кристаллизатор и устройства для электромагнитного перемешивания жидкого металла в кристаллизующейся заготовке.
- 6) Устройства для контроля процесса разливки.
- 7) Транспортно - технологическая подсистема зоны вторичного охлаждения, с комплектом специализированных манипуляторов [7].

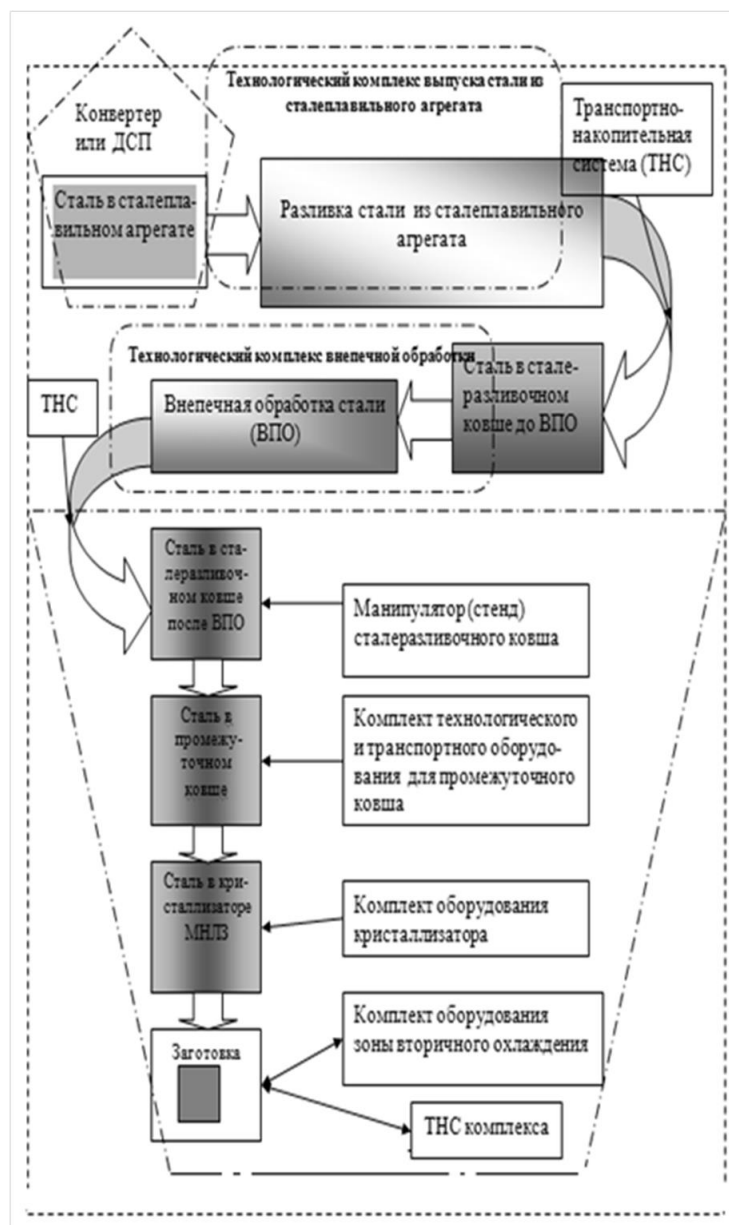


Рисунок 1 – Подсистемы комплекса разливки стали

МНЛЗ – установки с продолжительным сроком эксплуатации. Они должны предусматривать возможность внедрения инновационных решений и непрерывно модернизироваться. Мехатронные системы позволяют поддерживать производительность и конкурентоспособность производственных установок. При этом повышение качества металла является одной из важнейших проблем металлургии стали и определяет характер разрабатываемых элементов комплекса разливки стали [7].

Подсистема сталеразливочный ковш – промежуточный ковш – кристаллизатор является важнейшим технологическим элементом сортовой МНЛЗ. При разливке стали отмеченная подсистема в значительной степени определяет стабильность процесса, оказывая большое влияние на повышение качества разливаемого металла.

В связи с этими требованиями на металлургических предприятиях в последние годы проводят реконструкцию действующих установок или сооружают новые, используя новейшие разработки в области технологии непрерывной разливки. Неотъемлемой частью является разработка и совершенствование устройств и систем для защиты стали от вторичного окисления (рис. 2) [4, 8].

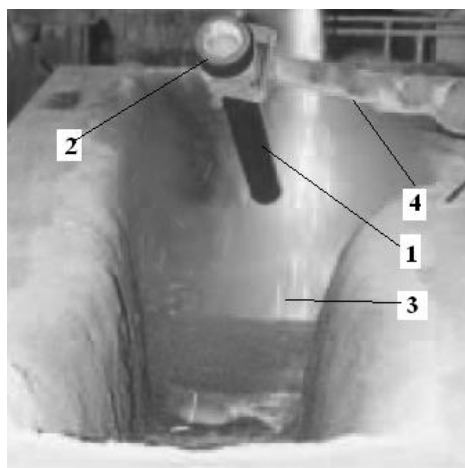


Рисунок 2 – Установка манипулятором защитной трубы сталеразливочного ковша в промежуточном ковше:

1-защитная труба; 2 – уплотнительное устройство;
3 – приемная камера промежуточного ковша; 4 - манипулятор

Манипуляторы и устройства для защиты металла от вторичного окисления различаются по принципу действия и по видам приводов и служат в конечном итоге одной цели – защите струи металла от окисления. В качестве самой защиты при разливке металла используются жаропрочные неметаллические трубы. В самих устройствах и манипуляторах используются различные принципы подвода – отвода защитных труб к отверстию в шиберном или ином затворе на сталеразливочном ковше и применяются ряд манипуляторов.

Недостатком устройств защиты является низкое качество разливаемого металла за счет попадания в него газов, в частности азота. Между внутренней поверхностью огнеупорной трубы и поверхностью стакана шиберного затвора в процессе разливки возникают зазоры. В результате происходит интенсивное насыщение разливаемого металла газами, в частности азотом, что приводит к снижению качества непрерывно литой заготовки. Для условий сортовой МНЛЗ разработано устройства для защиты струи металла при разливке на МНЛЗ.

На рис. 3 изображен общий вид устройства для защиты струи металла при разливке на МНЛЗ – поперечный разрез [8]. Устройство для защиты струи металла при разливке на машине непрерывного литья заготовок,

содержит огнеупорный стакан 1 с подводным каналом 2 и наружной конусообразной поверхностью 3, огнеупорную трубу 4, верхняя часть 5 отверстия 6 которой выполнена по форме контактирующего с ней участка 7 конусообразной поверхности 3 стакана 1 и содержит кольцеобразную выемку 8 и отверстие 9 для подвода аргона, прокладку 10, расположенную по контактирующему участку 7 стакана 1 и трубы 4. Верхняя часть 11 прокладки 10 имеет верхнюю торцевую поверхность 12, расположенную по торцевой поверхности 13 огнеупорной трубы 4. Нижняя торцевая поверхность 14 прокладки 10 расположена над кольцеобразной выемкой 8 огнеупорной трубы 4. Верхняя торцевая поверхность прокладки 10 выполнена с наружным диаметром (D) не менее 1,2 диаметра (d) отверстия огнеупорной трубы 4 в верхней своей части. Прокладка 10 выполнена из пластичного огнеупорного материала. Отмеченное конструктивное выполнение прокладки 10 обеспечивает: надежную фиксацию трубы 4 относительно стакана 1; исключение прохождения воздуха в струю металла и рациональные параметры подачи аргона в кольцевую выемку 8 трубы 4. При этом, надежная фиксация трубы 4 исключает возможность смещения трубы 4 относительно стакана 1 в процессе всего цикла разливки стали из сталеразливочного ковша, что также приводит к повышению качества разливаемого металла. Выполнение верхней торцевой поверхности 12 прокладки 10 диаметром D меньше 1,2 диаметра d отверстия огнеупорной трубы 4 в верхней своей части нецелесообразно, так как при этом в процессе установки огнеупорной трубы 4 относительно конусообразной поверхности 3 стакана 1 происходит смещение нижней торцевой поверхности 14 прокладки 10, что обеспечивает частичное или полное перекрытие кольцеобразной выемки 8 и отверстия 9 для подачи аргона, в результате чего происходит подсос воздуха в струю металла при разливке. Это приводит к интенсивному насыщению разливаемого металла газами, в частности азотом, что приводит к снижению качества непрерывно литой заготовки. Работает устройство для защиты струи металла при разливке на машине непрерывного литья заготовок следующим образом. Предварительно на трубу 4 в верхней части 5 отверстия 6 устанавливается прокладка 10. Используя манипулятор трубу 4 устанавливают на стакане 1. При этом форма выполнения сопрягаемых поверхностей и соответствие геометрических размеров конструктивных элементов позволяет обеспечить надежную фиксацию трубы 4 в стакане 1. Затем из отверстия 9 подают аргон, а через подводный канал 2 стакана 1 подают жидкий металл. Струя металла поступает в кристаллизатор машины непрерывного литья заготовок. При этом рациональное расположение нижней торцевой поверхности 14 прокладки 10 над кольцевой выемкой 8 позволяет обеспечить подачу аргона по всей поверхности трубы в зоне кольцевой выемки 8 и оптимальную отсечку воздуха. Кроме того, надежная фиксация трубы 4 в стакане 1, а также осевая центровка их полостей, обеспечивает в процессе разливки фор-

мирование струй металла технологически заданной конфигурации без нарушения её сплошности, исключая при этом, боковые смещения струй металла в трубе 4 и размыв огнеупоров трубы 4. Это также позволяет повысить качество разливаемого металла за счёт исключения попадания в него частиц огнеупорных материалов.

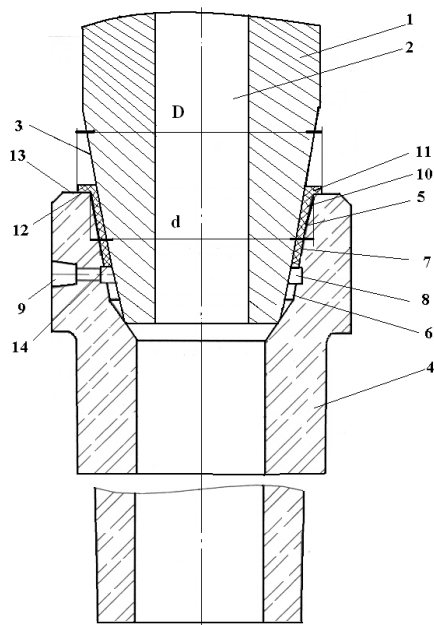


Рисунок 3 – Устройства для защиты струи металла при разливке на МНЛЗ

Для нахождения параметров при подаче инертного газа должен быть определен диапазон рабочих давлений в аргонопроводе [7, 9]. При этом необходимо учесть величину атмосферного (p_a) и ферростатического давления, поверхностного натяжения ($2\sigma_{на} / r$), а также потери давления в системе. Очевидно, что для обеспечения стабильности процесса продувки необходим запас давления аргона (Δp_3).

Давление $P_{пол}$ в системе подачи аргона определяем по зависимости

$$P_{пол} = p_a + \rho_c \cdot g \cdot h_m + \rho_{ш} \cdot g \cdot h_{ш} + \Delta p_l + \Delta p_c + \Delta p_3 + 2\sigma_{нов} / r,$$

где ρ_c , $\rho_{ш}$ – плотности соответственно металла и шлака; h_m , $h_{ш}$ – высоты уровней соответственно металла и шлака в ковше; Δp_l – потери давления по длине трубопровода; Δp_c – потери давления на выходе из сопла; Δp_3 – запас давления; $2\sigma_{нов} / r$ – давление от поверхностного натяжения.

Заключение

1. При дальнейшем совершенствовании и разработке процессов непрерывной разливки стали нового поколения совершенствование кон-

струкций манипуляторов, обеспечивающих прохождение потоков жидкой стали – важнейшее условие получения качественной непрерывно-литой заготовки.

2. Разработаны конструкции манипулятора для устройства защиты струи металла для сортовой МНЛЗ.
3. Конструкция устройства для защиты струи металла при разливке на машине непрерывного литья заготовок исключает прохождение воздуха в струю металла при разливке и обеспечивает рациональные параметры подачи аргона в кольцевую выемку огнеупорной трубы, что позволяет повысить качество разливаемого металла.

Список использованной литературы

1. Точилкин В.В., Филатов А.М. Пневмопривод металлургических манипуляторов: Монография.- Магнитогорск: МГТУ, 2005. – 211 с.
2. Разработка оборудования системы распределения потоков стали для промежуточного ковша / С.Н. Ушаков, А.А. Хоменко, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин // Сталь. 2009, № 3. С. 13–17.
3. New Plastic Refractory Linings for Protecting a Metal Stream During Pouring into a CBCM / Vdovin K.N., Marochkin O.A., Tochilkin V.V., Umnov V. I. // Refractories and industrial ceramics, New York: Springer New York Consultants Bureau, 2014. Vol. 55, № 4. P. 318-320.
4. Точилкин В.В., Вдовин К.Н. Электромеханические манипуляторы для транспортирования и ориентации устройств, обеспечивающих защиту струи стали при разливке // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2004. № 2. С. 111–112.
5. Точилкин В.В. Пневматические манипуляторы для отсечки конвертерного шлака // Вестник машиностроения. 2007. № 10. С. 42–44.
6. Вдовин К.Н., Семенов М.В., Точилкин В.В. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ: Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 118 с.
7. Непрерывная разливка стали. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок: монография / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин В.В., И.М. Ячиков. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. – 348 с.
8. Патент на полезную модель 102552 РФ. Устройство для защиты струи металла при разливке на машине непрерывного литья заготовок.
9. Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Марочкин О.А. Совершенствование процесса разливки стали на сортовых МНЛЗ // Металлург. 2014, № 4. С. 80-82.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Подготовка к профессиональной деятельности студентов направления «нефтегазовое дело» при изучении курса «начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика»

Н.А. Горбань, А.В. Горбань, М.Д. Солдатова

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

Рассмотрена образовательная программа дисциплины Начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика для подготовки бакалавров направления «Нефтегазовое дело». Программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВПО, способствует реализации компетентностного подхода и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Ключевые слова: Подготовка бакалавров направления «Нефтегазовое дело», компетенции, лекция, практические занятия, лабораторные работы, деловые игры, самостоятельная работа.

Горбань Наталья Алексеевна, к.х.н., доцент; доцент кафедры Начертательной геометрии и технического черчения.

Горбань Анна Викторовна, к.х.н., доцент; доцент кафедры Начертательной геометрии и технического черчения. e-mail: ann-gorban@yandex.ru

Солдатова Мария Дмитриевна студентка гр. УКБ-13

Подготовка бакалавров направления «Нефтегазовое дело» осуществляется в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами. В ФГОС требования к выпускникам изложены в виде компетенций, сформулированных образовательным сообществом, но объем и характер получаемых ими знаний определяются требованиями будущей профессиональной среды. Современный рынок труда требует от человека умения самостоятельно приобретать и использовать на практике полученные знания, умения сотрудничать, общаться, адаптироваться к новым обстоятельствам, самостоятельно находить пути решения проблем. В данной ситуации уместным и своевременным требованием к условиям реализации основных образовательных программ бакалавриата является использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Дисциплина "Начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика" является фундаментальной дисциплиной в профессиональной

подготовке бакалавров направления «Нефтегазовое дело». Цели дисциплины: обеспечение выпускникам знание общих методов построения и чтения чертежей; обеспечение выпускникам знание алгоритмов решения проектно-технических задач; составления конструкторской и технической документации производства, как с помощью ручных технологий, так и автоматизированных. Задачи дисциплины: развитие пространственного представления, конструктивно-геометрического мышления, изучение способов получения чертежей на уровне графических моделей и умению решать на этих задачи, связанные с пространственными объектами и их зависимостями, овладение геометрическим конструированием с помощью построений на проекционных чертежах. Освоение программы дисциплины позволит сформировать у обучающегося профессиональные компетенции. Формирование всех компетенций позволит ему владеть нормативами проектной деятельности и навыками составления рабочих проектов, отчетов, а также уметь использовать принципы графического представления пространственных образов, систему проектно-конструкторской документации и правила выполнения чертежей.

Основная структура дисциплины предусматривает два вида учебной работы студента: аудиторные занятия и самостоятельная работа студента. Наибольшее количество часов выделяется на самостоятельную работу. По завершению 1 семестра в качестве итоговой аттестации предусмотрен экзамен, а по завершению изучения дисциплины во втором семестре не только дифференцированный зачет, но и, как средство оценки самостоятельной работы обучающегося, используется балльная оценка защиты курсовой работы по дисциплине.

На вводном аудиторном занятии преподаватель представляет студентам перечень основных разделов и тем дисциплины, распределяя их по видам учебной работы. Структурирует самостоятельную работу по видам деятельности: указывает методы подготовки к лекциям, практическим занятиям и лабораторным работам, объясняет порядок выполнения графических работ по каждому разделу, выдает задания на курсовую работу. А также рассматривает виды контрольных мероприятий, применяемых контрольно-измерительных технологий и средств.

Лекция как организационная форма обучения – это особая конструкция учебного процесса. Преподаватель на протяжении всего учебного занятия сообщает новый учебный материал, а слушатели активно воспринимают. Благодаря тому, что материал излагается концентрированно, в логически выдержанной форме, лекция является наиболее экономичным способом передачи учебной информации. В качестве активной составляющей лекции по начертательной геометрии и инженерной компьютерной графике в начале каждой лекции проводится активный опрос вида «Мозговой штурм». Использование метода мозгового штурма в учебном процессе позволяет решить следующие задачи: стимулирование творческой актив-

ности учащихся; связь теоретических знаний с практикой; активизация учебно-познавательной деятельности обучаемых; формирование у обучающихся мнения и отношения; формирование способности концентрировать внимание и мыслительные усилия на решении актуальной задачи.

Практические занятия и лабораторные работы составляют важную часть подготовки и должны быть направлены на закрепление теоретических знаний студентов и формирование у них профессиональных навыков и умений в процессе решения профессионально ориентированных задач. Для бакалавров направления «Нефтегазовое дело» предусмотрено проведение практических занятий и лабораторных работ в интерактивной форме. В качестве интерактивной формы предлагается использовать деловые игры. Для практических занятий – «Решение позиционных и метрических задач на алгоритмической основе», для лабораторных работ - «Детализация сборочного чертежа».

Деловые игры прочно заняли одно из первых мест среди интерактивных методов обучения. Деловая игра относится к групповой форме обучения, в которой реализуются основные психолого-дидактические принципы: проблемность, игровое моделирование содержания профессиональной деятельности, совместная деятельность и взаимодействие студентов.

Данная форма занятия предусматривает предварительный этап, который ставит своей целью подготовить студентов к участию в игре. Студенты знакомятся с объектом делового моделирования - конструкторским бюро, исходными данными, целью игры, функциями участников, их ролевыми целями, а так же с системой оценивания деятельности участников деловой игры. Учебная цель: привитие практических умений и навыков, а также приближение процесса обучения к профессиональной деятельности.

Занятие состоит из двух этапов: критическая ситуация и производственное задание. На первом этапе занятия студентам предъявляются описания типичных производственных ситуаций, в ходе анализа которых осуществляется рефлексирование границ ситуации, постановка множества вопросов, детализирующих ситуацию, осознание собственных и заданных преподавателем целей. На втором этапе - на этапе разработки, конструирования задачи студент приобретает профессиональные навыки моделирования наличной ситуации, приобщаясь тем самым к моделированию как универсальному способу освоения действительности. В тоже время, студенту предоставляется более полная самостоятельность в выборе средств и методов решения задач.

Студенты делятся на две подгруппы, в данном случае, на два отдела конструкторского бюро. Из наиболее сильных студентов выбираются начальники отдела и нормоконтролеры. Начальник отдела выдаёт производственное задание конструкторам; намечает порядок выполнения работы вместе с отделом; руководит работой конструкторов и конструирует; следит за работой и дисциплиной отдела; утверждает чертежи; составляет

отчёт о работе отдела. Нормоконтролер проверяет чертежи в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД.

Применение деловых игр позволяет значительно повысить интерес к дисциплине; развить самостоятельность и умение нестандартно мыслить; усилить профессиональное направление обучения.

В процессе самостоятельной работы, студент как субъект будущей профессиональной деятельности приобретает новые знания, преобразует их в соответствии со своими целями и ценностями, превращая тем самым в собственное достояние. Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор – подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности. Введение курсовой работы, как вида самостоятельной работы позволяет решить следующие задачи:

- систематизация, закрепление, углубление и расширение теоретических знаний и практических умений, полученных студентом по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика» в соответствии федеральными государственными образовательными стандартами;
- развитие навыков проведения самостоятельной работы и овладение методикой исследования в рамках избранной темы;
- представление полученных результатов исследования в соответствии с установленными требованиями и публичная их защита.

Цель курсовой работы "Разъемные соединения деталей машин": изучить правила выполнения эскизов деталей, сборочного чертежа и спецификации в соответствии ГОСТ ЕСКД. Курсовая работа состоит из двух частей: пояснительная записка и графическая часть. Для выполнения курсовой работы студент получает на кафедре индивидуальное задание в виде детали «Вал» и геометрических параметров детали «Колесо зубчатое».

Структурными элементами пояснительной записки к курсовой работе являются: титульный лист, содержание, введение, основная часть, заключение, список использованных источников. Приложением к пояснительной записке является спецификация к сборочному чертежу.

Структурными элементами графической части являются: эскизы двух деталей, сборочный чертеж «Вал - зубчатое колесо».

Преподаватель осуществляет непосредственное руководство и контроль над процессом выполнения курсовой работы; рекомендует студенту необходимую научную и методическую литературу; справочные материалы, учебники, учебные пособия и другие источники по теме; проводит необходимые консультации; проверяет выполнение курсовой работы по частям и в целом.

Таким образом, изучение начертательной геометрии и инженерной компьютерной графики основано на единой методологии и способствует последовательному повышению профессионального уровня обучаемых.

Список использованной литературы:

1. Горбань Н.А. Реализация компетентного подхода при изучении графических дисциплин. /Н.А. Горбань, А.В. Горбань, С.С. Шестериков Материалы НПК «Авиамашиностроение и транспорт Сибири».- Иркутск, 2013. –С. 42-46.
2. Балаба В.И. Кадровое обеспечение нефтегазового дела // Бурение и нефть. 2013. №1. С. 15–19.
3. Ковалевский И. Организация самостоятельной работы студента // Высшее образование в России №1, 2000, с.114-115
4. ФГОС ВПО по направлению подготовки 131000 «Нефтегазовое дело».

Приёмы адаптированного обучения графическим дисциплинам

И. И. Кострубова, К. Вагнер

ИРНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Изучение начертательной геометрии и графических дисциплин повышает уровень развития когнитивных функций для формирования инженерной интуиции и конструктивных способностей. Выполнение курсовой работы по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» способствует развитию пространственного мышления, вырабатывает знания и навыки, необходимые для выполнения и чтения технических чертежей, повышения качества усвоения теоретического материала. Приведены примеры трёхмерных моделей, выполненных на базе пакета графических программ AutoCAD.

Ключевые слова: инженерная и компьютерная графика, трёхмерное моделирование, графические программы, образование поверхностей и линий пересечения поверхностей.

Кострубова Ирина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения, тел.: 732769, e-mail: iriko139@yandex.ru
Вагнер Кирилл, студент гр. АТб-14-2.

Проблема качества образования была и остаётся актуальной. При ускорении роста технического прогресса подготовка достойных профессиональных кадров является важнейшей задачей и источником развития современной цивилизации. На первый план выходят ценности развития творческой деятельности, которая связана с процессом пространственного мышления, необходимого для формирования инженерной интуиции и конструктивных способностей. На первый план выходят ценности развития творческой деятельности, которая связана с процессом пространственного мышления, необходимого для формирования инженерной интуиции и конструктивных способностей. Растёт престижность высшего образования, а его доступность в настоящее время порождает проблему неоднородности поступающего в вузы контингента. По этой причине возникает проблема качества подготовки выпускников из-за того, что многие абитуриенты не обладают достаточным уровнем развития когнитивных функций (внимания, памяти, мышления) и не в состоянии овладеть требуемым объёмом знаний. Выход один – развить когнитивные функции до необходимого уровня.

По мнению психологов, немногие имеют врожденное чувство пространства, которое в дальнейшем легко развивать. Для других требуется толчок в этом направлении. Знакомство с такими дисциплинами как начертательная геометрия, черчение, инженерная и компьютерная графика поможет развить пространственное представление и воображение. Графиче-

ский язык - язык образов, незаменим в инженерной, дизайнерской и архитектурной деятельности. Освоение этого языка и пространственного мышления может и должно быть постепенным и непрерывным, что соответствует парадигме непрерывного образования, направленной на развитие специалиста, его мышления, воображения и творческих способностей.

Качество организации учебного процесса: организация и проведение лекций, лабораторных и практических занятий, курсовых работ и проектов, практик определяет качество подготовки специалиста. Соблюдение прикладного характера процесса обучения отражено в ФГОС-3 по направлению 220770 «Автоматизация технологических процессов и производств» и в учебных планах этого направления, которые предусматривают выполнение уже в первом семестре курсовой работы по дисциплине Инженерная и компьютерная графика. Дисциплина является фундаментальной и одной из основных обще-профессиональных дисциплин, так как обеспечивает знание общих методов: построения и чтения чертежей, решения разнообразных инженерно-геометрических задач, возникающих в процессе проектирования, конструирования, изготовления и эксплуатации различных машин, механизмов, приборов. Одним из основных требований к дисциплине является её целостность: начертательная геометрия развивает у человека пространственное мышление, без которого немыслимо никакое инженерное творчество; специальный тематический подбор графических задач развивает логическое мышление, склонность к анализу и т.п. (общие методы решения задач способствуют усвоению алгоритмов, помогая решать сложные задачи). Предметом инженерной и компьютерной графики является автоматизация процесса построения графических моделей инженерной информации, их преобразования и исследования. Теоретической основой формирования графических моделей является геометрическое моделирование, т.е. представление информации с точки зрения геометрических свойств объекта.

Выполнение курсовой работы является одной из важных форм обучения. Уже на этом образовательном этапе она позволяет начать формирование таких профессиональных компетенций как способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способности проводить сбор, анализ информации, выбор оптимальных решений и составлять обзоры и отчёты.

Основная цель курсовой работы «Основы выполнения графических изображений» – выработка знаний и навыков, необходимых для выполнения и чтения технических чертежей, а также повышение качества усвоения теоретического материала.

Тема курсовой работы охватывает круг позиционных задач: положение поверхностей относительно плоскостей проекций и друг друга с построением линий их взаимного пересечения. Основу пространственного мышления составляет понятие проекций (от наглядного изображения объ-

екта к плоскостному и наоборот). Построение комплексных чертежей геометрических образов предполагает создание мысленных пространственных образов, способствующее развитию соответственного мышления, что и является одной из основных целей курса. Однако при 2-х мерном отображении пространства многие студенты затрудняются представить геометрический образ – им ещё предстоит развить эти способности. Значительно облегчить решение и улучшить понимание графических задач позволяют современные графические системы автоматизированного проектирования, такие как «AutoCAD» (Рис. 1).

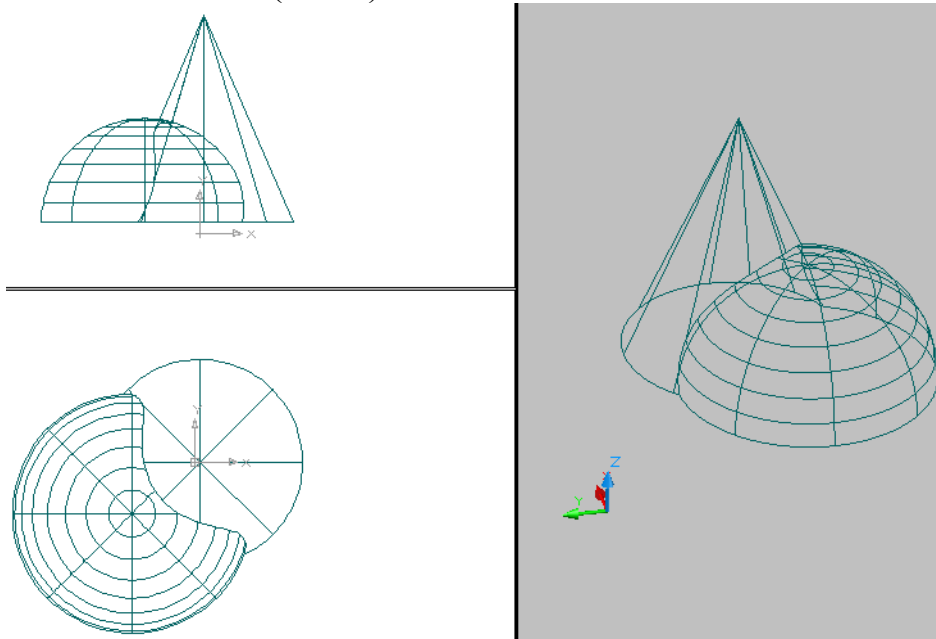


Рисунок 1 – Пример построения линии пересечения поверхностей (AutoCAD)

Благодаря использованию с самого начала обучения средств машинной графики и 3D-моделирования с их основным упором на анализ и синтез геометрических форм, когда полученную объёмную модель объекта можно, вращая, рассмотреть со всех сторон, развивается пространственное воображение студента, без которого невозможен творческий процесс. В работе над 4-ым эпюром студенты первоначально создают трёхмерные модели поверхностей, учитывая законы их образования, применяя команды редактирования тел строят линии их пересечения, а затем выполняют решение задачи на построение этих линий на ватмане формата А3 после проведённого анализа заданных поверхностей и выбора алгоритма решения.

После освоения способов задания поверхностей и решения позиционных задач на принадлежность классическим способом применяются 3D - технологии и создаётся пространственная геометрическая модель технической детали. Построение начинается с простых геометрических тел с применением команд (ЯЩИК, СФЕРА, КОНУС...), затем более сложных тел,

построенных с применением команд ВЫДАВЛИВАНИЕ и ВРАЩЕНИЕ. Следующим логическим шагом является создание теоретического чертежа детали к курсовой работе. При этом процесс его создания разбивается на следующие этапы: 1 - мысленное разбиение наружной формы детали на поверхности (простейшие трёхмерные примитивы) и рассмотрение их относительного положения; 2 - последовательное построение этих примитивов; 3 - выполнение логических операций над примитивами (объединение, вычитание, пересечение).

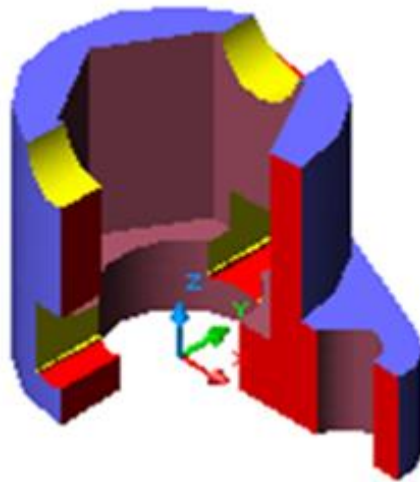


Рисунок 2 – Пример построения 3D модели (AutoCAD)

При формировании моделей пересекающихся поверхностей и отдельной заданной детали следует учесть последовательность выполнения логических операций:

1) организовать рабочее пространство (графическую зону и соответствующие панели инструментов);

2) выполнить анализ поверхностей, закон их образования, относительное положение и продумать какие команды и операции потребуются для создания трёхмерных моделей этих геометрических образов;

3) затем объединить внешние поверхности и объединить внутренние поверхности – вертикальные и горизонтальные отверстия;

4) вычесть пазы и отверстия из тел, образующих внешнюю поверхность.

Для придания большей наглядности можно каркасное задание детали дополнить тонированием по Гуро (рис.2). Такой подход к компьютерному визуализированию обеспечивает целостность восприятия, помогает представить реальное изображение предмета в пространстве и является надёжным способом активизации познавательной деятельности студентов.

В объём курсовой работы входит также построение (на ватмане формата А3) линии пересечения поверхностей; проекционного чертежа заданной детали с необходимыми разрезами, её изометрическое изображение,

проставка необходимых размеров. В пояснительной записке студент должен дать полный и последовательный анализ задания, обоснованно объяснить все графические и компьютерные построения.

В целом же, выполнение курсовой работы требует от студента работы не только с ПК, но и с конспектом, учебной литературой, ГОСТами ЕСКД, что положительно влияет на понимание и лучшее усвоение предмета.

Процесс творческого интерактивного выполнения задания курсовой работы позволяет создать ситуацию повышения мотивационно - творческой деятельности студентов, что стимулирует и активизирует самостоятельную работу студентов при изучении начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, позволяя сформировать основные компоненты персональной компетенции будущего специалиста.

В процессе обучения студенты изучают материал необходимый будущему инженеру; систематизируют и углубляют знания, изучают правила оформления и выполнения чертежей, приобретают навыки работы с учебной и справочной литературой, графическими программами. Тематический подбор графических задач развивает логическое мышление, склонность к анализу и т.п. (общие методы решения задач способствуют усвоению алгоритмов, помогая решать сложные задачи). У студентов формируется самостоятельность в принятии решений, способность довести это решение до результата, внимательность, а также самодисциплина при оформлении чертежей в соответствии с требованиями стандартов.

Таким образом, мы видим, что изучение графических дисциплин – составная часть образовательной структуры и способствует формированию общей культуры личности обучающихся на основе усвоения содержания образовательных программ, адаптации и формированию основы для осознанного и последующего освоения уже на старших курсах профессиональных образовательных программ.

Список использованной литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт. (Режим доступа: www.edu.ru)

Условия эксплуатации горнорудных машин на предприятиях Сибири и Северо-Востока страны

И. И. Кострубова, И. А. Толтаев

ИрНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены климатические и горно-геологические условия эксплуатации дражного оборудования на предприятиях Сибири и Северо-востока страны. Обозначены основные направления увеличения производительности и надёжности работы горнорудных машин, в том числе, повышения эксплуатационной стойкости черпака и козырька в результате применения современных высокопрочных материалов и технологий.

Ключевые слова: климат, дражный способ добычи, абразивный износ, ударные нагрузки, условно холодный период, износостойкость, аустенитные высокомарганцевые стали, метастабильные стали, эксплуатационная стойкость, упрочнение, деформационное упрочнение аустенита, мартенсит деформации, термообработка.

Кострубова Ирина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения, тел.: 732769, e-mail: iriko139@yandex.ru
Толтаев Илья Александрович, студент гр. СМ-14-2, тел. 89149060840

Дражный способ занимает ведущее место в разработке россыпных месторождений, обеспечивая наивысшую производительность и наименьшую себестоимость добываемого продукта. Высокая производительность дражного способа разработки россыпей обеспечивает возможность освоения месторождений с низким содержанием золота (0,2 – 0,5 г/т) (1).

Основное месторождение горных разработок с применением драг в основном дислоцируется в районах Урала, Сибири, Севера-востока и Якутии, то есть в районах, отличающихся тяжёлыми метеорологическими и горно-геологическими условиями. Особенно в трудных условиях работают драги на валунистых (район реки Витим) и мёрзлых (район Валдана и Якутии) грунтах.

Как известно, климат Крайнего Севера-востока имеет ряд специфических особенностей, которые большую часть года создают неблагоприятные условия для работы. Исключительно низкие температуры воздуха, достигающие в континентальных частях территории – 60° ...-65°С, ураганные ветры в сочетании с низкими температурами воздуха, частые метели и гололёды, повсеместное распространение вечной мерзлоты – основные черты климата Северо-востока России. Продолжительность условного холодного периода на побережье и островах составляет 280...300 дней. К юго-западу продолжительность короткого зимнего периода уменьшается и на

побережье Тауйской Губы составляет 220 дней. В континентальных районах территории условия эксплуатации различных машин также затрудняются отрицательными температурами воздуха – их очень низкие величины наблюдаются в течение значительной части холодного периода и достигают $-45^{\circ} \dots -50^{\circ} \text{C}$.

Суровость климата резко снижает продолжительность дражного периода. В районах центральной Колымы и в наиболее континентальных частях Чукотки его продолжительность составляет 140 – 150 дней, а на Севере области 100 – 110 дней, причём 20 – 40 дней из этого короткого периода добычу можно производить только в одну смену. Круглосуточно промывка может идти 60 -80 дней на севере области, а 100 – 120 дней в центральных районах Колымы и Чукотки. Весьма низкие температуры воздуха зимой, достигающие $-50^{\circ} \dots -60^{\circ} \text{C}$, туман и метели, короткий тепловой период года, низкий температурный фон речных вод в сочетании с горным рельефом и повсеместным распространением многолетней мерзлоты создают своеобразную гидрометеорологическую обстановку в этом районе. В подзонах высокой и очень высокой суровости среднесуточные температуры -40°C и ниже могут удерживаться от 1,5 до 3 месяцев, в связи с чем становится понятна актуальность работ по повышению надёжности и долговечности машин и механизмов, работающих в условиях Севера. В результате неблагоприятные метеорологические условия наносят в отдельные годы ощутимый ущерб горной промышленности.

Работа машин в условиях Севера приводит к интенсивному износу деталей, так как сопровождается мёрзлым грунтом, имеющим большую абразивность по сравнению с талыми грунтами. Эксплуатация оборудования при низких температурах является фактором, обуславливающим повышение опасности хрупкого разрушения металла. Как известно, к материалам, предназначенным для изготовления землечерпающих и породоразрушающих машин, предъявляются требования высокой износостойкости в условиях ударно-гидроабразивного износа. При исследовании подобных сильнонагруженных деталей возникает проблема достижения компромисса между стойкостью к истиранию и вязкостью. В условиях одновременного воздействия истирания и высоких удельных статических или динамических нагрузок, при низких температурах (до -60°C) чрезвычайно высокой износостойкостью по сравнению с другими марками сталей отличаются высокомарганцевые стали (110Г13Л). Их широкое применение в условиях ударно-абразивного изнашивания, обусловлено высокой способностью к деформационному упрочнению рабочей поверхности отливок при сохранении вязкой сердцевины.

Уровень прочностных и пластических свойств, а также износостойкость высокомарганцевой аустенитной стали в значительной степени

определяется её химическим составом и технологическими процессами упрочнения.

К основным направлениям повышения эксплуатационной стойкости черпака и козырька, а также увеличения надёжности работы механизмов следует отнести: разработку новых конструкций драг, увеличение глубины черпания, усовершенствование конструкции черпаков с целью придания им оптимальной формы, применение беззаклёпочного присоединения козырьков, а также применение современных высокопрочных материалов, позволяющих иметь минимальный резерв быстроизнашивающихся дражных частей.

Известно, что стандартная высокомарганцевая сталь из-за повышения режимов работы машин не может удовлетворять современным требованиям вследствие интенсивного износа деталей и их разрушения в процессе работы. Повышение эксплуатационной стойкости ответственных отливок следует искать, в том числе, в замене высокомарганцевой стали метастабильными аустенитными сталями. Принцип их упрочнения резко отличается от процесса упрочнения высокомарганцевой стабильной аустенитной стали, который проходит только за счёт деформационного упрочнения аустенита, без дополнительного образования мартенсита деформации.

Актуальная проблема повышения эксплуатационной стойкости деталей, работающих при отрицательных температурах в тяжёлых горногеологических условиях, может быть решена на основе усовершенствования технологии производства, включая оптимизацию химического состава стали, технологию литья и термической обработки, современные методы упрочнения, обеспечивающие высокие служебные свойства. Эффективность повышения служебных характеристик следует оценивать по структурночувствительным свойствам, включая прочность, вязкость, хладостойкость и износостойкость. Эти характеристики определяют, главным образом, эксплуатационную стойкость деталей и зависят во многом от технологических процессов.

Список использованной литературы

1. Тальгамер Б.Л. Основные направления развития золотодобычи в Восточной Сибири. "Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)" №12, 2008.