



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ СИБИРИ

Сборник статей

III Всероссийской научно-практической конференции

(Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Иркутского государственного технического университета

2013



УДК 629+656(082)
ББК 39Я45

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Авиамашиностроение и транспорт Сибири : сб. статей III Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.) – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 442 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;

Ахатов Рашид Хадиатович – канд. техн. наук, доцент, директор Института авиамашиностроения и транспорта;

Грудинин Владимир Гарриевич – ст. преподаватель кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении

СОДЕРЖАНИЕ:

Авиационная техника и технологии

А.И. Демидов, И.О. Бобарика. Численное моделирование аэродинамики несущих элементов летательных аппаратов потоком несжимаемой жидкости при малых числах Маха.	8
А.С. Говорков, И.В. Фокин. Применение инновационных технологий и интерактивных методов обучения при изучении курса "технология производства самолетов"	14
А.С. Говорков, А.Э. Рябцева. Методика проведения кинематического анализа с учетом податливости тел в NX MotionFlexiblebody на примере узла интерцептора самолета МС-21	18
А.И. Исаев, Нго Куанг Туен. Гидродинамическое исследование формирования вихревых течений камеры сгорания	24
В.А. Жуков. Совершенствование эксплуатации жидкостных систем охлаждения транспортных ДВС.	28
С.И. Феоктистов, С.В. Белых, М.М. Погарцева. Учет влияния фрезерования на форму готовых деталей летательных аппаратов из прессованных профилей, получаемых методами изгиба.	36
А.А. Перевалов, С.В. Белых. Применение MSC.MARC для моделирования процесса изгиба прессованных профилей несимметричного сечения.	45
С.В. Белых, А.В. Станкевич, В.А. Мишагин. Особенности автоматизированного изготовления длинномерных деталей летательных аппаратов из прессованных профилей.	53
Р.Ф. Крупский, А.В. Станкевич, А.А. Кривенок, С.В. Белых. Опыт использования обтяжного прессы для формообразования деталей летательного аппарата из профилей.	61
А.В. Черняев, М.И. Шевченко. Анализ видов, методов и задач подтверждения соответствия программно-математического обеспечения изделий авиакосмической техники.	70
А.И. Селиверстов, И.В. Шевченко. Влияния нелинейности диссипативных сил на динамические характеристики ракеты – носителя.	77
Ю.А. Остяков, М.И. Шевченко. Взаимосвязь надежности и экономической эффективности изделий машиностроения.	82
Т.А. Назарова, Т.А. Школьников. Влияние отделочно–зачистных технологий на увеличение ресурса работы машины.	90
М.В. Лаврентьева. Автоматизация типовых процессов проектирования электронного макета изделия.	96
К.А. Однокурцев, П.А. Лукин. Средства автоматизированного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении.	102
Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко. Новый метод контроля каркасных авиационных панелей из ПКМ.	109

Ю.Ф. Огнев, Ю.П. Денисенко, Е.С. Бронникова, М.А. Мурыгина, Н.В. Третьяков. Металлографические исследования скрытых дефектов деталей авиационного производства.	113
А. Портнов, С. Проводов. Диагностика авиационных двигателей по параметрам частиц изнашивания, измеренных сцинтилляционным методом.	121
Н.М. Пуденков, В.П. Пашков. Применение углепластиков в авиастроении.	126
К.А. Однокурцев, И.В. Проничев. Разработка схемы монтажа сборочной оснастки с использованием робота.	129
В.Б. Кузнецова, А.И. Сергеев, А.В. Попов. Требования к структуре размещения информации в среде Teamcenter для создания процесса выпуска производственной документации на ОАО «ПО «Стрела».	136
Р.А. Туранов, В.К. Еремеев. Механизм выпуска крыла экранолёта.	143
В.В. Суржик. Комплексный подход к проектированию оптимальных экранопланов нового поколения.	145

Вопросы эксплуатации, диагностики и ремонта автомобильного и железнодорожного транспорта

А.Ю. Ткаченко, А.В. Данеев. Контроль полноты информации по локомотивным бригадам в базе данных регионального комплекса управления локомотивным хозяйством.	153
В.Н. Катаргин, И.С. Писарев, С.В. Хмельницкий. Имитационная модель поддержки принятия решения целесообразности проведения восстановительного ремонта агрегатов автомобилей.	160
Ле Ван Луан. Исследование распределения реакций по длине пятна контакта тормозящей эластичной шины с беговым барабаном.	168
Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. Метрологический комплекс для исследования процессов происходящих в пятне контакта эластичной шины с беговым барабаном и дорогой.	174
Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. Экспериментальные исследования нормальных напряжений в пятне контакта эластичной шины с беговым барабаном и дорогой.	181

Машиностроительные технологии и материалы

Р.В. Кононенко, И.Г. Майзель. Оборудование для внутритрубной теледиагностики.	188
А.А. Вторушин, А.С. Бубнов. Применение SYSWELD в расчете деформаций технологии изготовления штанги дозаправки.	194
Создание и исследование мехатронных систем	
В.Ю. Какаева. Автоматизация выбора технологических баз.	200

Кузнецов Н.К., Ле Ба Хань. Компенсация упругих колебаний мехатронных систем на основе управления по старшей производной.	205
Кузнецов Н.К., Нгуен Мань Дык. Разработка экспериментального макета самонастраивающегося гидравлического демпфирующего устройства двухстороннего действия.	210
Нгуен Ван Хуан, Кузнецов Н.К. Алгоритмы управления колебаниями мехатронных систем на основе решения обратных задач динамики.	214
М.Ж. Цыцыренова. Теоретические основы исследования систем виброизоляции объектов установленных на упругом стержне.	219
 Транспортные системы городов и менеджмент на транспорте	
А.В. Зедгенизов, Р.Ю. Лагереv, В. Муковкина. К вопросу о генерации корреспонденций к крупному торговому центру на примере «Мебель сити» г. Иркутск.	288
М.И. Шаров, А.В. Высокос, Л.А. Корьяк. Пример построения транспортной модели г. Иркутска в прогнраммном продукте рtv «visum».	236
Е.О. Вагина, А.А. Савельева, Е.А. Пилишникова. Использование GPS-данных для оценки безопасности перевозок пассажиров в городе Иркутске.	240
Д.В. Корчева, Л.П. Догоюсова, П.В. Хахураев. Оценка генерации объектов сферы обслуживания на примере «Сбербанка».	246
М.А. Матвеева, А.В. Белоусова, Е.А. Черникова, М.Н. Воронов. Показатели транспортной сети Иркутской области.	253
Н.М. Занозина, А.Г. Левашев, А.А. Лыткина. К вопросу о введении приоритета движения общественного транспорта.	257
Е.С. Иванченко, Ю.А. Мункуева, Д.Г. Шкедов, А.Г. Левашев. Измерение параметров транспортных потоков на кольцевых пересечениях.	265
А.Н. Долгопольская, А.Ю. Иосифова, Д.А. Пинюга А.Г. Левашев. Измерение задержек транспорта.	270
Д.А. Пархоменко, А.С. Кольган, А.Г. Левашев. Предложения по размещению стоянок в центре Иркутска.	279
М.А. Косилов, Е.Н. Гузенкова, А.Г. Левашев. Проблемы организации движения в зоне ТРЦ Джем-Молл.	286
Л.В. Сорокина, Е.С. Иванченко, А.Г. Левашев. Развитие системы общественных пространств в Иркутске.	290
В.В. Борисова, А.Г. Левашев. Вопрос о введении платы за паркирование.	296
Р.Ю. Лагереv, С.Ю. Лагереv, Е.С. Немчинова, О.С. Немчинова. Зарубежный опыт эксплуатации городского электрического	

рельсового транспорта.	300
Е.А. Пилишникова, Р.Ю. Лагерев. Причины образования транспортных заторов.	306
С.А.Гусевская, К.А. Науменко, С.Л. Чикалина. Исследование условий движения пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах города Иркутска.	314
Д.Г. Бурков, А.В. Зедгенизов. Оценка объема генерации корреспонденций к объектам сервиса на примере гаражных кооперативов города Иркутска.	320
С.А. Яценко, А.Н. Новикова. Анализ современного состояния проблем развития пассажирских перевозок в городах России.	326
С.А. Яценко, Ю.И. Адамович, Н.В. Тарханова. Применение логистического менеджмента в области развития городского пассажирского транспорта общего пользования на примере г. Иркутска.	334
Е.В. Потапова, М.А. Иванова, С.Б. Клименкова. Придорожное озеленение транспортных магистралей г. Иркутска.	341
Прокофьева О.С., Бутакова Н.Г. Алгоритм проектирования современного склада.	344
В.Е. Муковкина, Е.А. Соболева, Б.А. Павлов. Оценка генерации к жилым объектам на примере микрорайона «Юбилейный».	351
Н.А. Тамразян, М.Н. Поздняков. Прогнозирование необходимого количества гаражных стоянок на территориях с многоэтажной жилой застройкой.	357

Строительно-дорожные машины и оборудование

М.П. Куксов. Обзор конструкций малогабаритной подметально-уборочной техники для коммунального хозяйства.	363
Спивак О.Н., Днепровский В.А. Анализ очистных устройств ленточных конвейеров при транспортировании влажных, липких и мерзлых грузов.	369
Ю.И. Чеботарев, З.Р. Пушмина. Реконструкция ДСУ (дробильно-сортировочной установки) АБЗ «Карлук» Иркутского филиала Дорожной службы Иркутской области.	373
Д.Н. Афанасьев. Обзор существующих теорий разрушения прочных материалов.	377
Аль-саккаф Халед Саед Таха. Типоразмерный ряд ударников для разрушения негабаритов горных пород.	381

Проблемы механики современных машин

А.Ф. Берман. Управление риском сложных технических комплексов методами информационных технологий по критериям	

физической надежности.	387
В.Г. Грудинин, И.Н. Михайлова. Выборочный приемочный контроль по альтернативному признаку – современное средство управления качеством продукции.	395
В.Г. Грудинин, А.Ю. Николаев. Оптимизация конструктивных параметров упругой муфты.	403
Ф.С. Малков, А.В. Высоцкая. Современные технологии контроля качества выпускаемой продукции на базе технологий трёхмерного сканирования.	410
А.Г. Осипов, Г.А. Филиппова. Изготовление опытных образцов пожарных стволов.	414
А.Г. Осипов, С.Е. Зубаков. Стадии проектирования конструкции универсальных пожарных стволов.	422
П.В. Королев, И.В. Шкабардя, Н.А. Синенков. Инновационные методики изучения дисциплины «Детали машин и основы конструирования» бакалаврами на основе Дальтон-плана.	426
Р.А. Туранов, В.К. Еремеев. Механизм выпуска крыла экранолёта.	433
 Начертательная геометрия и техническое черчение	
Н.А. Горбань, А.В. Горбань, С.С. Шестериков. Реализация компетентностного подхода при изучении графических дисциплин.	435
Т.Н. Литвинова, П.Е. Ефимова. Разработка комплекса лабораторных работ по моделированию и черчению в трёхмерных графических редакторах.	439

Авиационная техника и технологии

Численное моделирование аэродинамики несущих элементов летательных аппаратов потоком несжимаемой жидкости при малых числах Маха.

А.И. Демидов, И.О. Бобарика

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

Выполнено численное моделирование обтекания крыла конечного размаха с аэродинамическим профилем Gottingen-436 потоком несжимаемой жидкости при малых числах Маха. Моделирование выполнялось в программном комплексе FloEFDforSiemens NX 7.5. Исходные данные о геометрических параметрах крыла конечного размаха, а так же начальные условия взяты из [2].полученные результаты сопоставлялись с экспериментальными данными [2]. Обращено внимание на снижение точности расчетов при больших углах атаки ($>10^\circ$). Выполнена доработка методики построения сетки для больших углов атаки ($>10^\circ$), в результате которой отмечено возрастание точности на больших углах атаки на 5-10%.

Ключевые слова: аэродинамика, обтекание, крыло, конечный размах, численный эксперимент, аэродинамические коэффициенты, профиль.

Демидов Андрей Игоревич, студент, техник кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89526242455, e-mail: Demidov-AI@yandex.ru

Бобарика Игорь Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, тел.: 89148845679, e-mail: MegusMC@mail.ru

Развитие в последние годы численного моделирования различных процессов в авиастроении не отменяет необходимости контроля адекватности и точности получаемых результатов. Для этого выполняется физический эксперимент. В данной статье выполнен сравнительный анализ численного моделирования обтекания крыла конечного размаха с аэродинамическим профилем Gottingen-436(рисунок 1), выполненного в среде FloEFD компании MentorGraphics, с экспериментальными данными [2], полученными ЦАГИ.

Физический эксперимент выполнен 11 июля 1931 года в лаборатории ЦАГИ в трубе Т-1 диаметром 3 м с критическим числом Рейнольдса 148000 на прямоугольной модели крыла размерами 300×1500 мм ($\lambda=5$).

Скорость набегающего потока в эксперименте составляла 31,6 м/с, число Рейнольдса $Re = 654000$, давление $p = 1 \text{ атм.}$ Геометрические характеристики профиля в процентах от хорды и аэродинамические характеристики, полученные в ходе физического эксперимента, сведены в таблице 1.

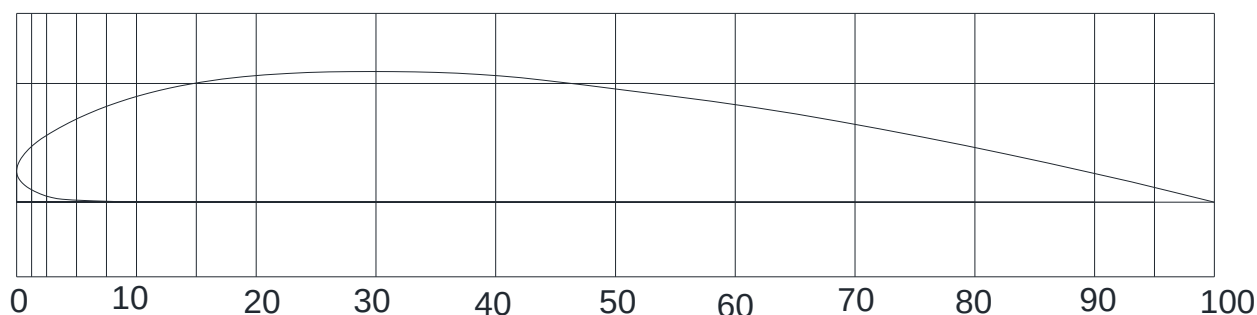


Рисунок1 – ПрофильGottingen-436

Таблица 2 –Геометрические характеристики профиля в процентах от хорды и аэродинамические характеристики, полученные в ходефизического эксперимента

x	y_v	y_n	α	c_y	c_x
0	2,50	2,5	0	0,32	0,019
1,25	4,70	1,00	2	0,45	0,025
2,5	5,63	0,51	4	0,59	0,035
5	7,00	0,17	6	0,72	0,049
7,5	8,33	0,05	8	0,85	0,065
10	8,90	0	10	0,98	0,087
15	10,50	0	12	1,1	0,101
20	10,66	0	14	1,21	0,123
30	11,00	0	16	1,29	0,152
40	10,56	0	18	1,31	0,182
50	9,53	0	20	1,29	0,236
60	8,22	0	22	1,23	0,285
70	6,56	0			
80	4,60	0			
90	2,42	0			
95	1,25	0			
100	0	0			

Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

Геометрия расчетной модели и условия расчета были максимально приближены к условиям физического эксперимента.

Расчет проведен по методике, разработанной российской группой разработчиков комплекса FloEFD компании MentorGraphics.

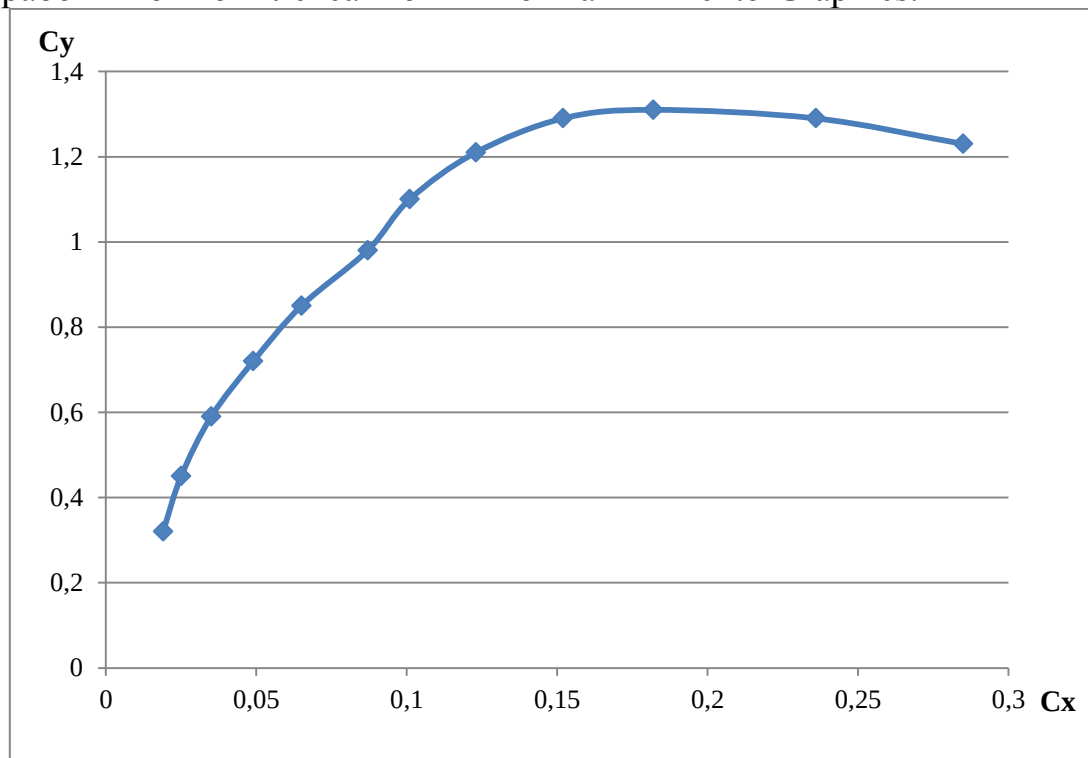


Рисунок 2 – Результаты физического эксперимента

Расчетная конечно-объемная сетка формировалась на основе начальной сетки с последующим дополнительным многоуровневым разбиением: на передней кромке профиля, на задней кромке профиля, и на концах модели для повышения точности учета индуктивного сопротивления. Изображения расчетной сетки представлены на рисунке 3.

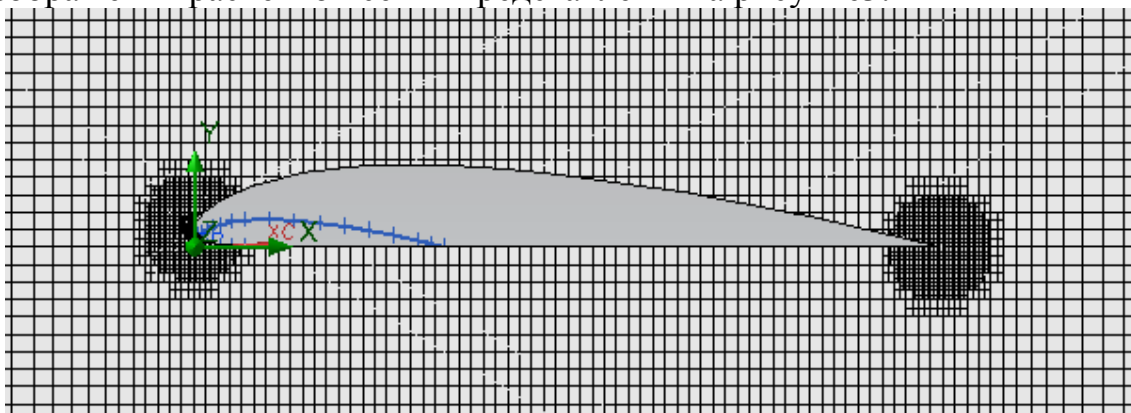


Рисунок 3 – Расчетная сетка

Рассмотрим результаты численного моделирования обтекания крыла конечного размаха в сопоставлении с данными эксперимента ЦАГИ. Соответствующие графики зависимости коэффициента подъемной силы и сопротивления крыла от угла атаки представлены на рисунке 4.

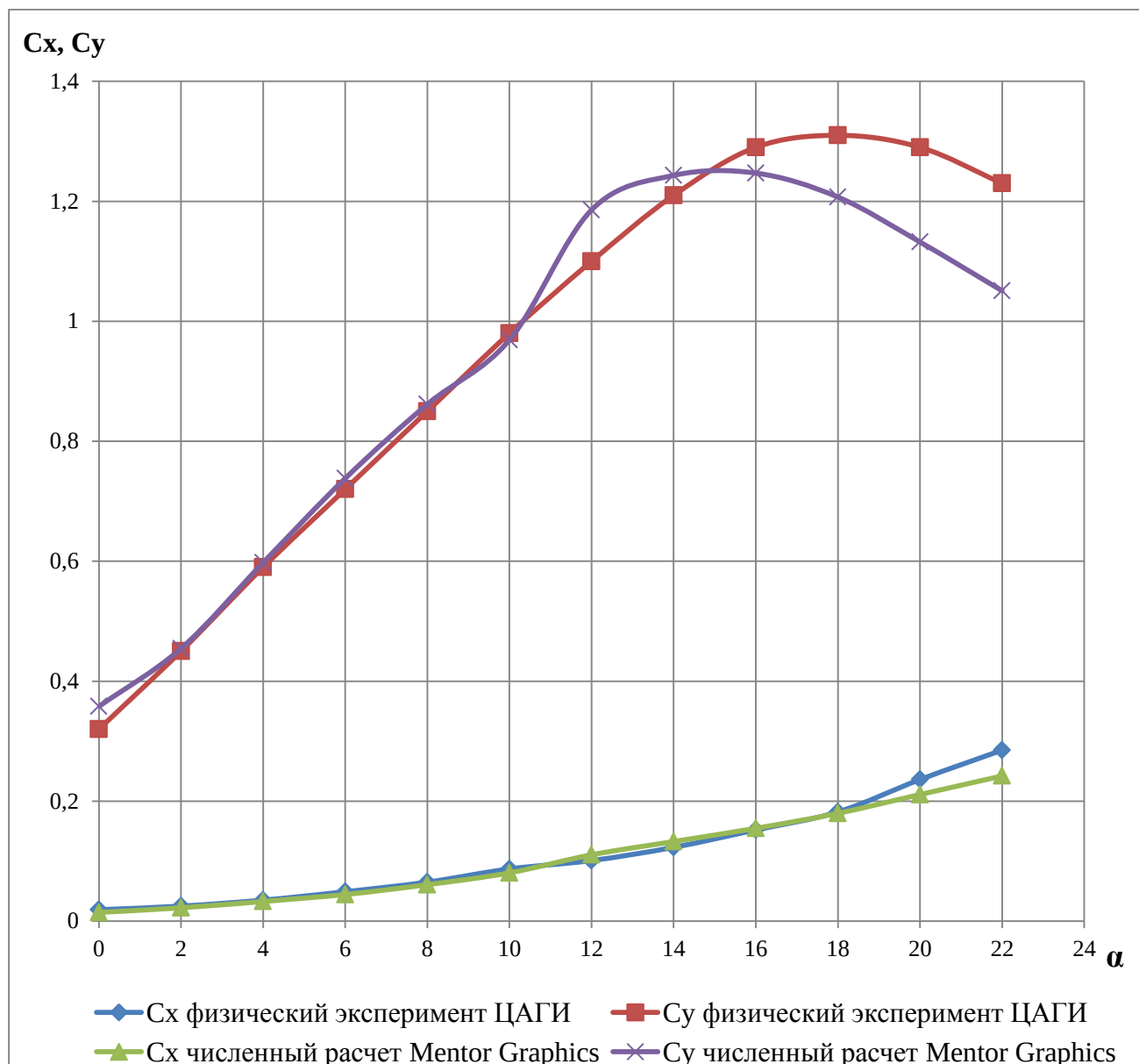


Рисунок 4 – Коэффициенты подъемной силы и силы лобового сопротивления по результатам численного моделирования и эксперимента

Из рисунка 4 видно, что совпадение коэффициентов имеет место на углах атаки менее 10° , а на промежутке от 10° до 22° наблюдается значительное расхождение данных эксперимента и расчета. Указанный промежуток соответствует углам атаки, на которых происходит развитие отрыва пограничного слоя на верхней поверхности крыла.

Анализ возможных причин такого расхождения приводит к вопросу о задании начальной турбулентности набегающего потока при численном моделировании. Параметры начальной турбулентности были приняты равными нулю ввиду отсутствия соответствующих данных. Точность задания параметров турбулентности потока слабо влияет на силовые характеристики объектов при безотрывном обтекании, но может оказывать сильное влияние на отрыв пограничного слоя и вызванное им сопротивление. При задании параметров турбулентности в расчетах можно ориентироваться на данные приведенные в [2]. В сборнике кроме общих теоретических выкладок сведены конкретные характеристики некоторых аэродинамических труб, в том числе и трубы ЦАГИ Т-1. Так же было принято решение усовершенствовать расчетную сетку, дополнительно разбив ее на передней кромке профиля; на задней кромке профиля; по поверхности модели крыла; над верхней поверхностью модели крыла. Изображения окончательной расчетной сетки представлены на рисунке 5.

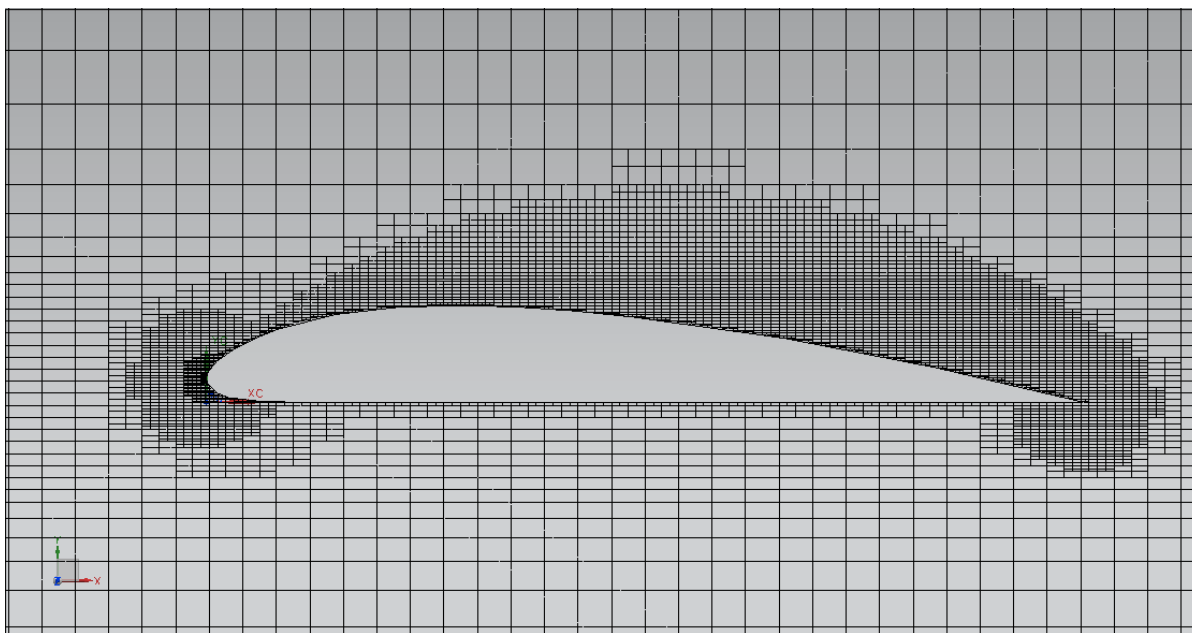


Рисунок 5 – Расчетная сетка для углов атаки более 10°

Результаты выполненных расчетов с модифицированной сеткой и заданными параметрами начальной турбулентности набегающего потока представлены на рисунке 6.

Из рисунка 6 видно насколько большое влияние оказывают параметры начальной турбулентности потока на характеристики обтекания крыла при наличии отрыва пограничного слоя. Хотя полного совпадения на всем диапазоне углов атаки достичь не удалось, характер кривых аэродинамических коэффициентов в результате задания начальной турбулентности изменился. При углах атаки, соответствующих

возникновению отрыва на верхней поверхности крыла наблюдается лучше совпадение с экспериментом. Результаты расчетов при углах атаки, соответствующих безотрывному обтеканию существенно не изменились, что означает, что разбивать сетку подобным образом для малых углов атаки не имеет смысла и следует оставить её прежней.

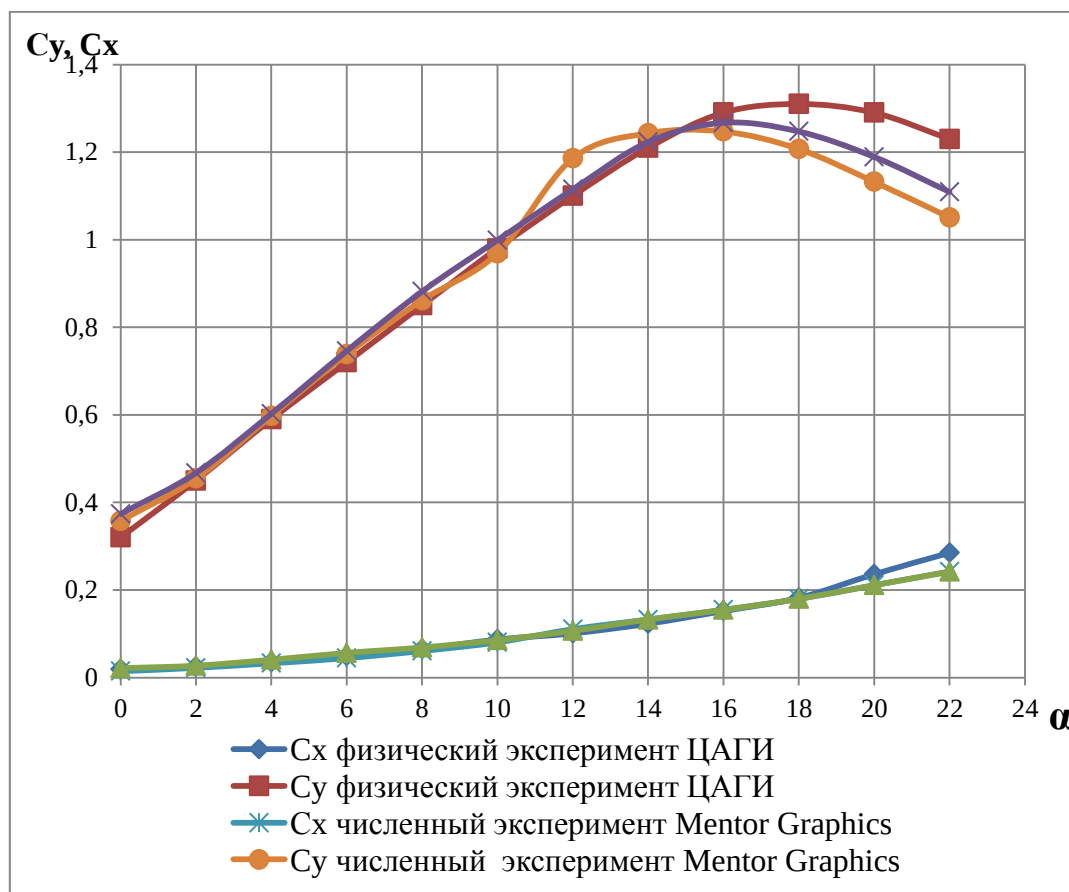


Рисунок 6 – Коэффициенты подъемной силы и силы лобового сопротивления по результатам эксперимента и численного моделирования с уточненными параметрами

Список использованной литературы:

1. Прандтль Л. Гидроаэромеханика/ Л. Прандтль – М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 572 с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа/ Л.Г. Лойцянский. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 254 с.
3. Кравец А.С. Характеристики авиационных профилей/ А.С. Кравец. – М.: Оборонгиз, 1939. – 332 с.

Применение инновационных технологий и интерактивных методов обучения при изучении курса "технология производства самолетов"

А.С. Говорков, И.В. Фокин

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

В статье рассматриваются инновационные методы обучения, способствующие развитию познавательного интереса у студентов, систематизировать и обобщать изучаемый материал, обсуждать и дискутировать. Осмысливая и обрабатывая полученные знания, учащиеся приобретают навыки применения их на практике, получают опыт общения. Инновационные методы обучения имеют преимущества перед традиционными, ведь они способствуют развитию студента, учат его самостоятельности в познании и принятии решений.

Ключевые слова: *инновационные технологии; технология производства самолетов; обучение студентов; авиационная техника.*

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

Фокин Игорь Владимирович, студент гр. СМ-10, тел.: 89501113020, e-mail: nikofrogi777@mail.ru

Главной задачей высшего учебного заведения на современном этапе является подготовка специалистов, способных нестандартно, гибко и своевременно реагировать на изменения, которые происходят в мире. Поэтому для подготовки студентов к профессиональной деятельности в будущем и используются инновационные методы обучения в вузе.

К таким методам принадлежит проблемное обучение, предусматривающее формирование навыков для решения проблемных задач, которые не имеют однозначного ответа, самостоятельной работы над материалом и выработку умений применять обретенные знания на практике.

Также инновационные методы обучения предусматривают интерактивное обучение. Оно направлено на активное и глубокое усвоение изучаемого материала, развитие умения решать комплексные задачи. Интерактивные виды деятельности включают в себя имитационные и ролевые игры, дискуссии, моделирующие ситуации.

Цель данной работы - научить студентов самостоятельно работать с большими объемами информации, перерабатывать ее и уметь выделять кратко и точно все самое основное и необходимое для усваивания предмета.

Технология производства самолетов (ТПС)- это научная дисциплина об общих методах создания, проектирования и сборки самолетов.

Цель изучения дисциплины состоит в:

- получении знаний о процессах и методах подготовки производства летательного аппарата;
- получении общих представлений об основных процессах производства самолетов (вертолетов);
- приобретении умений разрабатывать технологические процессы производства деталей и сборки элементов самолета;
- получении знаний:
 - об основных процессах, методах и средствах подготовки производства;
 - о типовых технологических процессах производства основных классов элементов самолета; изготовления деталей самолета; сборки узлов, отсеков и агрегатов самолета, монтажа комплектующих,
 - об основных методах переноса геометрической информации и обеспечения взаимозаменяемости, контроля качества и испытаний систем и самолета в целом.

Исходя из цели изучения, можно сделать вывод что данный курс является достаточно объемным и сложным для понимания и восприятия студентами. Именно поэтому мы и решили изучить этот предмет интерактивным методом.

В общем, интерактивный метод можно рассматривать как самую современную форму активных методов. К интерактивным методам могут быть отнесены следующие: дискуссия, эвристическая беседа, «мозговой штурм», ролевые, «деловые» игры, тренинги, кейс-метод, метод проектов, групповая работа с иллюстративным материалом, обсуждение видеофильмов и т.д.

Предлагаемый интерактивный метод для изучения курса «Технология производства самолетов» представляет собой логически сгруппированный набор слайдов:

1. теоретический курс лекций;
2. терминологический словарь;
3. дополнительная информация;
4. медиа-информация;
5. справочные таблицы.

Связь между слайдами организована с помощью гиперссылок, что позволяет в реальном времени пользоваться всеми разделами презентационного материала (рисунок 1).

Каждый раздел содержит необходимую информацию, которая структурирована и отражает значимость изучаемого раздела. Например, терминологический раздел (рисунок 2) содержит определение изучаемого термина и его графическое изображение, также на каждом слайде есть ссылка «назад», чтобы вернуться на исходный слайд.



Рисунок 1 – Часть курса ТПС для обучения студентов



Графическое изображение термина

Рисунок 2 – Типовой слайд раздела «Терминологический словарь»

Использование такого метода обучения позволяет взаимодействовать, находиться в режиме беседы, диалога с кем-либо. Другими словами, в отличие от активных методов, интерактивные ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности студентов на достижение целей преподаваемого курса.

Заключение

Применяемые на современном этапе инновационные методы обучения в ВУЗе предусматривают и метод, приоритетом которого являются профессиональные навыки. Они способствуют формированию индивидуальных профессиональных установок, основанных на учебно-производственном опыте, выработке инженерного мышления, умения решать изобретательские задачи в рамках поставленной проблемы, представлять и отстаивать собственное мнение.

Инновационные методы позволили изменить и роль преподавателя, который является не только носителем знания, но и наставником, инициирующим творческие поиски студентов.

Список использованной литературы:

1. Алексеева, Л. Н. Инновационные технологии как ресурс эксперимента/ Л. Н. Алексеева// Учитель. - 2004. - № 3. - с. 78.
2. Бычков, А. В. Инновационная культура/ А. В. Бычков// Профильная школа. - 2005. - № 6. - с. 83.
3. Дебердеева, Т. Х. Новые ценности образования в условиях информационного общества/ Т. Х. Дебердеева// Инновации в образовании. - 2005. - № 3. – с. 79.

УДК 621.01

Методика проведения кинематического анализа с учетом податливости тел в NX MotionFlexiblebody на примере узла интерцептора самолета МС-21

А.С. Говорков, А.Э. Рябцева

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

Аннотация

В статье рассматриваются методика проведения кинематического анализа с учетом податливости тел в NX MotionFlexiblebody на примере узла интерцептора самолета МС-21. Применяя данный инструмент у конструктора появляется возможность учесть все режимы и параметры, возникающие в кинематических, при проектировании и запуска в производство изделий АТ.

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

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

Рябцева Анастасия Эдуардовна, студент гр. СМ-08, тел.: 89832430021, e-mail: eduardowna2020@yandex.ru

Новый инструмент (функция) в системе трехмерного моделирования NX 7.5 фирмы SiemensPLMSoftware называется NXMotionFlexiblebody, который позволяет выполнять следующие функции:

- 1) создавать механизмы на основе CAD сборок;
- 2) учитывать упругие свойства звеньев механизмов;
- 3) трансформировать нагрузку NXMotion в NXNastran;
- 4) учитывать упругие свойства нескольких звеньев механизма;
- 5) анализировать долговечность, основанной на результатах кинематического анализа с учетом податливости тел.

Ещё один инструмент NX, который рассматривается нами в данной работе это – NXMotionSimulation, интегрированный CAE модуль NX, предназначенный для:

- 1) моделирования механизмов;
- 2) анализа кинематики и динамики механизма;
- 3) анимации кинематики и динамики механизма;

- 4) *определения параметров механизма:*
- а) перемещения, скорости, ускорения;
 - б) диапазон движения;
 - в) силы, реакции, моменты;
 - г) мертвые положения механизма, помехи, заклинивания;
 - д) передача нагрузок для КЭ анализа

Также мы можем анализировать движение механизма с учётом податливости кинематического звена.

Возьмем для примера типовой алгоритм создания механизма:

1. Запуск приложения:

Создание расчётных случаев;

2. Задание кинематических звеньев:

Могут использоваться любые комбинации геометрических объектов: компоненты сборки, твердые тела, поверхности, кривые, точки и т.п.

3. Задание кинематических узлов связывающих звенья: узлы моделируют механические связи - узлы вращения; сферические шарниры и т.п.

4. Задание источников движения: движители; приложения силовых нагрузок.

5. Создание решения (анимация, артикуляция...). Движение механизма под действием движителей, сил, гравитации.

6. Решение и отображение результатов: включает в себя анимацию движения, графики, измерение, трассировку, анализ зазоров.

Задание кинематического звена.

Механизм может быть описан параметрической пространственной схемой на основе кривых и точек в одном файле. Создаём механизм на основе компонентов сборки (рис.1):

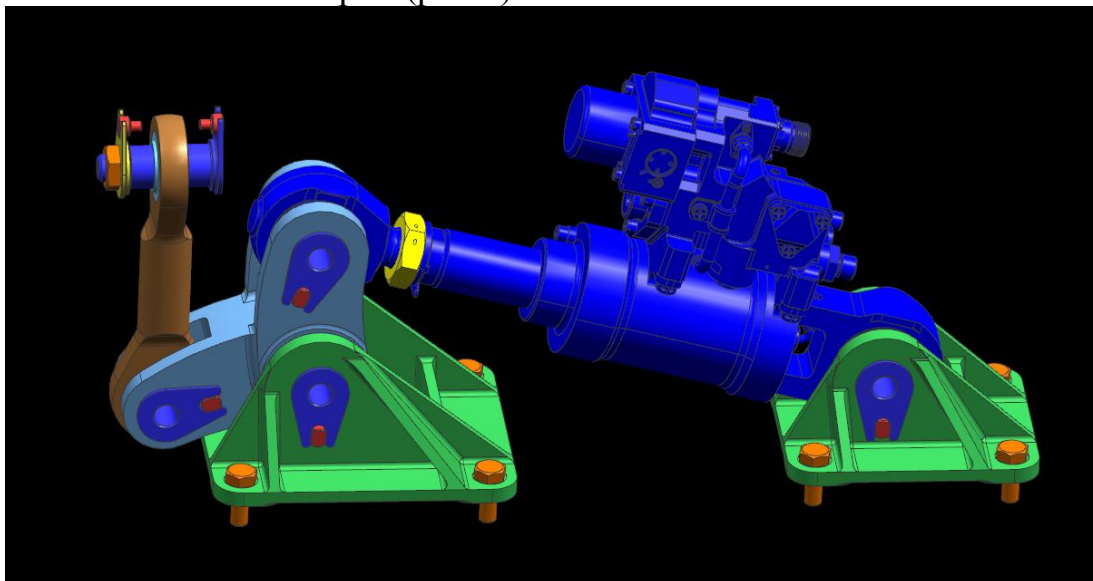


Рисунок 1- Привод для расчёта

Масса и инерционные характеристики могут быть рассчитаны автоматически по твердотельной геометрии или заданы пользователем.

Задание начальных скоростей перемещения и вращения звена.

Рассмотрим подробнее **NX Motion Simulation Flexible Body Analysis** – это САЕ решение для:

- 1) анализа движения механизма с учётом деформированного состояния его кинематических звеньев;
- 2) определения НДС элемента механизма.

Используемые модули:

- NXAdvancedSimulation(NXNastransolver) (Semodes 103-FlexibleBody)-модальный анализ элемента конструкции; rfi – RecurDyn(входной файл для решения в данном модуле) inputfile (редуцированные матрицы результатов модального анализа);
-NX Motion Simulation (RecurDyn solver);.mdf- файл модальных деформаций.

Движение с учётом деформированного состояния тел:

- 1) Интеграция решателя RecurDynRflex в NXMotion;
- 2) Решение «под ключ», объединяющее возможности NX и RecurDyn:
 - NXMotion(модуль с решателем RecurDyn);
 - пре-постпроцессор NXAdvancedSimulation (модуль с решателем NXNastran);
 - NXNastran;
 - RecurDynSolver.

В данной работе создали механизм, указали упругое «звено» (рисунок 2), которое хотим учитывать, провели анализ используя оба модуля. В моём случае- узел, который берем- это механизм приводящий в движение интерцепторы (привод, рисунок 1) на крыле МС-21.



Рисунок 2 - Звено для расчёта

На схеме представлен порядок проведения анализа с помощью двух модулей: NXMotion и NXAdvancedSimulation (рисунок 3).

Таким образом порядок работы следующий:

- 1) создаём CAD-сборку или CADAssembly;
- 2) вNXMotion создаем механизм, задаем:
 - кинематические звенья;
 - кинематические узлы связывающие звенья между собой;
 - источник движения нашего механизма, нагрузки и т.д.
 - проводим анализ движения созданного механизма на предмет отсутствия заклинивания.
- 3) вNXAdvancedSimulation:
 - в сборке выбираем: компонент, который нам необходим, упругие свойства которого мы хотим учитывать,
 - тип решения Sol 103 – Flexible Body;
 - диапазон частот, которые будем учитывать (проводим динамическое редуцирование нашей конечноэлементной модели к внешним степеням свободы);
 - в процессе решения создаем три файла:
 - а) входной файл решателя RecurDyn-*.rfi, который содержит редуцированное представление нашей модели
 - б) файл результатов-*.op2, который содержит непосредственно формы колебаний нашего компонента
 - в) файл результатов- *_0. op2, который содержит модальные массы и деформации.



Рисунок 3- Порядок проведения анализа на основе NXMotion и NXAdvancedSimulation

После того, как мы сгенерировали всё в NXMotion, мы непосредственно задаём те звенья, упругие свойства которых мы хотим учитывать и указываем наш файл (для какого кинематического звена учитывать соответствующий входной файл решателя RecurDyn)-далее производится решение сначала NXMotion, а генерируется в файл модальных деформаций- *.mdf;далее автоматически будет запускаться решатель NXNastran, который будет использовать входной файл NXNastran- *.rmd (карта файла уже изменена на восстановление результатов)

FlexibleBodySolutionWorkflow

Создание нового решения и выбор функции FlexibleBodyDynamics в дополнительных опциях решения.Присвоить жесткому звену механизма упругие свойства, используя файл *.rfi.

Автоматическое совпадение узлов механизма с корневыми узлами соединительной сетки. Установить активные формы колебаний, коэффициент демпфирования.

Решение

Решатель RecurDyn генерирует файл модальной деформации (*.MDF), содержащий модальные координаты. Решатель исправляет первоначальный файл .dat для добавления карты MBDRECVRNXNastran - Автоматическое повторное решение NXNastranSEMODES 103 - FlexibleBody.

NXNastran использует файл RecurDyn .MDF. файл результатов восстановления данных _or2 и исходный входной файл NXNastran .dat для восстановления деформации, смещений, и др. для упругого кинематического узла механизма - файл *.or2 - итоговое решение NXNastran.

Перемещения, деформации, напряжения и т.д.Просмотр результатов решения. Анимация движения механизма с отображением переходных результатов деформации (напряжения) для гибкого тела в КЭ модели.

Flexible Body Solution Workflow

Создать механизм движения AdvancedSimulation

Создать FE и Sim для интересующих кинематических звеньев механизма Использовать тип решения SEMODES 103-FlexibleBody Установить степени свободы фиксированных границ в узлах соединения кинематического звена (упругого тела) с механизмом.

Использование 1D элементов (RBE2) элементов для создание соединительной сетки упругого тела и механизма Решение задачи

Создается нескольких файлов (MBDEXPORT), используемых РесиЮупддля решения и восстановления результатов (*donotdelete, rename, ormovefollowingfiles*):

- .dat (используется при дальнейшем обновлении результатов);
- .or2 (содержит геометрию модели и результаты модального анализа);

- __0.op2 (используется при дальнейшем обновлении результатов, содержит модальные величины, полную модальную массу, компоненты масс, модальную жесткость, компонентные моды и т.д.);
- rfi (RecurDynRflex Input file, то же что.mnf modal neutral file для ADAMS).

Таким образом, 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, и главное, с точки зрения технолога – технологичной продукции, с минимальной себестоимостью, но с заданными целевыми функциями.

УДК 629.7.036

Исаев Александр Иванович

Доктор техн. наук, профессор, Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, тел.89149383927.

Нго Куанг Туен

студент группы ЭЛ-09-1, ИрГТУ e-mail: quangtuyendk44@gmail.com

Гидродинамическое исследование формирования вихревых течений камеры сгорания

Камера сгорания – важнейший узел газотурбинного двигателя (ГТД). Ее назначение состоит в непрерывном производстве нагретого рабочего тела для газовой турбины посредством сжигания топлива в потоке сжатого воздуха, истекающего из компрессора. Поэтому работы, направленные на совершенствование камер сгорания, являются актуальными. В статье представлены результаты гидродинамического исследования формирования вихревых течений.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, завихритель, вихревое течение, зоны обратных токов.

Развитие авиационных газотурбинных двигателей идет по пути улучшения их термодинамических параметров, конструктивно-компоновочного совершенствования и повышения показателей эффективности использования авиационной силовой установки на борту ЛА.

В настоящее время при создании высокотемпературных и малотоксичных камер сгорания большое внимание уделяется новым типам фронтальных устройств, обеспечивающих высокоэффективное сжигание топлива при минимальном выбросе вредных веществ в продуктах сгорания.

Наиболее перспективными в авиационных двигателях являются фронтальные устройства с вихревыми горелками, в которых осуществляется как подготовка смеси, так и организация процесса стабилизации пламени за ним. Для поддержания стабильного горения необходимо, чтобы факел пламени был равномерен и оставался на одном месте. Этого можно добиться выравниванием скорости горения и скорости потока. В современных ГТД скорость потока перед камерой сгорания в несколько раз превышает скорость горения. Возникает необходимость торможения потока. Для этого применяют диффузор и лопаточные завихрители, которые закручивают поток, в результате чего появляются зоны обратных токов и скорости потока и горения выравниваются.

Завихрители в кольцевой камере сгорания образуют вихревые течения.

Анализ конструктивного исполнения фронтального устройства жаровой трубы кольцевой камеры сгорания показал, что закрутка потока во всех лопаточных завихрителях происходит в одном направлении, как следствие, возникает вопрос о взаимодействии соседних вихревых течений.

Для исследования взаимодействия вихревых течений была разработана модель участка жаровой трубы кольцевой камеры сгорания. Пренебрегая кривизной боковых поверхностей кольцевой камеры сгорания, была выполнена модель прямоугольной формы в связи с двумя лопаточными завихрителями (рис.1).

Основными элементами модели являются: фронтальное устройство с завихрителями, основная часть и суживающаяся часть.

Фронтальное устройство, выполнилось в виде плоской поверхности с двумя завихрителями. Расстояние между завихрителями выбрано из условия геометрического подобия для типовых кольцевых камер сгорания.

По торцу фронтального устройства выполнены 15 сквозных отверстий для обеспечения подвода подкрашенной жидкости в исследуемую область визуализации течения (рис.2).

Основная часть модели представляет собой канал прямоугольной формы, позволяющий формировать вихревые течения за лопаточными завихрителями - выполнена прозрачной из органического стекла.

Суживающая часть обеспечивает сочленение модели с магистралью слива.

Модель располагалась в гидроба-



Рисунок 1. Модель исследования



Рисунок 2. Фронтальное устройство

ссейне полностью в затопленном состоянии (рис.3).



Рисунок 3. Гидробассейн

Используя гидро-газодинамическую аналогию, в жидкости проводилось моделирование течения в камере сгорания.

Режим течения задавался числом Рейнольдса на входе лопаточного завихрителя[1].

При подаче подкрашенной жидкости через отверстия в торцевой поверхности фронтального устройства



Рисунок 4 Визуализация вихревого течения

между завихрителями



Рис.4 фото хода исследования
была получена картина течения
в области между завихрителями
(рис.4).

При визуализации по средством подачи подкрашенной жидкости в завихритель была выделена область вихревого течения за этим завихрителем (рис.5).

Анализ течений показал, что при закрутке потоков в лопаточных завихрителях в одном направлении образуются зоны вихревых течений не только за лопаточными завихрителями, но и непосредственно у торцевой поверхности фронтального устройства между ними.

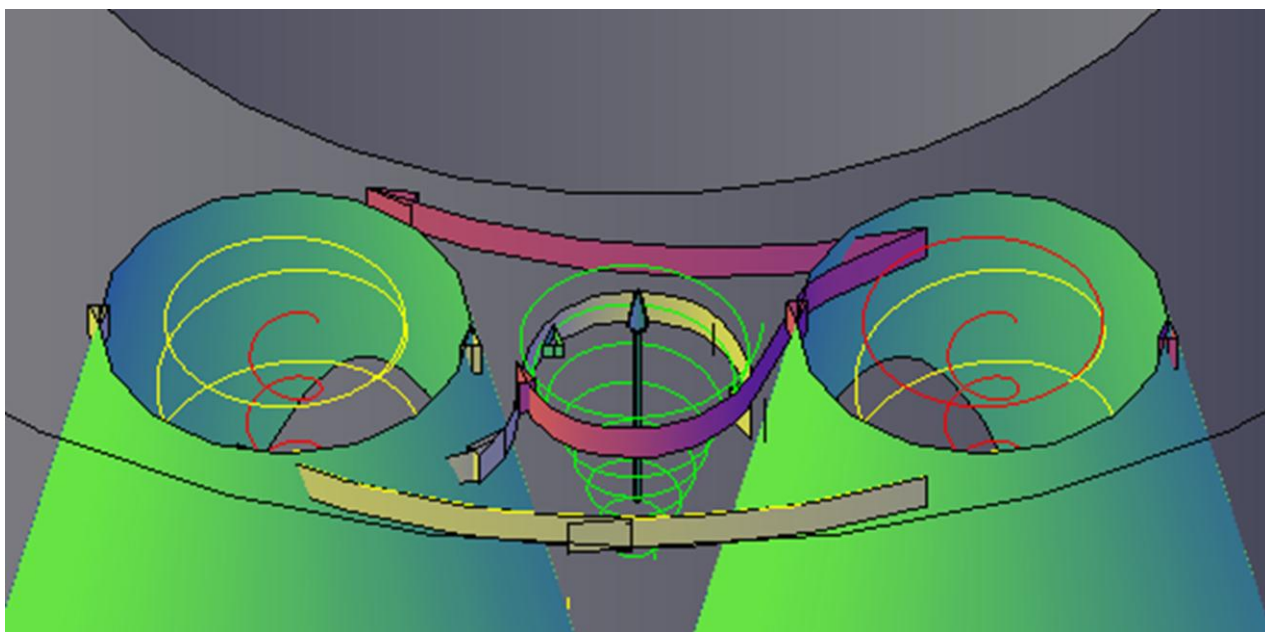


Рисунок 6. Схема вихревого течения в районе фронтального устройства камеры сгорания

Промежуточное вихревое течение формируется за счет стекания части потока из лопаточных завихрителей. Причем в этой зоне происходит циркуляция только воздуха и горение не возможно из-за отсутствия организации топливно-воздушной смеси. Однако в условиях высоких температур могут образовываться оксиды азота. Стеkanie части воздуха в область промежуточного вихревого течения уменьшает его расход в вихревое течение непосредственно за лопаточным завихрителем, что может привести к снижению коэффициента избытка воздуха в зоне горения.

Литература

1. Виноградов Р.И., Жуковский М.И., Якубов Н.Р. Газодинамическая аналогия и практическое приложение. – М.: Машиностроение, 1978.

Совершенствование эксплуатации жидкостных систем охлаждения транспортных ДВС

В.А. Жуков

Тутаевский филиал ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»,
152300, Ярославская обл, г. Тутаев, ул. Промышленная, 1.

Представлены результаты лабораторных и эксплуатационных испытаний, подтверждающих влияние водно-химических режимов охлаждения на ресурсные и экономические показатели работы транспортных ДВС. Предложены мероприятия по совершенствованию эксплуатации жидкостных систем охлаждения за счет обеспечения требуемых свойств охлаждающих жидкостей.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, системы охлаждения, охлаждающие жидкости, накипеобразование, кавитационно-коррозионные разрушения, присадки

Жуков Владимир Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения и двигателей внутреннего сгорания, тел. 89206511812, e-mail: gukovv@rambler.ru

Современные транспортные (автомобильные, тепловозные, судовые) двигатели внутреннего сгорания (ДВС) оснащаются системами жидкостного охлаждения, которые должны обеспечивать оптимальное температурное состояние двигателя. В большинстве случаев жидкостные системы охлаждения (СО) являются замкнутыми с многократной циркуляцией теплоносителя. В качестве теплоносителей в таких системах, как правило, используются вода или водные растворы этиленгликолей (антифризы).

Процессы теплоотвода в жидкостных СО сопровождаются кавитационно-коррозионными разрушениями элементов систем и образованием отложений на теплоотдающих поверхностях. Эти процессы крайне негативно сказываются на надежности и эффективности ДВС.

Коррозия в системах охлаждения является причиной образования шлама, который оседает преимущественно в зонах с низкой скоростью течения. Под образующимися отложениями активно протекает подшламовая коррозия. Трубопроводы систем охлаждения, изготовленные из оцинкованной или футерованной стали, подвергаются, кроме

подшламовой, и равномерной коррозии, сопровождающейся уменьшением толщины стенок трубопроводов и образованием отложений продуктов коррозии, уменьшающих проходные сечения. Значительное уменьшение проходных сечений трубопроводов отрицательно сказывается на работе системы охлаждения и может привести к перегреву энергетических и технологических установок.

К процессам, негативно влияющим на работу СО, относится также накипеобразование, обусловленное наличием в охлаждающей жидкости (ОЖ) механических примесей и ее жесткостью (содержанием растворенных солей кальция и магния). Наиболее часто в СО встречаются щелочноземельные накипи, состоящие из карбонатных, сульфатных, силикатных, фосфорных солей и гидроокисей Ca^{2+} и Mg^{2+} : CaCO_3 , CaSO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaSiO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Состав накипи влияет на коэффициент ее теплопроводности. В табл. 1 приведены коэффициенты теплопроводности наиболее распространенных видов накипи [1], и конструкционных материалов, применяемых для изготовления элементов систем охлаждения.

Таблица 1

Коэффициенты теплопроводности различных видов накипи и применяемых в двигателестроении металлов

Вид накипи, ее состав	Характер накипи	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м К)
Силикатная, содержащая $\text{SiO} > 20 \%$	твердая	0,058-0,232
Гипсовая, содержащая CaSiO до 50 %	плотная твердая	0,58-0,29
Карбонатная, содержащая $\text{CaCO} + \text{MgCO} > 50 \%$	от аморфного порошка до твердого камня	0,58-7,0
Смешенная, содержащая гипс, силикаты и карбонаты	Твердая плотная	0,8-3,5
Содержащая масла	твердая	0,116-0,175
Латунь		88-116
Алюминий		210
Чугун и сталь		47-59

Повышение температурного режима работы двигателя из-за ухудшения отвода тепла при наличии накипи приводит к повышенному расходу топлива и снижению мощности двигателя. При слое накипи от

0,5 мм до 1,2 мм имеет место снижение мощности на 7-13 %, а перерасход топлива достигает при этом 4-10 % [2].

Имеющиеся статистические данные о распределении отказов ДВС по первичным причинам (рис. 1) свидетельствует, что 25 % отказов (группа 4) непосредственно связано с физико-химическими свойствами охлаждающих жидкостей, а значительная доля отказов 1 и 2 групп вызывается нарушением оптимального теплового состояния двигателя.

Необходимо отметить, что на интенсивность основных видов разрушений и, следовательно, появление отказов существенно влияет температурное состояние изнашиваемых поверхностей. В связи с этим вопросы надежности двигателей внутреннего сгорания и долговечности их деталей, воспринимающих механические и тепловые нагрузки, следует рассматривать во взаимосвязи с параметрами систем охлаждения ДВС и их конструктивными особенностями.

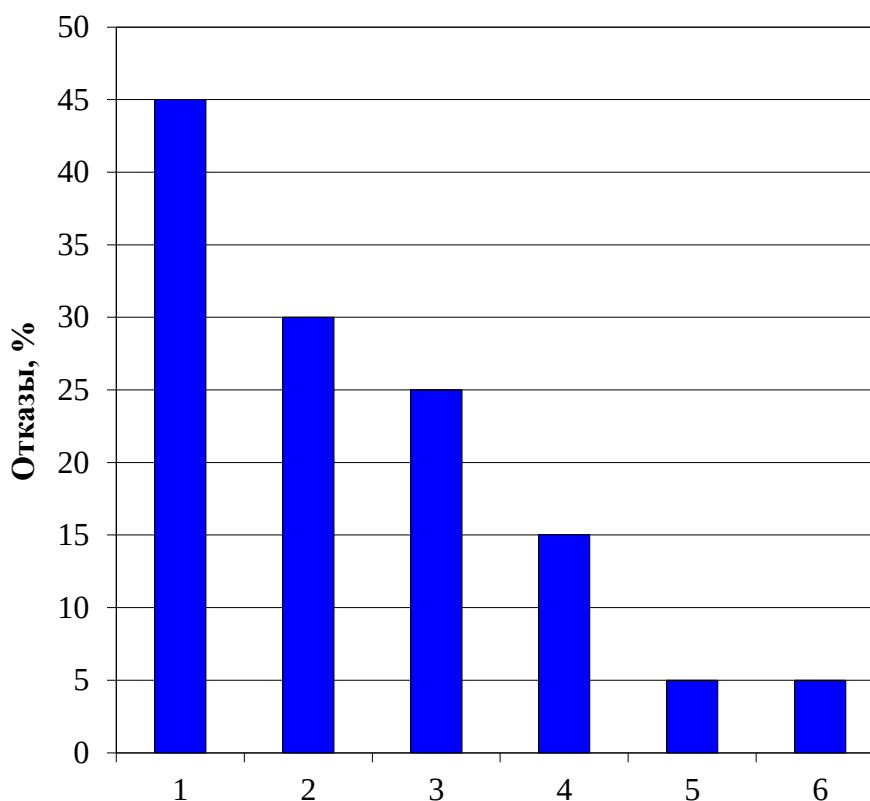


Рис. 1. Распределение первоначальных причин, по которым возникают отказы двигателя, % :

1 – износы; 2 – трещины, поломки; 3 – эрозия, кавитация, коррозия; 4 – загрязнения, закоксование; 5 – нарушение герметичности; 6 – усталостное старение материалов

Наиболее эффективным и распространенным методом для замкнутых систем является введение в охлаждающую жидкость в небольших количествах веществ, ингибирующих коррозию и образование накипи (присадок). Однако даже современные многофункциональные присадки к

охлаждающим жидкостям полностью не решают проблему предотвращения образования отложений в полостях охлаждения и элементах систем охлаждения.

Поставленная проблема требует решения трех задач: 1) создание эффективного ингибитора кавитационно-коррозионных разрушений и накипеобразования, отвечающего современным требованиям; 2) выбор показателей, характеризующих эксплуатационные свойства теплоносителя; 3) разработка устройств, обеспечивающих автоматический контроль и коррекцию состава и свойств ОЖ.

Концепция создания присадок к ОЖ включает в себя определение перечня требований к ним, формулирование принципов выбора отдельных компонентов присадок и их композиций, проведение лабораторных исследований и апробацию созданных составов в условиях эксплуатации.

Основные требования к компонентам ингибирующих и моющих присадок, а также их композициям с учетом специфики хранения и применения следующие:

- компоненты присадок должны обладать высокой эффективностью и полифункциональным действием, оказывать влияние на большинство негативных процессов в системах охлаждения, теплообменниках и трубопроводах, образуя при концентрации не более 0,5 % от массы жидкости синергетические смеси;
- не оказывать отрицательного влияния на резиновые и другие уплотнительные материалы;
- токсичность компонентов и присадки в целом не должна превышать III класса опасности;
- все компоненты присадки должны выпускаться в промышленных масштабах;
- присадки должны быть удобны в хранении и использовании, негорючи и взрывобезопасны, сохранять свои свойства при транспортировке и хранении.

В результате совместных работ, выполненных кафедрами «Технология машиностроения и двигатели внутреннего сгорания» (РГАТУ имени П.А. Соловьева) и «Теория и конструкция судовых двигателей внутреннего сгорания» (СПГУВК), была создана комплексная многофункциональная присадка к ОЖ ДВС. Для воды разработаны композиции, в состав которых вошли силикат натрия, поверхностно-активное вещество Синтанол ДС-10, полиакриламид, молибдат аммония. При использовании в качестве охлаждающей жидкости растворов этиленгликоля (Тосолов) в состав присадки входят полиакриламид, поливиниловый спирт и Синтанол ДС-10. В обоих случаях для обеспечения нормальной работы систем охлаждения в состав присадок вводится в небольшом количестве пеногаситель [3].

Высокая эффективность ингибирования кавитационно-эрозионных разрушений и накипеобразования присадкой подтверждена многочисленными лабораторными и эксплуатационными испытаниями [4]. Предложенные присадки прошли комплекс лабораторных и эксплуатационных испытаний.

Исследования процессов кавитационно-коррозионных разрушений проводились с использованием гравиметрических и потенциостатических методов. Полученные результаты подтвердили высокую эффективность ингибирования кавитационно-коррозионных разрушений основных конструкционных материалов, применяемых в энергомашиностроении.

Коэффициенты защиты разработанных присадок к воде составляют для черных металлов – 90-95 % , для цветных металлов - 50-75 %. Введение присадок в серийно выпускаемые тосола обеспечивает снижение их коррозионной агрессивности по отношению к черным металлам на 40-60 %, к цветным металлам – на 10-20 %.

Антинакипинные свойства присадок обеспечиваются присутствием в их составе поверхностно-активных веществ и растворимых полимеров. Поверхностно-активные вещества адсорбируются в виде мономолекулярной пленки на поверхности зародышевых кристаллов, препятствуя их росту и адгезии на поверхности [5]. Полимеры, входящие в состав присадок, находятся в растворах в виде мицеллярных образований и предотвращают коагуляцию твердых частиц в широком диапазоне содержания твердой фазы. Эффективная защита от накипи теплоотдающих поверхностей была установлена в процессе частичной разборки систем охлаждения и осмотра ее элементов.

Физико-химические свойства исследуемых жидкостей, определенные в процессе испытаний приведены в табл. 2. Было установлено, что введение присадки наиболее существенно влияет на водородный показатель, вязкость и поверхностное натяжение ОЖ. Именно эти показатели были выбраны в качестве браковочных показателей ОЖ и установлены их пороговые значения [6].

Таблица 2

Физико-химические свойства исследуемых охлаждающих жидкостей

Физико-химическая характеристика	водопроводная вода	раствор присадки
Температура кипения, °С	100 ± 0,5	101 ± 0,5
Температура замерзания, °С	0,0 ± 0,5	-1,0 ± 0,5
Водородный показатель, рН	7,6	11,3...11,5
Вязкость, сПз	0,985	0,987...1,015
Поверхностное натяжение, мН/м ²	72	36...38

Для контроля качества ОЖ и автоматической коррекции ее свойств путем введения дополнительных порций присадки предложена

модернизированная система охлаждения ДВС, представленная на рис. 2 [7]. Система работает следующим образом. Охлаждающая жидкость отводится от поршневой части двигателя 2 по трубопроводу 19. Термостат 3, представляющий собой автоматический трехходовой клапан направляет жидкость либо по трубопроводу 8 на всасывание циркуляционного насоса 5 (при непрогретом двигателе), либо в водяной холодильник (радиатор) 4 (при прогревом двигателя). Охлаждающая жидкость, подаваемая циркуляционным насосом, проходит через охладитель наддувочного воздуха 6 и водомасляный холодильник 7, затем по трубопроводу 1 возвращается в рубашку охлаждения поршневой части. Всасывающая магистраль насоса патрубком 9 соединена с расширительным баком 10, который предназначен для хранения запаса охлаждающей жидкости и создания гидростатического напора перед насосом.

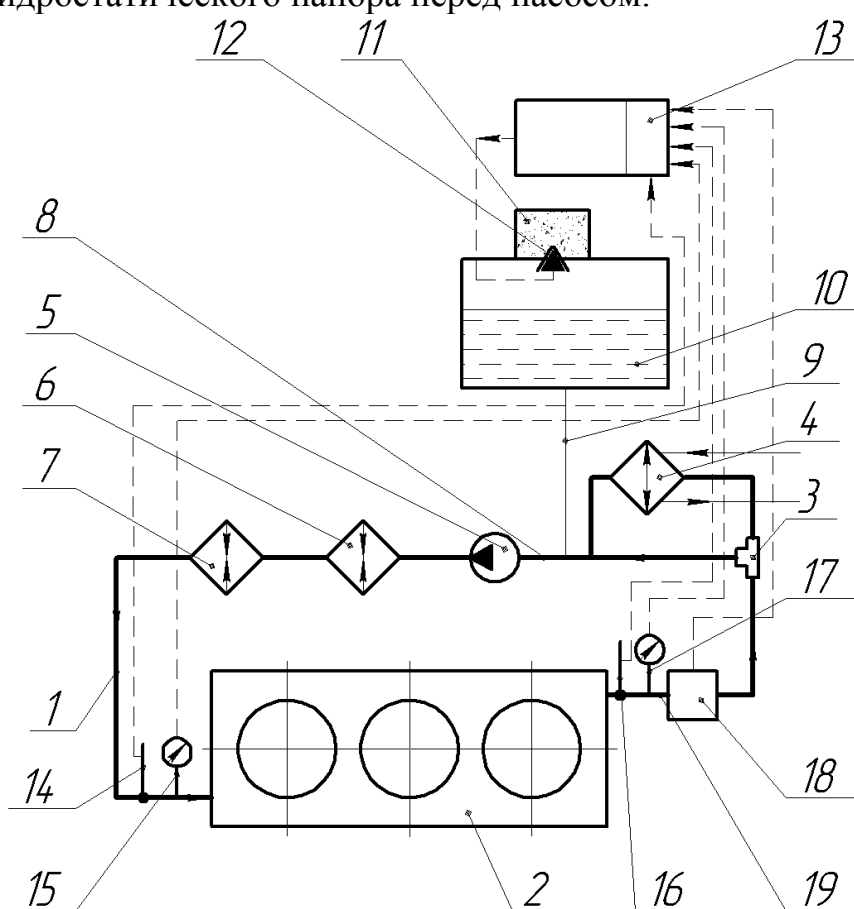


Рис. 2 Модернизированная система охлаждения ДВС

К расширительному баку присоединена емкость 11 заполненная концентратом присадки к охлаждающей жидкости. Подача присадки в контур охлаждения осуществляется через игольчатый клапан 12, который открывается и закрывается по сигналу, поступающему от блока управления 13. Управляющее воздействие вырабатывается блоком управления на основании информации получаемой от блока анализа

химических свойств теплоносителя 18 и перепада давлений на входе в двигатель и выходе из него, определяемого датчиками 15 и 17, при этом учитывается температура охлаждающей жидкости, на входе в двигатель и выходе из него, определяемая датчиками 14 и 16. В анализаторе химических свойств 18 определяются такие свойства жидкости, характеризующие ее химическую агрессивность и склонность к накипеобразованию, как водородный показатель, жесткость, кислородо- и солесодержание. Перепад давления в рубашке охлаждения позволяет оценить степень деструкции макромолекул водорастворимых полимеров и мицеллярных образований поверхностно-активных веществ, входящих в состав присадок.

Управляющее воздействие на дозирующий игольчатый клапан вырабатывается в результате сравнения информации поступившей в блок управления от датчиков и заложенных в его память требуемых значений показателей качества охлаждающей жидкости.

Возможны два способа управления дозирующим клапаном:

1. Дискретное (релейное) управление, при котором клапан находится в одном из двух положений – «открыто» или «закрыто». Открытие (закрытие) клапана происходит при выходе регулируемых параметров за допустимые пределы.
2. Аналоговое управление, при котором степень открытия дозирующего клапана зависит от значений показателей качества охлаждающей жидкости.

Растворение присадки, поступающей в систему охлаждения, может осуществляться либо непосредственно в процессе циркуляции жидкости по контуру охлаждения, либо под действием специального устройства (мешалки), установленного в расширительном бачке.

Таким образом в результате проведенных исследований:

- созданы присадки к ОЖ ДВС эффективно ингибирующие кавитационно-коррозионные разрушения и накипеобразование в СО;
- определены браковочные показатели, характеризующие эксплуатационные свойства ОЖ;
- предложена схема СО, в которой осуществляется автоматический контроль и коррекция свойств ОЖ.

Внедрение данных разработок позволит повысить качество эксплуатации транспортных ДВС.

Список использованной литературы:

1. Сурин С. М. Подготовка и контроль качества воды для судовых энергетических установок. - М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
2. Стародомский М. В., Маляров В. С., Гальченко А. В. Измерение термического сопротивления отложений в системах охлаждения ДВС // Двигателестроение. – 1988. – № 3. – С. 23–24.

3. Патент 2470059 РФ МПК C09K 5/20 C23F 11/08 Охлаждающая жидкость для двигателей внутреннего сгорания / Безюков О.К., Жуков В.А. Опубл. 20.12.2012 Бюл. № 35. – 5 с.

4. Тузов Л. В., Безюков О. К., Жуков В. А. Защита элементов жидкостных систем охлаждения ДВС от кавитационно-коррозионных разрушений // Двигатель-97. Материалы международной научно-технической конференции / М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997.– С. 67–68.

5. Громогласов А.А., Копылов С.А., Пильщиков А.П. Водоподготовка: Процессы и аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.

6. Безюков О.К.Жуков В.А., Жукова О.В. Формализация процессов старения охлаждающих жидкостей ДВС // Двигатели внутреннего сгорания // Всеукраинский научно-технический журнал: Национальный технический университет «ХПИ» - №2, Харьков, 2009.- С. 105-109

7. Патент 2453714 РФ МПК F01P 5/10 Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания / Жуков В.А. Опубл. 20.06.2012 Бюл. № 17. – 7 с.

Учет влияния фрезерования на форму готовых деталей летательных аппаратов из прессованных профилей, получаемых методами изгиба

С.И. Феоктистов, С.В. Белых, М.М. Погарцева

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет,
681013, г. Комсомольск-на-Амуре пр. Ленина, 27

В статье приведены расчеты величин пружинения при изгибе после снятия нагрузки и при последующей механической обработке (фрезеровании). Представлен алгоритм определения требуемого радиуса изгиба для получения на выходе детали, соответствующей электронной модели (ЭМ) или чертежу.

Ключевые слова: прессованный профиль, изгиб, фрезерование, пружинение, напряжения

Феоктистов Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, декан «Самолетостроительного факультета» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +7(4217)241190. E-mail: ssf@knastu.ru

Белых Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +79141795213. E-mail: belykhsv@knastu.ru

Погарцева Мария Михайловна – аспирант кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +79242221401. E-mail: marry_pog@mail.ru

Детали из металлического профиля находят широкое применение при изготовлении конструкций в авиационной промышленности. Для изготовления таких деталей на производстве отработаны и применяются различные технологические операции. Особый интерес представляет исследование технологического процесса изготовления длинномерных деталей малой кривизны из прессованных профилей. Наличие в таких деталях конструктивных элементов как фестоны, обнижения по высоте и толщине профиля, а также изменение кривизны детали по длине, требует применения при их изготовлении двух разнородных технологических операций, таких как изгиб и фрезерование.

Традиционная технология изготовления деталей из профилей ведется следующим образом: предварительно исходный профиль фрезеруют до получения заданной конфигурации, после чего, полученные заготовки проходят операции гибки и малковки. Однако технологический процесс можно представить следующим образом: заготовки предварительно изгибают по программе, с учетом необходимой малковки и закручивания, а после чего фрезеруют по контуру в соответствии с формой детали с использованием высокоточных многокоординатных фрезерных станков.

После проведения технологической операции изгиба и снятия нагрузки кривизна детали изменится – деталь пружинит. При проведении процесса фрезерования изогнутой детали происходит перераспределение остаточных напряжений и деталь также изменяет свою кривизну. Решение задачи определения радиуса изгиба заготовки с учетом её формоизменения на этапах гибки и фрезерования позволит получить деталь, соответствующую её электронной модели (ЭМ) или чертежу.

На рис. 1 представлена геометрическая модель поперечного сечения заготовки в виде сочетания прямоугольных участков. Такая модель позволяет получать решения задачи в общем виде для различного сортамента профилей (рис. 1, в). Исходной информацией для расчетов по данной модели являются геометрические размеры поперечного сечения профиля, изображенные на рисунке 1, б. В случае отсутствия какого-либо прямоугольного участка, соответствующие ему размеры задаем равными нулю.

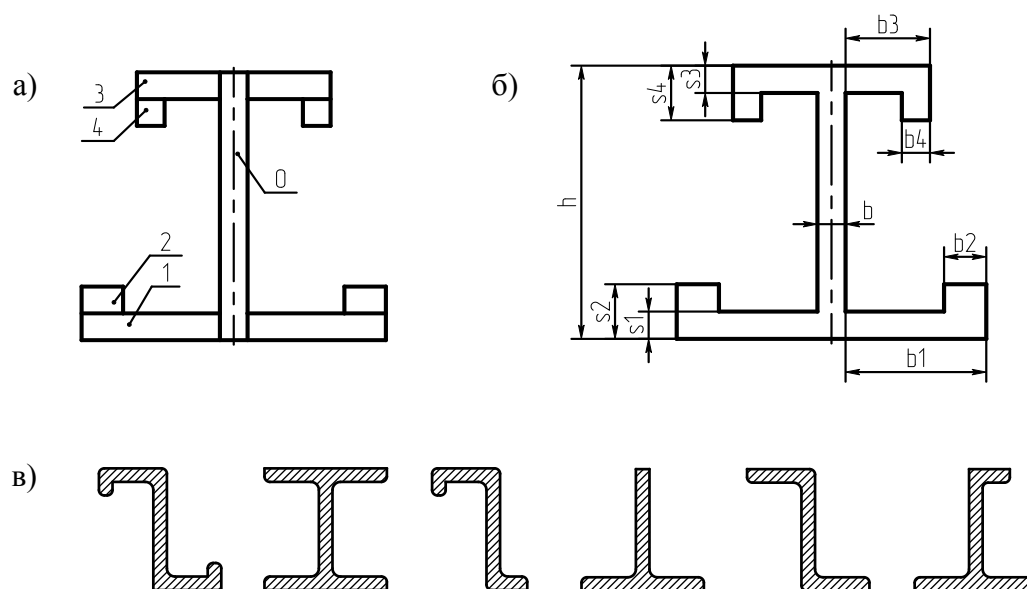


Рис. 1. Геометрическая модель сечения заготовки
а – разбиение сечения на прямоугольные участки; б – расчетная схема сечения;
в – варианты поперечных сечений профилей

При изгибе исходной заготовки на радиус $R_{изг}$ (рис. 2) положение заготовки в процессе пружинения после снятия нагрузки по окончании операции гибки будет соответствовать радиусу $R_{ост}$ (рис. 2). Для определения его значения необходимо знать положение нейтрального слоя при изгибе $y_{нс}$ (рис. 2, 3), которое определяем из условия равновесия внутренних сил в поперечном сечении заготовки [2]:

$$\int_{(F_{\text{раст}})} \sigma dF = \int_{(F_{\text{сж}})} \sigma dF,$$

где $F_{\text{раст}}$, $F_{\text{сж}}$ – соответственно площади растянутой и сжатой областей сечения заготовки;

σ – напряжения.

На рис. 3 представлена блок-схема определения положения нейтрального слоя.

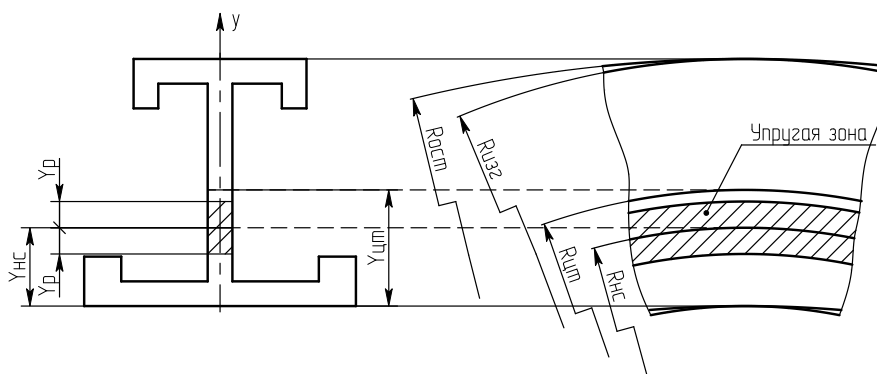


Рис. 2. Положение нейтрального слоя $y_{нс}$ и центра тяжести $y_{цт}$ поперечного сечения заготовки

Остаточный радиус $R_{ост}$ кривизны заготовки после разгрузки определяется по формуле

$$R_{ост} = \frac{1}{\chi_{ост}} + (h - y_{цт}),$$

где $\chi_{ост}$ – остаточная кривизна относительно слоя, проходящего через центр тяжести поперечного сечения заготовки; h – высота поперечного сечения заготовки (рис. 1, б); $y_{цт}$ – положение центра тяжести поперечного сечения заготовки (рис. 2).

Остаточная кривизна определяется выражением:

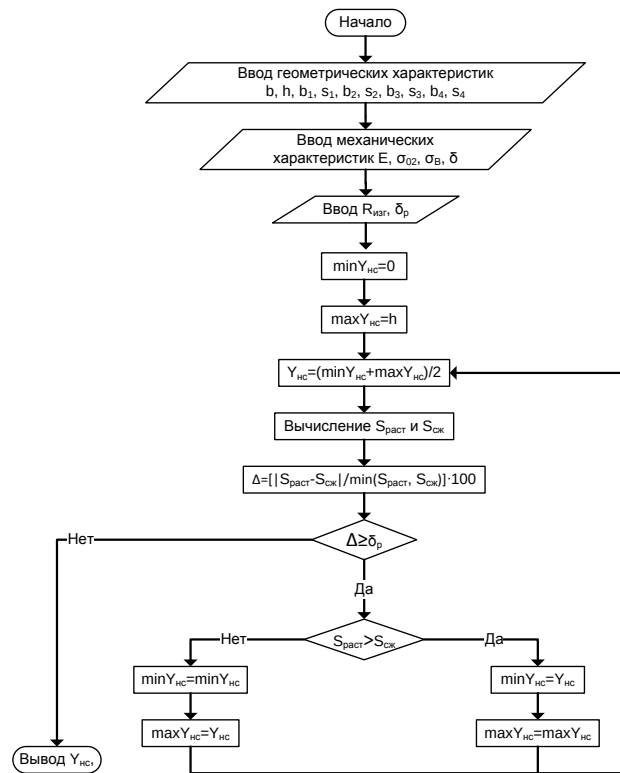
$$\chi_{ост} = \frac{1}{R_{цт}} - \chi_{фик},$$

где $\chi_{\text{фик}}$ – фиктивная кривизна относительно слоя, проходящего через центр тяжести поперечного сечения заготовки.

Фиктивная кривизна определяется выражением [1]:

$$\chi_{\text{фик}} = \chi_{\text{нс}} \cdot \frac{J_{\text{упр}}}{J_{\text{цт}}} + \chi_{\text{нс}}^n \cdot \frac{J_{\text{пл}}}{J_{\text{цт}}},$$

где $J_{\text{упр}}$ – момент инерции упруго-деформированной зоны поперечного сечения заготовки относительно нейтрального слоя; $J_{\text{пл}}$ – приведенный момент инерции пластически деформированных зон поперечного сечения заготовки относительно нейтрального слоя; $J_{\text{цт}}$ – момент инерции всей площади поперечного сечения заготовки относительно слоя, проходящего через центр тяжести сечения.



$$S_{\text{раст}} = \int_{(F_{\text{раст}})} \sigma dF; \quad S_{\text{сж}} = \int_{(F_{\text{сж}})} \sigma dF.$$

Рис. 3. Блок-схема определения положения нейтрального слоя

Величина остаточных напряжений $\sigma_{\text{ост}}$ в пластически изогнутой заготовке определяется выражением:

$$\sigma_{\text{ост}} = \sigma_{\text{изг}} - \sigma_{\text{фик}},$$

где $\sigma_{\text{изг}}$ – напряжения изгиба (истинные напряжения); $\sigma_{\text{фик}}$ – фиктивные напряжения в поперечном сечении заготовки.

Согласно теореме Ильюшина о разгрузке истинное состояние равновесия соответствует задаче пластичности и выражает соотношение между кривизной нейтрального слоя и внешним изгибающим моментом в соответствующем сечении, фиктивное состояние равновесия соответствует задаче упругости и выражает соотношение между изгибающим моментом и фиктивной кривизной слоя, проходящего через центр тяжести сечения при изгибе.

На рис. 4 показано распределение напряжений по высоте поперечного сечения заготовки. Следует отметить, что суммарный момент остаточных напряжений относительно центра тяжести сечения должен быть равен нулю.

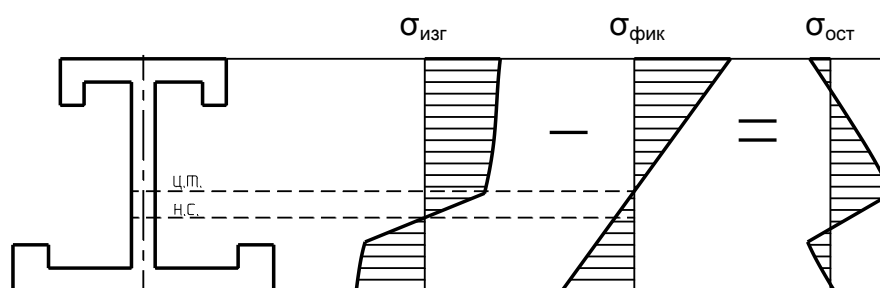


Рис. 4. Эпюры напряжений в поперечном сечении заготовки в процессе изгиба и снятия нагрузки

Следующий этап технологического процесса – фрезерование изогнутой заготовки в соответствии с формой детали. На рис. 5 показаны возможные варианты удаления части материала заготовки, форма и положение центра тяжести $y_{цт}^{\phi}$ нового сечения.

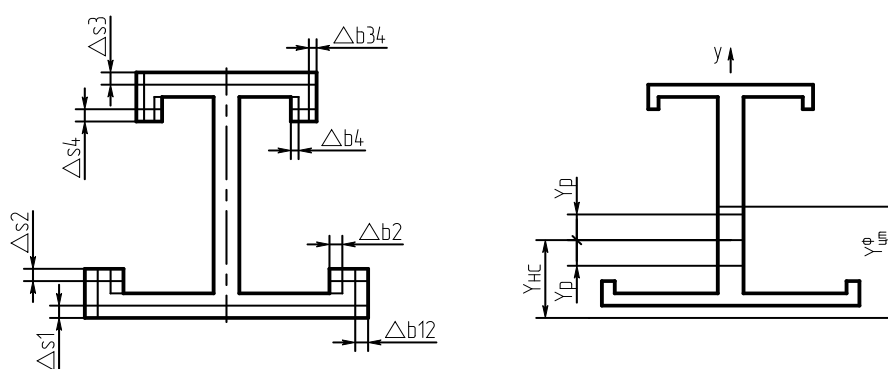


Рис. 5. Схема поперечного сечения заготовки после фрезерования

Уменьшение размеров поперечного сечения заготовки приведет к нарушению равновесия остаточных напряжений в изогнутой заготовке. Возникающие неуравновешенные внутренние силы вызовут дальнейшее пружинение заготовки и переход её в иную стабильную форму. При этом

изменится кривизна изгиба, а остаточные напряжения в полученном поперечном сечении детали перейдут в новое равновесное состояние.

Для определения положения заготовки после фрезерования необходимо вычислить изгибающий момент внутренних сил $M_{\text{ост}}$ полученного поперечного сечения детали, который, без учёта влияния режущего инструмента на распределение внутренних напряжений, определяется выражением:

$$M_{\text{ост}} = \int_{(F_{\phi})} \sigma_{\text{ост}} \cdot (y_{\text{цт}}^{\phi} - y) dF,$$

где F_{ϕ} – площадь поперечного сечения заготовки после фрезерования.

В результате действия момента $M_{\text{ост}}$ произойдет пружинение изогнутой отфрезерованной заготовки. При этом созданная после формообразования заготовки кривизна изменится на величину $\chi_{\text{фик}}^{\phi}$.

Таким образом, радиус, принимаемый готовой деталью, определится по формуле

$$R_{\text{ост}}^{\phi} = \frac{1}{\chi_{\text{ост}}^{\phi}} + (h - y_{\text{цт}}^{\phi}),$$

где $\chi_{\text{ост}}^{\phi}$ – остаточная кривизна слоя, проходящего через центр тяжести поперечного сечения заготовки после фрезерования.

Остаточная кривизна после фрезерования определяется выражением:

$$\chi_{\text{ост}}^{\phi} = \frac{1}{R_{\text{цт}}^{\phi}} - \chi_{\text{фик}}^{\phi},$$

где $\chi_{\text{фик}}^{\phi}$ – фиктивная кривизна слоя, проходящего через центр тяжести поперечного сечения заготовки после фрезерования

Фиктивная кривизна после фрезерования определяется выражением:

$$\chi_{\text{фик}}^{\phi} = \frac{M_{\text{ост}}}{E \cdot J_{\text{цт}}^{\phi}},$$

где $J_{\text{цт}}^{\phi}$ – момент инерции площади поперечного сечения заготовки после фрезерования относительно слоя, проходящего через центр тяжести сечения отфрезерованной заготовки.

Распределение остаточных напряжений $\sigma_{\text{ост}}^{\phi}$ в поперечном сечении заготовки после фрезерования определяется выражением:

$$\sigma_{\text{ост}}^{\phi} = \sigma_{\text{ост}} - \sigma_{\text{фик}}^{\phi},$$

где $\sigma_{\text{фик}}^{\phi}$ – фиктивные напряжения в поперечном сечении заготовки после фрезерования.

На рис. 6 показано распределение напряжений в поперечном сечении заготовки до и после фрезерования.

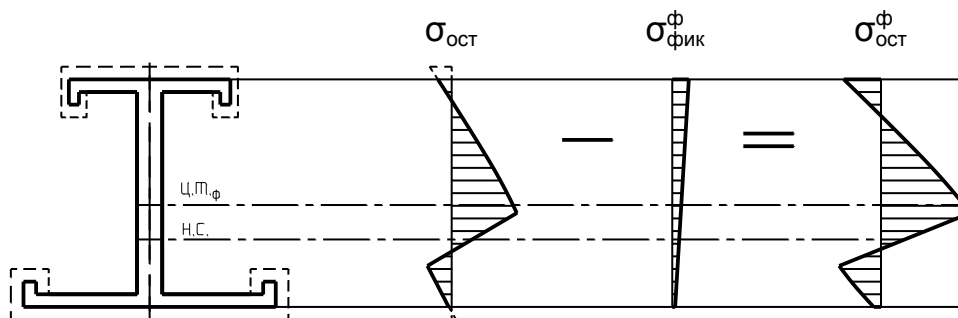


Рис. 6. Эпюры напряжений в поперечном сечении заготовки до и после фрезерования

Приведенные результаты являются решением задачи определения конечной формы детали при изготовлении её методом гибки заготовки на заданный радиус с последующим фрезерованием. Для решения задачи в первоначальной постановке разработан алгоритм определения требуемого радиуса изгиба, который показан на рис. 7.

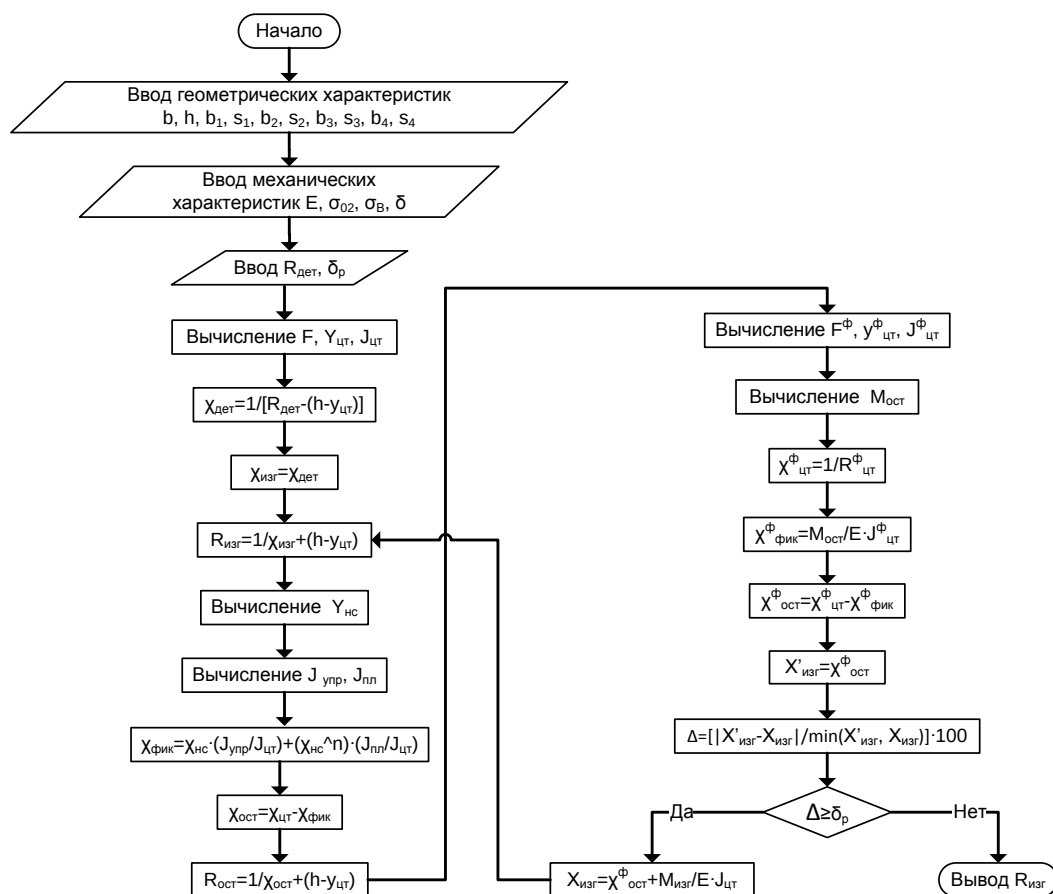


Рис. 7. Блок-схемы определения радиуса изгиба с учетом пружинений при изгибе и последующем фрезеровании

По данному алгоритму в среде MathCAD проведены расчеты для двух типовых сечений стрингера самолета SSJ-100, получаемых фрезерованием из профиля одинакового сечения (рис. 8).

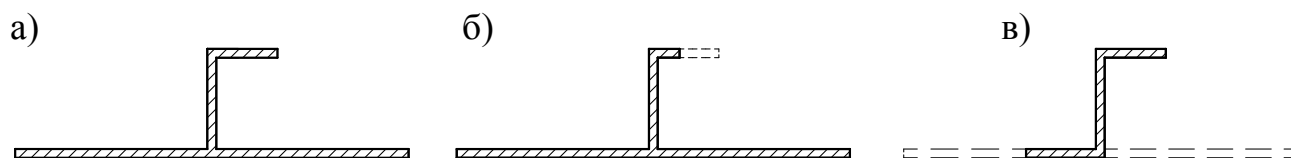


Рис. 8. Типовые формы сечений стрингера самолета SSJ-100
а – сечение заготовки; б – типовое сечение I; в – типовое сечение II

Результаты расчетов по определению требуемой линии изгиба для получения заданной детали представлены на рис. 9.

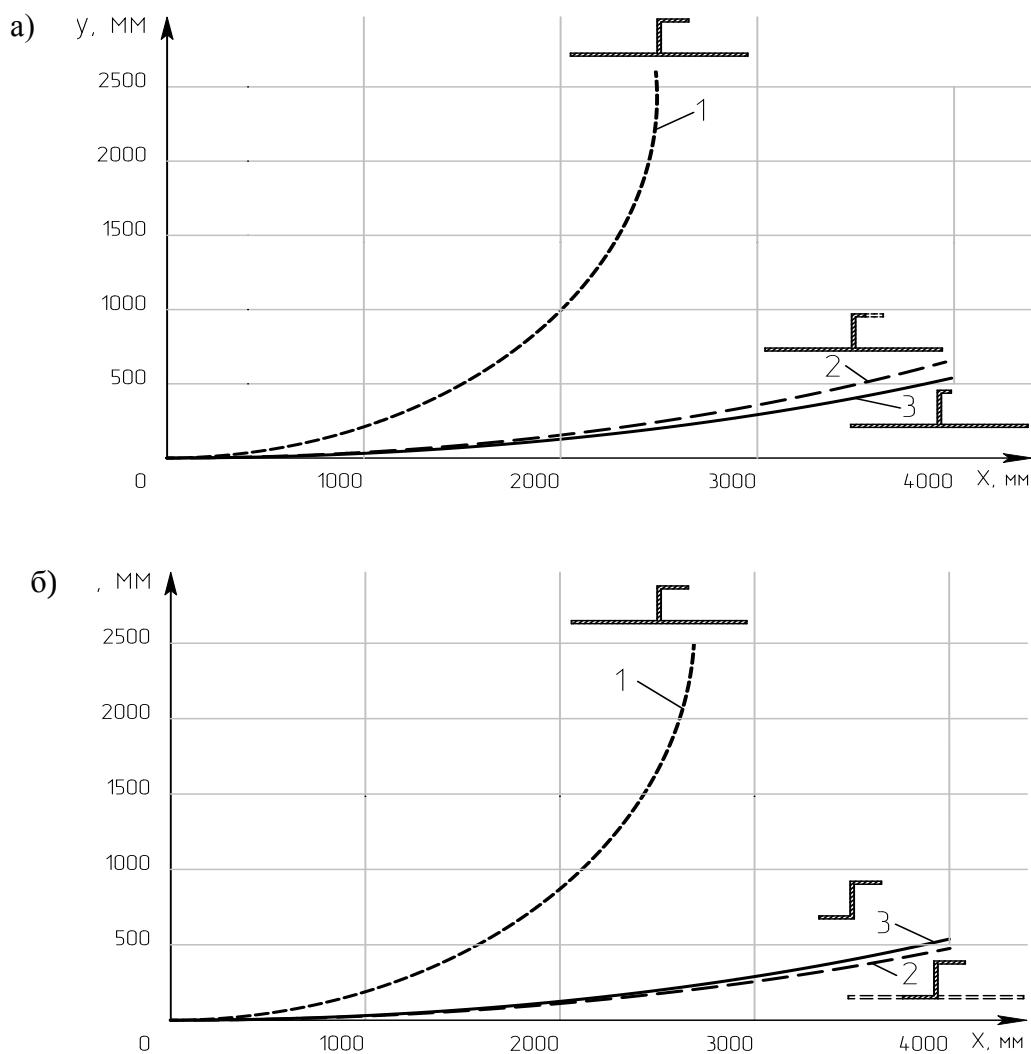


Рис. 9. Положение заготовки в процессе изготовления детали
а – типовое сечение I; б – типовое сечение II

1 – линия изгиба, проходящая через центры тяжести сечений исходной заготовки; 2 – линия изогнутой заготовки, проходящая через центры тяжести сечений заготовки после снятия нагрузки; 3 – линия изогнутой заготовки после фрезерования, проходящая через центры тяжести сечений фрезерованной заготовки, соответствующая ЭМ и чертежу детали.

Как видно из рис. 9, в процессе фрезерования в зависимости от формы сечения конечной детали, кривизна заготовки может увеличиваться (рис. 9, а) или уменьшаться (рис. 9, б).

Расчет кривизн в точках контура реального профиля рассчитывается в соответствии с методикой, изложенной в статье [3].

В ходе работы в среде MathCAD создана программа, позволяющая рассчитать геометрические параметры технологического процесса получения деталей летательных аппаратов из прессованных профилей методом изгиба с последующим фрезерованием. Однако добиться точного изготовления таких деталей, полностью соответствующих их ЭМ и чертежам, невозможно. Это связано, во-первых, с расхождением значений механических характеристик материала заготовки, используемых в расчетах, со справочными (разные поставщики, разные партии). Во-вторых, на результат деформирования влияют расхождения геометрических параметров в пределах допуска. Несмотря на данные недостатки, учет пружинения в процессе производства позволяет повысить точность изготовления деталей и значительно снизить трудоемкость доводочных работ.

Список использованной литературы:

1. **Лысов, М.И.** Теория и расчет процессов изготовления деталей методом гибки. / М.И. Лысов. – М.: Машиностроение, 1966. – 240 с.

2. **Феоктистов, С.И.** Автоматизация проектирования технологических процессов и оснастки заготовительно-штамповочного производства авиационной промышленности. / С.И. Феоктистов. – Владивосток: Дальнаука, 2001, – 184 с.

3. **Феоктистов, С.И.** Аппроксимация геометрии контура дугами при контроле точности изготовления деталей летательных аппаратов. / С.И. Феоктистов, С.В. Белых, А.А. Кривенко, А.А. Перевалов. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2010. - № I-1(1) – С. 9–15

Применение MSC.MARC для моделирования процесса изгиба прессованных профилей несимметричного сечения

А.А. Перевалов, С.В. Белых

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет,
681013, г. Комсомольск-на-Амуре пр. Ленина, 27

В статье описаны особенности изгиба несимметричных профилей, связанные с ним проблемы и перспективность решения данной задачи. Описана целесообразность применения системы конечно-элементного анализа MSC MARC при расчете изгиба с закручиванием несимметричных профилей. Так же приведены особенности построения модели процесса и физических свойств материала.

Ключевые слова: прессованный профиль, изгиб, пружинение, напряжения, MSC MARC, гибка, несимметричный, ролики

Белых Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +79141795213. E-mail: belykhsv@knastu.ru

Перевалов Анатолий Анатольевич – старший преподаватель кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +79242278373. E-mail: anatoly84@rambler.ru

Детали, получаемые гибкой прессованных и гнутых из листа профилей, используются во многих элементах конструкции планера летательного аппарата. Объясняется это тем, что при относительно небольших размерах поперечного сечения, а, следовательно, незначительной массе, профили обладают весьма высокой удельной сопротивляемостью к действию внешних нагрузок.

Одним из перспективных способов формообразования длинномерных профилей является гибка в роликах. Данный вид гибки обладает рядом преимуществ:

- широкие возможности по формоизменению длинномерных заготовок при относительно малых габаритах оборудования
- возможность формоизменения широкой номенклатуры профилей без замены формообразующих элементов

— высокая возможность автоматизации процесса

Наряду с этим существуют некоторые трудности связанные с формообразованием несимметричных профилей. Вследствие несовпадения главных осей поперечного сечения несимметричных профилей с плоскостью изгиба происходит закручивание и изгиб профиля в плоскости перпендикулярной плоскости изгиба. Решение задачи определения угла закручивания и изгиба несимметричных профилей позволит разработать схему гибки с компенсацией нежелательных отклонений. С целью определения углов закручивания и силовых факторов гибки было проведено моделирование изгиба несимметричного профиля уголкового сечения в роликах в системе MSC MARC (рис. 1).

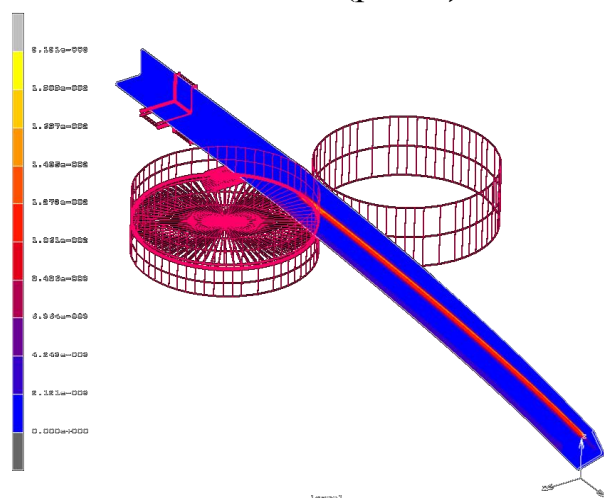
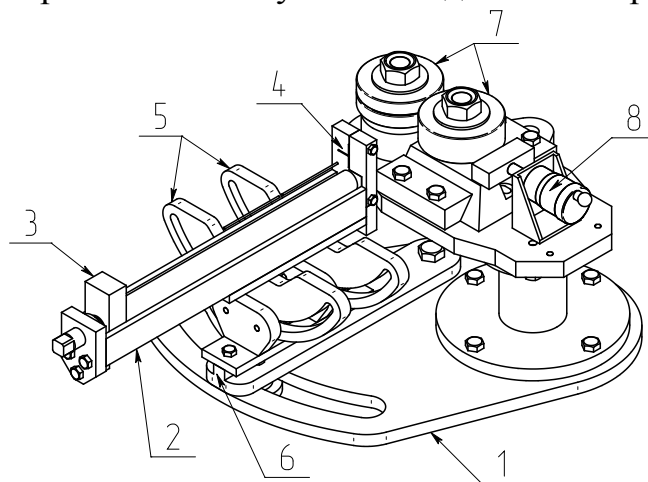


Рис 1. Результат расчета модели гибки в MSC MARC

Схема изгиба и все геометрические соотношения взяты идентичными экспериментальной установке для гибки профилей (рис. 2).



1 – основание; 2 – направляющая; 3 – толкатель; 4 – фильера; 5 – поворотные сектора для наклона направляющей; 6 – планка для изменения углагиба; 7 – формообразующие ролики; 8 – микрометрический винт регулировки зазора между формообразующими роликами

Рис. 2 – Экспериментальная установка для гибки профилей

Моделирование рабочих элементов установки производилось непосредственно в системе MSC MARC. Фильера, и ролики выполнены поверхностями. Профиль разбит на конечные элементы (рис. 3). Данная схема разбиения профиля на элементы была принята с целью упрощения расчета. Суммарное количество элементов для профиля 15x15x450 составило 13960.

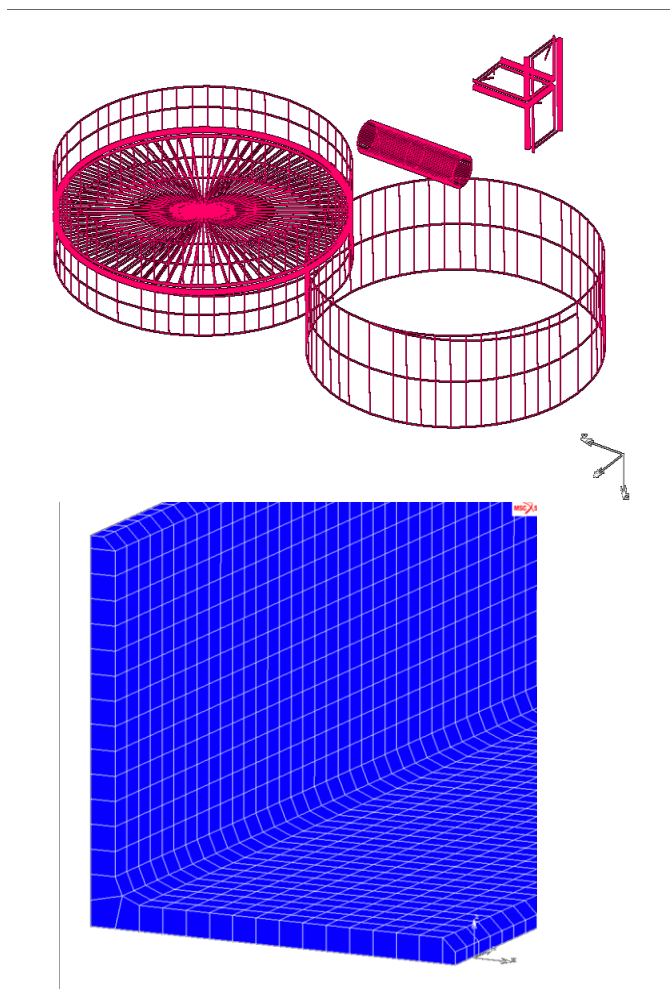


Рис. 3 – Модель рабочих элементов установки и конечно-элементная модель профиля в системе MSC MARC

На рис. 4 представлена модель установки в начальном положении. Все элементы модели за исключением профиля недеформируемые. Коэффициент трения принят равным нулю.

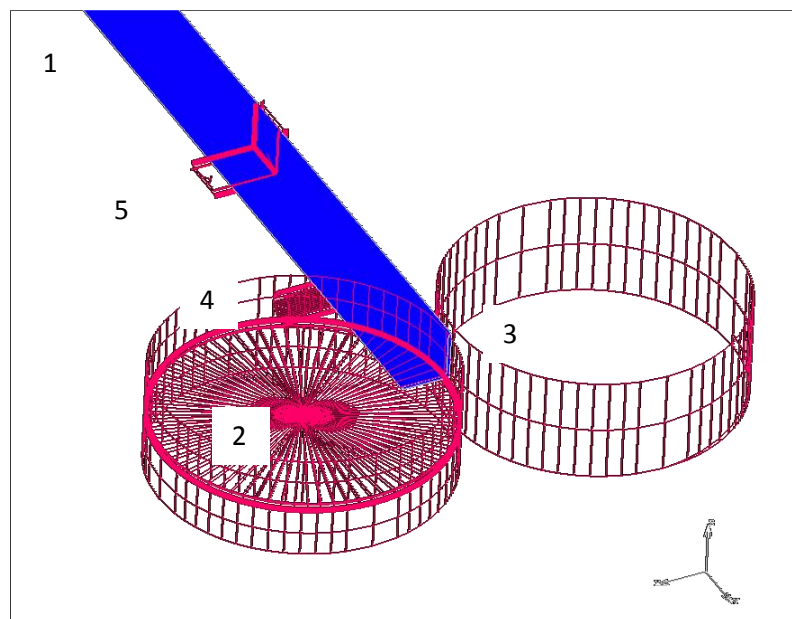


Рис. 4 – Модель установки для гибки профилей.

1 – профиль уголкового сечения 15x15x450

2 – ролик разрезной

3 – ролик прижимной

4 – поддерживающий вал

5 – фильера.

Материал Д-16АТ задан графически (рис. 5). Необходимо обратить внимание на особенность задания материала в системе MSC MARC -. при задании материала линейный участок не задается. Первая точка графика обозначает момент перехода линейной зависимости к нелинейной. Задание всех перемещений производится так же графически. При этом сначала происходит выборка зазоров, а потом переход в рабочий режим.

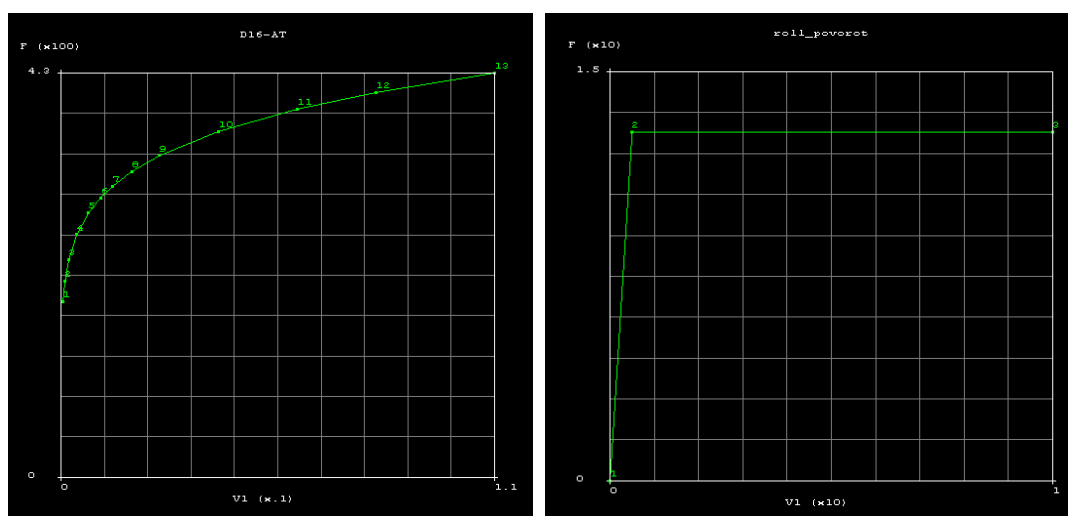
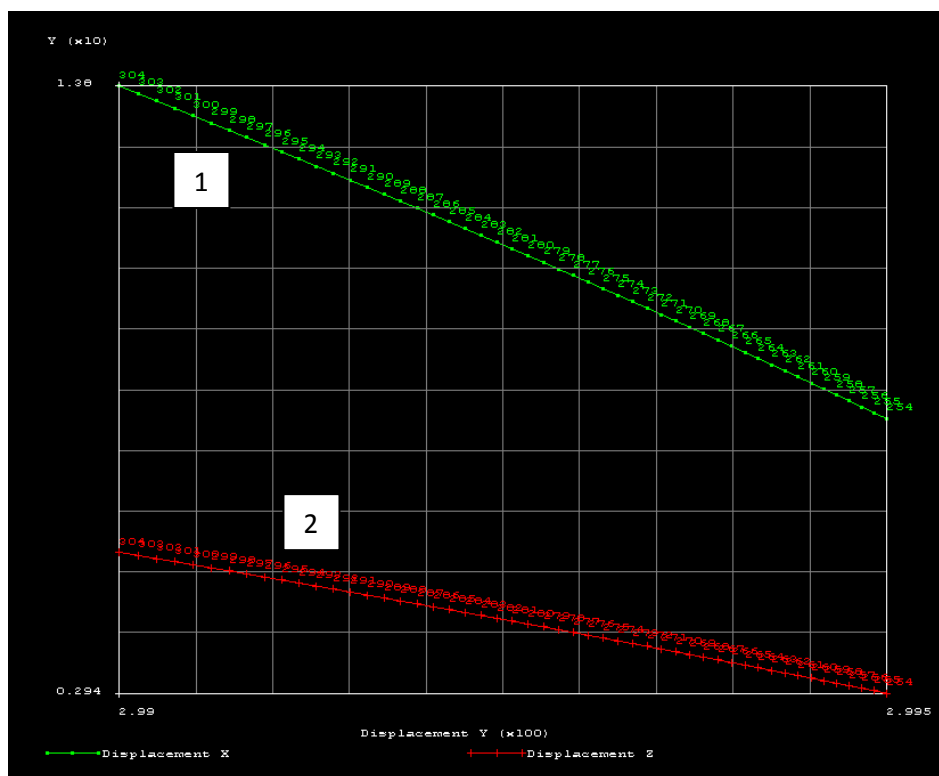


Рис. 5 – Графическое задание свойств материала и перемещений в MSC MARC

Моделирование процесса изгиба несимметричных прессованных профилей позволяет определить технологические параметры процесса, такие как предельные углы закручивания и изгиба профиля. Дальнейшая обработка результатов с целью получения радиусов кривизны и углов закручивания производится в системе MS Excel.



1 – Y0X, 2 – Y0Z

Рис. 6 – Графики перемещений узлов в плоскостях.

Определение радиусов кривизны контура во всех расчетных точках можно решить, заменяя радиусы кривизны расчетного контура радиусами окружностей, проходящих через каждые три точки этого контура.

Математическая модель этой операции реализуется простыми зависимостями, получаемыми на основе решения системы уравнений окружности, проходящей через три точки:

$$\begin{cases} (X_c - x_i)^2 + (Y_c - y_i)^2 = (X_c - x_{i-1})^2 + (Y_c - y_{i-1})^2, \\ (X_c - x_i)^2 + (Y_c - y_i)^2 = (X_c - x_{i+1})^2 + (Y_c - y_{i+1})^2. \end{cases}$$

Для трех последовательных точек контура $i-1$, i , $i+1$ эта система имеет единственное решение в виде:

$$X_c = \frac{(x_{i-1} - x_i)(y_i^2 - y_{i+1}^2 + x_i^2 - x_{i+1}^2) + (x_i - x_{i+1})(x_i^2 - x_{i-1}^2 + y_i^2 - y_{i-1}^2)}{2[(x_i - x_{i+1})(y_{i-1} - y_i) - (x_{i-1} - x_i)(y_i - y_{i+1})]},$$

$$Y_c = \frac{x_i^2 - x_{i-1}^2 + y_i^2 - y_{i-1}^2 - 2X_c(y_{i-1} - y_i)}{2(x_{i-1} - x_i)},$$

$$R = \sqrt{(X_c + x_i)^2 + (Y_c + y_i)^2},$$

где x_i , y_i – координаты точек кривой, R – расчетный радиус кривизны в точках.

При превышении максимально допустимых углов закручивания и изгиба наблюдалась потеря устойчивости модели профиля при расчете в MSC MARC аналогично потери устойчивости профиля при натурном эксперименте (рис. 7).

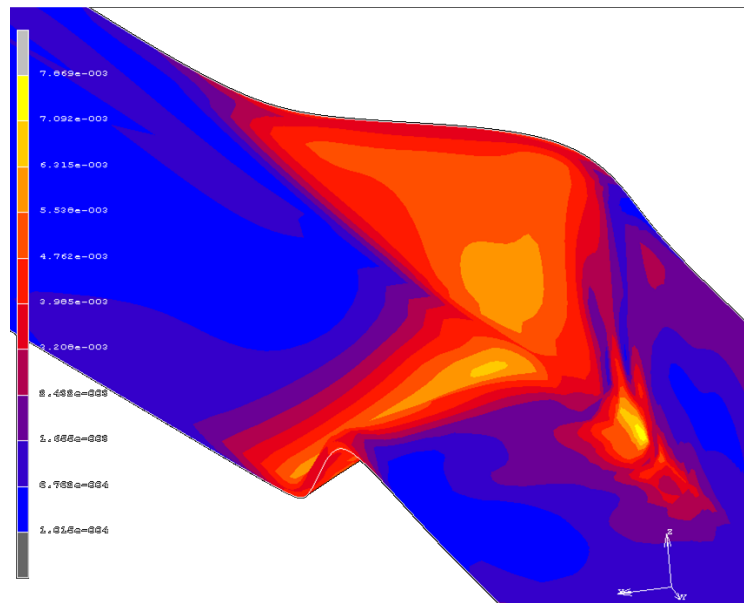
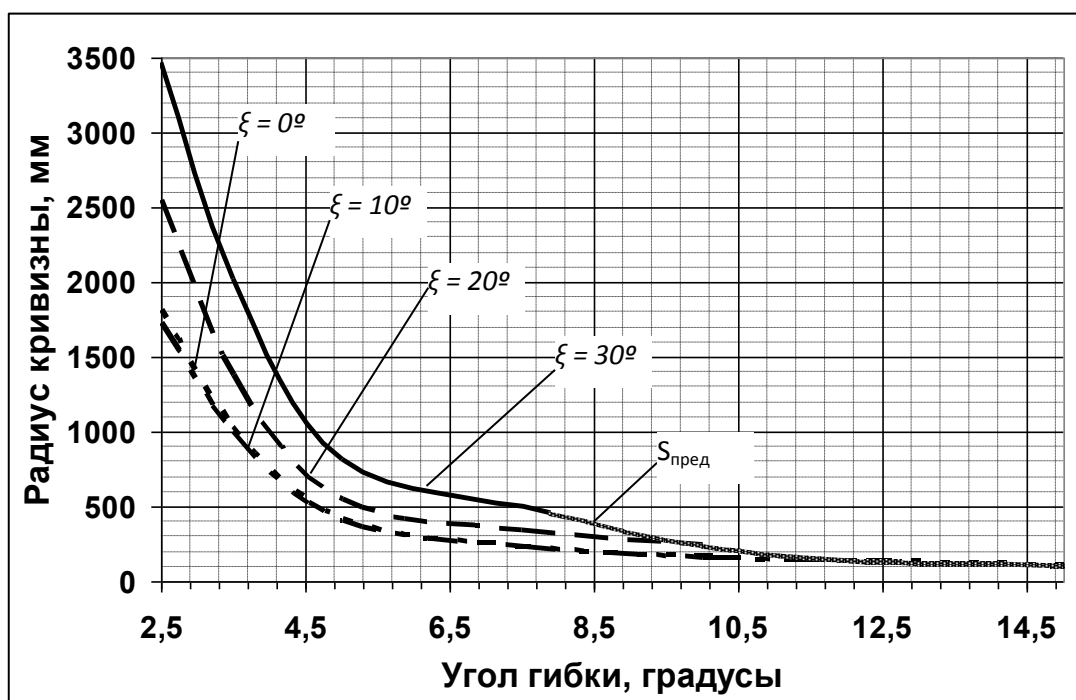
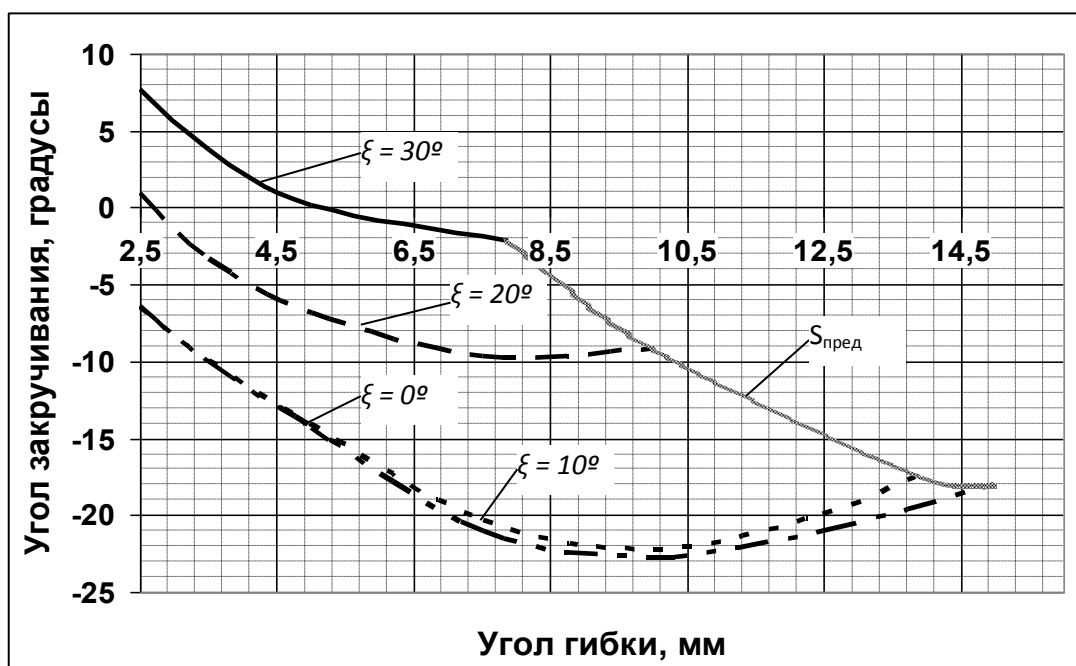


Рис. 7 – Потеря устойчивости профиля

Анализ результатов расчета процесса гибки профиля, позволил определить оптимальные геометрические параметры положения рабочих органов установки, максимальные допустимые углы изгиба и закручивания профилей (рис. 8). Так же в результате моделирования получены данные об оптимальных углах изгиба и закрутки профиля для минимизации конечного закручивания профиля. Все это позволяет провести натурные эксперименты с ограниченным набором установочных параметров установки тем самым добиться экономии как временных, так и материальных затрат.



а)



б)

а) Зависимость радиуса кривизны от угла гибки;

б) Зависимость угла закручивания от угла гибки;

ξ – угол предварительного закручивания;

$S_{\text{пред}}$ – огибающая технологических ограничений (потеря устойчивости профиля)

Рис. 8. Графики зависимости радиуса кривизны в плоскости изгиба и угла закручивания профиля от угла гибки

Список литературы:

1. **Вдовин, С.И.** Методы расчета и проектирования на ЭВМ процессов штамповки листовых и профильных заготовок / С.И. Вдовин. – М.: Машиностроение, 1988 – 160 с.
2. **Выгодский М.Я.**, Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. - М.: Наука, 1965 - 872 с.
3. **Феоктистов, С.И.** Автоматизация проектирования технологических процессов и оснастки заготовительно-штамповочного производства авиационной промышленности. / С.И. Феоктистов. - Владивосток: Дальнаука, 2001 - 183 с.
4. **Ершов, А.Г.** Теоретические и экспериментальные исследования процесса изгиба профилей несимметричных сечений. Тр. ин-та / А. Г. Ершов ; Науч.-исслед. ин-т авиац. технологии и орг. пр-ва, М. НИАТ 1991 - 58с.
5. **Белых, С.В.** Аппроксимация геометрии контура дугами при контроле точности изготовления деталей летательных аппаратов / А.В. Станкевич, С.И. Феоктистов, С.В. Белых, А.А. Кривенко, А.А. Перевалов // Ученые записки. - г. Комсомольск-на -Амуре: КнАГТУ, 2010. – С. 9-15.
УДК 658.512.4

Особенности автоматизированного изготовления длинномерных деталей летательных аппаратов из прессованных профилей

С.В. Белых, А.В. Станкевич, В.А. Мишагин

Филиал ОАО "Компания "Сухой" "КнААЗ им. Ю.А. Гагарина" 681018, г. Комсомольск-на-Амуре, ул.Советская, 1
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 681013, г. Комсомольск-на-Амуре пр. Ленина, 27

Рассмотрены вопросы, связанные с автоматизированным изготовлением деталей летательного аппарата в заготовительно-штамповочном производстве. Представлена последовательность операций изготовления длинномерных деталей ЛА из прессованного профиля, обеспечивающих использование автоматизированных систем на этапах подготовки производства изготовления и контроля деталей.

Ключевые слова: прессованный профиль, пружинение, напряжения, формообразование, технология, автоматизация, подготовка производства.

Белых Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +79141795213. E-mail: belykhsv@knastu.ru

Станкевич Антон Владиславович — кандидат технических наук, начальник научно-производственной лаборатории технологических процессов филиала ОАО "Компания "Сухой" "КнААЗ им. Ю.А. Гагарина" (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681018 ул.Советская, 1; +7(4217)526385

Мишагин Вадим Александрович – аспирант кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +79241146575. E-mail: n.a.f.a.n.r@mail.ru

Освоение в авиационной промышленности информационных технологий, переход от плазового – шаблонного метода (ПШМ) увязки к бесплазовому, потребовал разработки новых принципов и методов проектирования технологических процессов. Технологические схемы, существовавшие в концепции ПШМ, в современных условиях обрастают дополнительными связями, обусловленными адаптацией нового метода увязки к существующим процессам. Это отрицательно сказывается на

цикле подготовки производства летательных аппаратов (ЛА), рентабельности продукции, и не дает в полной мере раскрыть возможности бесплазового метода увязки (БМУ).

Технологическая цепочка изготовления длинномерных деталей малой кривизны из прессованных профилей типа стрингеров, не лишена упомянутых недостатков. В концепции ПШМ она представлена следующей последовательностью операций:

1. Раскрой заготовки из прессованного профиля на отрезки необходимой длины;
2. Фрезерование заготовки на универсально-фрезерном оборудовании или копировально-фрезерном станке по шаблонам;
3. Формообразование заготовки трехточечным изгибом (свободная гибка) на универсальной штамповой оснастке и специализированных прессах;
4. Контроль теоретической формы профиля по прилеганию к контрольно-доводочной оснастке;
5. Доводка до требуемого прилегания профиля к оснастке.

При этом на долю формообразующих и доводочных операции приходится большая часть всей трудоемкости изготовления детали. Не секрет что трудоемкость изготовления детали зависит от

Первоисточником для перенесения размеров, форм деталей и оснастки в ПШМ служит теоретический плаз (ТП). По ТП изготавливается контрольно контурный шаблон (ШКК) с которого с помощью комплекта производственных шаблонов переносят форму и размеры на технологическую оснастку и детали.

Появление систем автоматизированного проектирования, фрезерных станков с числовым программным управлением (СЧПУ) и контрольно-измерительных машин (КИМ) позволило постепенно перейти от ПШМ к БМУ, изменив схему увязки (рисунок 1).

Первоисточником в БМУ является не ТП, а электронная модель (ЭМ) детали, полученная в процессе электронного описания объекта. Под этим принято понимать представление конструкции изделия в виде объемной (трехмерной - 3D) графики, выполненной в определенной программной среде с использованием ЭВМ и хранящейся в оперативной памяти или на электронных носителях информации. ЭМ детали несет всю необходимую для изготовления геометрическую информацию и технические требования.

Изменение первоисточника информации, первоисточника увязки и средств увязки значительно повлияло на процесс подготовки производства деталей типа стрингеров сократив его сроки..

Существующий технологический процесс изготовления длинномерных деталей малой кривизны представлен на рисунке 2.

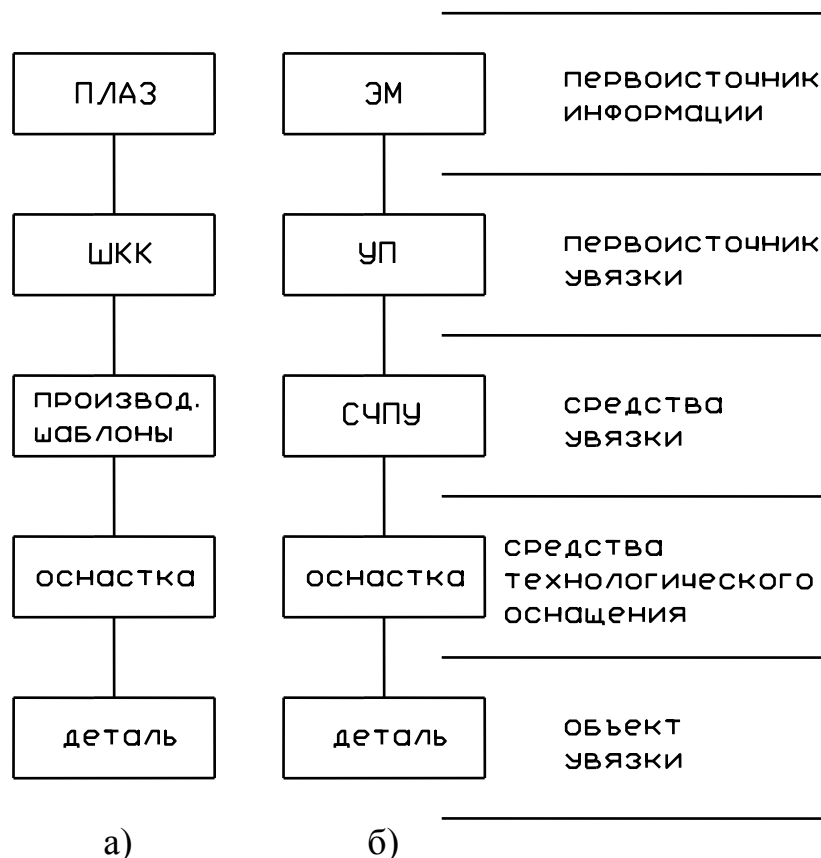


Рисунок 1. Схемы увязки изготовления деталей типа стрингеров:

По ЭМ детали строится развертка, на основании которой разрабатывается УП для фрезерования на СЧПУ. Затем методом свободной гибки, производится формообразования отфрезерованной заготовки с оценкой прилегания по контрольно-доводочному плазу до придания заготовке нужной геометрии.

Как видно из представленных выше схем изменения метода увязки, внедрение современных фрезерных центров никак не отразилось на процессе формообразования деталей типа стрингеров. Данная технологическая схема имеет следующие недостатки:

1. Требуется расчет развертки заготовки;
2. Происходит снижение ресурса детали в результате ударного метода доводки;
3. Субъективный контроль качества детали по прилеганию;
4. Требуется высококвалифицированный труд;
5. Значительный объем доводочных работ.

Для автоматизации данного процесса наиболее перспективным видится использование в качестве формообразующей операции гибку-

прокатку профиля в роликах. Преимущества данного метода формообразования:

1. Возможность изготовления деталей переменной кривизны без ограничений по длине;
2. Возможность установки ЧПУ на органы управления гибочного станка и формообразование по УП;
3. Возможность корректировки на пружинение при формообразовании;
4. Небольшие технологические припуски заготовки;

Использование универсальной оснастки.

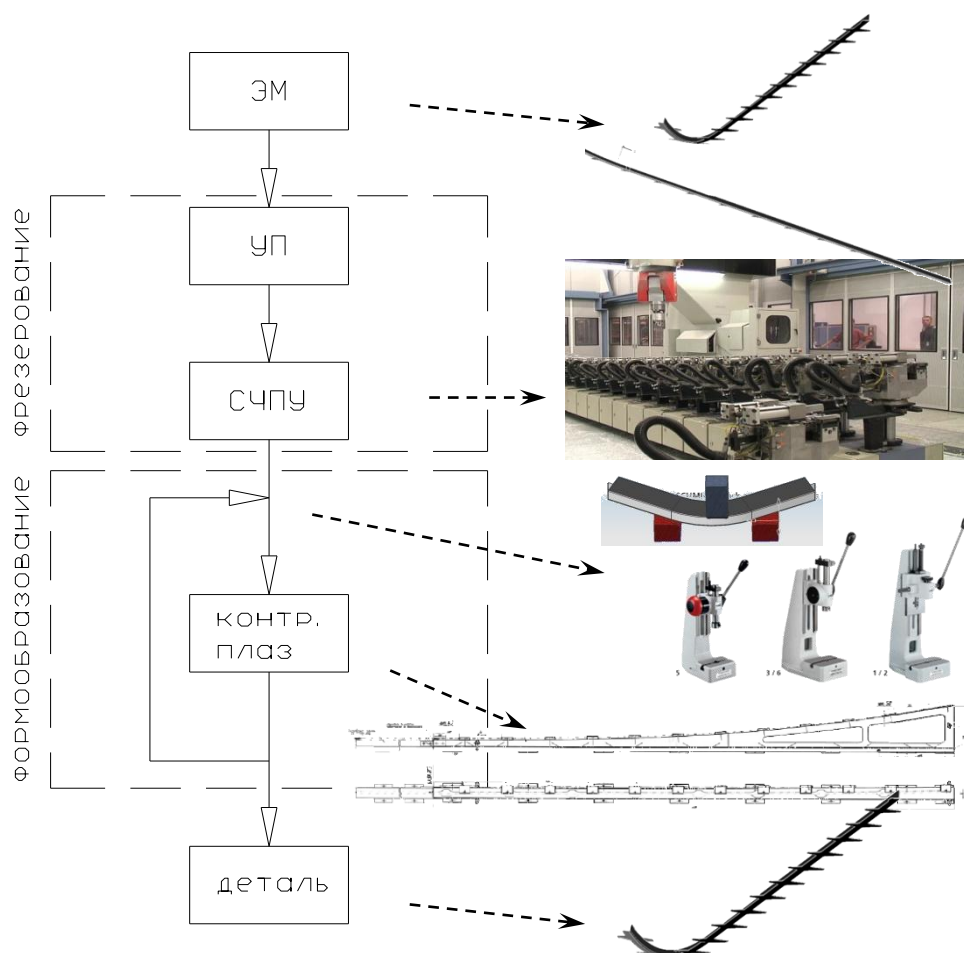


Рисунок 2. Существующий схема увязки изготовления деталей типа стрингеров.

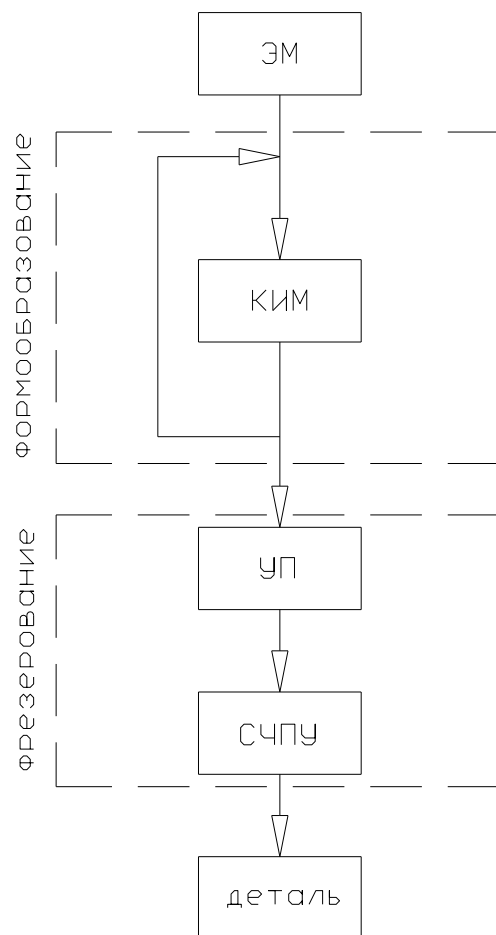


Рисунок 3. Предлагаемая схема увязки изготовления деталей типа стрингеров.

В новой технологической последовательности (рисунки 3,4) первоначально формируется УП для роliko-гибчного СЧПУ на основании ЭМ детали и модели процесса деформирования. Профиль в состоянии поставки подвергается гибки-прокатке по УП на станке до придания требуемой геометрии. Затем производится сканирование теоретической поверхности заготовки с помощью КИМ, и оценивается соответствие ЭМ. На заключительном этапе формообразованная заготовка подвергается фрезерованию по УП на фрезерном центре.

Перед разработкой УП теоретическая форма детали подвергается параметризации с заданной точностью. После гибки реально полученные параметры, сравниваются с исходными заложенными в УП, по результатам сравнения производится корректировка УП. Необходимо заметить, что корректировке подвергаются не только УП на формообразованную деталь, но и на детали предполагаемые к изготовлению из данной партии материала.

Для автоматизации процесса подготовки УП, контроля полученного после формообразования контура и корректировки УП разработан специальный программный модуль RollerNCGen (рисунок 5).

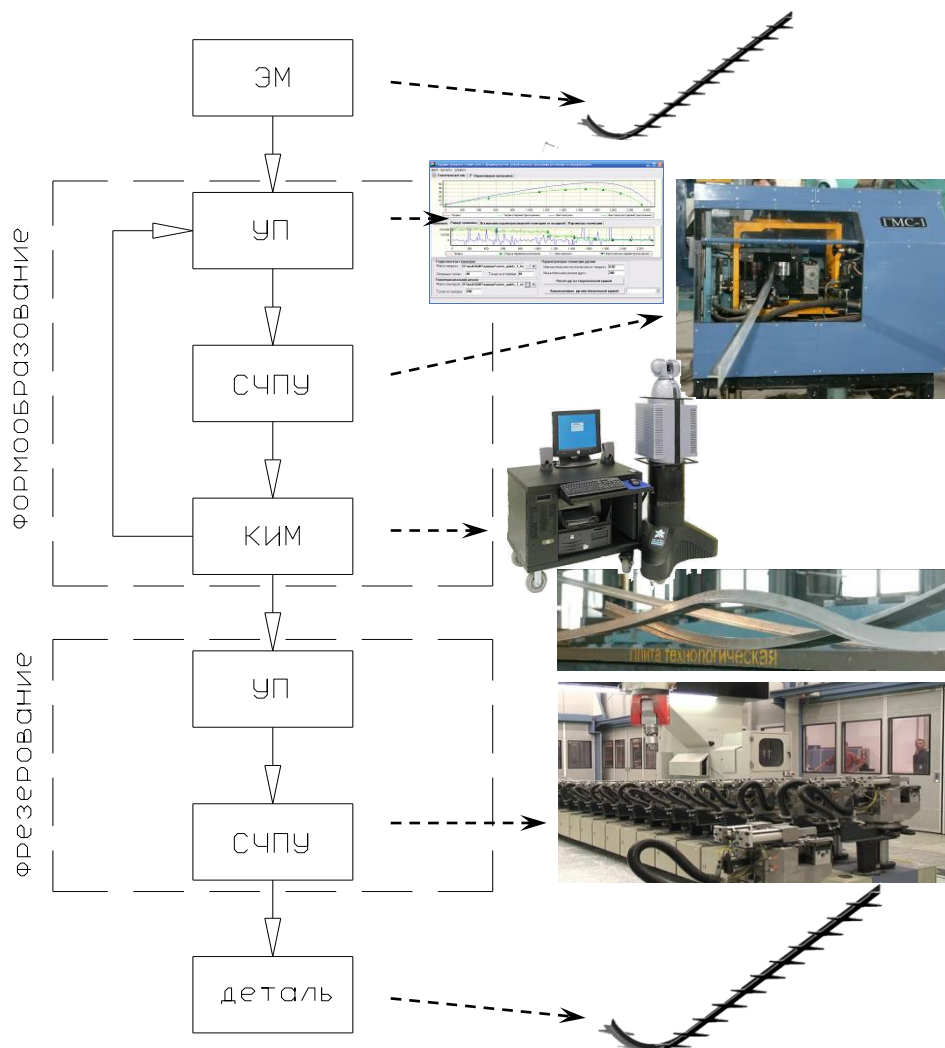
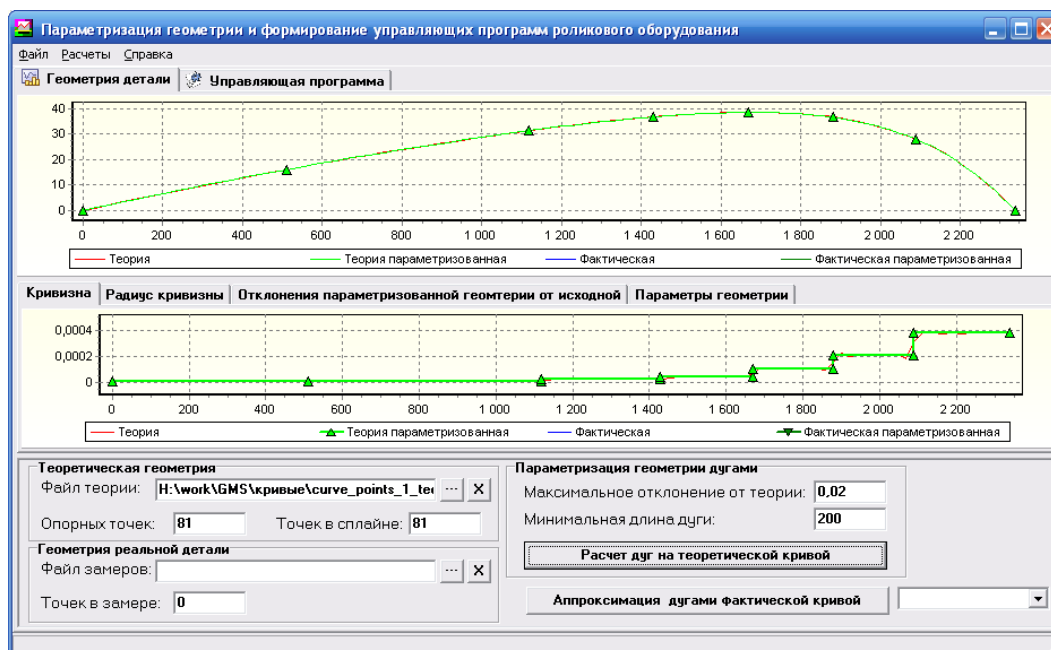
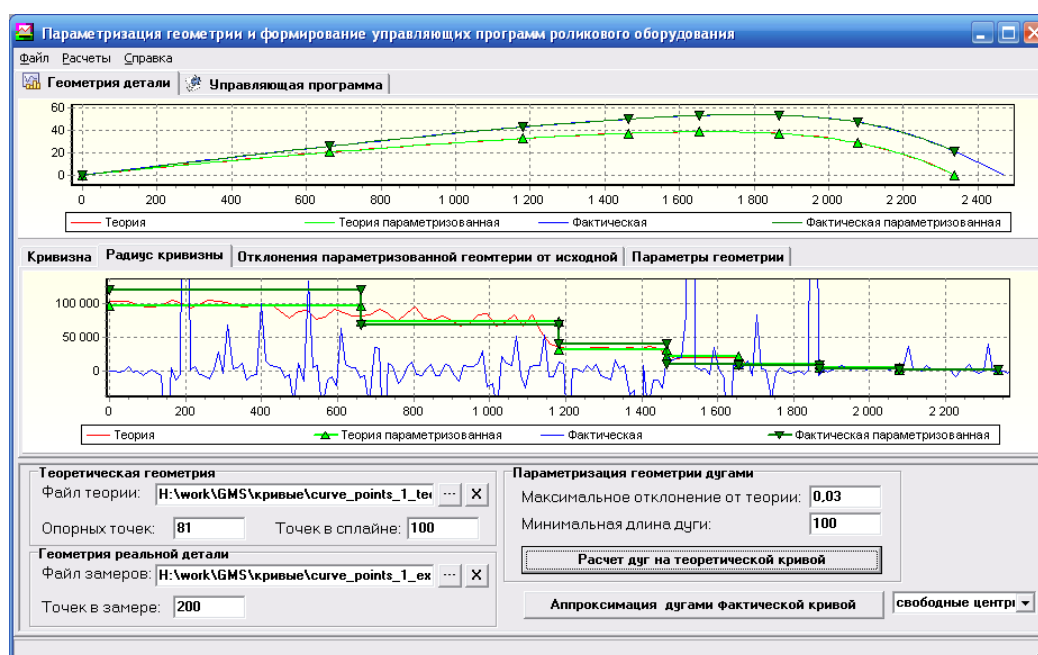


Рисунок 4. Новый техпроцесс изготовления деталей типа стрингеров.

Используя специально разработанную математическую модель аппроксимации, RollerNCGen разбивает на параметры теоретический контур детали и пересчитывает их посредством модели гибки-прокатки в УП для станка. Облако точек, полученное после сканирования формообразованного контура детали, автоматически пересчитывается в параметры и сравнивается с исходными параметрами. В RollerNCGen по результатам сравнения в автоматическом режиме производится корректировка УП.



а) параметризация теоретического контура



б) анализ отклонения кривизны реального контура от теоретического
Рисунок 5. Формы программы RollerNCGen.

Разработанный новый технологический процесс изготовления длинномерных деталей малой кривизны из прессованных профилей позволяет значительно сократить цикл подготовки производства, номенклатуру оснастки, трудоемкость доводочных работ и повысить культуру производства.

Список литературы;

1. Феоктистов С.И., Автоматизация технологической подготовки производства летательных аппаратов. / С.И. Феоктистов, Е.А. Макарова, В.И. Меркулов и др.; Под общ. ред. Е.А. Макаровой. – М.: «ЭКОМ», 2001 - 288 с.
2. Феоктистов С.И., Автоматизация проектирования технологических процессов и оснастки заготовительно-штамповочного производства авиационной промышленности. / С.И. Феоктистов. - Владивосток: Дальнаука, 2001 - 183 с.
3. Мошнин Е.Н., Гибка и правка на ротационных машинах. / Е.Н. Мошнин. - М.: Машиностроение, 1967 - 272 с.
4. Белых С.В., Станкевич А.В., Кривенок А.А., Перевалов А.А., Особенности автоматизированного изготовления стрингеров ЛА с использованием роликового оборудования, оснащенного ЧПУ // Авиационная промышленность, 2009 - № 1 - с. 30-33.
5. Белых С.В., Станкевич А.В., Кривенок А.А., Перевалов А.А., Контроль геометрии и доработка программ для ЧПУ в целях повышения точности изготовления длинномерных деталей из профилей // Авиационная промышленность, 2009 - № 2 - с. 47-50.
6. Белых С.В., Станкевич А.В., Кривенок А.А., Исследование процесса формообразования алюминиевых стрингеров несимметричного сечения из прессованных профилей самолета SSJ-100 / Прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении: сб. ст. - Вып. 3. - Ч. 2. / Комсомольск-на-Амуре: ИМиМ ДВО РАН, 2009 - с. 282-290.
7. Феоктистов С.И., Белых С.В., Станкевич А.В., Кривенок А.А., Перевалов А.А., Аппроксимация геометрии контура дугами при контроле точности изготовления деталей летательных аппаратов / Ученые записки «КнАГТУ» № I-1(1) / Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КнАГТУ», 2010 - с. 9-15.
8. Белых С.В., Станкевич А.В., Кривенок А.А. RollerNCGen / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2011610248, заявка №2010617055; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11.01.2011 г.

**Опыт использования обтяжного прессы для формообразования
деталей летательного аппарата из профилей**

Р.Ф. Крупский, А.В. Станкевич, А.А. Кривенок, С.В. Белых

Филиал ОАО "Компания "Сухой" "КнААЗ им. Ю.А. Гагарина" 681018, г. Комсомольск-на-Амуре, ул.Советская, 1
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 681013, г. Комсомольск-на-Амуре пр. Ленина, 27

Приведены результаты отработки технологии изготовления детали из прессованного профиля методом изгиба с растяжением с использованием обтяжного прессы FET-1500. приведены результаты численного моделирования процесса изготовления в программе MSC.MARC. рассмотрены вопросы определения траектории движения губок прессы в процессе формообразования.

Ключевые слова: прессованный профиль, пружинение, напряжения, MSC MARC, обтяжной пресс, моделирование, формообразование, технология

Крупский Роман Фадеевич – кандидат технических наук, начальник научно-производственного отдела филиала ОАО "Компания "Сухой" "КнААЗ им. Ю.А. Гагарина" (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681018 ул.Советская, 1; +7(4217)526385

Кривенок Антон Александрович – программист научно-производственного отдела филиала ОАО "Компания "Сухой" "КнААЗ им. Ю.А. Гагарина" (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681018 ул.Советская, 1; +7(4217)526385

Станкевич Антон Владиславович — кандидат технических наук, начальник научно-производственной лаборатории технологических процессов филиала ОАО "Компания "Сухой" "КнААЗ им. Ю.А. Гагарина" (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681018 ул.Советская, 1; +7(4217)526385

Белых Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология самолетостроения» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре); 681013 пр. Ленина, 27; +79141795213. E-mail: belykhsv@knastu.ru

Формообразование прессованных профилей методом гибки с растяжением традиционно выполняется с помощью профилегибочно-растяжных станков типа ПГР (рисунок 1). Такой процесс обеспечивает формирование изогнутых профильных заготовок с минимальным уровнем остаточных напряжений, а следовательно с минимальным пружинением, обеспечивающим необходимую точность формообразуемой детали. В условиях отсутствия оборудования, способного развивать необходимые усилия для формообразования профильных заготовок большого сечения, опробована возможность реализации процесса формообразования на листовом прессе поперечной обтяжки FET-1500 (рисунок 2).

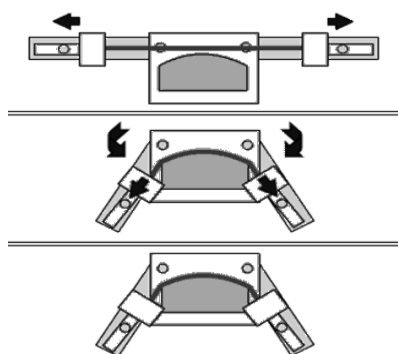


Рисунок 1 – Стадии процесса обтяжки профиля на ПГР



Рисунок 2 – Обтяжной пресс FET-1500

Конструкция губок пресса FET-1500 не предусматривает возможности закрепления в них заготовок из профилей, в связи с чем были спроектированы и изготовлены специальные приспособления (рисунок 3).

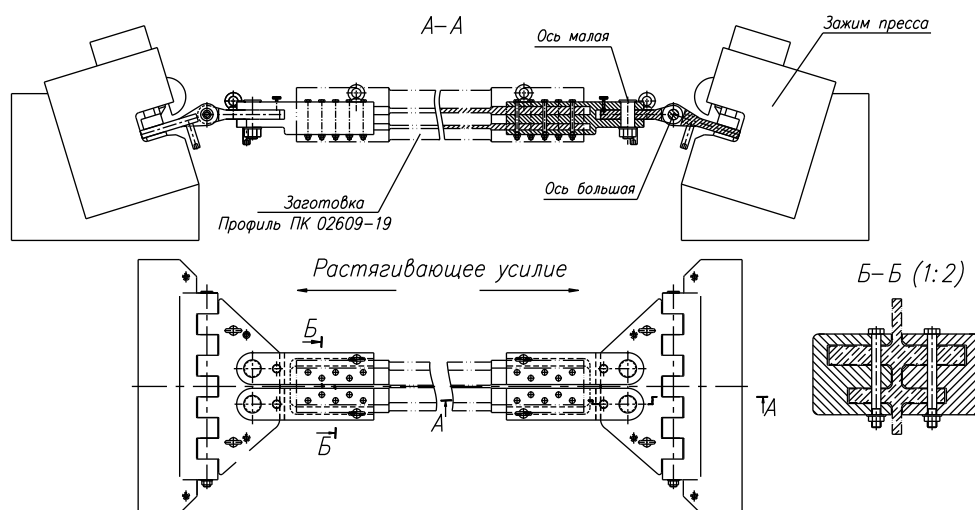


Рисунок 3 – Приспособление для закрепления заготовки профиля в зажимах пресса FET-1500

При пластическом растяжении профильной заготовки неизбежно искажение поперечного сечения заготовки, за счет утяжки растягиваемого материала и за счет потери устойчивости конструктивных элементов сечения профиля. Однако эти негативные явления можно предсказать с помощью моделирования процесса и, следовательно, их учесть. Величина утяжки и пружинение заготовки зависит от программы нагружения, по которой ведется процесс формообразования. Таким образом, технологический процесс гибки с растяжением профильных заготовок заключается в реализации программы нагружения. Программа нагружения пересчитывается в перемещения рабочих органов машины и управляется системой ЧПУ.

Расчет управляющих программ для прессы осуществляется программой S3F-FET, которая предназначена для листовых заготовок. Поэтому, для определения напряженно-деформированного состояния профильной заготовки, использовался конечно-элементный пакет MSC.Marc. По теоретическому контуру пуансона, с учетом смещения шарнира от теории контакта с заготовкой и заданным режимом растяжения рассчитываем траекторию движения зажимов. На рисунке 4 представлены теоретический контур пуансона в декартовой системе координат прессы и траектории обтяжки с максимальным растяжением 1.5%.

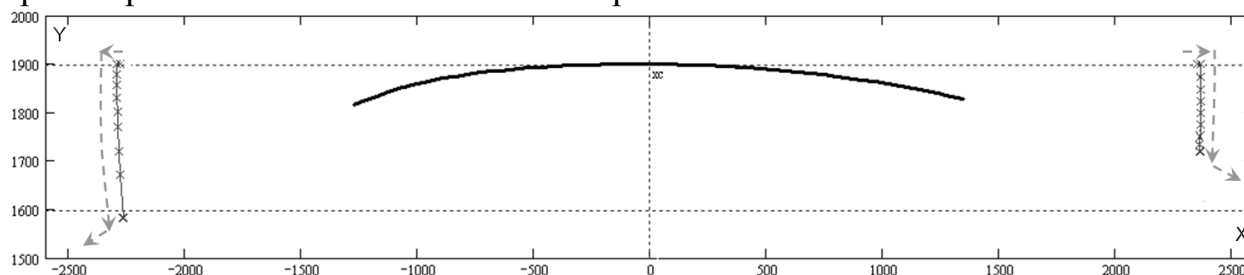


Рисунок 4 – Теоретический контур пуансона и рассчитанные траектории движения зажимов

Конечно-элементное моделирование процесса формообразования закаленной заготовки из сплава B950чT2 показало полное прилегание заготовки к пуансону, что говорит о точности рассчитанных траекторий движения шарниров крепления (рисунок 5). После разгрузки заготовка имеет незначительное пружинение.

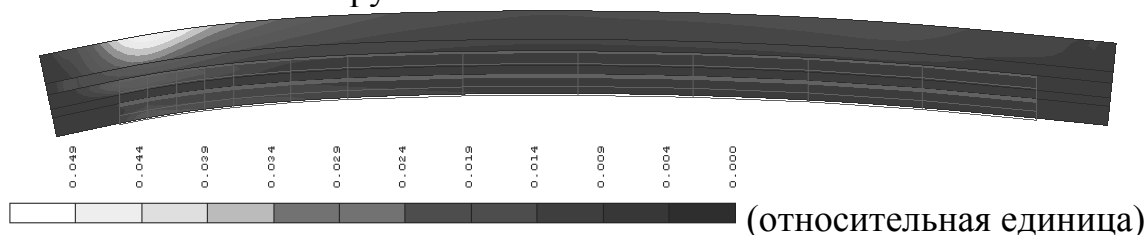


Рисунок 5 – Распределение по заготовке эквивалентных пластических деформаций

Для реализации процесса формообразования на прессе FET-1500 необходимо рассчитать управляющую программу для ЧПУ по координатам движения шарниров крепления. Программное обеспечение S3F-FET, поставляемое к данному оборудованию (управление прессом и расчет для него управляющих программ), предоставляет информацию только о параметрах рабочих элементов пресса, что не достаточно для определения траектории движения зажима. В связи с этим потребовалось разработать инструмент для перевода координат шарнира крепления в параметры рабочих элементов пресса и наоборот – параметры в координаты.

Для решения этой задачи провели анализ кинематики пресса FET-1500, (рисунок 6). По результатам проведенного анализа рабочих узлов пресса, мест крепления шарниров выявлены переменные и постоянные параметры.

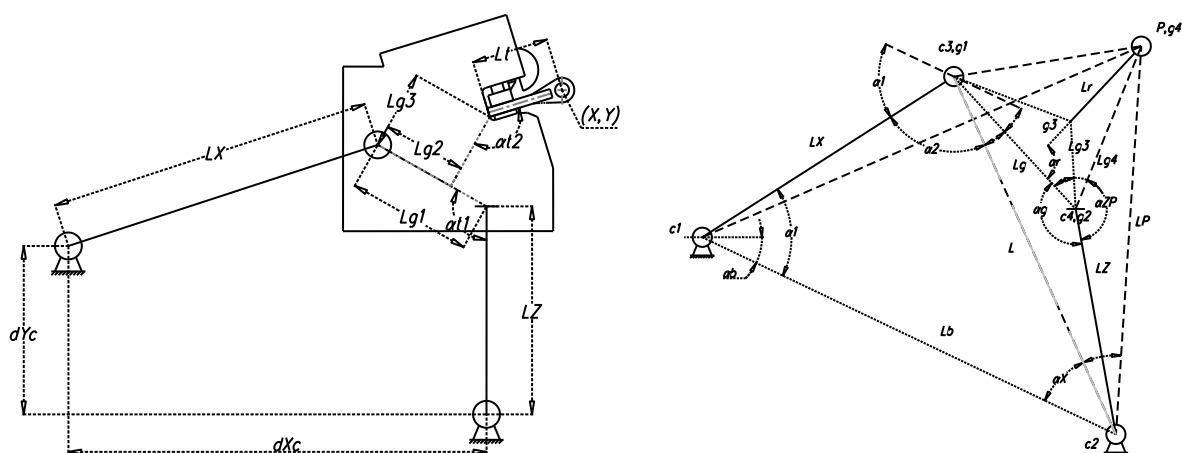


Рисунок 6 – Кинематическая и математическая модели пресса FET-1500 с креплением

В разработанной математической модели определены функции расчета координат шарнира в декартовой системе координат пресса по заданным размерам его цилиндров:

LX , LZ – длина горизонтального и вертикального цилиндров соответственно;

ag – константный угол между вертикальным цилиндром и осью зажима ($c3, c4, c2$);

$c1$, $c2$ – центры шарниров к которым крепятся горизонтальный и вертикальный цилиндры (рисунок 6);

G – набор узлов зажима и крепления для левого $\{g1L, g2L, g3L, g4L\}$ и симметричного ему правого $\{g1R, g2R, g3R, g4R\}$ (далее $\{g1, g2, g3, g4\}$) (рисунок 7).

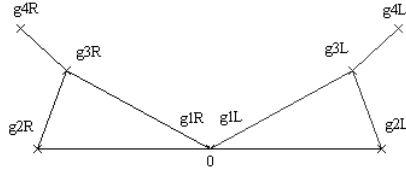


Рисунок 7 – Геометрия зажимов по узлам в собственной координатной системе

Для определения координат шарнира крепления (узел g4) нужно выполнить поворот набора узловых точек G вокруг 0 и сместить к узлу $c3$ (крепление горизонтального цилиндра $c1, c3$ к узлу зажима $g1$).

$$G' = c3 + \begin{pmatrix} G_x \cdot \cos(a) - G_y \cdot \sin(a) \\ G_x \cdot \sin(a) + G_y \cdot \cos(a) \end{pmatrix}$$

Начальное значение набора узлов G находится в собственной координатной системе (рисунок 7) с началом координат в узле $g1$. В свою очередь узел $c3$ вращается вокруг стационарного узла $c1$ и зависит от длины горизонтального цилиндра LX и его наклона.

$$c3 = c1 + LX \cdot \begin{pmatrix} \cos(as + (al + ab) \cdot sign) \\ \sin(as + (al + ab) \cdot sign) \end{pmatrix}$$

Углы поворота определяются по следующим зависимостям:

$a = sign \cdot (ab - at)$ – угол наклона зажима;

знак направления вращения $sign$ и угол as – зависят от того для какого зажима (правого или левого) применяется функция. Если узел $c2$ находится левее $c1$ (правый зажим) то $sign = -1$ и $as = -\pi$, иначе для левого зажима

$sign = +1$ и $as = 0$;

ab – угол наклона Lb относительно оси абсцисс прессы;

at – постоянный угол, под которым находится зажим G относительно узлов $c1$ и $c2$;

al – угол между прямыми LX и Lb ;

L – расстояние между узлами $c2$ и $c3$;

$$ab = \arcsin\left(\frac{c2_y - c1_y}{Lb}\right)$$

$$at = \pi - al - \arccos\left(\frac{Lb^2 - LX^2 - L^2}{-2 \cdot LX \cdot L}\right) - \arccos\left(\frac{LZ^2 - L^2 - Lg^2}{-2 \cdot L \cdot Lg}\right)$$

$$al = \arccos\left(\frac{L^2 - LX^2 - Lb^2}{-2 \cdot LX \cdot Lb}\right) \quad L = \sqrt{LZ^2 + Lg^2 - 2 \cdot LZ \cdot Lg \cdot \cos(ag)}$$

$Lb = |c1 c2|$ и $Lg = |g1 g2|$ – расстояния между соответствующими узлами.

Вычислить размеры цилиндров пресса LX и LZ по заданной точке крепления P в декартовой системе координат пресса с известными параметрами $G, ag, c1, c2$ можно используя следующие формулы:

$$LX = \sqrt{Lb^2 + L^2 - 2 \cdot Lb \cdot L \cdot \cos(aX)},$$

$$LZ = Lg4 \cdot \cos(aZP) + \sqrt{(Lg4 \cdot \cos(aZP))^2 + LP^2 - Lg4^2}$$

где aX – угол в узле $c2$ противолежащий прямой LX , определяется как разность углов $\angle c1c2P$ и $\angle c3c2P$ (рисунок 6);

aZP – угол в узле $c4$ противолежащий прямой LP ;

$$aX = \arccos\left(\frac{|c1 P|^2 - LP^2 - Lb^2}{-2 \cdot LP \cdot Lb}\right) - \arccos\left(\frac{|g1 g4|^2 - LP^2 - L^2}{-2 \cdot LP \cdot L}\right)$$

$$aZP = 2\pi - ag - \arccos\left(\frac{|g1 g3|^2 - Lg^2 - Lg3^2}{-2 \cdot Lg \cdot Lg3}\right) - \arccos\left(\frac{Lr^2 - Lg3^2 - Lg4^2}{-2 \cdot Lg3 \cdot Lg4}\right)$$

$$LP = |c2 P|, Lg = |g1 g2|, Lr = |g3 g4|, Lg3 = |g2 g3|, Lg4 = |g2 g4|$$

В связи с тем, что параметры, задаваемые в ЧПУ пресса, не являются длинами цилиндров, необходима функция расчета параметров цилиндров по его длине

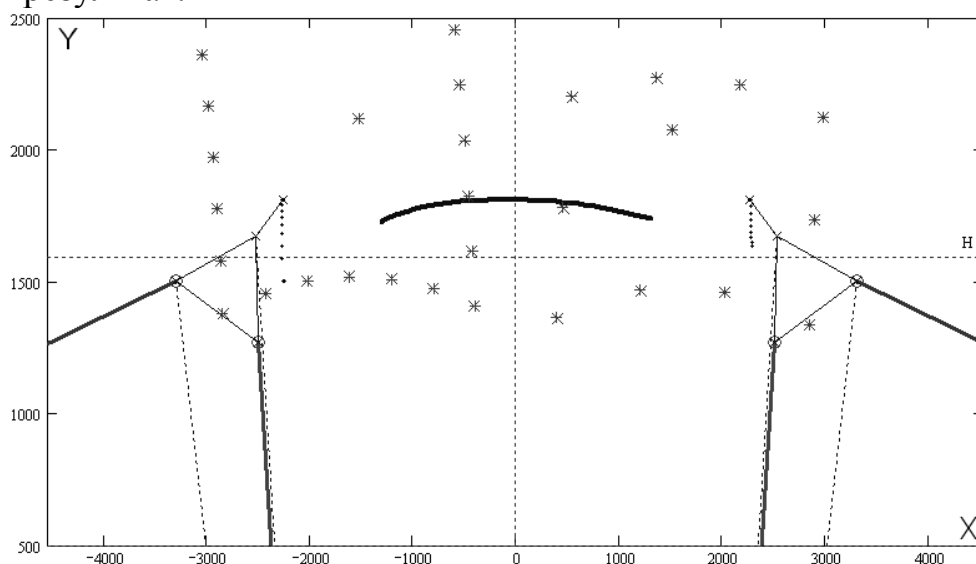
$$fp(t, k) = L1 \cdot k + L2 - t$$

где t – аргумент функций являются длиной цилиндров (LX или LZ);

$L2$ – длина внутреннего цилиндра (диапазон изменения длины);

$L1$ – длина внешнего цилиндра (минимальная длина поршня);

k – поправочный коэффициент для внешнего цилиндра который, в связи с отсутствием точных реальных размеров, позволит дать более точный результат.



+ – точки с показаний лазерного трекера,

x – точки, рассчитанные с учетом поправочных коэффициентов

• – точки рассчитанной траектории движения зажимов

Рисунок 8 – Исследование точности пресса FET-1500

В связи с тем, что оборудование имеет некоторые погрешности и отклонения от теоретических размеров, потребовалось уточнение результатов перемещений. Для этого были введены поправочные коэффициенты, которые определялись по результатам проведенных замеров выполненных с помощью лазерного трекера (рисунок 8).

Определение системы координат произведено по плоскости стола пресса и осевой линии проходящей через его нулевую точку. На шарнире крепления профиля был установлен отражатель. Координаты снимались между крайними положениями цилиндров станка в нескольких равноудаленных точках. На основании проведенных замеров рассчитаны поправочные коэффициенты для математической модели. Поправочные коэффициенты вводились для следующих параметров:

- исходные координаты опорных шарниров $c1, c2$ для левых и правых цилиндров;
- минимальные длины вертикальных и горизонтальных цилиндров (используется при пересчёте длины цилиндра в параметры для ЧПУ).

При поиске поправочных коэффициентов решалось уравнение для каждого замера:

$$ParamToPnt \left[fpX(xl, Kx), fpZ(zl, Kz), \begin{pmatrix} c1_x \cdot K1_x \\ c1_y \cdot K1_y \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} c2_x \cdot K2_x \\ c2_y \cdot K2_y \end{pmatrix} \right] = P$$

где $fpX(xl, Kx)$ и $fpZ(zl, Kz)$ – функции $fp(t, k)$ при $L1$ и $L2$ для горизонтального и вертикального цилиндров соответственно;

P – точка замера (реальное положение шарнира крепления);

$c1, c2$ – узлы крепления цилиндров.

Полученные коэффициенты усреднили. В результате чего разброс позиционирования в декартовой системе пресса при его точности ± 3 мм составил: для левого зажима по оси Ox $-1,8 \dots 1,5$ мм, по Oy $-0,2 \dots 0,3$ мм; для правого зажима по оси Ox $-0,8 \dots 1,2$ мм, по Oy $-1 \dots 0,6$ мм.

На основании разработанной математической модели в целях автоматизации процесса подготовки управляющих программ для пресса FET-1500 разработали программу, которая выполняет расчет управляющих параметров и координат шарнира с учетом геометрических параметров пресса и крепления (рисунок 10).

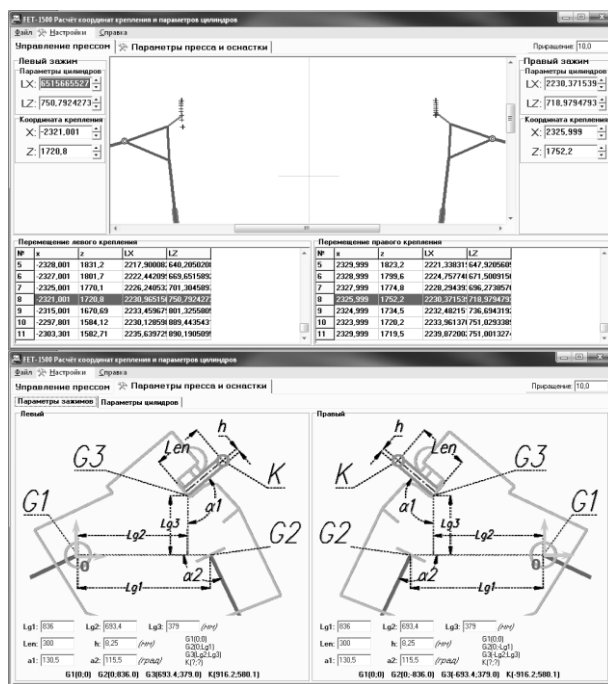


Рисунок 10 – Интерфейс программы расчета управляющих программ для ЧПУ FET-1500

Для проверки точности деформирования после закалки профиля на верхней и нижней его поверхности через трафарет были нанесены линии для замера деформации. Затем профиль был установлен в оснастку, зажат в губки пресса и выставлен в начальную позицию. По рассчитанной управляющей программе произвели формообразование заготовки. После чего измерили деформации профиля и сравнили их с расчетными (рисунки 11 и 12). Уровни расчетных и экспериментальных деформаций имеют схожую локализацию и значения.

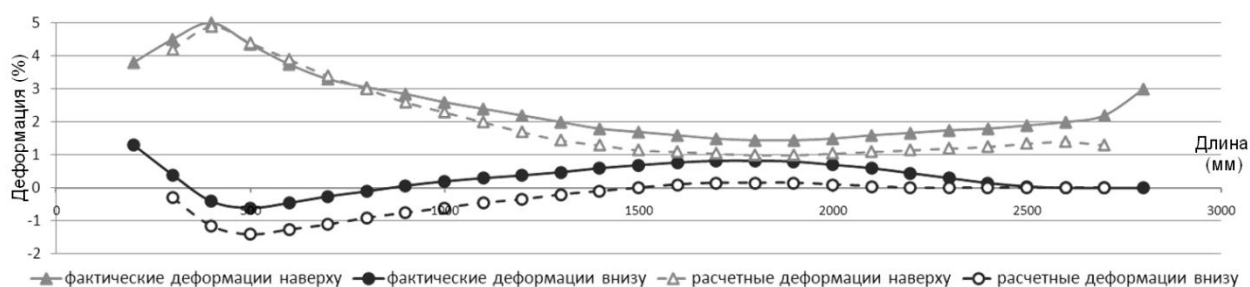


Рисунок 11 – Распределения пластической деформации по длине заготовки

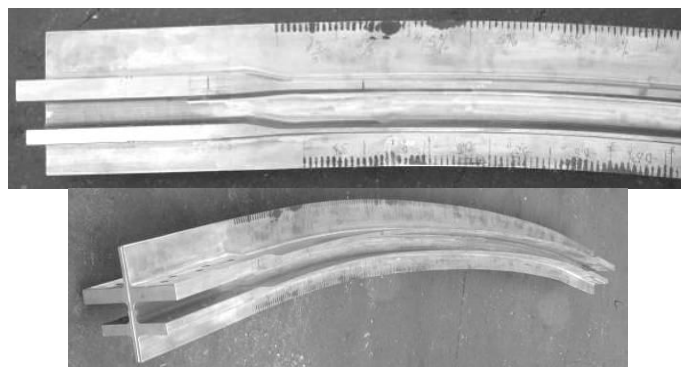


Рисунок 12 – Формообразованный профиль

Процесс обтяжки профиля, смоделированный численно, в целом практически был повторен на прессе FET-1500. Небольшие различия в результатах эксперимента и расчёта обусловлены люфтами оснастки, погрешностями позиционирования пуансона и установки заготовки на пресс, а также упрощением численной модели (в расчетах не учитывалось трение). В целом полученная деталь удовлетворяет всем предъявляемым требованиям. Проведённая работа на практике показала возможность применения листовых обтяжных прессов для формообразования профильных заготовок, были разработаны инструменты и рекомендации для реализации предложенного технологического процесса.

Список используемой литературы

1. Феоктистов, С.И. Автоматизация технологической подготовки производства летательных аппаратов / С.И. Феоктистов, Е.А. Макарова, В.И. Меркулов и др.; Под общ. ред. Е.А. Макаровой. – М.: ЭКОМ, 2001. – 288 с.
2. Выгодский М.Я., Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – М.: Наука, 1965. – 872 с.
3. Белых С.В., Станкевич А.В., Кривенок А.А., Перевалов А.А., Особенности автоматизированного изготовления стрингеров ЛА с использованием роликового оборудования, оснащенного ЧПУ // Авиационная промышленность, 2009 - № 1 - с. 30-33.

УДК 658.562

**Анализ видов, методов и задач подтверждения соответствия
программно-математического обеспечения
изделий авиакосмической техники**

А.В. Черняев, М.И. Шевченко.

«МАТИ - Российский государственный технологический университет
имени К.Э. Циолковского»,
121552, г. Москва, ул. Оршанская, 3.

Выполнен анализ современного состояния проблемы подтверждения соответствия программно-математического обеспечения изделий авиакосмической техники. Показана структура и содержание программы и плана сертификации цифрового бортового оборудования. С позиций безопасности полета сформулированы категории критичности функций ПМО. Синтезированы основные этапы и циклы разработки и проверки программно-математического обеспечения.

Ключевые слова: подтверждение соответствия, программно-математическое обеспечение, план сертификации, критичность функций, логическая часть программы, вычислительная часть программы, гарантирование качества программы, объединение блоков программы, испытание программы.

Черняев Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры "Промышленная экология и безопасность производства", тел: 84991419415, e-mail: alex_v_ch@bk.ru

Шевченко Михаил Игоревич, начальник отдела, тел.: 89057100080, e-mail: mick63f@gmail.com

В условиях современной рыночной экономики подтверждение соответствия является одним из немногих средств, позволяющих гарантировать соответствие изделий авиакосмической техники (АКТ) современным требованиям, зафиксированным в тактико-технических требованиях (ТТТ), технических условиях (ТУ), нормах летной годности самолета (НЛГС-3) и другой нормативной документации. Ее идеология, практические процедуры и рекомендации заложены в серии соответствующих международных и, разработанных на их основе, отечественных стандартов.

Современные изделия АКТ являются высоко компьютеризированными объектами, что обусловлено постоянным

увеличением их сложности и наукоемкости. Вследствие неизменного роста многообразия и ответственности выполняемых программами функций резко возросла необходимость гарантирования высокого качества программно-математического обеспечения (ПМО), регламентирования и корректного формирования требований к характеристикам качества реальных программных продуктов и их достоверного определения.

Поскольку основным аспектом создания целевого программного продукта для конкретного применения изделия авиакосмической техники (АКТ) обычно является объединение новых и имеющихся программных продуктов, разработанных в рамках других аналогичных проектов, контроль разработки программ должен проводиться на этапах проверки конфигурации и анализа тестирования первого уровня (готовность к эксплуатации). Обеспечение качества программных продуктов для наземного испытательного оборудования должно быть нацелено на разработку системной архитектуры, которая реализует все требования технических условий на программные/аппаратные продукты. Все программные элементы и все аппаратные узлы оборудования должны быть проверены согласно алгоритму интеграции на соответствие конфигурации и подвергнуты тестированию.

За рубежом, и в первую очередь в США, накоплен значительный опыт сертификации цифрового бортового оборудования летательных аппаратов, представляющий значительный интерес для отечественных специалистов. Наиболее полно принципы сертификации авиакосмического бортового оборудования изложены в документах Радиотехнической Комиссии США по аэронавтике (РТКА). Временный специализированный комитет, учрежденный исполкомом РТКА, пришел к заключению, что хотя стандарты РТКА и стандартизированные технические требования Федерального авиационного управления (ФАА) и охватывают в достаточной степени сертификационные требования и характеристики выполняемых функций, однако необходимо дополнительное руководство относительно требований к программно-математическому обеспечению (ПМО). РТКА образовал специальный комитет, целью которого является разработка и оформление в виде документа практических методов, помогающих сертифицировать оборудование и системы, основанные на использовании программно-математического обеспечения.

Круг полномочий комитета включает в себя следующие вопросы:

- разработку плана проверки и демонстрации качества программно-математического обеспечения;
- разработку классификации требований при демонстрации качества программно-математического обеспечения по категориям, определяемым критичностью систем при выполнении полета;

- разработку информационного и конструктивного материала по программно-математическому обеспечению авиакосмического оборудования;

- выдачу рекомендаций относительно изменений существующих стандартов, необходимых для учета особенности применения цифровой техники;

- координацию деятельности с деятельностью других организаций.

Предполагается, что любая программа сертификации цифрового бортового оборудования или системы будет выполняться в соответствии с планом, подготовленным соискателем свидетельства о летной годности летательного аппарата и утвержденным полномочным государственным органом, регулирующим авиакосмическую деятельность.

План должен охватывать:

- категорию критичности, применительно к которой должны быть сертифицированы оборудование или система;

- существо сертификации (сертификация типа, соответствие стандартизированным техническим требованиям и пр.);

- программы разработки, испытаний, сопровождения и гарантии качества программно-математического обеспечения;

- разделы нормативных документов, на соответствие которым будет проводиться сертификация;

- специальные условия;

- документацию, необходимую для сертификации.

Критерии, используемые при сертификации цифрового оборудования и систем, основаны на значимости функций, выполняемых этим оборудованием или системами для безопасности полета. Ключевое значение при этом имеет влияние, оказываемое неисправностью или утратой функции, на безопасность. Используют следующие *категории критичности функций*:

- *критическая*: к ней относятся функции, для которых возникновение любой опасной ситуации или проявление ошибки исключает безопасное продолжение полета и выполнение посадки;

- *важная*: к ней относятся функции, для которых возникновение любой отказной ситуации или ошибки снижает возможности летательного аппарата и уменьшает способность экипажа справиться с неблагоприятными условиями полета;

- *неважная*: к ней относятся функции, для которых отказы или ошибки не приводят к значительному ухудшению возможностей летательного аппарата или экипажа.

Классификация каждой функции осуществляется с использованием описания проекта, анализа, моделирования, метода аналогий, наземных и летных испытаний и пр. Правильность выбора категории критичности

подтверждается полномочным Органом при разработке плана сертификации.

Для обеспечения гармонизации принципов и подходов к сертификации ПМО цифрового оборудования с международными представляется весьма актуальной разработка общего подхода, методики и алгоритмов сертификации программно-математического обеспечения с учетом трех разновидностей сертификации: сертификация типа, дополнительная сертификация типа, сертификация на соответствие стандартизированным требованиям ФАА.

При этом в качестве первого шага в цикле разработки математического обеспечения должно являться *формулирование требований* к нему, которые определяют функции, реализуемые системой. Они могут касаться:

- функций, выполняемых программно-математическим обеспечением;
- степени критичности функций;
- взаимодействия аппаратуры и ПМО;
- характеристики используемого процессора;
- требований к временным характеристикам;
- требований к встроенному тест-контролю и непрерывному контролю;
- ухудшения характеристики и/или утраты функций в ситуациях отказа;
- требований к проверке.

Для гарантии полного учета и понимания требований к системе необходимо проведение соответствующего этапа поверочных работ, в процессе которого сопоставляются требования к программно-математическому обеспечению и требования к системе. Данная поверочная операция должна выполняться с целью:

- проверки совместимости разделения аппаратуры и программно-математического обеспечения на независимые части с методами и средствами организации взаимодействия этих частей;
- проверки совместимости требований к системе с требованиями к программно-математическому обеспечению;
- проверки того, что требования к системе, трансформированные в требования к реализации программно-математического обеспечения, исчерпывающим образом сформированы в основной документации на программно-математическое обеспечение.

При наличии полных требований к программно-математическому обеспечению с использованием соответствующих руководств, должна разрабатываться подробная проектная документация на программно-математическое обеспечение, в том числе, план испытаний.

Следует заметить, что в составленной *программе разработки* программно-математического обеспечения важное значение имеет

установление такого порядка проектирования, который позволяет получить программно-математическое обеспечение, поддающееся проверке и понятное не только его создателям. Этот порядок должен быть документально оформлен. Одним из возможных методов проектирования является ограничение функций, реализуемых с помощью разделения в пределах отдельных блоков программы (принцип разделения математического обеспечения). Особое внимание следует уделять совместимости метода разделения и средств организации совместной работы отдельных блоков.

Для проверки полноты и качества проекта выполняется *анализ его соответствия требованиям*. Целью этой проверки является установление правильности воплощения в проектной документации требований к программно-математическому обеспечению, соблюдение стандартов на проектирование, гарантии того, что алгоритмы правильно представляют техническую идею, являются точными и устойчивыми.

Целью проверки логической части программы должно являться обнаружение и устранение ошибок программирования, связанных с возможностью ненормального хода программы, а именно:

- остановом или заикливанием;
- принятием неправильных логических решений;
- отсутствием логических операций с определенными комбинациями входных данных;
- отсутствием логических операций с пропуском входных данных.

Целью проверки вычислительной части программы должно являться обнаружение и устранение ошибок в последовательности вычислений, их выполнении, точности, синхронизации, а также в правильности установки числовых алгоритмов в исходное положение для данных:

- находящихся в пределах технических условий;
- выходящих за эти пределы;
- граничных;
- особых,
- при вычислениях с фиксированной запятой и для используемых единиц измерения физических величин, а также в случае нежелательных режимов работы контуров с обратными связями.

После проверки блоков программы должна выполняться *проверка правильности объединения блоков программы* для показа правильности взаимодействия при выполнении заданных функций функционально связанных блоков программы. Эта проверка вовлекает дополнительные аппаратные ресурсы, способствующие объединению модулей (периферийные устройства и память).

В ходе данных испытаний необходимо проверить:

- связи между блоками (связь между блоками данных и управляющей логикой программы; порядок, вид и количество аргументов при

обращениях к подпрограммам; отсутствие ложных выходов или нежелательных изменений в базе данных общего пользования);

- заданную последовательность событий (выставка и повторная выставка общих управляющих флажков; выставка переменных в исходное положение);

- возобновление вычислений при прерываниях;

- возможность нежелательных режимов работы контуров с обратными связями;

- разделение функций, имеющих различные категории критичности.

В конечном итоге проводится проверка совместной работы аппаратуры и математического обеспечения с использованием:

- моделирования в реальном масштабе времени;

- контроля степени использования центрального процессора;

- анализа отказных режимов работы (сбои, переходные процессы и отказы в аппаратуре);

- введения в аппаратуру отказов;

- введения максимальных расчетных ограничений.

Проверка совместного функционирования программного и аппаратного обеспечения должна включать:

- проверку в реальном масштабе времени функционирования общей программы, реализованной в реальном вычислителе или с использованием реальных устройств сопряжения;

- демонстрацию того, что данная комбинация аппаратуры и программного обеспечения в эксплуатационных условиях отвечает требованиям к математическому обеспечению.

После завершения всех проверок на соответствие предъявляемым требованиям необходимо провести *испытания для санкционирования эксплуатационной пригодности системы*, которые должны охватывать:

- демонстрацию соответствия требованиям на систему в эксплуатационных условиях и при имитации изменения характеристик летательного аппарата в допустимых пределах;

- демонстрацию соответствия системы предъявляемым требованиям в специфических условиях окружающей среды (например, при электромагнитных помехах, переходных процессах и перерывах в электропитании и т.д.);

- летные испытания.

В испытаниях с целью проверки совместной работы, проводимых как часть испытаний для санкционирования эксплуатационной пригодности, должны быть выявлены ошибки в математическом обеспечении следующих видов:

- неправильная реализация протоколов связей между элементами системы;

- непредвиденная неустойчивость контуров, замыкаемых между элементами системы;

- неспособность математического обеспечения одного из элементов системы правильно функционировать при отказе другого элемента.

Требования пользователя изменить функциональные возможности системы и обнаруженные в процессе эксплуатации ошибки проектирования приводят к необходимости послесертификационных изменений программно-математического обеспечения.

Список использованной литературы

1. Александровская Л.Н., Аронов И.З., Шолом А.М. Сертификация сложных технических систем. – М.: ЛОГОС, 2001. -312 с.

2. Липаев В.В. Качество программных средств. – М.: «Янус-К», 2002. - 175 с.

Влияния нелинейности диссипативных сил на динамические характеристики ракеты – носителя

А.И. Селиверстов, И.В. Шевченко

«МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского,
121552, г. Москва, ул. Оршанская, 3.

Приведены результаты экспериментального исследования динамических характеристик конструкции ракеты-носителя. Показано влияние зазоров и люфтов в узлах крепления элементов на характер колебаний и смещению собственных частот всей системы.

Ключевые слова: *динамические характеристики, колебания, линейная модель, люфт, смещение, собственная частота.*

Селиверстов Александр Иванович, соискатель кафедры «Технология производства летательных аппаратов», тел.: 84991419474, e-mail tpla@mati.ru

Шевченко Игорь Владимирович, заведующий кафедрой «Механика машин и механизмов», тел.: 89039615475, e-mail mmm@mati.ru

Наличие нелинейностей в конструкции приводит к существенным трудностям при анализе ее динамических характеристик. Поэтому создаются линейные модели, адекватно отражающие ее динамические свойства. При этом важно иметь надежные критерии того, является ли данная система линейной, или при анализе ее динамических характеристик обязательно необходимо учитывать ее нелинейные свойства. Таким критерием может служить вид колебаний, присущих данной конструкции. Для линейных систем характерны гармонические колебания. Любая реальная система в той или иной степени является нелинейной. Вопрос состоит только в том, насколько используемая линейная модель адекватно отражает свойства реальной системы.

Для изделий ракетно-космической техники особое значение имеют люфты и зазоры в местах контактов, оказывающие влияние на логарифмические декременты и амплитуды колебаний. Наличие нелинейности в узлах обуславливает нелинейные свойства всех характеристик системы: диссипативных свойств, частотных свойств и т.д. Это приводит к колебаниям, характер которых отличается от гармонических, и смещению собственных частот системы.

При экспериментальном исследовании динамических характеристик бокового блока ракеты-носителя (РН) «Ангара А5» была выявлена нелинейность в узле связи макета двигателя.

Для проведения натурных испытаний боковой блок РН «Ангара А5» (сборка В-4) был закреплен на силовой стене испытательного бокса ЦНИИмаш (рис.1). Целью исследований являлось определение собственных частот сборки, форм и декрементов колебаний. Частотные испытания выполнялись по специальной методике при гармоническом возбуждении изделия с применением навесных электродинамических вибраторов.

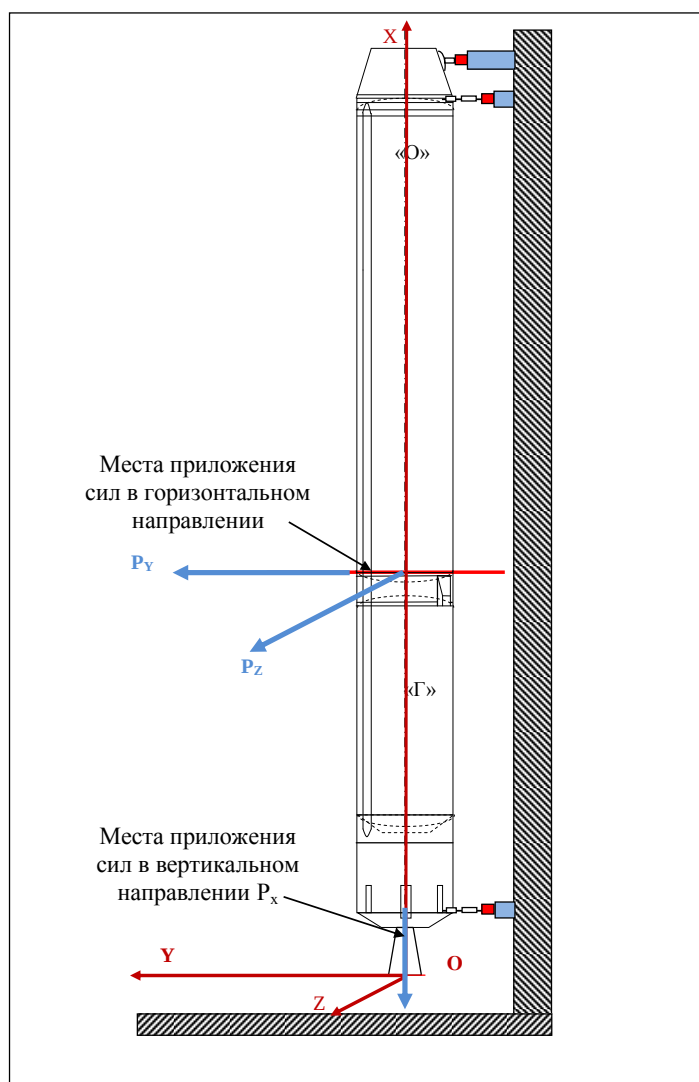


Рис. 1.

В процессе испытаний замерялись динамические характеристики макета двигателя. Были произведены записи колебаний среза сопла двигателя в направлениях осей Y и Z (ось Y была направлена перпендикулярно силовой стене, ось Z – параллельно, ось X направлена вверх по оси сборки) при исходном состоянии двигателя. Был обнаружен

нелинейный характер колебаний сопла, при этом наблюдалась частота, равная 7,8 Гц, в то время как расчетная частота колебаний двигателя равна 11,6 Гц.

На рис. 2 показана запись колебаний среза сопла двигателя в направлении оси Z при исходном состоянии двигателя. Виден нелинейный характер колебаний сопла. В направлении оси Z колебания менее демпфированы, а частота равна 7,6 Гц.

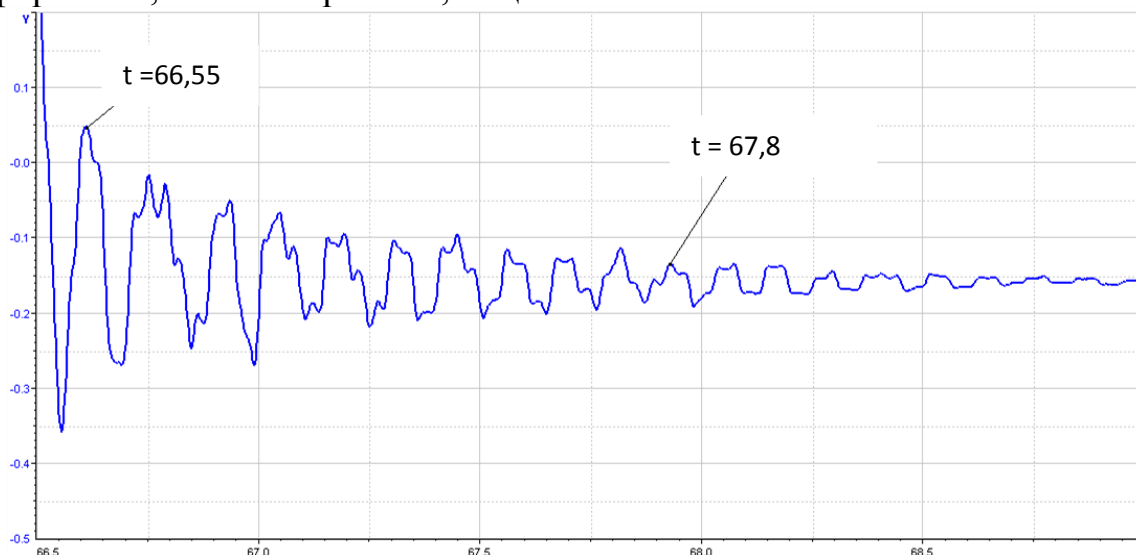


Рис. 2. Колебаний сопла двигателя в направлении оси Z

Таким образом, в процессе проведения испытаний сборки В-4 был выявлен нелинейный характер колебания макета двигателя.

Анализ проведенных замеров показал, что установленные на макете двигателя детали в местах крепления приводов для поворота двигателя, имеют зазоры. Был замерен люфт сопла. В направлении оси Y он оказался равным 2,24 мм, а в направлении оси Z - 1,88 мм. Это приводит к существенным нелинейным динамическим характеристикам макета двигателя и снижению его собственных частот колебаний.

Перед дальнейшим продолжением испытаний было принято решение о доработке шарниров, с целью уменьшения влияния люфтов. Для этого были установлены шайбы под головки болтов, а под гайки подложены контрящие шайбы. После затяжки гаек было обеспечено поджатие проушин, которое позволило силами трения зашунтировать существующие люфты. После доработки двигателя величина люфта среза сопла по оси Y составила 0,858 мм.

Испытания после доработки двигателя показали, что вместо нелинейных колебаний, которая имела конструкция ранее (рис. 2), колебания приобретают вид, близкий к затухающим гармоническим.

На рис. 3 показаны колебания сопла двигателя после доработки в направлении оси Y.

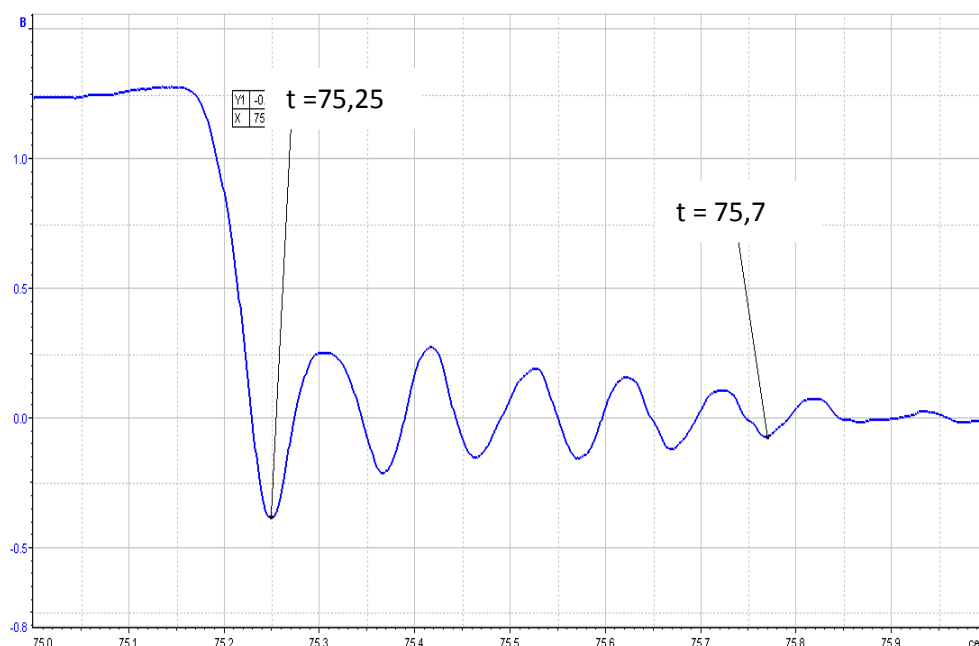


Рис. 3. Колебания сопла двигателя в направлении оси Y после зажатия нижних шарниров

Спектр колебаний двигателя в направлении осей Y и Z после доработки двигателя показаны на рис. 4. Спектры были построены по показаниям датчика ускорений, расположенного на срезе сопла. Частоты ниже 10 Гц не проявляются. Следует отметить, что нижняя расчетная частота колебаний двигателя равна 11,6 Гц. Она была рассчитана без учета влияния люфтов в шарнирах двигателя. Устранение выявленной нелинейности восстановило линейность всей системы и позволило получить экспериментальные частоты, близкие к расчетным.

Влияние двигателя в исходном состоянии и в доработанном на колебания изделия оценивалось при колебаниях изделия по оси Y при максимальной заправке его водой. Наблюдалось различие в фазовых характеристиках. В исходном состоянии двигатель раньше начинал колебаться в пределах зазора, что затрудняло определение форм колебаний.

В наибольшей степени доработка крепления двигателя сказалась на результаты испытания сухого изделия. В качестве примера, на рис. 5 приведены результаты испытаний «сухой» сборки в направлении оси Z, показаны амплитудно-частотные характеристики всей сборки, полученные в диапазоне от 3 до 12 Гц.

Отчетливо видно влияние доработки двигателя на колебания сборки, так частота колебаний первого тона увеличилась на 10%.

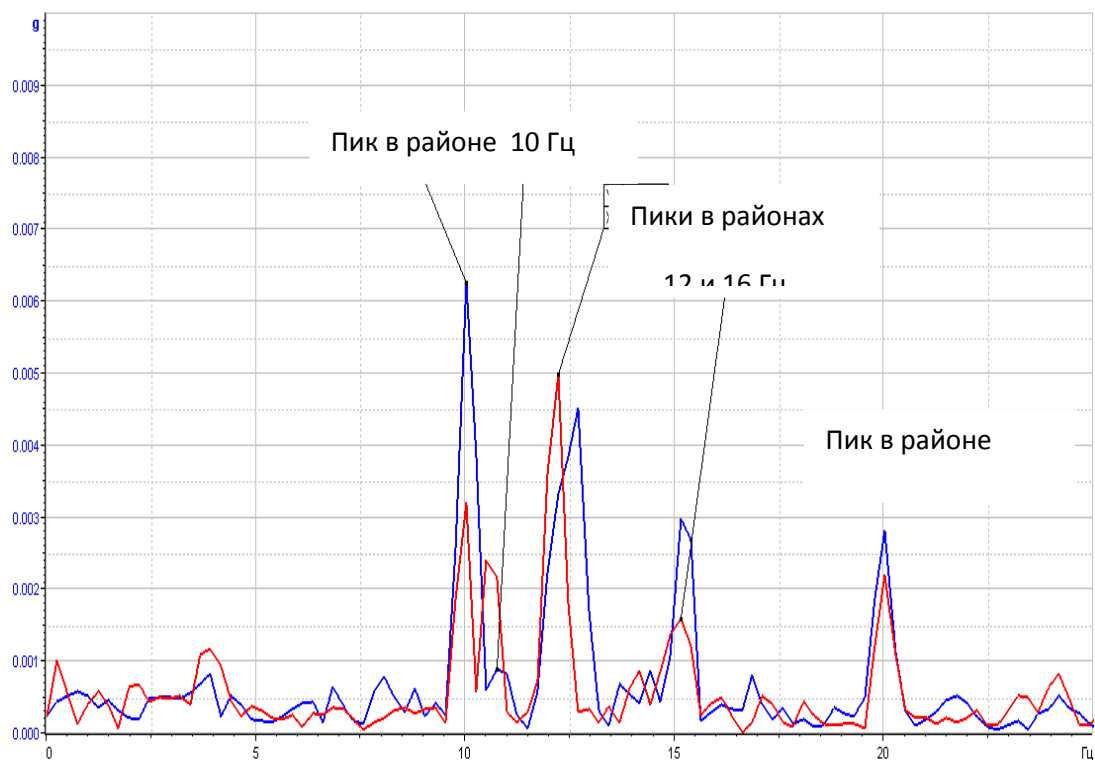


Рис. 4. Частоты колебаний двигателя в направлении осей Y и Z после доработки двигателя

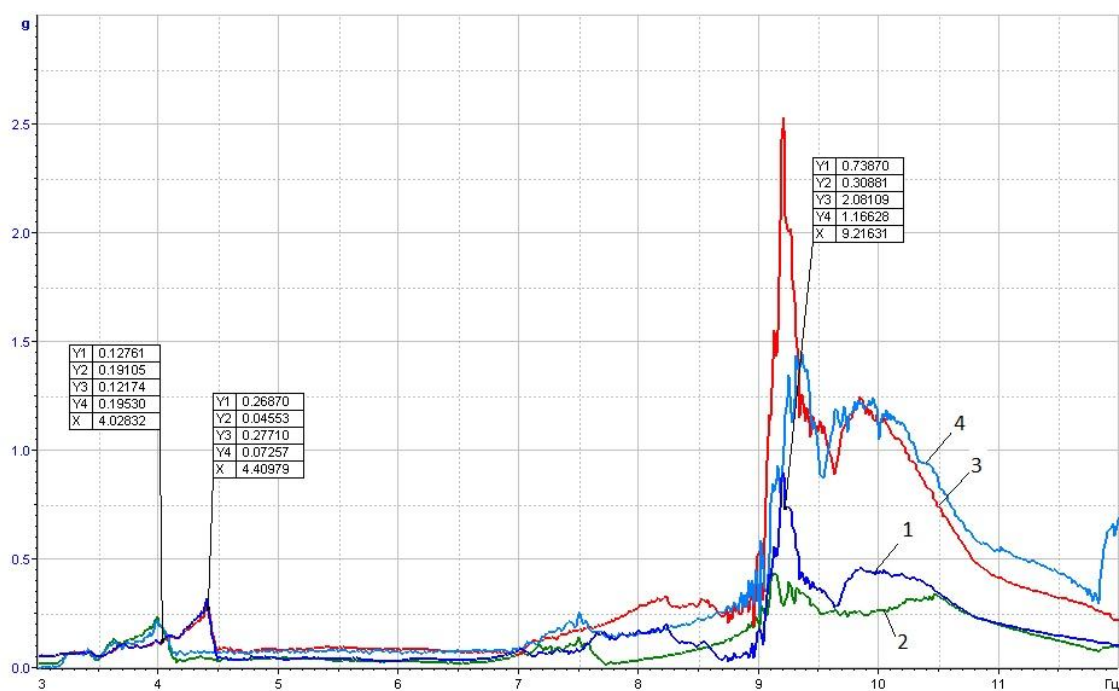


Рис. 5. Амплитудно-частотные характеристики колебаний «сухой» сборки в направлении оси Z: 1 - замер в точке возбуждения, исходное состояние; 2 - замер в точке возбуждения, двигатель доработан; 3 - замер на срезе сопла, исходное состояние; 4 - замер на срезе сопла, двигатель доработан.

Взаимосвязь надежности и экономической эффективности изделий машиностроения

Ю.А. Остяков , М.И. Шевченко.

«МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского,
121552, г. Москва, ул. Оршанская, 3.

Уровень надежности определяет стабильность всех остальных показателей качества конкретного изделия и дает вероятностную оценку экономической эффективности его эксплуатации. Главной целью экономического анализа разрабатываемого изделия является не создание «самого лучшего» среди существующих аналогов, каждый из которых выполняет свою заданную целевую функцию, а выявление приоритетных границ его экономической эффективности в конкретных условиях эксплуатации. Эти границы определяют сектор конкурентоспособности будущего изделия на мировом рынке.

Ключевые слова: *надежность, экономическая эффективность, экономия, коэффициент запаса, безотказность, прочность.*

Остяков Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика машин и механизмов», тел. 84991419402, e-mail mmm@mati.ru
Шевченко Михаил Игоревич, начальник отдела, тел. 89057100080, e-mail mick63f@gmail.com

Уровень надежности задается потребителем исходя из экономической эффективности изделия. Под экономической эффективностью машин, узлов и механизмов понимается степень снижения затрат живого и овеществленного труда на удовлетворение какой-либо потребности общества. Под экономическим эффектом понимается абсолютная экономия (прибыль), полученная при создании и использовании новой техники. Требования к уровню надежности изделия определяются размером экономических последствий его отказа или особой важностью выполняемой сверхзадачи (табл.1.)

Приведены условные примеры изделий разных классов надежности, для оценки возможных последствий отказа требуется инженерный анализ каждого изделия.

В нулевой класс входят малоответственные детали и узлы, отказ от которых остается практически без последствий. Для них хорошим

показателем надежности может быть средний срок службы или наработка на отказ.

Изделия класса 1 и 2 – характеризуются повышенными требованиями к долговечности. Изделия класса 3 и 4 – характеризуются повышенными требованиями к безотказности. Номер класса соответствует числу девяток после запятой в значении безотказности - $P(t)$.

Разработка новых изделий стоит очень дорого и поэтому сейчас в условиях жесткой экономии бюджета и пассивности богатых инвесторов занимаются, в основном, модернизацией. Покажем реальную стоимость разработки на следующем примере. Стоимость спутников 150 – 2000 млн.\$,

Таблица 1. Требования к уровню надежности изделий

Класс надежности	Допустимое значение $P(t)$	Последствия отказа	Примеры изделий
0	$< 0,9$	Без существенных последствий	Элементы изделия, не влияющие на его технические характеристики
1	$\geq 0,9$	Экономические потери	Технологическое оборудование неавтоматизированных производств
2	$\geq 0,99$	Значительные экономические потери	Технологическое оборудование в автоматизированных системах Сельскохозяйственная техника
3	$\geq 0,999$	Моральный ущерб	Бытовые машины и прецизионное оборудование
4	$\geq 0,9999$	Авария, катастрофа, невыполнение ответственного задания	Военная техника, подъемно-транспортные машины, летательные аппараты, корабли, электростанции, машины механического производства, медицинское оборудование

вывода спутника на орбиту ракетой «Протон» 70 млн.\$, ракетой «Шаттл» 350 -500 млн.\$. [1]. Одной из основных задач оптимизации при создании нового изделия становится обеспечение заданной надежности при минимально возможной стоимости изделия. Наиболее остро проблема надежности стоит в настоящее время в связи с переходом на рыночные условия хозяйствования, обострением конкуренции отечественных товаропроизводителей, как между собой, так и иностранными фирмами на рынке ВТО. В СССР требования по надежности формировали ученые и инженеры по принципу «от достигнутого», а в РФ формируют топ-менеджеры по принципу «рынок требует». Классы и методы обоснования требований надежности приведены в табл.2.

Там, где возможно, в классах 3 и 4 использовать критерий минимизации стоимости выполнения поставленной задачи.

Наиболее важными показателями надежности изделий машиностроения являются безотказность («прочностная» надежность) и долговечность (ресурс). Проблема обеспечения «прочностной» надежности механических устройств и конструкций решается выбором рациональных значений коэффициентов запаса прочности – S , которые приведены в табл. 3.

В табл. 3 понимаются условия изготовления: повышенные – новейшая технология изготовления и эффективная система управления качеством работы предприятия; средние – современная технология изготовления и контроля качества изделия; пониженные – технологическое оборудование.

Таблица 2. Классы и методы обоснования надежности

Классы надежности	Критерий оценки эффективности	Учитываемые дополнительные факторы		Метод обоснования нормы надежности
0	Экономический	факт отказа и затраты на его устранение		определение минимума суммарных затрат на изделие
1, 2		потери продукции из-за отказа		Определение максимума эффекта на единицу суммарных затрат
3, 4	Требования безопасности или безусловного выполнения задачи	Последствия отказов	катастрофические	По принципу «практической уверенности», что отказа не будет. Вероятность отказа менее 1 на миллиард событий
			Работа с перегрузками	По опыту прототипов и корреляционный анализ
			Ухудшение характеристик выполнения задачи	Определение требуемой эффективности
			Задержка выполнения задачи	Моделирование ситуации с учетом восстановления

Таблица 3. Ориентировочные значения коэффициентов запаса прочности -

S

Условия изготовления	Условия расчета	Требования к надежности		
		пониженные	средние	повышенные
Повышенные	Повышенные	1,0 – 1,1	1,1 – 1,2	1,2 – 1,4
	Средние	1,2 – 1,4	1,4 – 1,6	1,5 – 1,8
	Пониженные	1,4 – 1,7	1,6 – 2,0	1,8 – 2,3
Средние	Повышенные	1,6 – 2,0	1,8 – 2,4	2,1 – 2,8
	Средние	1,8 – 2,3	2,1 – 2,8	2,4 – 3,2
	Пониженные	2,0 – 2,6	2,4 – 3,2	2,6 – 3,6
Пониженные	Повышенные	2,2 – 2,9	2,6 – 3,5	3,0 – 4,0
	Средние	2,4 – 3,2	2,8 – 3,9	3,3 – 4,5
	Пониженные	2,6 – 3,5	3,1 – 4,2	3,6 – 5,0

Условия расчета: повышенные – значительный объем достоверной исходной информации и согласованные с инвестором методики расчетов; средние – информация об эксплуатации и испытаниях и отраслевые методики расчетов изделий-аналогов; пониженные – результаты собственных испытаний, стандарты и справочники.

Требования по надежности соответствуют классам надежности изделий в табл. 1: пониженные – класс 0, средние – классы 1 и 2, повышенные – классы 3 и 4.

Повышение надежности изделий должно осуществляться с учетом их экономической целесообразности, так как границы повышения качества определяются в конечном итоге не техническими возможностями, а экономической эффективностью. Основой для экономической оценки и установления оптимальных сроков службы машин количественно выражающих их долговечность являются данные об изменении текущих и капитальных затрат при использовании машин и механизмов из-за их физического и морального износа. Затраты на ремонт, техническое обслуживание и запасные части за весь срок службы превышают стоимость создания нового самолета в 5 раз, автомобиля в 6 раз, технологического оборудования в 5-12 раз, радиотехники в 10-12 раз, военной техники в 20 раз [2]. Расчеты надежности лежат в основе расчетов запасных узлов и деталей. Например в ГОСТ Р 50891-96 приведены требования долговечности - 90% ресурс зубчатых передач и валов за 25000 часов работы, что соответствует требованию вероятности безотказной работы (ВБР) – $P(t) = 0,9$ за 25000 часов работы. Если в одноступенчатом цилиндрическом редукторе принять надежность корпуса равной $P(t) = 0,9999$ ($S = 3-5$), то продавая редуктор с двумя запасными валами в сборе каждый изготовитель повышает стоимость редуктора на 60-70%, а потребитель получает ВБР на порядок выше $P_n = P(t) + [1 - P(t)]$ $P(t) = 0,9 + 0,1 \cdot 0,9 = 0,99$. В «МАТИ» - РГТУ имени К.Э. Циолковского

разработаны требования надежности проектируемых студентами узлов и механизмов, которые приведены в табл.4.

Значение ВБР изделия в числителе – общего, а в знаменателе – специального назначения.

На практике высокая надежность узлов и механизмов иногда обеспечивается за счет их резервирования. Например, работа гидронасоса с мотором может быть при его отказе выполнена ручным насосом с меньшей производительностью. При оценке надежности резервирование учитывается в структурных схемах надежности машины, узла или механизма.

В общем случае вероятность выполнения поставленной задачи машиной или механизмом

$$P(T+t) = K_T(T) \{P(t) + [1 - P(t)] P_B(t_B)\};$$

где: $K_T(T)$ – коэффициент готовности изделия к работе в момент времени T (поступления команды на выполнение задачи), кроме планируемых периодов, когда использование изделия по назначению не предусмотрено; $P(t)$ – вероятность безотказной работы изделия за время t ; $1 - P(t)$ – вероятность отказа изделия за время t ; $P_B(t_B)$ – вероятность восстановления работоспособности изделия за допускаемое время t_B .

Таблица 4. Оценка надежности в учебных баллах за курсовой проект студента

Элемент конструкции	ВБР соответствует оценке		
	5 (отлично)	4 (хорошо)	3 (удовлетворит.)
Узел	$\frac{0,999}{0,9999}$	$\frac{0,99}{0,999}$	$\frac{0,9}{0,99}$
Механизм	$\frac{0,9995}{0,99995}$	$\frac{0,995}{0,9995}$	$\frac{0,95}{0,995}$
Деталь	$\frac{0,9999}{0,99999}$	$\frac{0,999}{0,9999}$	$\frac{0,99}{0,999}$

В связи с тем, что допускаемое время на восстановление отказавшего изделия общемашиностроительного назначения, как правило, существенно больше (доставка товаров на базу), чем у изделия специального назначения

(доставка боеприпасов на позицию), то поэтому требования по безотказности у последних выше, даже если время устранения отказа одинаковое.

Из всех свойств надежности наибольшее влияние на конечные экономические результаты работы машин и оборудования оказывают долговечность, безотказность и ремонтоспособность, поскольку их уровень определяет величину затрат на капитальные и текущие ремонты и на устранение последствий отказов в процессе эксплуатации техники. На современном этапе развития экономики сложился подход к определению надежности машин, в основном, с технической стороны. Студентов и преподавателей в большей степени интересует процесс производства работы механизмом или машиной, а не его результат. Они не учитывают стоимость продукции разрабатываемым ими механизмом или машиной. Стоимость продукции существенно влияет на экономичность станка, которая определяет требуемый уровень его надежности. Требование повышения эффективности эксплуатации изделия делает значение его надежности предметом экономических расчетов с учетом ущерба от аварийных отказов особенно для изделий специального назначения.

Требования по надежности и понятие предельного состояния базируются на экономической целесообразности эксплуатации машины, узла или механизма. Основными методами совершенствования машин на всех стадиях их жизненного цикла являются оценки надежности и проведения ФСА, которые позволяют провести комплексное технико-экономическое исследование технического состояния и уровня повышения эффективности изделия. Оба метода анализируют функции элементов структурной схемы изделия. Если два элемента выполняют одну функцию, то это положительно для надежности, но не одобряется ФСА из-за повышения стоимости изделия за счет резервного элемента. В процессе проектирования выдвигается требование экономически обосновать мероприятия по повышению надежности машин, а также применение более надежных и дорогих конструктивных элементов – узлов, механизмов и деталей.

В работе [3] рассматривается экономическая эффективность технологического оборудования. Продолжительность эксплуатации станков связана с их моральным или физическим старением. Для современных станков средних размеров это обычно 8-10 лет эксплуатации, а для более сложных и тяжелых станков 15-20 лет и выше. Конкретный срок службы до снятия с эксплуатации станка устанавливает экономический расчет. Эти расчеты опираются на сравнение затрат на изготовление станка – $C_{из}$ и его эксплуатацию – $C_{э}$ с той прибылью – $C_{п}$, которую дает станок при его использовании.

Суммарная эффективность станка C зависит от времени t и имеет экстремум

$$C(t)=C_{\pi}(t)-[C_{и}+C_{э}(t)].$$

Она связана с долговечностью, так как с течением времени возрастают затраты на ремонт и обслуживание станка из-за его физического изнашивания, а вынужденные простои снижают положительный эффект от продукции станка. Срок окупаемости нового станка $T_{ок}$ наступит при $C_{и} + C_{э}(t) = C_{\pi}(t)$ и с этого момента станок будет давать прибыль. При $t = T_{max}$ эффективность станка начинает снижаться из-за возрастания эксплуатационных потерь, и когда доход и расход сравниваются при $t = T_{пр}$, наступит предельное состояние станка.

Повышение надежности обходится дорого, но оно окупается эффективным изделием если учитывать тот ущерб от аварийных отказов в области добычи, транспортировки и переработки нефти и газа, который приведен в табл.5.

В заключение отметим, что повышение надежности изделий позволяет уменьшить ущерб, практически, по всем вышеуказанным причинам аварийных отказов за исключением природных катастроф.

Большинство изделий машиностроения находят свой сектор на мировом рынке. Прослеживается тесная связь между надежностью изделия и его экономической эффективностью даже, если изделие не создает прямого экономического эффекта потребителю.

Уровень надежности определяет стабильность всех остальных показателей качества конкретного изделия и дает вероятностную оценку экономической эффективности его эксплуатации. Главной целью экономического анализа разрабатываемого изделия является не создание «самого лучшего» среди существующих аналогов, каждый из

Таблица 5. Средний ущерб по причинам возникновения аварийных отказов.

Причина аварии	Процент потерь	Средний ущерб, млн. \$
Механическое разрушение	41	39,0
Ошибка проекта	4	57,6
Нарушение регламента процесса	8	51,1
Ошибка эксплуатации	20	51,8
Неизвестная причина	18	38,6
Природные катастрофы	6	45,4
Саботаж	3	26,2

которых выполняет свою заданную целевую функцию, а выявление приоритетных границ его экономической эффективности в конкретных

условиях эксплуатации. Эти границы определяют сектор конкурентоспособности будущего изделия на мировом рынке.

Литература:

1. Бакланов А.Г. Рынок и маркетинг авиакосмической продукции. М.: Издательство «КДУ», 2007. - 400 с.
2. Гуськов А.В., Милевский К.Е. Надежность технических систем и техногенный риск. НТУ. Новосибирск, 2007. - 427 с.
3. Проников А.С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т.1, М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1995. - 320 с.

**Влияние отделочно–зачистных технологий
на увеличение ресурса работы машины**

Т.А. Назарова, Т.А. Школьников

Тутаевский филиал Рыбинского государственного авиационного
технического университета имени П.А. Соловьева,
152303, г. Тутаев, ул. Роза-Люксембург, 59

Представлено влияние отделочно-зачистных технологий на создание и производство надёжной техники. Выделены факторы, определяющие необходимость включения операций по удалению заусенцев на деталях. Представлены методы очистки деталей в зависимости от функционального назначения изделий и наиболее трудоемкие операции по удалению заусенцев в отверстиях малых диаметров (1...8 мм) имеющих значительную глубину.

Ключевые слова: отделочно–зачистные технологии, удаление заусенцев, зачистка отверстий, эластичный инструмент, зачистка алмазной проволокой.

Назарова Татьяна Анатольевна, старший преподаватель кафедры технология машиностроения и ДВС, тел.: 89109690526, e-mail: nirina31@yandex.ru

Школьников Татьяна Александровна, старший преподаватель кафедры технология машиностроения и ДВС, тел.89109654226: e-mail: nirina31@yandex.ru

Наиболее эффективным способом экономии материальных и энергетических ресурсов является создание и производство надёжной техники с высоким ресурсом. Кроме того, такая техника позволяет снизить вредное воздействие на окружающую среду благодаря сохранению характеристик машин в процессе эксплуатации и соответственно уменьшения вредных выбросов, а также за счёт уменьшения объёмов их выпуска.

Проблема повышения надёжности машин носит комплексный характер и закладывается в процессе решения конструктивных и технологических задач, обеспечивается в производстве при обработке, сборке, техническом контроле и испытаниях, реализуется и поддерживается в эксплуатации.

Одно из наиболее важных и обязательных мероприятий по созданию надёжных машин с высоким ресурсом является обеспечение промышленной чистоты поверхностей деталей, агрегатов в процессе производства и поддержание её в эксплуатации. Зачистка заусенцев и микрозаусенцев, удаление быстро изнашиваемых частей микрорельефа, очистка от микрочастиц поверхностей и кромок деталей после механических видов обработки входит в комплекс этих задач.

Особенностью отделочно-зачистных технологий является то, что их эффективность проявляется лишь при условии очистки 100% деталей, входящих в гидросистему, агрегат, узел. Если останется необработанной хотя бы одна деталь, то рабочие жидкости разнесут технологические загрязнения по всей системе. При этом нарушится работа самых чувствительных к ликвидам элементов конструкции (золотниковых и плунжерных пар, подшипников, уплотнений и др.).

Трудоёмкость зачистных операций заложена в технологических процессах. Обследование машиностроительных предприятий позволило определить удельный вес отделочно-зачистных операций в общей трудоёмкости изготовления изделий в различных отраслях:

- в производстве боеприпасов – до 70%;
- в авиадвигателестроении – до 46%;
- в приборостроении – до 38%;
- в ракетостроении – до 40%;
- в судостроении – 10...22%;
- в электротехнической промышленности – до 16%;
- в станкостроении – 8...15%;
- в автомобилестроении – 4...10%;
- в тракторостроении – 2...8%.

Эти данные косвенно отражают качество выпускаемой продукции.

Необходимость удаления заусенцев объясняются функциональными, эргономическими и эстетическими факторами:

1. Функциональные факторы связаны с повышенным износом ответственных деталей, происходящего при попадании в зазоры трущихся пар твёрдых металлических частиц, что вызывает затруднение при сборке, снижение усталостной прочности, а также с предотвращением отказов гидравлических систем по причине заклинивания распределительных и регулирующих устройств, и т.п. Частицы заусенцев или материала инструментов, попадая в гидравлическую либо пневматическую систему, переносятся рабочей средой по всей системе, повреждают или нарушают работу наиболее чувствительных элементов: манжетных уплотнений, золотников, зубчатых передач, деталей замков, клапанов и т.д. Заусенцы вызывают завихрения в потоке газа или жидкости, нарушая равновесие потока. Кроме того, загрязнение рабочей жидкости изменяет её свойства, что снижает смазывающие способности. Засорение фильтров приводит к

кавитации в насосе, вспениванию и недостаточной подаче рабочей жидкости. Наличие металлических частиц способствует окислению смазки, осаждаясь на поверхностях, интенсифицирует процесс засорения фильтров, заращивания зазоров, что приводит к повышению давления в линии, вибрации машины, неплотностям соединений и утечкам жидкости. Всё это сопровождается повышением её температуры и снижением вязкости и уменьшением толщины масляной плёнки.

2. Эргономические факторы направлены на предупреждение опасности травмирования в процессе работы и предохранение поверхностей при транспортировке от повреждений.

3. Эстетические факторы ответственны за товарный вид изделий, сцепление с лакокрасочными и другими покрытиями.

Одной из причин отставания в развитии и использовании отделочно-зачистных технологий и оборудования в нашем машиностроении явилось ничем не оправданное изъятие из конструкторской документации требований по удалению заусенцев и притуплению острых кромок.

Обследование базовых предприятий автотракторной, электротехнической, судостроительной, станкостроительной отраслей позволило осмыслить цену отделочно-зачистных технологий. Так, например, задиры гидроцилиндров, заклинивание топливных насосов и форсунок, задиры шеек коленчатых валов, отказы пневмо- и гидроаппаратуры на станках являются прямым следствием игнорирования операций зачистки заусенцев и очистки поверхностей деталей от технологических загрязнений. Убытки от поломок техники по причине попадания заусенцев в трущиеся пары более чем на порядок превышали затраты на очистку деталей в условиях предприятия-изготовителя.

Выбор методов очистки деталей зависит от функционального назначения изделий.

Исходя из физико-химического воздействия на материалы при обработке методы отделки, очистки и зачистки поверхностей и кромок деталей можно разделить на пять групп:

1. Механические методы, при которых удаление ликвидов осуществляется путём механического взаимодействия на обрабатываемые детали твёрдых тел, инструментов. К ним относятся: слесарные, лезвийные, абразивные методы, обработка давлением, ударные, галтовочные, центробежные, турбуляционные, вибрационные и робототехнические способы зачистки.

2. Химико-механические методы, при которых имеет место одновременное механическое воздействие инструмента и химическое воздействие внешней среды (жидкости). К ним относятся абразивная, гидродинамическая, галтовочная, центробежная, турбуляционная и вибрационная обработка с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

3. Химические методы, при которых удаление ликвидов осуществляется за счёт воздействия химически активной жидкости или газовой среды; они подразделяются на химические, галтовочно-химические, турбуляционно-химические и виброхимические способы.

4. Электрохимические методы, для которых характерно химическое воздействие жидкой среды и электрического тока, проходящего через электролит и материал детали. Они подразделяются на электрохимические с погружением, электрохимические локальные, галтовочно-электрические, виброэлектрические методы.

5. Физические методы, при которых обработка осуществляется за счёт физического воздействия на материал (лазерных излучений, ультразвуковых волн, электрических зарядов, электрогидравлических ударов и др.). Их подразделяют на ультразвуковые, электроконтактные и импульсные (взрывной, электрогидравлический, термоимпульсный и др.) методы.

В отечественном машиностроении целесообразно применять универсальные методы и оборудование, которые могут обеспечить требуемую чистоту изделий в условиях многономенклатурного производства при минимальном количестве методов (два-три) и типажа оборудования. Из всего многообразия отделочно-зачистных технологий универсальных, не образующих вторичных ликвидов, всего несколько. В том числе термоимпульсный метод, в котором в качестве инструмента используют детонирующие газовые смеси. Детали помещают в герметичную камеру, заполняют горючей смесью, которую поджигают, как в двигателе внутреннего сгорания, и за счёт выделения теплоты при сгорании смеси ликвиды оплавливают. Температура деталей при этом не превышает 120 градусов Цельсия. Удаление заусенцев, частиц, вершин микронеровностей и других ликвидов происходит со всех контактирующих с газом мест. Этот метод разрабатывался для многономенклатурных предприятий отечественного машиностроения. Следует отметить высокую производительность, универсальность, возможность гибкой автоматизации процесса, стабильность результатов обработки, широкую номенклатуру обрабатываемых материалов и деталей.

Автоматизировать процесс удаления заусенцев возможно с применением лазера. Этот процесс заключается в следующем: пучок лазерных лучей направляется на кромку обрабатываемой детали. В результате лазерного освещения получают изображение, определяемое первой смежной поверхностью и второй поверхностью, имеющей заусенцы и примыкающей к первой поверхности под углом, производят экстраполяцию смежной поверхности к поверхности, имеющей заусенцы, получая поверхность экстраполяции, и производится это процесс до получения кривой резания между поверхностями. Затем система управляет

автоматическим манипулятором с инструментом таким образом, чтобы он резал по полученной кривой до полного удаления заусенцев.

Весьма трудоёмкими являются способы удаления заусенцев в отверстиях малых диаметров (1...8 мм) имеющих значительную глубину. В большинстве случаев эти операции выполняются вручную.

К способам зачистки отверстий и удаления в них заусенцев относятся следующие:

- поток свободного абразива;
- обработка лезвийным и абразивным инструментами;
- электрохимическое удаление материала;
- термохимический способ (термохлорный или термокислородный);
- химическое растворение;
- физическое воздействие (ультразвуковое, электроконтактное и импульсное);
- обработка эластичным абразивным и неабразивным инструментом.

Наиболее перспективным и простым в реализации инструментом для зачистки отверстий, снятия заусенцев, в том числе в пересекающихся отверстиях, является эластичный инструмент. Он позволяет закруглить острую кромку пересечения одного отверстия с другим за счёт деформации или изгибания под различными углами.

Рассмотрим некоторые варианты решения данной проблемы указанным инструментом:

- для зачистки отверстий после сверления применяют щётку-ёрш для очистки внутренних поверхностей труб;

- зачистка труб диаметром до 5 мм производится полировальными кружками (пластинками), выполненными из эластичного материала абразивным покрытием. При этом наружный диаметр кружков на 0,1...0,2 мм больше внутреннего диаметра трубы. Кружкам сообщается возвратно-поступательное перемещение с помощью воздуха либо проволоки; для зачистки отверстий малого диаметра (0,3...1,2 мм) можно использовать инструмент из упругого элемента, например из проволоки. При этом упругий элемент изгибается и ему сообщается вращательное движение;

- зачистка отверстий малого диаметра алмазной проволокой. Для натяжения ей сообщается колебательное движение. Сочетание вращения, продольного перемещения и осцилляции даёт хорошие результаты. С двух сторон отверстия устанавливаются зажимы. Полировальный инструмент закладывается в отверстие и совершает возвратно-поступательное движение от торца к торцу под действием смазочно-охлаждающих жидкостей. Используется эластичный инструмент, через каналы которого СОЖ попадает в зону резания;

- микроабразивные трубчатые щётки предназначены для обработки отверстий диаметром от 0,7 мм. Полимерно-абразивные нити, из которых изготавливают щётки, содержат 20...30% абразива; для диаметров 0,7...3,5

мм используют SiC; для диаметров 4,2...25,8 мм – Al_2O_3 ; для диаметров 2,0...2,5 мм – алмазный порошок.

Перспективным является эластичный инструмент, изготовленный из полимерно-абразивных нитей. По сравнению с другими абразивными инструментами у него есть следующие преимущества:

- отсутствует необходимость править инструмент;
- не требуется точное профилирование инструмента при обработке фасонных поверхностей;
- не обязательно точно устанавливать инструмент относительно обрабатываемого изделия.

В зависимости от назначения волокна, из которых изготавливаются щётки, вырабатываются одним из следующих способов:

- порошок вводится в полимерный материал в жидкой фазе и распределяется по всей массе волокна;
- порошком насыщается только поверхность волокна на конечных стадиях его изготовления;
- изготавливается волокно с сердцевиной из ненасыщенного порошком полимера и оболочкой – из насыщенного;
- волокно изготавливается с сердцевиной, насыщенной порошком, оболочка – из обычного материала.

Используется и армирование концов волокон частицами абразива. В качестве абразивного порошка используют карбид кремния, электрокорунд различных марок, стекло, алмаз, при этом зернистость может быть в пределах 8...120 мкм. Максимально допустимая зернистость определяется толщиной волокна. При распределении порошка по всей массе волокна оптимальной концентрацией является 15..20% по массе. В качестве полимерной основы волокон используются полиамид и другие полимеры.

Библиографический список:

1. Белянин П.Н., Данилов В.М. Промышленная чистота машин. М.: Машиностроение, 1982, 224;
2. Демидов Ю.В., Подашев Д.Б. Инструмент для финишной обработки отверстий. // Металлообработка. – 2011. – №4(64). – С. ;
3. Лосев А.В., Дмитриевская Ю.С. Необходимость использования отделочно-зачистных технологий в машиностроении. //Металлообработка. – 2009. – №1(49). – С. .

Автоматизация типовых процессов проектирования электронного макета изделия

М.В. Лаврентьева

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (НИ ИрГТУ), 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье приведен краткий обзор методики автоматизированного проектирования с использованием программы NXOPEN на языке C++, представлены преимущества данной методики, показан пример сравнения двух методов с управляющей программой и непосредственно в среде NX.

Ключевые слова: *автоматизированное проектирование; самолетостроение; язык программирования C++;*

Лаврентьева Мария Вячеславовна, аспирантка кафедры СМ и ЭАТ,
тел.: 89021757833 e-mail: mira.amazon@gmail.com

В современном мире автоматизация занимает приоритетное место в списке задач, которые необходимо решить в области машиностроения. Автоматизация производственных процессов – способ организации производства, при котором функции управления и контроля, обычно возлагавшиеся на человека, перекладываются на автоматические системы и устройства[1].

В последнее время все больше внимания уделяется автоматизации задач связанных с мыслительной деятельностью. В сфере самолетостроения это работа конструктора и технолога. Конечно, полностью автоматизировать проектирование или разработку технологического процесса возможно только в отдельных случаях для относительно простых объектов, однако частично это стало возможным практически для любого вида работ.

Самолетостроение является одной из наиболее нуждающихся в этом областей, так как большой объем работ связанных с проектированием САД моделей, определением метода базирования и выбором базирующих элементов, является типовым, но достаточно затратным по времени. В этом случае автоматизация работы конструктора и технолога позволит решить основные задачи:

- снизить трудоемкость процессов проектирования и разработки технологической документации;
- увеличить производительность труда;
- исключить вероятность ошибок, вызванных «человеческим» фактором, при исполнении типовых операций;
- минимизировать временные затраты на работу с типовыми элементами.

Это относится к проектированию и монтажу сборочных приспособлений, поскольку они в своей конструкции имеют большое число типовых элементов.

Первостепенной задачей является разработка специализированной программы способной проектировать типовые электронные макеты, запрашивая у конструктора, значения, определенные в техническом задании или полученные в результате прочностных расчетов. Это значительно сократит затраты на создание сборочного приспособления, так как предполагает возможность разработки универсального программного продукта, который не потребуется подгонять под конкретное изделие.

Для достижения оптимального результата удобно использовать тот же программный продукт, в котором производятся проектные работы –NX: SiemensPLMSoftware, а точнее один из его программных модулейNX/Open API (ApplicationProgramInterface) располагающий достаточно развитыми возможностями, которые позволяют:

- получить доступ к объектам геометрической модели для программных приложений разработчиков или программ отдельных пользователей;
- дает возможность программным способом создавать геометрические модели, получать информацию об объектах, формировать сборки, генерировать чертежную документацию и т.д.

Практически все функциональные возможности NX, доступные пользователю при интерактивном взаимодействии с системой, реализуемы посредством функций API. Однако утверждать обратное – ошибка, так как существует ряд объектов (к примеру, CustomObjects - Объекты пользователя), формирование которых возможно только программным способом[2].

Для создания тела программы используются программные комплексы, в основе которых заложены работы языками программирования C, C++ и объектно-ориентированные системы управления базами данных.

Программа способна реализовать все общие этапы построения- выбор рабочей системы координат, рабочей плоскости, стартовой точки построения, размеров, помимо этого способна запоминать предыдущие параметры и использовать их для создания ответной модели (болт-отверстие), циклически повторять и/или копировать построение какого-либо элемента.

Для реализацииданного метода,необходимо решить две последовательные задачи:

- инженерную, включающую в себя контроль инженерного проектирования входящих типовых элементов, их классификацию, а так же анализ последовательности построения конструктивного электронного макета, определение основных критериев базирования и самих сборочных баз;
- программистскую, включающую разработку непосредственно программного кода на языке C++ и адаптация его к управляющей программе NXOPEN.

Если вторая задача и выглядит однозначной, то приступить к ней возможно лишь по результатам решения первой задачи. Необходимо выделить типовые элементы и разбить их по классам, далее определить последовательность разработки и перечень типовых операций построения этих элементов.

Ниже приведем и проанализируем простейший пример, демонстрирующий работу в программе обычным способом, т.е. когда конструктор самостоятельно задает цепочку построения и альтернативный метод, когда это делает программа NXOPEN.

На рисунке 1 показаны операции при помощи, которых конструктор может создавать модель.

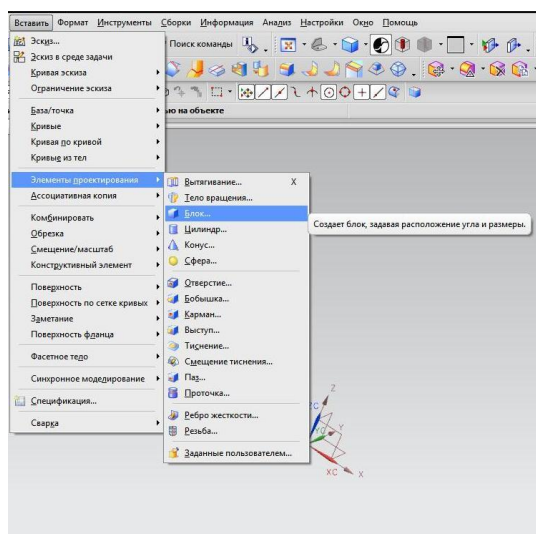


Рисунок 1- Выбор элемента блок 1.

На рисунке 2 показан первый блок со стартовой точкой (0;0;0) длина, ширина и высота которого, равны 100мм.

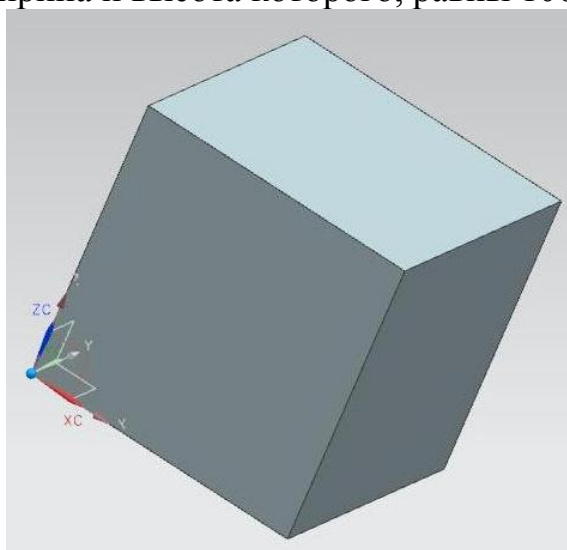
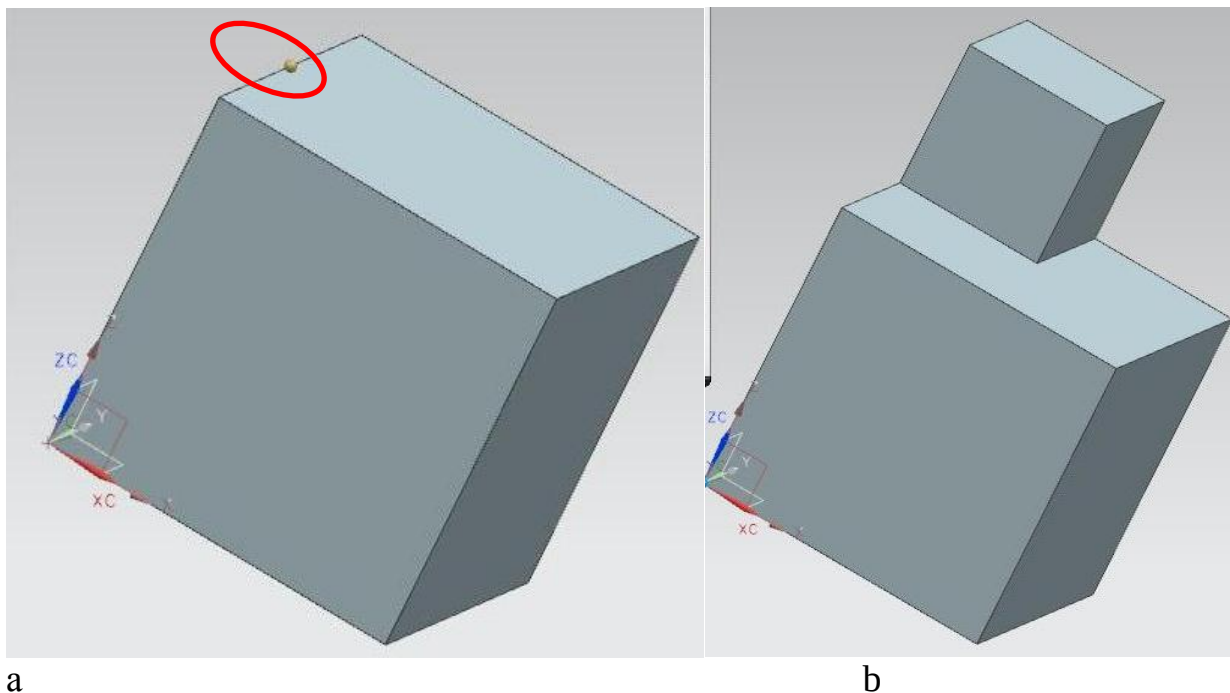


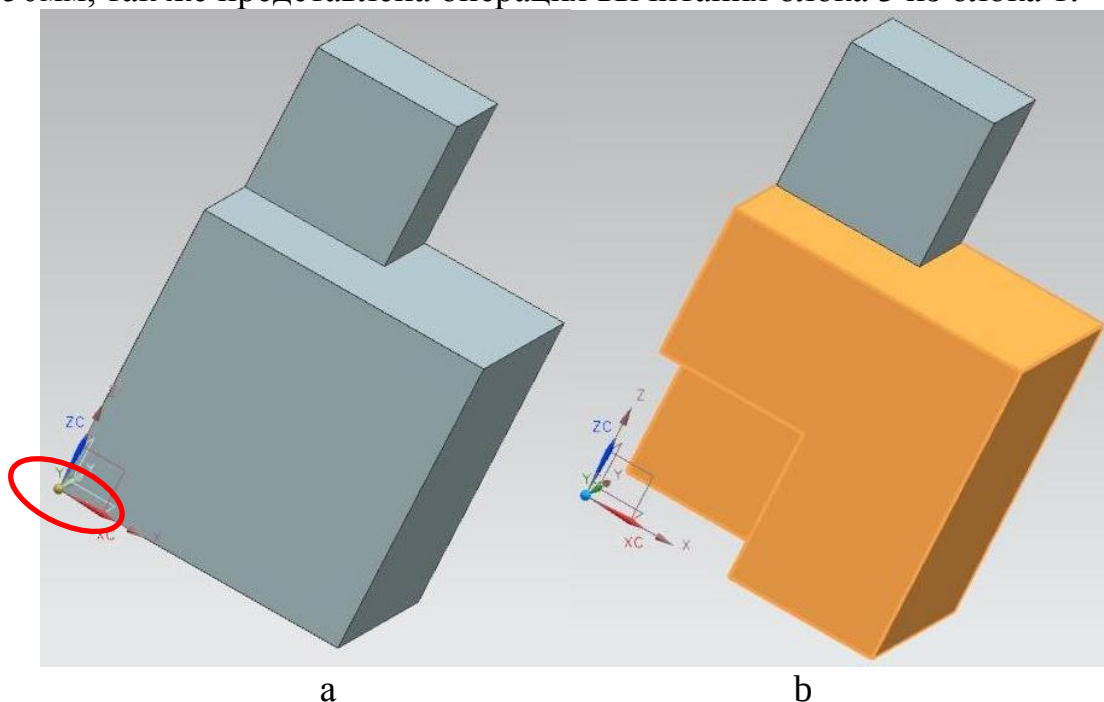
Рисунок 2 - Построение элемента блок 1.

Рисунок 3 иллюстрирует второй блок со стартовой точкой (0;50;100) длина, ширина и высота которого, равны 50мм.



а
Рисунок 3 - а – выбор стартовой точки для построения элемента блок 2;
б – построение элемента блок 2.

На рисунке 4 показан третий блок стартовая точка, которого совпадает со стартовой точкой первого блока (0;0;0) длина, ширина и высота, равны 50мм, так же представлена операция вычитания блока 3 из блока 1.



а
Рисунок 4 - а – выбор стартовой точки для построения элемента блок 3;
б – построение элемента блок 3 с вычитанием.

На рисунке 5 приведено тело программы построения блоков на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual Studio 2010.

```
(Глобальная область) ufusr(char * param, int * retcc)
// Первый блок
std::vector<Body *> targetBodies1(1);
Body *nullBody(NULL);
targetBodies1[0] = nullBody;
Features::BlockFeatureBuilder *blockFeatureBuilder1;
blockFeatureBuilder1 = workPart->Features()->CreateBlockFeatureBuilder(nullFeatures_Feature);
blockFeatureBuilder1->BooleanOption()->SetTargetBodies(targetBodies1);
Point3d originPoint1(0.0, 0.0, 0.0);
blockFeatureBuilder1->SetOriginAndLengths(originPoint1, "100", "100", "100");
blockFeatureBuilder1->SetBooleanOperationAndTarget(Features::Feature::BooleanTypeCreate, nullBody);
Features::Feature *feature1;
feature1 = blockFeatureBuilder1->CommitFeature();
blockFeatureBuilder1->Destroy();

//Второй блок
Features::BlockFeatureBuilder *b12;
Point3d originPoint2(0, 50, 100);
b12 = workPart->Features()->CreateBlockFeatureBuilder(nullFeatures_Feature);
b12->SetOriginAndLengths(originPoint2, "50", "50", "50");
Features::Feature *feature2;
feature2 = b12->CommitFeature();
b12->Destroy();

//Третий блок
Features::BlockFeatureBuilder *b13;
Point3d originPoint3(0, 0, 0);
b13 = workPart->Features()->CreateBlockFeatureBuilder(nullFeatures_Feature);
b13->SetOriginAndLengths(originPoint3, "50", "50", "50");
std::vector<Body *> targetBodies11(1);
targetBodies11[0] = nullBody;
b13->BooleanOption()->SetTargetBodies(targetBodies11);
b13->BooleanOption()->SetType(GeometricUtilities::BooleanOperation::BooleanTypeSubtract);
Features::Feature *feature3;
feature3 = b13->CommitFeature();
b13->Destroy();
```

Рисунок 5 -Построение блоков в программе NX, используя NXOPEN.

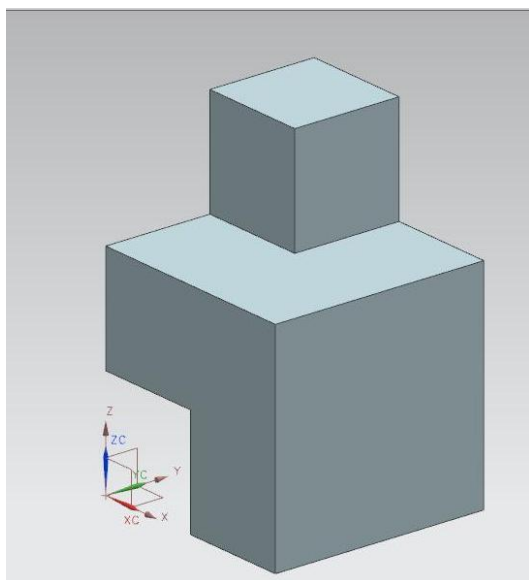


Рисунок 6 - Результат построения с использованием NXOPEN.

Как видно из рисунков 4 и 6 , результат в первом и втором случае один и тот же. Конечно, приведенный пример построения блоков является наипростейшим, но и в этом случае видно, что количество действий в обоих методах несоизмеримо, построении в NX проходит в 6 операций, при использовании модуля NXOPEN это уместается в сравнительно

небольшой программе. К тому же построение программы это разовая операция, в то время как построение каждой новой модели непосредственно в программе NX, потребует повторения этих операций, что для более сложных моделей является существенным минусом.

Подводя итог нужно отметить, что автоматизация проектировочных процессов является оптимальным решением поставленных выше задач. Упростив и унифицировав процесс проектирования, мы одновременно увеличиваем производительность и исключаем ошибки, которые может допустить конструктор ввиду невнимательности, и, конечно, следует обратить внимание, что такой метод, при всей кажущейся простоте, потребует от конструктора высокого уровня профессиональной подготовки.

Применение автоматизированного проектирования и умение работать с программными продуктами требуется каждому инженеру. Предприятия, работающие без применения САПР или лишь с их частичным использованием, вполне могут оказаться неконкурентоспособными.

Список использованной литературы:

1 Норенков И.П. Автоматизированное проектирование: учеб. пособие по информатике для студентов технического университета. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 188с.

2 Ахатов Р. Х., Русов Б. В. Проектирование изделия с помощью его параметрической информационной модели, построенной на основе экспертных знаний / // Известия Самарского научного центра Российской академии наук - Самара: Самарский научный центр Российской академии наук, Том 13(39) №4 (4), 2011. С. 1018-1022.

Средства автоматизированного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении

К.А. Однокурцев, П.А. Лукин

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

Приведены результаты анализа и выбора компоновки манипулятора и его системы управления для выполнения безэталонного монтажа сборочной оснастки в самолётостроении. Исследованы различные виды роботов и способы их применения при выполнении безэталонного монтажа сборочной оснастки, предложено использование 6-координатного манипулятора. Определены основные технические характеристики роботов для выполнения монтажа и основные требования к функциям и составу системы управления роботом. Рассмотрен лабораторный вариант манипулятора и требования к роботу для промышленного использования.

Ключевые слова: автоматизация; робот; координатное позиционирование; сборочная оснастка; безэталонный монтаж.

Однокурцев Константин Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры самолётостроения и эксплуатации авиационной техники, e-mail: only_const@mail.ru

Лукин Пётр Александрович, студент кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, e-mail: peter333@inbox.ru

В современном производстве широко применяются автоматические и автоматизированные робототехнические и мехатронные системы, которые выполняют самые разнообразные задачи во всех отраслях промышленности. Одной из самых распространенных является задача высокоточной сборки узлов и агрегатов, которая требует применения достаточно сложных технических аппаратных и программных средств.

В самолетостроении применение таких систем наиболее актуально и востребовано, так как на самолетостроительных предприятиях производится сборка ответственных деталей с повышенной точностью, и автоматизированные системы для выполнения таких операций должны осуществлять полный цикл действий – от начальных измерений положения детали до контроля точности установки.

Основные области применения роботов-манипуляторов в промышленном производстве [3]:

- автоматизация процессов сборочного производства (сборочные): подготовка отдельных сборочных элементов модуля, сборка модуля из подготовленных элементов, контроль сборки;
- автоматизация процессов механической обработки: выполнение всех видов черновой, чистовой или финишной обработки деталей;
- автоматизация процессов литейного производства (литейные): установка и сборка элементов литейных форм, установка и сборка моделей, подача расплава в форму и т.п.;
- автоматизация процессов штамповочного производства (прессовые): установка и смена матриц, установка заготовок и снятие деталей (брака);
- автоматизация процессов сварочных работ (сварочные): выполнение всех видов сварочных работ.

Для автоматизированного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении необходимо разработать робототехническую систему, выполняющую операции безэталонного монтажа с заданной точностью. Для этого необходимо учесть [1]:

- вид объекта позиционирования;
- параметры рабочей зоны;
- требования к точности позиционирования.

Объекты позиционирования – базирующие элементы и установочные элементы сборочной оснастки. Объект позиционирования устанавливается на каркас сборочной оснастки.

Виды базирующих элементов, используемых в сборочной оснастке в самолётостроении [2]:

- рубильники и ложементы;
- упоры и фиксаторы координатно-фиксирующих отверстий (КФО);
- линейки;
- плиты и рамы.

Виды установочных элементов различаются по способу закрепления на каркасе сборочной оснастки:

- вилки и проушины, фиксируемые хвостовиком в стакане каркаса;
- кронштейны, фиксируемые плоским основанием на площадке каркаса.

Для выполнения автоматизированного монтажа этих элементов в условиях промышленного производства целесообразно применить готовый 6-координатный робот-манипулятор с гибкой программируемой системой управления [1]. Такие готовые решения предлагают фирмы KUKA, Fanuc, ABB, Nokia Robotics и др. Технологическая система на основе робота-манипулятора обладает следующими преимуществами [3]:

- высокая производительность;

- высокая точность монтажа: от 0,01 до 0,1 мм;
- гибкость системы и широкие возможности ее программирования;
- большой радиус рабочей зоны робота: от 0,1 до 2...5 м;
- большой диапазон функциональных нагрузок: грузоподъемность от 0,1 до 300 кг.

Для выполнения автоматизированного монтажа типовых элементов сборочной оснастки в условиях лабораторных исследований и испытаний целесообразно также применить 6-координатный робот-манипулятор с гибкой программируемой системой управления, но собранный из отдельных модульных элементов (приводов и механических элементов). Такой исполнение технологической системы обеспечивает ряд преимуществ в лабораторных условиях:

- возможность переналадки и смены компоновки манипулятора;
- модульная и более компактная конструкция;
- не такая дорогостоящая, как промышленный робот-манипулятор;
- более простая система управления.

Применимость робота-манипулятора к той или иной задаче зависит от типа самого манипулятора (кол-во управляемых координат и компоновка), а также рабочего органа (схвата), который проектируется или выбирается отдельно. Рабочий орган оснащается своей системой управления, которая взаимодействует с системой управления робота-манипулятора.

Основная функция системы управления заключается в управлении двигателями робота-манипулятора. Как правило, используются двигатели постоянного тока (ДПТ) либо шаговые двигатели. Управление данными двигателями осуществляется через широтно-импульсный преобразователь (ШИП) или через контроллер соответственно. Электрический двигатель с редуктором и обратной связью образуют электрический привод. Пневматический или гидравлический тип привода используется реже, так как подходит для узкого круга задач.

Общие требования к системе управления промышленным роботом-манипулятором при выполнении монтажа сборочной оснастки в самолётостроении:

- система управления роботом должна состоять из аппаратного и программного обеспечения;
- аппаратное обеспечение с возможностью его мобильного перемещения по полу цеха;
- дружественный пользователю интерфейс программного обеспечения;
- возможность адаптации и настройки программного обеспечения системы управления для решения задач координатного позиционирования различных объектов;
- обеспечивать соблюдение норм безопасности жизнедеятельности (аварийная остановка робота автоматически и по команде оператора и др.).

Вне зависимости от вида системы управления, в ней производится преобразование данных в величину перемещения соответствующего привода.

Способы управления роботами-манипуляторами:

- а) непосредственное (прямое) управление: схема «пульт управления – приводы робота»;
- б) управляющая программа: схема «система управления (СУ) робота – приводы робота»;
- в) взаимодействие с внешней ЭВМ (при помощи управляющей программы): схема «ЭВМ – СУ робота – приводы робота»;
- г) управление на основе данных с внешних источников сигнала (датчиков): схема «сигнал датчика – (преобразователь сигнала) - СУ робота – приводы робота».

Все вышеперечисленные способы управления применимы для системы автоматизированного монтажа сборочной оснастки, так как именно сочетание всех этих способов обеспечивает необходимый уровень управления сложными автоматическими системами. Для лабораторного 6-координатного манипулятора в основном применяется непосредственное управление (а) и управляющая программа (б), поскольку они обеспечивают наибольшую универсальность.

В условиях промышленного предприятия, чтобы создать наиболее подходящее сочетание производственного оборудования в кратчайшие сроки, требуется программное обеспечение для симуляции и программирования перемещений роботов, позволяющее создавать виртуальные модели производственных ячеек. Программирование многоосевых систем управления для роботов всегда было сложной и трудоемкой задачей. Роботов можно программировать с помощью методов обучения, но для получения идеальной траектории они требуют тщательной тонкой настройки.

САМ-системы для подготовки управляющих программ позволяют разрабатывать траектории перемещений робота (так же, как для 5-координатных станков с ЧПУ), симулировать кинематику робота и создавать управляющую программу для робота на его языке управления. САМ-системы для управления промышленными роботами-манипуляторами:

- PowerMILL Robot Interface компании Delcam;
- Technomatix Robot Expert компании Siemens PLM Software.

Для дополнительной обработки данных перед их передачей в СУ робота применяется специальное программное обеспечение (ПО). Оно может быть представлено специализированными продуктами от производителей комплектующих и оборудования (приводов, контроллеров, роботов в целом), либо САМ или САЕ системами (например, MATLAB). Для некоторых производственных задач требуется написание собственного

прикладного ПО либо дополнительного программного модуля для используемых САМ или САЕ систем [1].

В настоящее время на кафедре самолетостроения и эксплуатации авиационной техники ИрГТУ создан лабораторный комплекс автоматизированного монтажа сборочной оснастки. Комплекс включает комплект автоматизированных приводов, которые можно монтировать в манипуляторы различных схем компоновки. Так, 6-координатный манипулятор состоит из двух модулей (рисунок 1):

- 3-координатный модуль линейного позиционирования на основе линейных приводов (рисунок 2);
- 3-координатный модуль углового позиционирования на основе приводов поворота (рисунок 3).

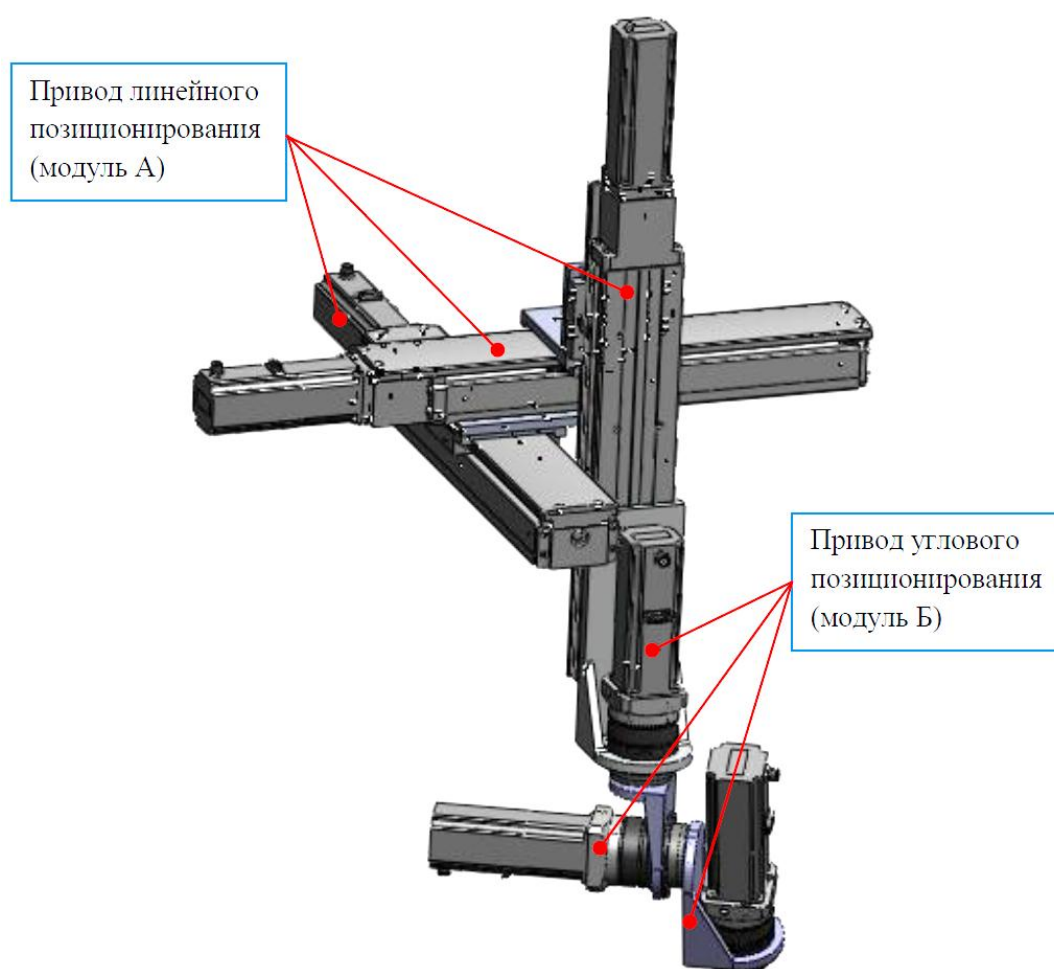


Рисунок 1 – Лабораторный 6-координатный автоматизированный манипулятор

Таблица 1 – Общие технические характеристики комплекса точного позиционирования

Характеристика	Значение
Максимальный рабочий ход	300 мм

Минимальные перемещения по каждой оси	0,01 мм
Повторяемость модуля по каждой оси	±0,01 мм
Номинальная грузоподъемность	15 кг
Минимальные углы поворота исполнительных органов по каждой координате	0,01°
Рабочая температура	0-55°C

Как было отмечено ранее, возможны различные компоновки манипуляторов, в зависимости от выполняемой задачи. Кроме того было разработано ПО для расчетов перемещений приводов.

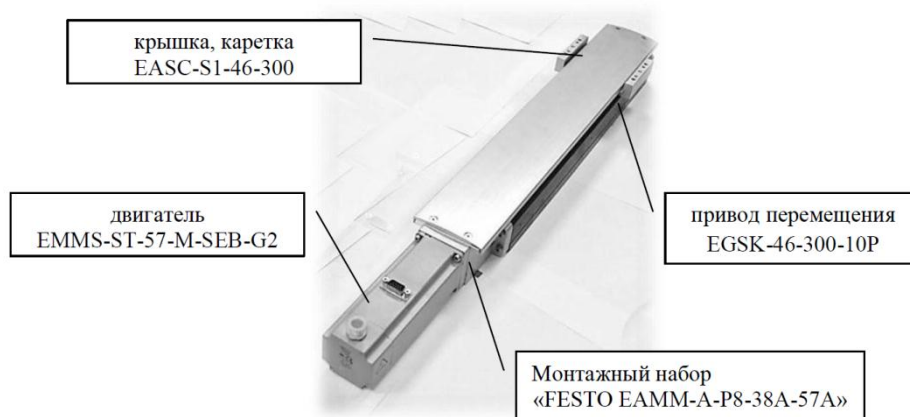


Рисунок 2 – Общий вид модуля линейного перемещения

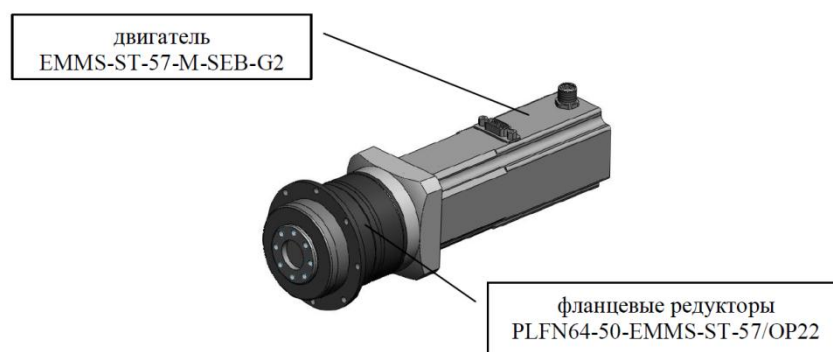


Рисунок 3 – Общий вид модуля углового перемещения

В настоящее время выполняется работа по внедрению на Иркутском авиационном заводе робототехнической системы для автоматизированного выполнения сборочно-монтажных работ. Данная система разрабатывается на основе лабораторного варианта, созданного в ИрГТУ. Система должна включать в себя:

- несколько 6-координатных манипуляторов фирмы KUKA: позиционирование некоторых крупногабаритных элементов сборочной оснастки может осуществляться двумя роботами-манипуляторами в согласованном режиме [3];

- систему управления KUKA KR C4 с промышленным планшетом SmartPAD: данная СУ обеспечит нужный уровень управления, за счет широких возможностей программирования [3];
- набор пневматических схватов различных типоразмеров с собственной системой управления: данный тип схватов оптимален по соотношению нагрузки, стоимости и простоты конструкции;
- лазерную систему измерения координат для контроля точности позиционирования;
- САМ-системы и дополнительное специальное и прикладное ПО.

Общий алгоритм работы проектируемой системы автоматизированного монтажа сборочной оснастки [1]:

- 1) выбор объекта монтажа и установка исполнительного устройства;
- 2) выбор, установка и настройка периферийного оборудования;
- 3) инициализация САМ-системы и СУ исполнительного устройства;
- 4) загрузка управляющих программ;
- 5) получение исходных данных для СУ исполнительного устройства;
- 6) передача исходных данных в СУ исполнительного устройства или САМ-систему;
- 7) адаптация данных (п.6) для СУ исполнительного устройства или САМ системы и выполнение необходимых расчетов;
- 8) выполнение перемещения по заданным параметрам;
- 9) контроль точности установки;
- 10) подготовка всей системы к следующему циклу работы.

Для выполнения операций безэталонного монтажа сборочной оснастки в самолетостроении для лабораторного и промышленного внедрения были разработаны автоматизированные системы на основе многокоординатных роботов-манипуляторов. Обе системы удовлетворяют поставленным требованиям к точности и выполнению поставленной задачи позиционирования и монтажа. В дальнейшем планируется совершенствование этих систем и отработка новых алгоритмов выполнения безэталонного монтажа.

Список использованной литературы

1. Ахатов Р.Х. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства: Учебное пособие / Р.Х. Ахатов – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2007. – 104с.
2. «Современные методы и средства монтажа сборочной оснастки»: учебно- методическое пособие / сост. Р.Х. Ахатов, А.С. Говорков. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. – 76 с., ил.
3. Промышленные роботы KUKA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kuka-robotics.com/russia/ru/> (Дата обращения: 12.03.2013)

Новый метод контроля каркасных авиационных панелей из ПКМ

Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко

Представлены материалы разработки о неразрушающем контроле композитной панели нерегулярной сетчатой структуры и сложной пространственной формы. Описаны результаты по собственным НИОКТР, направленным на достижение задачи авиастроения по оперативному мониторингу состояния крупногабаритных композитных панелей летательного аппарата (ЛА) при остальных показателях равных аналогам. Разработка предназначена для применения при изготовлении и эксплуатации ЛА, но может быть использована и в смежных отраслях.

Ключевые слова: *композитная панель; неразрушающий контроль; оптоволоконный отрезок; полимерный композиционный материал.*

Огнев Юрий Фёдорович, доктор технических наук, профессор, директор филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» в г. Арсеньеве, тел.: 8 914 792 70 23, e-mail: yuoognev@yandex.ru

Бердиев Олег Шамильевич, зам. директора по НИР и развитию Филиала «Дальневосточный федеральный университет» в г. Арсеньеве, тел.: 8 924 263 36 75

Денисенко Юрий Петрович, профессор кафедры самолето- и вертолестроения филиала «Дальневосточный федеральный университет», г. Арсеньев, управляющий директор ОАО ААК «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина (г. Арсеньев), e-mail: yuoognev@yandex.ru

В производстве современных ЛА всё шире применяется широкая номенклатура крупногабаритных панелей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) [1,2,3]. Это, например, лопасти ЛА, в частности, вертолётов и автожиров, элементы обшивок и силовых конструкций фюзеляжа или крыла ЛА, а также элементов орбитальных платформ и их разгонных блоков. Перечисленные конструкции работают в сложных условиях при импульсных знакопеременных нагрузках, самых разнообразных: давлениях, температуре, но, неизменно, призваны постоянно обеспечивать стабильную безопасность эксплуатации, поэтому регулярно осматриваются и подвергаются разным способам неразрушающего контроля [4].

Применение результатов настоящей работы позволяет с наименьшими затратами изготавливать и эффективно эксплуатировать крупногабаритные композитные панели на ответственных и нагруженных участках конструкции летательного аппарата.

В современном авиастроении известно несколько способов получения панелей сложной формы, так например, по одному из них – это изготовление крупногабаритных баллонов из ПКМ с объёмной тонкостенной оболочкой, – называемым методом непрерывной намотки на станке с вращающейся оправкой (формообразующим или формофиксирующим инструментом).

При этом на вращающуюся оправку непрерывно, с регулируемой скоростью равномерно укладывают по заданной траектории, оплетая её как кокон, спиральные ленты из волокон ПКМ, пропитанных связующим и образующих силовой каркас панели будущей конструкции из подкрепляющих профилей или силовых элементов. В описанной стадии одновременно формируется своеобразная объёмная жёсткая сетчатая конструкция из спиральных взаимно-пересекающихся волокон.

Сформированный каркас подкрепляющих профилей или силовых элементов, затем ещё и усиливают наружными лентами, наматываемыми в кольцевом направлении. Причём намотка кольцевого слоя или уже полученной обшивки по наружной поверхности панели производят на предварительно уложенные симметричные спиральные слои.

Известен также иной метод намотки с сочетанием силовой схемы, включающий формирование системы спиральных и кольцевых рёбер силового набора намоткой гибкого волоконного материала, пропитанного связующим, на серию вставок наборной эластичной матрицы. При этом матрица размещена на поверхности вращающейся оправки. В этом случае последующее формирование обшивочного слоя выполняется намоткой гибкого волоконного материала, пропитанного связующим, поверх силового набора. Снятие намотанной панели с оправки производится после отверждения связующего.

Особенностью второго процесса является то, что пазы под рёбра каркаса в эластичных вставках наборной матрицы изготовлены по высоте, меньшей, нежели толщина вставки, т.е. толщина эластичной вставки должна быть больше, чем высота паза для будущего ребра профиля силового набора.

Применение указанного технологического процесса позволяет изготовить однослойную панель с сетчатым каркасом рёбер, поскольку наращивание числа слоёв панели препятствует потребности обязательного извлечения эластичных матриц после каждого процесса намотки.

Одной из ранее проведённых НИОКР, проработана возможность получения нескольких обшивочных слоёв при изготовлении тонкостенных многослойных силовых ребрённых панелей.

Полученный результат выражается в упрощении процесса получения нескольких слоёв при изготовлении тонкостенных многослойных силовых оребренных панелей.

Задача решена тем, что изготовление панелей, одновременно с формированием системы силового набора производится намоткой гибкого волоконного материала, пропитанного связующим, на матрицу, также размещённую на оправке. Изготовление обшивочного слоя затем производится намоткой гибкого волоконного материала, пропитанного связующим, поверх силового набора, а затем производится отверждение связующего и снятие панели с оправки. От ранее изложенного варианта последний отличается тем, что на оправке сначала наматывают первый обшивочный слой, на котором из материала, обладающего возможностью трансформации формы и/или объёма, выкладывают матрицу с пазами, предназначенными для последующего создания силового набора панели. Затем производится намотка рёбер силового набора в пазы между вставками наборной матрицы. После чего на полученный каркас рёбер наматывают второй обшивочный слой. При этом формирование последующих слоёв осуществляется в аналогичном порядке, а отверждение связующего – после создания многослойной структуры. После этого обеспечивается доступ ко всем замкнутым объёмам конструкционной панели.

Технологический процесс осуществляется следующим образом. Для первого обшивочного слоя на поверхность вращающейся оправки предварительно укладывают гибкий волоконный материал, пропитанный связующим. Затем из вставок на оправке, с заранее предусмотренными зазорами, набирается матрица из материала, обладающего возможностью трансформации формы. Зазоры, как уже указано ранее, – предназначены для создания силового набора. В качестве матриц могут быть применены вставки [2], которые устанавливаются на первом обшивочном слое по шаблону с зазорами по чертёжному размеру ребра, а именно: высота вставки должна быть равна высоте изготавливаемого ребра (в пределах технологического допуска), а расстояние между вставками – толщине будущего ребра по переменной высоте. Рёбра силового набора формируются намоткой гибкого волоконного материала в зазоры между матрицами. Для удобства работы изготавливаемые намоткой, рёбра, как правило, ориентированы перпендикулярно к наружной поверхности панели.

Формирование последующих слоёв осуществляется в аналогичном порядке. Отверждение связующего производится после завершения формирования многослойной структуры.

Уже после заполнения зазоров между вставками и сформированности силового сетчатого каркаса из спиральных взаимно-пересекающихся рёбер наматывается наружная кольцевая обшивка. Затем проводится процесс

отверждения (фиксации формы, зависящее от времени, давления температуры и других технологических параметров и приёмов воздействия) изготовленной заготовки и снятие панели с оправки вместе с вставками. После чего обеспечивается доступ ко всем замкнутым объёмам конструкционной панели.

Дальнейшей задачей было создание способа выявления деформаций и дефектов в конструкции из композиционных материалов, позволяющего достоверно определять негативное воздействие на конструкцию. В основе способа лежит интегрирование в конструкцию из ПКМ определённого оптоволоконного проводника, где отрезки проводника обеспечивают передачу по нему светового потока. В исследуемом способе в качестве индикатора целостности служит полнота передачи сигнала по оптоволоконному проводнику, которая изменяется при разрушении световода внутренней трещиной в контролируемой конструкции, что значительно упрощает выявление дефекта. Указанный способ исключает возможность эксплуатации ослабленной конструкции.

Список использованной литературы:

1. Летательный аппарат: Патент изобретения РФ №109094 от 10.10.2011г. Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев. Заявл.29.03.2011; опубл.10.10.2011. Бюл. №28.
2. Способ изготовления тонкостенных многослойных силовых панелей: Патент изобретения РФ №2463166 от 30.03.2011г. Ю.Ф. Огнев, О.Ш.Бердиев. Заявл.30.03.2011; опубл.10.10.2012. Бюл. №28.
3. Огнев, Ю.Ф., Новые решения в конструкции и технологии производства БПЛА / Ю.Ф. Огнев, О.Ш. Бердиев, Ю.П. Денисенко / Актуальные вопросы современной техники и технологии: Сборник докладов VIII-й Международной научной конференции (Липецк, 23 июля 2012г.). // Отв. ред. А.В. Горбенко. – Липецк: Издательский центр «Гравис», 2012. – 136 с. с.71-77. ISBN 978-5-4353-0038-3.
4. Чумадин, А.С., Основы авиа- и ракетостроения: учеб. пособие для вузов / А.С. Чумадин, В.И. Ершов, К.А. Макаров и др. – М.: Инфра-М. 2008. - 992с. с ил.: С. 557-558; 567.

**Металлографические исследования скрытых дефектов деталей
авиационного производства**

Ю.Ф. Огнев, Ю.П. Денисенко, Е.С. Бронникова, М.А. Мурыгина, Н.В. Третьяков.

Приведены результаты одной из исследовательских работ, проведённых в рамках производственно ориентированной научно-исследовательской работы студентов по направлению «Анализ дефектов деталей и заготовок реального производства».

Ключевые слова: *надёжность и безопасность; скрытые производственные дефекты; металлографический анализ; ликвация; термообработка; обезуглероженный слой.*

Огнев Юрий Фёдорович, доктор технических наук, профессор, директор филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» в г. Арсеньеве, тел.: 8 914 792 70 23, e-mail: yuoognev@yandex.ru

Денисенко Юрий Петрович, профессор кафедры самолёто- и вертолётостроения филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» в г. Арсеньеве, управляющий директор ОАО ААК «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина, тел.: 84236141508, e-mail: yuoognev@yandex.ru

Бронникова Елена Семёновна, доцент кафедры самолёто- и вертолётостроения, тел.: 8 4236134954, e-mail: elena.st205@mail.ru

Мурыгина Мария Александровна, студентка группы С17302, специальность 160201.65 Самолёто- и вертолётостроение, тел.: 8 924 335 02 48, e-mail: jemand_91@bk.ru

Третьяков Никита Викторович, студент группы С17302, специальность 160201.65 Самолёто- и вертолётостроение, тел.: 8 902 068 12 00, e-mail: nik001200@mail.ru

Высокое качество и надёжность изделий авиационной техники в совокупности с другими значимыми показателями гарантирует безопасность эксплуатации летательных аппаратов. Для предприятий, выпускающих авиационную технику качество и надёжность, – это повышение конкурентоспособности, в том числе, и на мировом рынке авиационной продукции, они же являются и гарантам динамического

развития предприятий. Вопросам повышения качества изделий и выявления дефектных заготовок и деталей на всех этапах производства уделяется огромное внимание. Только слаженная работа всех подразделений предприятий и тенденция к внедрению методов анализа дефектов высокого класса для получения результатов высокой точности способны в определённой степени оказать влияние на повышение качества выпускаемой продукции.

Отсюда вполне логично в учебном процессе подготовки инженеров и научной работе студентов обращать особое внимание на изучение методики выявления дефектов заготовок, деталей, элементов конструкций и прогнозированию появления возможных дефектов и брака в реальном производстве, что способствует формированию профессиональных компетенций студентов.

Рост требований к уровню качества, надёжности и безопасности авиационной техники предполагает и совершенствование технологических процессов, а также соблюдение технологической дисциплины на всех производственных этапах. Как показывает статистика, производственные дефекты деталей и заготовок обусловлены двумя основными группами причин: недостатками технологии (примерно 85%) и нарушением технологической дисциплины (примерно 15%) [1]. В лаборатории материаловедения филиала ДВФУ совместно со специалистами авиационной компании «Прогресс» проводятся исследования причин возникновения скрытых дефектов деталей реального производства и формируется соответствующая электронная база данных с использованием полученных результатов в учебном процессе. Работы ведутся с привлечением студентов технических специальностей при выполнении исследовательских лабораторных работ по материаловедению и в рамках научных исследований студентов, т.е. научно исследовательская работа студентов связана с решением проблем реального производства, внедрением новых технологических процессов и технологического оборудования.

Задачами исследовательских работ являются определение свойств и структуры материала, параметров деталей и изделий с целью получения информации об их качестве, наличии дефектов и техническом состоянии. Поскольку любой технологический процесс, который проходит каждая деталь или изделие в процессе изготовления или сборки, влияет на структуру и свойства материала, то по результатам исследований и полученной информации можно судить и о правильности проведения технологического процесса, соблюдении технологической дисциплины. Кроме того, на основании такой информации можно проводить и доработку технологических процессов с целью получения бездефектных и высоконадёжных изделий. Анализ дефектов и накопленная информационная база позволила выявить наиболее часто встречающиеся

сопутствующие технологическим процессам явления, связанные с изменением структуры материалов. Это такие дефекты, как: обезуглероживание в поверхностных слоях стальных деталей при термообработке, наводороживание поверхностей деталей, пережог в деталях из алюминиевых сплавов при термообработке и при заварке дефектов литья, диффузия легкоплавких металлов в межзёрненное пространство стальных деталей, образование трещин, изменение структуры и свойств поверхностных слоёв металла при механической обработке и др.

Рассмотрим одну из выполненных нами работ.

В лабораторию материаловедения поступила дефектная деталь с заключением о несоответствии размеров резьбы, которое было обнаружено после термообработки детали. Деталь изготовлена из стали 30ХГСА – сталь легированная конструкционная высококачественная. Химический состав стали показан в табл.1.

Табл. 1 – Химический состав стали 30ХГСА в %.

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Fe	Ni	S	P
						не более		
30ХГСА	0,28–0,34	0,9–1,2	0,8–1,1	0,8–1,1	Основа	0,30	0,025	0,025

Исследования проводились с применением оборудования, указанного в табл.2.

Табл.2 – Оборудование для исследований

Исследование	Оборудование
Спектральный анализ	Стилоскоп СЛ-13
Пробоподготовка	Станок шлифовально-полировальный EcoMet 300 Pro
Металлографический анализ	Металлографический комплекс Альтами МЕТ-1
Испытания на твёрдость	Твердомер Роквелла

Программа проведения исследований и результаты:

1. Спектральный анализа на соответствие марки материала.

Спектральный анализ показал, что марка материала – сталь 30ХГСА и соответствует материалу, указанному на чертеже.

2. Металлографический анализ исходного образца.

2.1. При приготовлении микрошлифа для металлографического анализа на поверхности образца был обнаружен ликвационный квадрат (неоднородность структуры стали) (рис.1). Ликвационный квадрат или круг (по конфигурации слитка) выявляется в виде полосы, травящейся более интенсивно по сравнению с остальной частью шлифа. Ликвационный квадрат является следствием внеосевой зональной ликвации. Внеосевая зональная ликвация особенно сильно проявляется на

границе между зоной транскристаллизации и равноосными кристаллами. Увеличение содержания водорода и кислорода усиливает ликвационный квадрат. Чаще всего ликвационный квадрат возникает из-за большого содержания фосфора и серы; несоблюдения оптимального времени выдержки слитков.

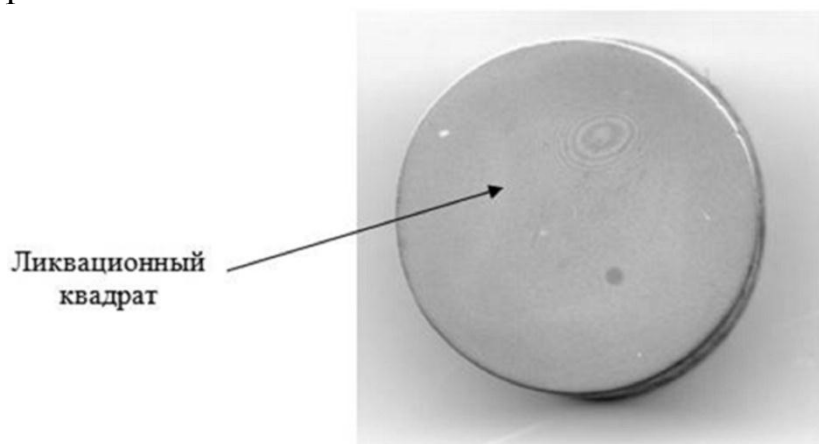


Рис. 1. Поверхность исходного образца. Наблюдаем ликвационный квадрат, балл 2.

2.2. Исследования по влиянию ликвационного квадрата на химические и механические свойства стали 30 ХГСА.

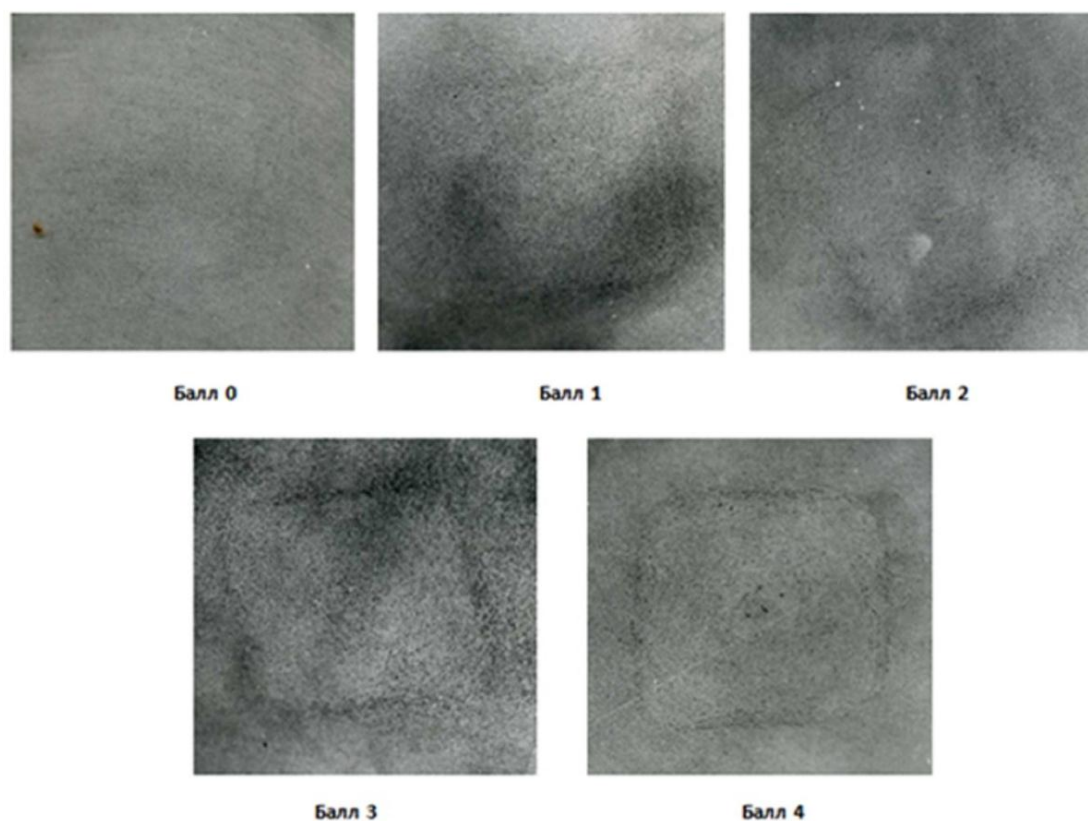


Рис. 2. Образцы с различным баллом ликвационного квадрата

С целью установления влияния ликвационного квадрата на механические и химические свойства были взяты образцы с баллом

ликвационного квадрата 0, 1, 2, 3, 4 (рис. 2). Изучена микроструктура образцов, вырезанных из ликвационного квадрата и вне ликвационного квадрата (рис.3). В процессе исследования был сделан вывод: механические свойства, химический состав, микроструктура образцов не зависят от степени ликвации в пределах от 1 до 3 балла (в зоне



в ликвационном квадрате



вне ликвационного квадрата

ликвационного квадрата и вне ликвационного квадрата).

Рис. 3. Микроструктура образцов

3. Металлографический анализ.

Металлографический анализ (рис.4, рис.5, рис.6), позволил сделать следующие выводы:

3.1.Микроструктура исходного образца, рис. 4 соответствует стали 30ХГСА в состоянии поставки:

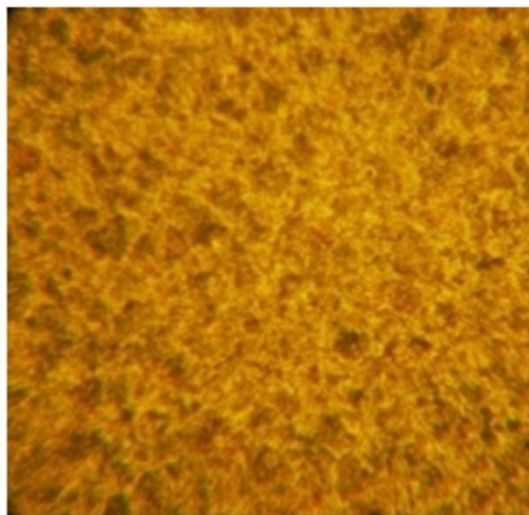


Рис. 4. Микроструктура исходного образца

3.2.Микроструктура участков термообработанной детали показаны на рис.5 резьба правая, и рис.6 резьба левая.

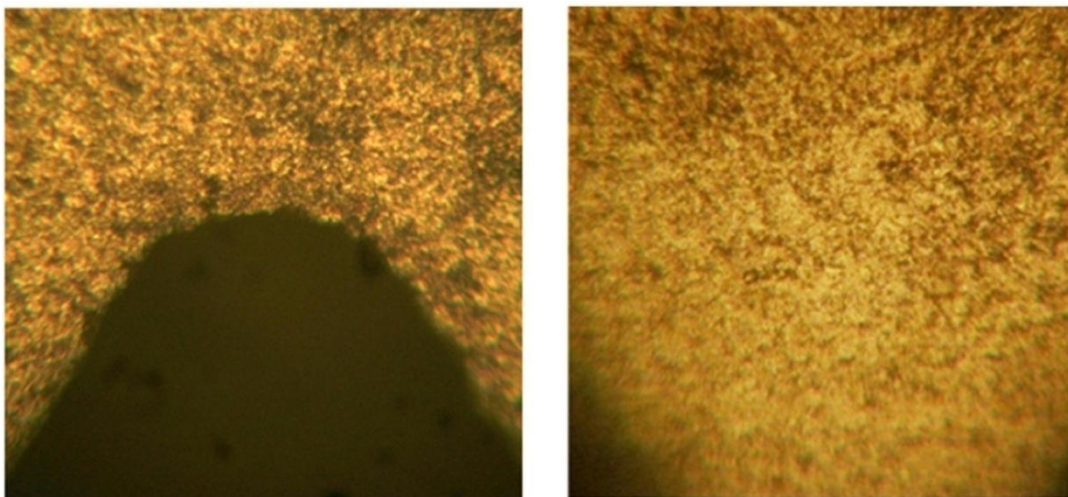


Рис. 5. Микроструктуры стали на участке – резьба правая

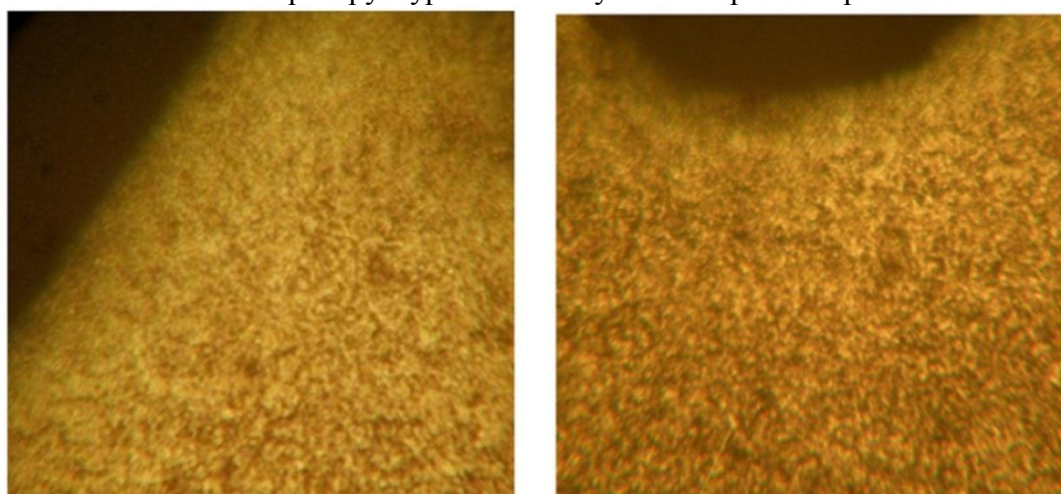


Рис. 6. Микроструктуры стали на участке – резьба левая

Микроструктура на этих участках соответствует нормально термообработанному состоянию по режиму: закалка с 900°C в масле и отпуск при температуре $480-500^{\circ}\text{C}$ и представляет собой сорбит отпуска, обеспечивающей требуемую прочность, обезуглерожженный слой отсутствует.

Для сравнения провели металлографический анализ образцов с обезуглерожженным слоем (рис.7):

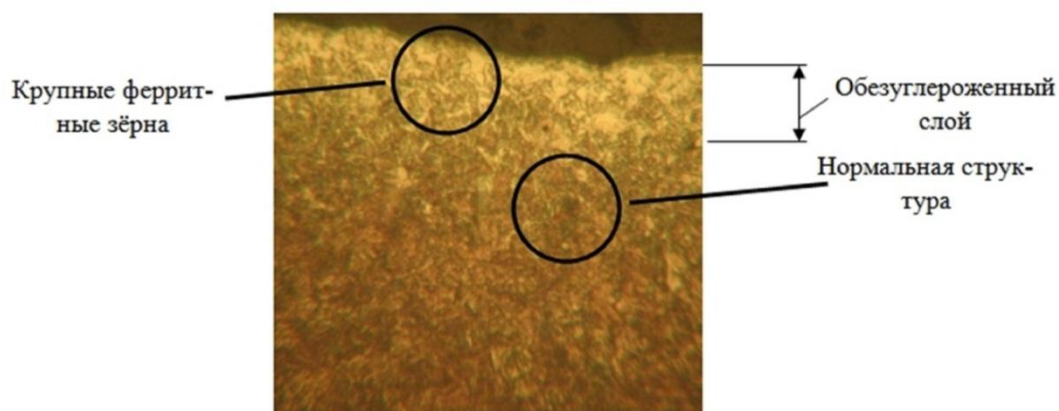


Рис. 7. Микроструктура стали с обезуглерожженным слоем

Для сравнения провели металлографический анализ образцов с обезуглероженным слоем (рис.7):

В микроструктуре стали с обезуглероженным слоем явно наблюдаются крупные зёрна феррита.

4. Испытания на твёрдость.

Схема испытания на твёрдость показана на рис.8.

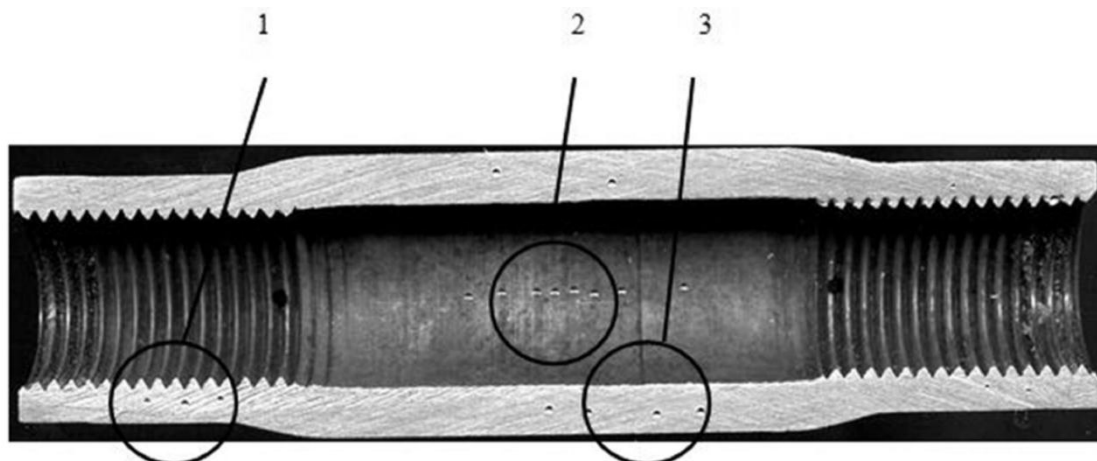


Рис. 8. Схема испытания на твёрдость

Результаты испытаний сведены в таблицы (табл. 3, табл. 4, табл. 5, табл. 6):

Табл. 3 – Результаты испытаний на твердость образца 30ХГСА в состоянии поставки

№ испытания	Число твёрдости $HB \cdot 10^{-1}$, МПа	Среднее значение $HB \cdot 10^{-1}$, МПа	Временное сопротивление разрыву стали, МПа
1	163	163	529,2
2	164		
3	162		

Табл. 4 –Результаты испытаний на твёрдость резьбы (зона испытаний – 1)

№ испытания	Число твёрдости HRCэ	Среднее значение HRCэ	Временное сопротивление разрыву стали, МПа
1	41	40	1332,8
2	38		
3	41		

Табл. 5 – Результаты испытаний на твёрдость по внутренней поверхности детали (зона испытаний – 2)

№ испытания	Число твёрдости HRCэ	Среднее значение HRCэ	Временное сопротивление разрыву стали, МПа
1	40	39	1274,0
2	40		

3	37		

Табл. 6 – Результаты испытаний на твёрдость внешнего диаметра детали (зона испытаний – 3)

№ испытания	Число твёрдости HRCэ	Среднее значение HRCэ	Временное сопротивление разрыву стали, МПа
1	35	35	1117,2
2	35		
3	35		

Результаты испытаний показали, что во всех зонах числа твёрдости и показатель предела прочности соответствуют указанным на чертеже.

5. Выводы.

Заключение, представленное цехом о том, что дефект резьбы появился во время термообработки – неверен, так как микроструктура детали, в том числе и на резьбе соответствует нормально проведённой термообработке, обезуглероженный слой не наблюдается. Делаем заключение о том, что брак по резьбе был допущен при механической обработке.

Список использованной литературы:

1. Медведев, А.А., Управление качеством изделий ракетно-космической техники / А.А. Медведев, Ю.М. Мирош; Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение // Гл. ред. А.Г. Братухин. М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008. 608 с.
2. Огнев, Ю.Ф. Анализ дефектов заготовок и деталей машиностроительного производства: учебное пособие / Ю.Ф. Огнев, Е.С. Бронникова, И.П. Ягодин; Дальневосточный государственный технический университет. – Владивосток: ДВГТУ, 2008. – 272 с.

Диагностика авиационных двигателей по параметрам частиц изнашивания, измеренных сцинтилляционным методом

А. Портнов, С. Проводов

г. Иркутск, Лицей № 1 Технический 11 класс

Описание и работа сцинтилляционного анализатора масла.

Сцинтилляционный анализатор масла (САМ-ДТ-01) предназначен для измерения параметров металлической примеси в пробах масел и смывов с маслофильтров авиационных двигателей с целью их диагностирования (оценки технического состояния авиадвигателей). Диагностирование может проводиться при периодическом контроле состояния авиационных двигателей в аэропортах, при диагностировании и обкатке двигателей на ремонтных предприятиях, а также в других случаях.

В основу сцинтилляционного анализатора САМ-ДТ-01 положен атомно-эмиссионный спектральный метод анализа веществ с импульсной регистрацией аналитического сигнала. Источником возбуждения атомов металлической примеси является воздушная микроволновая плазма, в которую в виде аэрозоля вводится анализируемое масло. Излучение возбужденных атомов подается в полихроматор, который разлагает его в спектр и далее регистрируется фотоумножителями, каждый из которых настроен на аналитические линии определяемых элементов. Электрические сигналы с фотоумножителей преобразуются в цифровой код и обрабатываются компьютером.

Принцип работы анализатора (рис.1) заключается в следующем:

Предварительно отобранную и подготовленную пробу масла объемом 1 см^3 с помощью ультразвукового распылителя (1) превращают в мелкодисперсный аэрозоль.

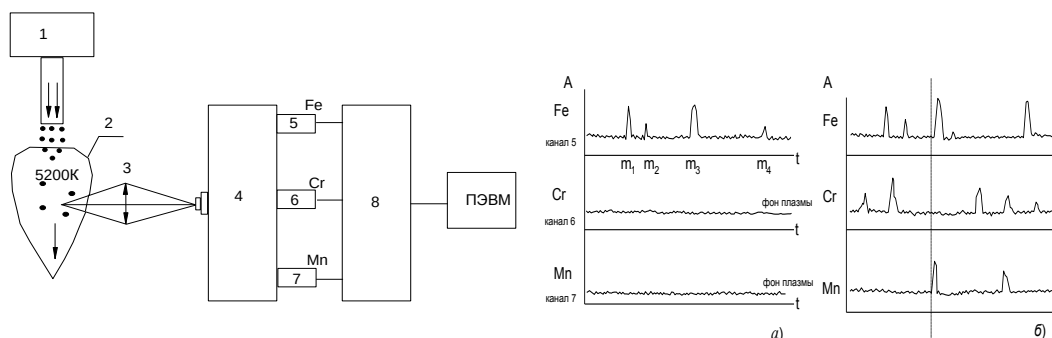


Рисунок 1. Блок-схема сцинтилляционного анализатора на три канала:

а) последовательность импульсов излучения, при присутствии в пробе только одного элемента; б) последовательность импульсов излучения при одновременном присутствии в пробе трех элементов.

Полученный золь, состоящий из капель жидкости и частиц металлической примеси потоком транспортирующего газа равномерно и

непрерывно, в течение 10 минут, вдувается в источник возбуждения спектров - воздушную плазму газового разряда микроволнового плазмотрона циклонного типа (2), температура горячей зоны плазмы составляет около 5500К.

При попадании металлической частицы в плазму она нагревается и мгновенно испаряется. В плазме образуется облако с высокой концентрацией атомного пара, который, возбуждаясь, высвечивается за короткий промежуток времени, т.е. происходит вспышка (сцинтилляция) аналитической линии элемента, находящегося в испарившейся частице. Скорость поступления анализируемой пробы в плазму выбрана 0.1 мл/мин, чтобы обеспечить последовательное поступление частиц микропримеси в плазму по одной.

Излучение атомного пара индивидуальной частицы с помощью конденсора (3) поступает в спектральный прибор - полихроматор (4). Разложенное в спектр излучение регистрируется фотоумножителями (5-7).

Длительность импульса излучения частицы пропорциональна времени нахождения ее в плазме и, в зависимости от массы частицы, составляет 1 - 30 мс. В случае нахождения в пробе одновременно растворенных элементов и элементов, входящих в состав частиц изнашивания, на выходе фотоумножителей будет присутствовать непрерывный сигнал, соответствующий содержанию растворенных элементов, и импульсный, соответствующий содержанию элементов в износных частицах.

С помощью градуировочных графиков импульсный сигнал пересчитывается в массовую долю элементов в частицах, непрерывный – в массовую долю растворенных элементов. Число вспышек (зарегистрированных импульсов) соответствуют количеству испарившихся частиц изнашивания.

На рис. 1 показано только три канала выделения сигнала, число их зависит от типа источника возбуждения и полихроматора и может быть увеличено. При последовательном введении в плазму частиц, состоящих, только из железа, импульсы излучения будут регистрироваться только в 5-ом канале на линии железа (рис. 1 а). В каналах 6 и 7 будет наблюдаться только непрерывное фоновое излучение плазмы.

Если в плазму войдет сложная металлическая частица, состоящая из двух элементов (например, Fe и Mn), то импульсы излучения атомов появятся одновременно в двух каналах, Fe и Mn (рис. 1 б) и ПК, вследствие их одновременного появления, отождествит сложную частицу Fe-Mn.

Диагностические признаки для оценки технического состояния гтд

Сцинтилляционный анализатор позволяет за 10 минут определить в аналитическом объеме 1 см³ пробы масла одновременно по каждому из 8-ми элементов (Al, Cr, Ni, Mg, Fe, Cu, Ag, V) следующие параметры частиц изнашивания:

- $C_{\text{ч}}$ - массовую долю элементов, находящихся в пробе масла в виде металлических частиц изнашивания размером $d > 2\text{мкм}$ в диапазоне содержаний от $0.05\text{ млн}^{-1}(\text{г/т})$ до $10.0\text{ млн}^{-1}(\text{г/т})$;
- $C_{\text{р}}$ - массовую долю элементов, находящихся в пробе масла в виде истинного раствора и (либо) субмикронных частиц ($d < 2\text{мкм}$) в диапазоне содержаний от $0.2\text{ млн}^{-1}(\text{г/т})$ до $10.0\text{ млн}^{-1}(\text{г/т})$;
- N - число частиц каждого элемента, находящихся в 1 см^3 пробы масла, см^{-3} ;
- $N_{\text{пр}}$ - число простых, одноэлементных частиц, см^{-3} ;
- $N_{\text{сл}}$ - число сложных частиц, состоящих из двух и более элементов, см^{-3} ;
- $D_{\text{ср}}$ - средний диаметр частиц, пересчитанный для условного шара в диапазоне размеров от 2мкм до 80 мкм .

Кроме того, спектрометр позволяет определять элементный состав каждой металлической частицы, число частиц каждого состава и количество составов сложных частиц;

Общее число регистрируемых частиц изнашивания в аналитической навеске объемом 1 см^3 в сумме по всем измеряемым элементам не должно превышать $10\,000\text{ см}^{-3}$.

Сцинтилляционный анализатор позволяет измерять в пробе смыва с основного маслофильтра следующие параметры частиц изнашивания:

- N - число частиц изнашивания, содержащих данный элемент, см^{-3} ;
- $N_{\text{пр}}$ - число простых частиц, состоящих из одного элемента, см^{-3} ;
- $N_{\text{общ}}$ - общее количество зарегистрированных частиц всех элементов в пробе $N_{\text{общ}} = \sum N_i$, где N_i – число частиц каждого из определяемых элементов;
- $N_{\text{сл}}$ - число частиц, содержащих два и более элементов, см^{-3} ;

N , $N_{\text{общ}}$, $N_{\text{пр}}$ и $N_{\text{сл}}$ являются промежуточными параметрами и служат для расчета вклада числа частиц, содержащих определенный элемент, и вклада числа простых частиц каждого элемента в общее число зарегистрированных частиц:

- R_0 - вклад общего число частиц изнашивания, содержащих данный элемент (нормированный на 1000 см^{-3} всех частиц, зарегистрированных в данной пробе): $R_0 = N / N_{\text{общ}} * 1000$;
- $R_{\text{пр}}$ - вклад числа простых частиц изнашивания, состоящих только из данного элемента (нормированный на 1000 см^{-3} всех частиц, зарегистрированных в данной пробе): $R_{\text{пр}} = N_{\text{пр}} / N_{\text{общ}} * 1000$;
- $R_{\text{сл}}$ - вклад состава сложных частиц (нормированного на 1000 шт. всех частиц, зарегистрированных в данной пробе): $R_{\text{сл}} = N_{\text{сл}} / N_{\text{общ}} * 1000$;
- $V_{\text{эл}}$ - отношение количества сложных частиц, содержащих данный элемент к количеству простых частиц, состоящих только из данного элемента (элементный параметр изнашивания): $V_{\text{эл}} = N_{\text{сл}} / N_{\text{пр}}$;

- $V_{\text{общ}}$ - отношение всех сложных частиц к количеству всех простых частиц, состоящих только из одного элемента (интегральный параметр изнашивания): $V_{\text{общ}} = \sum V_{\text{эл}}$;
- D - средний диаметр частиц (в виде условного шара) в пробе, мкм;
- G - количество составов сложных частиц.

Метрологические характеристики анализатора при определении массовой доли элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Метрологические характеристики измерения массовой доли элементов.

№ канала	Элемент длина волны, нм		Гарантированный предел обнаружения	
			В растворе C_p , г/т	В частицах $C_{\text{ч}}$, г/т
1	Al	396.152	-	0,1
2	Cr	357.869	-	0,5
3	Ni	341.476	-	0,02
4	Mg	285.213	0,2	0,01
5	Fe	302.064	0,3	0,05
6	Cu	324.754	0,2	0,02
7	Ag	328.068		0,01
8	V	318.398	Регистрируется число частиц содержащих ванадий	

Погрешность анализа в рабочем диапазоне измеряемых содержаний составляет 20 – 25 % (при вероятности $P = 0,95$), в зависимости от содержания элемента.

Различие нижних пределов измерения массовых долей $C_{\text{ч}}$ и C_p обусловлено принципиальным различием механизмов получения измеряемых сигналов - импульсного для элементов в частицах изнашивания и равновесного для растворенных элементов, соответственно. Нижние пределы измерения растворенных элементов (C_p) ограничены уровнем шумов плазмы и аппаратуры, а для частиц ($C_{\text{ч}}$) еще и неоднородностью распределения частиц в пробе масла, которая значительно превышает аппаратную погрешность.

Верхние пределы измерений определяются содержанием элементов в аналитическом объеме, которое не должно превышать 50 г/т.

Полная погрешность измерения массовой доли складывается из аппаратной (приборной) погрешности анализатора, погрешности отбора проб и погрешности аттестации СОП, используемого для градуирования.

Диапазон определения концентрации частиц – от 1 до 10 000 см⁻³, среднего эффективного диаметра частиц от 1 до 80 мкм.

Оценка технического состояния двигателя по результатам анализа масла

При достижении содержания железа и меди в масле равной или выше 2 г/т двигатель ставится на "особый контроль"¹;

Предельно-допустимыми нормами концентрации железа в масле является 5 г/т, меди - 4 г/т

При содержании железа или меди в масле, 2 г/т и более, но менее железа - 6 г/т, а меди - 4 г/т выполнить повторный отбор пробы масла сразу же после прилета самолета из рейса в базовый порт и провести ее анализ.

Если содержание железа или меди менее 2 г/т, то двигатель допускается к дальнейшей эксплуатации с отбором проб масла, с более частой периодичностью.

Если содержание железа или меди равно или более 2 г/т; то двигатель ставится на ОК. Производится осмотр масляных Фильтров., стружкосигнализатора и магнитных пробок. При обнаружении стружки руководствоваться соответствующим разделом инструкции по эксплуатации двигателя. При постановке двигателя на ОК оформляется протокол принятия решения о постановке его на ОК совместно с представителем изготовителя двигателя.

Если на двигателе, находящемся на ОК, стружка в масле не обнаружена, то двигатель допускается к дальнейшей эксплуатации с отбором проб масла после возвращения в ' базовый порт, но не реже чем через 25 часов наработки.

Если в трех последующих пробах масла концентрация железа или меди будет менее 2 г/т, то двигатель снимается с ОК. Отбор проб масла в этом случае производить по регламенту указанному в п.4 настоящей методики. достигает 6 г/т и меди 4 г/т, то руководствоваться п.6.2 настоящей методики.

Если при отборе проб масла по п.4 концентрация железа или меди в масле достигла или превысила соответственно 6 г/т и 4 г/т, то проводится повторный отбор и анализ пробы масла и если результаты предыдущего анализа подтвердились, то проводится комплекс работ по определению причины увеличения содержания металлов в масле по рекомендации экспертной группы. „

По результатам работ решение о возможности дальнейшей эксплуатации принимает экспертная группа.

Применение углепластиков в авиастроении

Н.М. Пуденков, В.П. Пашков

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

Авиационное материаловедение развивается в направлении создания новых материалов, обладающих оптимальными характеристиками. Важную группу таких материалов составляют композиционные материалы, армированные углеродными волокнами – углепластики.

Высокие механические характеристики, коррозионная стойкость, возможность уменьшения массы и количества деталей в конструкции летательного аппарата, высокий коэффициент использования материала (КИМ), снижение трудоёмкости изготовления планера летательного аппарата (более чем на 30%) привлекают конструкторов, и они всё больше используют углепластики в конструкции авиационной техники.

Из углепластиков получают разнообразные конструктивные элементы, которые можно разделить на следующие группы: - объёмные (двутаврового или Н-образного сечения с неравномерным профилем); - плоские. Наружные листы для сэндвичных сотовых и других трехслойных конструкций почти всегда имеют простую форму. Такие элементы конструкций обычно изготавливаются методом автоклавного формования. Этот метод является наиболее распространенным при изготовлении деталей планера. При изготовлении коробчатых конструкций предварительно сформованные листы обшивки, лонжероны и ребра собирают внутри автоклава и затем склеивают. Используемые при этом клеи так же, как и препреги, строго регламентированы стандартами. С другой стороны, для изготовления лонжеронов, рёбер и других изделий сложной формы с изменяющимся сечением используют метод термокомпрессионного формования, который основан на эффекте теплового расширения эластомеров, хорошо отделяющихся затем от поверхности изделия. Также при изготовлении углепластиков используется метод формования препрегов с использованием металлических штампов, благодаря такому методу получают изделия с высокой точностью размеров.

Иностранные самолётостроительные проекты с использованием углепластиков представлены, прежде всего, корпорациями Airbus и Boeing. На рис.1 видно увеличение доли углепластиков по массе в самолётах этих двух компаний относительно времени производства (с 1980 по 2015) и моделей.

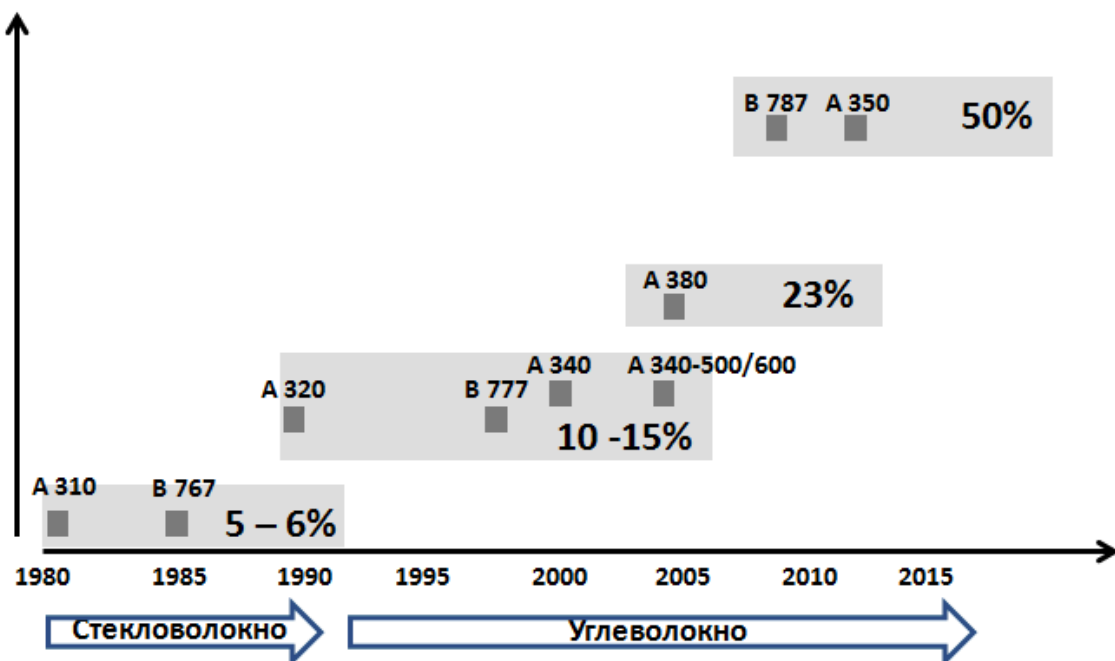


Рисунок 1. Содержание композиционных материалов в самолётах компаний Airbus и Boeing

Ранние модели A310 и B767 содержали всего 5-6% стекловолноконных композиционных материалов. Но уже в 1986 году конструкция A310-200 была модернизирована, что помогло повысить топливную эффективность. Среди изменений было внедрение вертикального оперения из углепластиков, также тормоза колёс стали делать из композитов на основе углеродных волокон.



Рисунок 2. Членение самолёта MC-21

В самолётах A320, A340 и B777 было использовано уже 10-15% углепластиков по весу.

В конструкции перспективных самолётов этих двух корпораций A350 и B787 (Dreamliner) доля углепластиков по массе превышает 50%.

В российском проекте «Магистральный самолёт XXI века» (МС-21) – проекте ближне-среднемагистрального пассажирского самолёта (рис.2), доля композитов на основе стекловолокна и углепластиков по массе будет составлять почти 35%.

Увеличить в будущем долю конструкций из углепластиков в составе планера летательного аппарата поможет решение вопросов ремонтпригодности и эксплуатационной технологичности конструкций из этих материалов.

Библиографический список:

- 1 <http://www.polimerportal.ru>
- 2 arma.mephi.ru
- 3 Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. Мелешко А.И., Половников С.П., Москва, Сайнс-пресс, 2007.
- 4 <http://www.ximicat.com/ebook.php>

УДК 621.715.4, 658.515

**Разработка схемы монтажа сборочной оснастки с использованием
робота**

К.А. Однокурцев, И.В. Проничев

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

Приведены результаты анализа и выбора метода и схемы выполнения безэталонного монтажа сборочной оснастки в самолётостроении с помощью шести осевого робота. Исследованы различные виды роботов и способы их применения при выполнении безэталонного монтажа сборочной оснастки, определены основные технические характеристики роботов для каждой схемы: грузоподъемность, рабочая зона, компоновка и др. В качестве оптимальной по трудоёмкости монтажа и гибкости технологической системы выбрана схема монтажа с использованием робота KUKA KR 150.

Ключевые слова: *сборочная оснастка; безэталонный монтаж; автоматизация; схема монтажа; робот.*

Однокурцев Константин Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры самолётостроения и эксплуатации авиационной техники, e-mail: only_const@mail.ru

Проничев Иван Владимирович, студент кафедры самолётостроения и эксплуатации авиационной техники, e-mail: ivan_pronichev@mail.ru

В настоящее время на территории Российской Федерации и, в частности, в Иркутской области самолетостроительное производство является одним из наиболее развивающихся. Авиационная отрасль российской промышленности обеспечивает заказами на длительный срок достаточно большое количество предприятий на всей территории страны. Поэтому развитие этой отрасли имеет важное экономическое значение, так как она обеспечивает занятость достаточно большой части населения страны, приносит государству высокую прибыль в виде налогов, стимулирует развитие отечественной науки.

Иркутский авиационный завод является одним из самых передовых в нашей стране. Он смог достичь такого успеха, внедряя инновационные проекты в производство, оборудуя цеха современными станками, а конструкторские отделы – мощными компьютерами и современным программным обеспечением. С целью сокращения своих затрат завод

постепенно перевел производство с плазово-шаблонного метода обеспечения взаимозаменяемости на бесплазовый. В связи с этим, вся документация была переведена в цифровой формат. Это позволило, в том числе, внедрить безэталонный метод монтажа сборочной оснастки. Тем самым была достигнута более высокая точность монтажа сборочной оснастки.

В настоящее время управление положением элементов сборочной оснастки при безэталонном монтаже выполняется вручную с помощью болтов и калиброванных прокладок. Такой метод обладает малой производительностью, поскольку требует многократных итераций, чтобы получить необходимое положение базирующих и фиксирующих элементов. Положение монтируемого элемента контролируется при помощи лазерного трекера, а после того, как контролируемая величина достигнута, установочный кронштейн фиксируется болтами и штифтуется. Эти операции занимают много времени, так как на базирование одного элемента у бригады из четырех человек может уходить до трех часов рабочего времени. Требуется, чтобы элементы сборочной оснастки при монтаже были точно и быстро закреплены, а этот результат можно получить только с использованием цифровых технологий и средств автоматизации производства.

Сборочные работы составляют значительную часть длительности и трудоемкости производства самолета [1]. Поэтому на производстве стараются максимально сократить трудоёмкость изготовления стапеля и запуска его в рабочий процесс, чтобы соблюсти график выпуска готовой продукции. Чрезвычайной ситуацией в цехе считается выход стапеля или его элемента из строя, поэтому требуется высокая производительность труда и мобильность бригады наладчиков в восстановлении работоспособности сборочного приспособления.

Не менее важным фактором, влияющим на процесс сборки, является точность, с которой будет изготовлено и смонтировано сборочное приспособление, а затем и собрана сборочная единица. Сейчас при монтаже рубильника вместе с кронштейнами в основном обеспечивается точность 0,1 мм. Данный допуск распространяется только на одну контролируемую точку, а для трёх точек на одном рубильнике суммарная погрешность в среднем составляет 0,2 мм. Таким образом, при существующей технологии безэталонного монтажа погрешность накапливается, а с рубильника она передаётся на теоретический контур изготавливаемого изделия. Вследствие большого количества элементов на стапеле, погрешность может выйти за пределы допусков и достигать 0,5 мм. Поскольку данная погрешность имеет набегающий характер, то необходимо стремиться сократить количество промежуточных элементов, участвующих в размерной цепи сборочного приспособления. Для этого необходимо производить высокоточный монтаж непосредственно

базирующего элемента конструкции сборочного приспособления, который задает теоретический обвод изделия.

Из-за низкого уровня автоматизации всех сборочных процессов появляется сугубо негативный производственный фактор: низкая производительность. В то время как зарубежные самолетостроительные заводы в день выпускают по 2 самолета, ИАЗ в месяц выпускает 4 самолета. Зарубежные авиастроительные предприятия чаще вводят новые серии в производство. При сборке конструкции планера на них уменьшена доля участия человека, а значит и снижается скрытый человеческий фактор. Однозначным выводом следует, что мы по всем позициям проигрываем зарубежным конкурентам, так как они на своих заводах уже широко используют конвейерную сборку самолетов с применением роботов [2].

Анализ методики монтажа сборочной оснастки показал, что в данный момент на отечественных предприятиях она проводится:

- малоэффективно;
- достаточно трудоемко;
- с недостаточным уровнем автоматизации.

Из вышесказанного следует, что необходимо применение универсальной, быстро перенастраиваемой системы монтажа сборочной оснастки.

Переход с плазово-шаблонного метода монтажа сборочной оснастки на безэталонный должен происходить с оцифровкой существующей сборочной оснастки. На сегодняшний день в качестве основного метода проектирования используются цифровые технологии. Эти технологии можно использовать и для решения задачи, связанной с монтажом сборочной оснастки. В современных условиях носителем геометрической информации является математическая модель объектов производства, построенная на основе CAD-моделей собираемых изделий – 3D модель сборочной оснастки [3]. Следовательно, целью является разработка типовой схемы монтажа сборочной оснастки и проведения её планово-предупредительного ремонта (ППР) с использованием современных CAD/CAE/CAM систем.

По результатам анализа и сравнения современных средств позиционирования, была выбрана наиболее гибкая схема монтажа с применением шести осевого робота [4]. Были рассмотрены несколько схем применения робота при монтаже сборочной оснастки (таблица 1):

- позиционирование роботом типа KR 30 НА установочного кронштейна (рубильник навешивается после позиционирования на установленные кронштейны): обеспечивает наиболее простое управление и требует наименьшей грузоподъемности робота;
- позиционирование роботом типа KR 150 R2700 рубильника в сборе с установочными кронштейнами: обеспечивает высокую точность и

- наименьшую трудоёмкость, но требует наибольшей грузоподъёмности робота;
- позиционирование рубильника в сборе с установочными кронштейнами двумя роботами типа KR 60 HA, удерживающими концы рубильника: обеспечивает высокую точность, но требует сложной системы управления и больше места для размещения двух роботов в рабочей зоне;
 - позиционирование рубильника в сборе с установочными кронштейнами одним роботом типа KR 60 HA (последовательно за каждый конец рубильника), с дополнительной поддержкой рубильника разгрузочным устройством для компенсации его веса: обеспечивает достаточную точность, но требует выполнения не менее двух итераций позиционирования для рубильника в целом и наличия разгрузочного устройства.

Таблица 1 – Сравнение методов позиционирования роботом

№	Методы позиционирования	Точность позиционирования, мм		Грузо-подъёмность робота, кг	Радиус рабочей зоны робота, мм	Кол-во установов робота	Общее кол-во операций процесса монтажа
		робота	методика в целом				
1	По схеме (а) (робот KR 30 HA)	±0,05	+0,5 -0,05	30	2033	8	193
2	По схеме (б) (робот KR 150 R2700)	±0,06	±0,09	150	3026	4	94
3	По схеме (в) (робот KR 60 HA)	±0,05	±0,08	60	2033	4	98
4	По схеме (г) (робот KR 60 HA)	±0,05	±0,06	60	2033	8	187

Приведенные в таблице 1 методы монтажа были рассмотрены на примере стапеля общей сборки бака 2 самолета Су-30. По итогам анализа схема (б) оказалась наиболее удовлетворяющей требованиям точности и трудоемкости. Она удовлетворяет заявленным требованиям точности позиционирования $\pm 0,05$, предъявляемым к сборочной оснастке, и является универсальной системой, которую можно настроить под каждый стапель индивидуально.

Робот KUKA KR 150 (рисунок 1, технические характеристики в таблице 1) предлагается использовать для выбранной схемы монтажа с универсальным пневматическим параллельным схватом (рисунок 2). Робот располагается на рельсовой направляющей, как показано на рисунке 1, что позволит увеличить рабочую зону робота. Рельсовая направляющая жестко монтируется к полу цеха. Робот устанавливается на неё с помощью кран-

балки, также к роботу подключается система управления и система подачи энергии.



Рисунок 1 – Шести осевой робот фирмы KUKA в процессе клёпки закрылка самолета Airbus A350 [4]

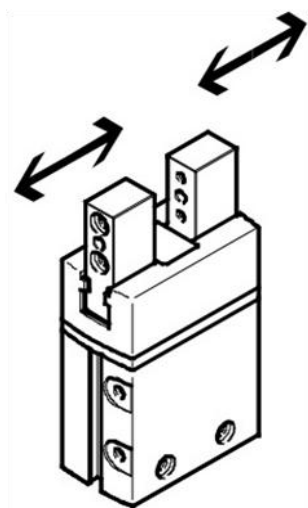
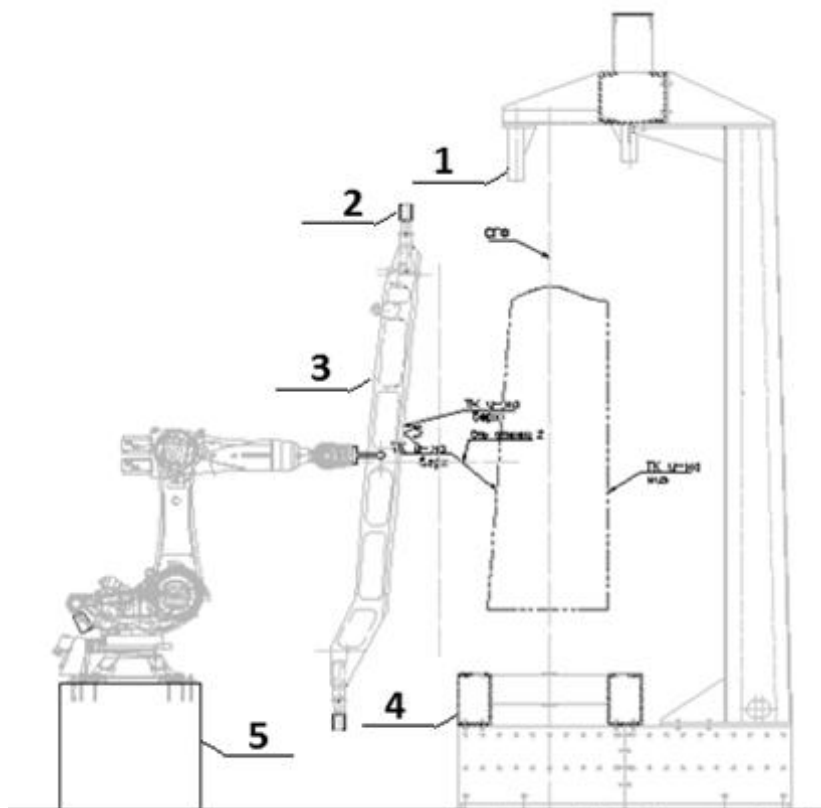


Рисунок 2 – Схват робота (параллельный)

До начала процесса монтажа робот производит привязку к стапелю, чтобы связать с его конструкцией свою систему координат и определить пределы перемещений. После этого оператор робота в ручном режиме задает команду взять схватом монтируемый элемент, например рубильник (рисунок 3). Далее схват робота с зафиксированным в нём рубильником выставляется в требуемое положение. При этом текущие координаты

рубильника в пространстве определяются путём измерения лазерным трекером.



1 – стакан; 2 – вилка; 3 – рубильник; 4 – рама стапеля; 5 – основание с установленной на нем рельсовой направляющей

Рисунок 3 – Схема монтажа рубильника роботом KUKA KR 150

На основе результатов измерения выполняется позиционирование рубильника роботом с заданной точностью. Затем производится окончательная фиксация рубильника. На концах рубильника имеются вилки, необходимые для его окончательной фиксации. Они помещаются в соответствующие стаканы, приваренные на каркасе стапеля, и заливаются быстро застывающим раствором, например, цементом или стеклоакрилом. После фиксации вилок в стаканах схват робота разжимается и производится контрольное измерение окончательного положения рубильника в пространстве при помощи лазерного трекера.

Предложенная схема монтажа имеет следующие преимущества по сравнению с монтажом по эталонам, применяемым в настоящее время на ИАЗ для сборочной оснастки самолета Су-30:

- уменьшается трудоемкость процесса монтажа;
- уменьшается продолжительность монтажа;
- увеличивается точность монтажа (по результатам расчёта, она равна $\pm 0,09$ мм).

Но данная схема также имеет некоторые недостатки:

- большие денежные вложения на этапе закупки оборудования;
- необходимость в узкоспециализированных кадрах, выполняющих обслуживание и эксплуатацию робота.

Высокая стоимость приобретения робота должна окупиться при его повсеместном использовании для монтажа новой и планово-предупредительного ремонта существующей сборочной оснастки за счёт снижения трудоёмкости и длительности процесса монтажа. Также будут оправданы и затраты на обучение персонала, обслуживающего робота.

Кроме использования робота при монтаже сборочной оснастки, возможны и другие способы его применения, с небольшими изменениями технологической системы. В современных условиях вектор развития авиационных технологий направлен на замену ручного труда автоматизированным. Ввиду небольших объёмов выпуска продукции в отечественном самолётостроении, эффективная автоматизация возможна только на основе оборудования с высокой степенью универсальности, например, роботов. Авиастроительные предприятия могут применять роботов для выполнения различных технологических операций, таких как клепка, сверление отверстий, нанесение покрытий.

Список использованной литературы:

1. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолётов / Пекарш А.И., Тарасов Ю.М., Кривов А.Г. и др. – М.: Аграф-пресс, 2006. – 304 с., ил.
2. Компания изготовитель самолетов Airbus [Электронный ресурс]. F., 1993-2013. URL: <http://www.airbus.com>. (Дата обращения: 12.03.2013).
3. «Современные методы и средства монтажа сборочной оснастки»: учебно- методическое пособие / сост. Р.Х. Ахатов, А.С. Говорков. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. – 76 с., ил.
4. Фирма изготовитель роботов KUKA [Электронный ресурс]. G., 1993-2013. URL: <http://www.kuka-systems.com>. (Дата обращения: 12.03.2013).

УДК 65.011.56

Требования к структуре размещения информации в среде Teamcenter для создания процесса выпуска производственной документации на ОАО «ПО «Стрела»

В.Б. Кузнецова, А.И. Сергеев, А.В. Попов

Оренбургский государственный университет
460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13

Приведены требования к структуре размещения информации в среде Teamcenter Engineering, разработанные совместно с предприятием, внедряющим данную PDM-систему для оптимизации процесса выпуска. Представлена организация структуры папок в PDM-системе Teamcenter Engineering и размещение в них информации.

Ключевые слова: Teamcenter, PDM-система, электронный макет, размещение информации, структура папок.

Кузнецова Валентина Борисовна, кандидат экономических наук, магистрант по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (Технология машиностроения)», тел.: 89619114157, e-mail: valyosha@list.ru.

Сергеев Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования, тел.: 89225490271, alexandr_sergeev@rambler.ru.

Попов Анатолий Васильевич, Главный конструктор ОАО «ПО «Стрела».

Глобализация мирового промышленного рынка вносит существенные изменения в традиционный процесс машиностроительного производства наукоемких изделий. Уже никого не нужно убеждать в том, что повышение конкурентоспособности предприятия напрямую связано с управлением одним из стратегических ресурсов – информацией о продукции. Требования к качеству изделий постоянно растут, а жизненный цикл изделия становится короче, номенклатура шире, а объем выпуска – меньше. Вопрос состоит в том, чтобы устранить существующие на предприятиях недостатки в управлении и использовании этой информации и правильно использовать современные решения в этой области. Подходы, применяемые в управлении информацией о продукции, получили сначала наименование: CALS-технологии, затем – PLM (Product Lifecycle Management) [1].

Разработка электронного макета изделия на ОАО «ПО «Стрела» ведется в общем рабочем пространстве в среде системы управления проектной информацией (системы PDM) Teamcenter Engineering. Проведение работ по созданию электронного макета изделия вне среды Teamcenter Engineering не допускается.

Размещение информации в системе PDM реализовано в виде древовидной структуры папок. Данная структура организуется в целях обеспечения удобства доступа к информации пользователям PDM-системы.

Организация структуры папок в PDM-системе и размещение в них информации должны производиться в соответствии с правилами, определенными в данной статье.

1 Размещение информации верхнего уровня.

Верхний уровень дерева папок является корневой структурой, используемой для доступа к информации, хранящейся в PDM-системе.

На верхнем уровне дерева находятся папки «Проекты», «Библиотека покупных изделий», «Библиотеки подразделений», «Стандарты» (рисунок 1). Создание и управление папками верхнего уровня осуществляет администратор PDM. Папки верхнего уровня доступны всем пользователям системы PDM только для чтения.

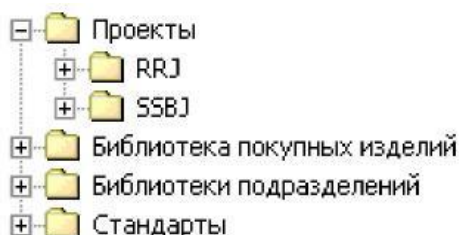


Рисунок 1 – Папки верхнего уровня в системе PDM

2 Размещение информации проекта.

2.1 Общая структура размещения информации проекта.

Размещение всех данных каждого проекта в среде PDM производится в отдельной папке, находящейся в разделе «Проекты». Создание папки проекта осуществляет администратор PDM в соответствии с решением о разработке электронного макета изделия соответствующего проекта. Владелец папки проекта является менеджер электронного макета этого проекта.

Все участники проекта имеют доступ к содержимому папки проекта только на чтение. Другие пользователи PDM, не являющиеся участниками проекта, не имеют доступа к содержимому папки проекта.

Состав и структура папки проекта зависит от специфики проекта и может существенно отличаться для разных проектов. Пример структуры папки проекта приведен на рисунке 2.

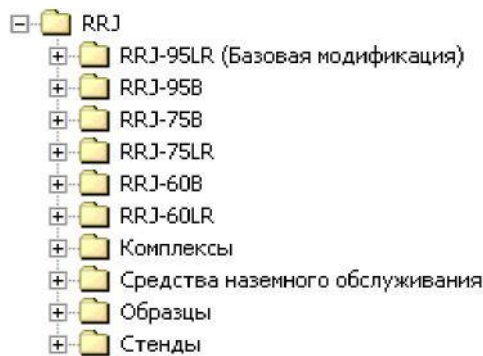


Рисунок 2 – Структура папок проекта

2.2 Размещение электронного макета изделия.

Электронный макет изделия размещается в отдельной папке внутри папки проекта. Электронный макет каждой модификации изделия размещается в отдельной папке внутри папки проекта.

Создание и управление содержанием папки электронного макета осуществляет менеджер электронного макета проекта. Все остальные участники проекта имеют доступ к папке с электронным макетом только на чтение.

Структура папки электронного макета изделия соответствует этапам разработки проекта. На каждом этапе проекта создается отдельный электронный макет. В папку с электронным макетом изделия также могут входить дополнительные папки для хранения данных электронного макета. Типовая структура папки электронного макета изделия приведена на рисунке 3.

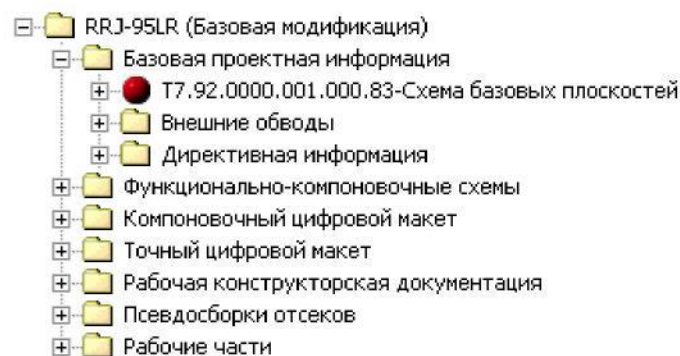


Рисунок 3 – Общая структура папок электронного макета

2.3 Размещение информации электронного макета нижних уровней.

Структура размещения информации электронного макета нижних уровней соответствует структуре деления сборок агрегатов и узлов, размещаемых на этих уровнях. Как правило, сборочная единица и входящие в ее состав компоненты размещаются на разных уровнях иерархии в структуре папок. Пример типового размещения сборочной единицы в структуре папок PDM-системы показан на рисунке 4.

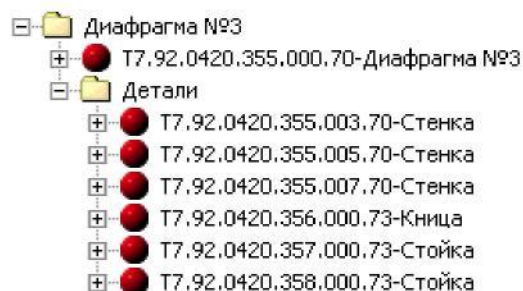


Рисунок 4 – Пример размещения сборочной единицы

2.4 Размещение рабочей информации.

Рабочая информация электронного макета – рабочие части и контрольные структуры – размещаются в папке «Рабочие части» электронного макета изделия (модификации изделия). Владелец папки «Рабочие части» является менеджер электронного макета.

Структура папки «Рабочие части» соответствует организационной структуре проекта. Пример структуры папки с рабочей информацией проекта приведен на рисунке 5.

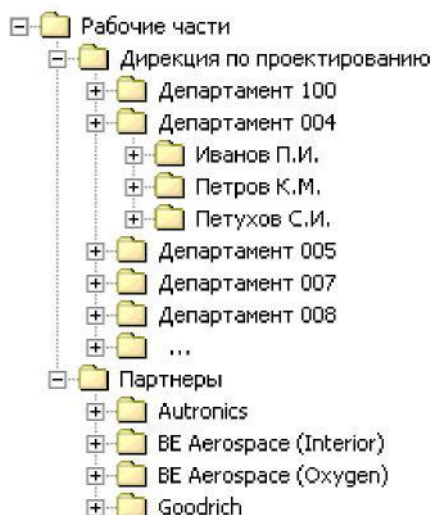


Рисунок 5 – Структура папки с рабочей информацией проекта

3 Размещение библиотек.

3.1 Общие положения.

Библиотеки предназначены для размещения в них информации, разрабатываемой вне рамок какого-либо проекта. Структура библиотек является единой для всех проектов. Управление каждой библиотекой осуществляет менеджер соответствующей библиотеки.

Пример структуры библиотеки покупных изделий показан на рисунке 6. На этом рисунке папки «Агрегаты гидropневмосистемы», «Радиоэлектронное оборудование», «Крепежные элементы» и т.п. то – папки с разделами библиотеки покупных изделий, папка «Рабочие части» – папка для размещения рабочей информации моделей покупных изделий, создаваемых силами подразделений предприятия.

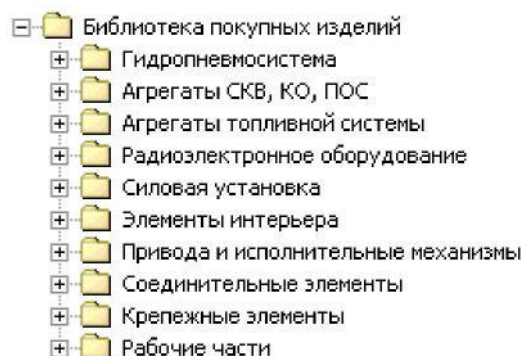


Рисунок 6 – Пример структуры библиотеки покупных изделий

3.2 Библиотека покупных изделий.

Библиотека покупных изделий предназначена для размещения в ней моделей покупных изделий и другой технической информации, относящейся к покупным изделиям. Владельцем папки с библиотекой покупных изделий является администратор библиотеки покупных изделий.

Библиотека покупных изделий является единой для всех разрабатываемых проектов. Размещению в библиотеке подлежат модели покупных изделий, полученных от разработчиков этих изделий, а также разработанных подразделениями предприятия по документации, полученной от разработчика изделий.

В библиотеке покупных изделий размещаются модели покупных изделий, применение которых возможно в рамках различных проектов, различных систем или самолетов. Изделия, созданные сторонними разработчиками в рамках кооперации, применение которых на других проектах или самолетах невозможно, размещаются в папке соответствующего проекта.

Библиотека покупных изделий размещается в папке «Библиотека покупных изделий» PDM-системы. Внутри этой папки создаются разделы, соответствующие группам покупных изделий. Структуру верхнего уровня определяет и создает администратор библиотеки покупных изделий. При необходимости администратор библиотеки покупных изделий может назначать администраторов отдельных разделов библиотеки и передавать им права управления соответствующими разделами.

Пример структуры библиотеки покупных изделий показан на рисунке 7. На этом рисунке папки «Агрегаты гидропневмосистемы», «Радиоэлектронное оборудование», «Крепежные элементы» и т.п. то – папки с разделами библиотеки покупных изделий, папка «Рабочие части» – папка для размещения рабочей информации моделей покупных изделий, создаваемых силами подразделений предприятия.

Библиотеки подразделений предназначены для размещения в них информации, разрабатываемой в подразделениях вне рамок проектов и не относящейся к покупным изделиям или стандартам. Например, в библиотеке департамента конструкции планера может быть размещена

экспериментальная модель шпангоута, предназначенная для отработки бесчертежных технологий изготовления деталей.

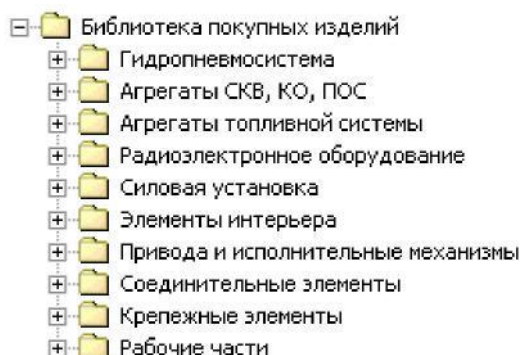


Рисунок 7 – Пример структуры библиотеки покупных изделий
3.3 Библиотеки подразделений.

Структура папки «Библиотеки подразделений» соответствуют организационной структуре предприятия. Пример структуры папки приведен на рисунке 8.

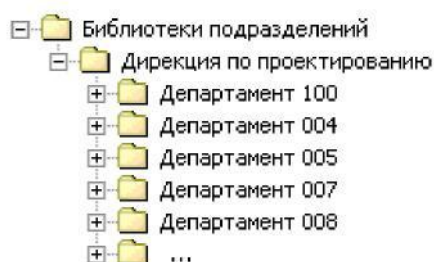


Рисунок 8 – Структура библиотек подразделений

Владельцем папок верхнего уровня библиотеки подразделений является администратор PDM. Он создает необходимую структуру папок подразделений и назначает необходимые права доступа.

Владельцами папок подразделений назначаются администраторы соответствующих подразделений. Администраторы подразделений определяют внутреннюю структуру папки библиотеки подразделения, осуществляют создание необходимых подпапок внутри папки подразделения в соответствии с ведущимися работами и управление этими подпапками. При необходимости администратор департамента может передавать права управления подпапками другим сотрудникам департамента.

3.4 Библиотека стандартов. Библиотека стандартов размещается в папке «Стандарты». В ней размещается информация, определяемая действующими международными, государственными, отраслевыми стандартами, стандартами предприятия и другими нормативными документами. Владелец папки «Стандарты» является администратор библиотеки стандартов. Он создает необходимую внутреннюю структуру папки и осуществляет размещение в ней необходимой информации.

Внутренняя структура папки «Стандарты» формируется администратором библиотеки стандартов и определяется видами и

структурой размещаемой там информации. Пример внутренней структуры папки приведен на рисунке 9. На этом рисунке в папке «Шаблоны» хранятся шаблоны документов и элементов оформления документов, определенных действующими стандартами, в папке «Стандартные изделия» хранятся модели стандартных изделий, а папка «Рабочие части» предназначена для размещения рабочей информации, используемой для создания моделей стандартных изделий и другой рабочей информации, используемой при наполнении библиотеки.

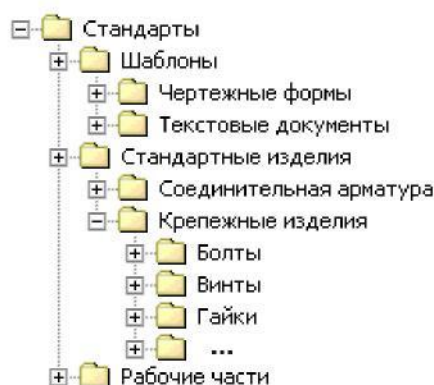


Рисунок 9 – Пример структуры библиотеки стандартов

Все модели стандартных изделий, используемые при создании электронного макета, должны быть размещены в библиотеке стандартов. Размещение моделей стандартных изделий за пределами библиотеки стандартов не допускается. Применение стандартных изделий, отсутствующих в библиотеке стандартов при создании электронного макета также не допускается. При необходимости применения стандартного изделия, отсутствующего в библиотеке, это изделие должно быть сначала помещено в библиотеку.

Использование Teamcenter обеспечивает информационное единство всех работ, а также дает возможность их оперативного и точного исполнения.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России 2009-2013 годы», проект № 14.В37.21.0697 «Повышение эффективности производства авиационной техники на ОАО «ПО "Стрела"».

Список использованной литературы:

1 Колчин А., Как сделать успешным внедрение PLM / А. Колчин, С. Сумароков, Т. Жабоев // САПР и графика. – 2008. - № 8. – С. 125-128.

2 ОКБ Сухого. Внедрение новых методов разработки на основе компьютерного моделирования.

3 Тороп Д.Н., Терликов В.В. Teamcenter. Начало работы – М.: ДМК Пресс, 2011. – 280 с.: ил.

Механизм выпуска крыла экранолёта

Р.А. Туранов, В.К. Еремеев

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

На кафедре «Самолетостроение и эксплуатация авиационной техники» Иркутского государственного технического университета, разработан механизм для выпуска подъёмного крыла экраноплана.

Предпосылкой предложения проекта к разработке является неспособность экранопланов подниматься выше 2-3 м над поверхностью. Так как есть возможность оторваться от «экрана» и лететь на больших высотах, такой летательный аппарат называется экранолёт. Данный механизм позволит выпускать крыло и подниматься на большие высоты для преодоления препятствий. Также, складывать крыло тогда, когда экранолёт находится вблизи поверхности, тем самым уменьшать лобовое сопротивление действующее на крыло, увеличивать аэродинамическую эффективность (т.к. крыло и в убранном положении создаёт подъёмную силу) и по прежнему сохранять экономию топлива на режимах экранного полёта.

На рис.1 показана общая кинематическая схема всего механизма и взаимодействия с другими составляющими экранолёта. Вся система состоит из: гидроцилиндров (1), масляного насоса (2), гидробака (3), распределителя (4), рукавов высокого давления (5), полукрыла (6), силового каркаса (7), ДВС (8) и центрального редуктора (9)

Крыло (6) шарнирно закреплено с силовым каркасом (7), движение крылу придаёт гидроцилиндры (1). Из гидробака (3) масляным насосом (2), под высоким давлением через РВД (5) подаётся жидкость на распределитель (4) который находится в кабине пилотов (10), далее в зависимости от положения золотника, жидкость может поступать обратно в гидробак, выдвигать шток гидроцилиндров или задвигать. Гидроцилиндры, одним концом шарнирно закреплены в центроплане (11), другим с полукрылом. Работу масляного насоса (2) создаёт двигатель (8), который передаёт крутящий момент через центральный редуктор (9). Так как масляный насос нужен только для кратковременных работ, то его нужно выключать, чтобы избежать его быстрого износа и выхода из строя. Включение и выключение масляного насоса осуществляется соединительной муфтой.

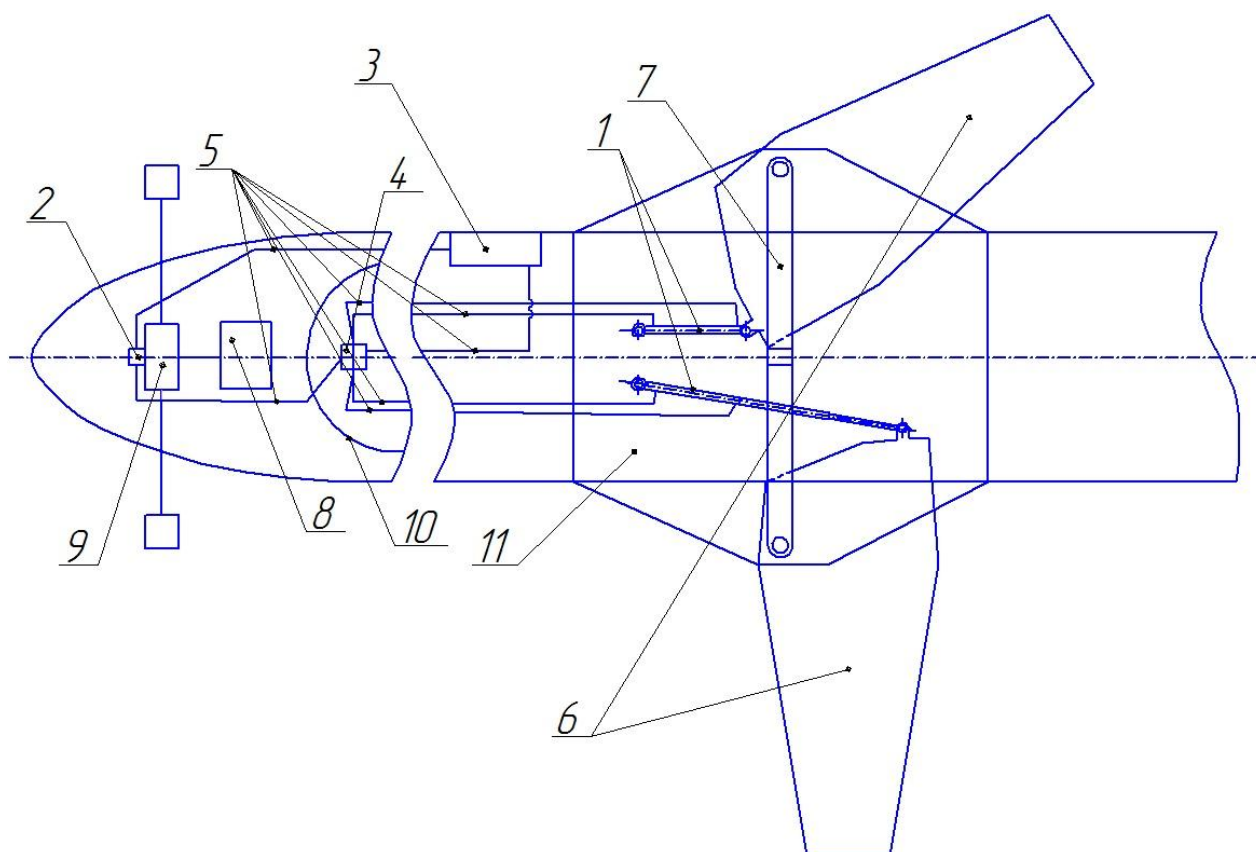


Рис.1. Кинематическая схема всего механизма и гидросистемы: 1-гидроцилиндр; 2-масляный насос; 3-гидробак; 4-распределитель; 5-рукав высокого давления (РВД); 6-полукрыло; 7-силовой каркас; 8-двигатель внутреннего сгорания (ДВС); 9-центральный редуктор; 10-кабина пилотов; 11-центроплан.

Для правильной работы всего механизма, были выполнены расчёты и, исходя из нужных нам параметров, подобраны наиболее выгодные по массе и эффективности составляющие всей гидросистемы.

Данный проект является перспективным для практической реализации. Так как является решением основной проблемы экранопланов, при этом не имеет сложности в эксплуатации.

Основным недостатком является тот факт, что для управления таким летательным аппаратом, потребуется дополнительно получить лицензию пилота малой авиации.

Библиографический список:

1. А.Ф. Крайнев. Идеология конструирования. –М. : Машиностроение-1,2003.-384с., ил.
2. В.К. Еремеев. Основы конструирования и детали механических машин : учебник /Иркут. гос. техн. ун-т, Ин-т машиностроения и трансп., Каф. конструирования и стандартизации в машиностроении . – Иркутск: Б.и., 2011. – 801 с.

УДК 62-501.12

Комплексный подход к проектированию оптимальных экранопланов нового поколения

В.В. Суржик

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

Приведены результаты комплексного подхода к проектированию экранопланов с оптимизацией по максимальным несущим свойствам крыльев при движении над экраном, по максимальному аэродинамическому качеству экраноплана и определению положения центра тяжести для устойчивой схемы. Предложена методика учета нестационарности изменения кинематических параметров в дифференциальных уравнениях продольного движения экранопланов. Изложена методика экспериментального определения динамических характеристик моделей экранопланов на открытой воде путем буксировки моделей катером на подводных крыльях и установке на модели и на катере модифицированной самолетной регистрирующей аппаратуры.

Ключевые слова: экранопланы; самостабилизация; транспортная система.

Суржик Виталий Витальевич, Доктор технических наук, профессор кафедры оборудования и автоматизации машиностроения,
тел.: 89148922460, e-mail: svitali82@mail.ru

Разработкой и созданием экранопланов и экранолетов занимаются Россия, Германия, США, Япония, Швейцария, Китай, Тайвань, Австралия. В Китае, начиная с 1996 г., тема экранолетов включена в правительственную программу развития высоких технологий «Факел» и построено около двух десятков различных экранолетов для эксплуатации на внутренних водоемах и на прибрежных морских акваториях.

При разработке математических моделей подвижных объектов необходимо соблюдать основные принципы математического моделирования и выделять набор параметров, описывающих его функционирование и структурно-параметрический набор проектных параметров. Такое разделение параметров единой математической модели на две части довольно условно, но оно полезно при разработке соответствующего программного обеспечения при разработке САПР (систем автоматизированного проектирования). Задачей математического моделирования процесса проектирования является описание процессов постановки и решение задач проектирования на основе иерархии математических моделей объекта.

C_{10}, C_{11} – пятый уровень – параметрический синтез уравнений продольного движения экранопланов различных компоновочных схем по критериальным оценкам математической модели оптимального проектирования экранопланов по максимальным несущим способностям изолированного крыла в зависимости от удлинения и максимальному качеству всей компоновочной схемы – C_{10} . На этом же пятом уровне ведется расчет самостабилизированных положений экранопланов для схем «утка», «обратная утка» и «гибрид» – C_{11} . Где самостабилизированные положения – это самосбалансированные положения экраноплана над экранирующей поверхностью при изменении скорости движения от взлетной до максимальной с сохранением устойчивости движения;

$C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}$ – шестой уровень – ведется дальнейший параметрический синтез всех компоновочных схем экранопланов при варьировании геометрических параметров и определяются границы устойчивости этих схем в соответствии с критериями Рауса-Гурвица;

C_{16} – седьмой уровень – уровень анализа полученных математических моделей экранопланов;

C_{17} – восьмой уровень и нижележащие уровни предусматривают оптимизацию экраноплана по таким критериальным оценкам как минимизация весовых параметров конструктивных элементов экраноплана, минимизация стоимости перевозки пассажиров и груза, оценка социальной значимости внедрения экранопланов в транспортную систему и т.д.

В настоящее время с особой остротой стоит вопрос развития перевозок в регионах где есть большие и малые реки и где они пересекаются с железнодорожными и автомобильными магистралями. Логическим развитием судов на подводных крыльях являются суда на динамической воздушной подушке или экранопланы, которые будут особенно перспективными для организации круглогодичных скоростных грузопассажирских перевозок по рекам, имеющим малые глубины фарватерного хода и перекаты.

Для экранопланов характерным режимом движения является полет на заданной высоте с жесткими ограничениями на параметры движения $\delta(\Delta g)$ и $\delta(\Delta \bar{h})$. Реализация движения экранопланов без «заброса» этих параметров возможна или путем оснащения их системами автоматической стабилизации или путем создания экранопланов **самостабилизирующихся** компоновочных схем (под забросом параметров понимается дальнейшее увеличение параметров после прекращения действия возмущения). По пути создания систем автоматической стабилизации для экранолетов «самолетной» схемы «Орленок» и «Лунь» пошли на фирме Р.Е. Алексеева (ЦКБ по СПК).

Разработкой и созданием экранопланов самостабилизирующихся компоновочных схем занимаются ученые и инженеры Иркутской школы созданной А.Н. Панченковым.

Под самостабилизацией понимается способность экраноплана сохранять балансировочные режимы и устойчивость движения во всем диапазо-

Предлагается алгоритм управления проектированием экранопланов методом последовательной оптимизации с учетом частных критериев оптимальности по максимальным несущим свойствам крыльев пространственной геометрии (эллиптические по размаху или крылья с шайбами по торцам), по максимальному аэродинамическому качеству всей компоновочной схемы в целом и по определению границ устойчивости посредством структурно-параметрического синтеза.

Для вычисления критериев эффективности в сложных задачах проектирования объектов новой техники современное состояние методов вычислительной техники имеет ограниченные возможности. Поэтому целесообразно переходить от глобальных критериев к иерархическим структурам взаимосвязанных частных критериев, реализация которых сводилась бы к решению значительно более простых задач. Другими словами, необходима декомпозиция задачи проектирования на ряд целевых задач различного уровня с «нижними этажами» критериев внутреннего проектирования, оценивающих качество системы проектирования, и ее подсистем различного уровня по их техническим характеристикам, то есть вести последовательную оптимизацию на каждом иерархическом уровне системы.

На рис. 1 приведена граф-схема алгоритма проектирования экранопланов и даны подробные описания ее восьми уровней.

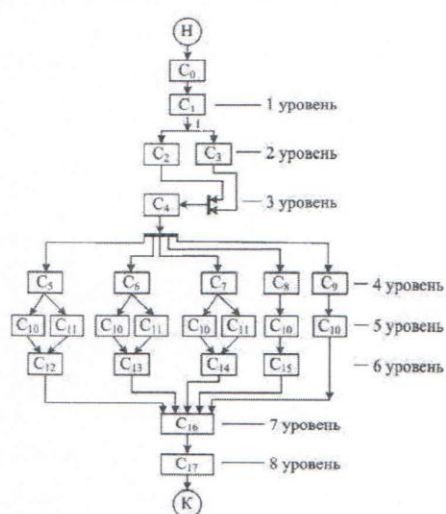


Рис. 1. Граф-схема алгоритма структурно-параметрического синтеза математических моделей

C_0 – главная цель – создание экранопланов в соответствии с заданными тактико-техническими требованиями (ТТТ) и критериями оптимальности;

C_1 – первый уровень – формирование математической модели пространственного движения экраноплана, проведение системного анализа существующих моделей на адекватность этих моделей реальным физическим процессам, происходящим при движении аппарата над экраном;

C_2, C_3 – второй уровень – введение поправочных коэффициентов в теоретические зависимости C_y и C_x в соответствии с экспериментальными данными для крыльев пространственной геометрии – C_2 . На этом же уровне в систему уравнений движения экраноплана вводится кинематическая нестационарность параметров движения – C_3 ;

C_4 – третий уровень – выделение из пространственной модели движения экраноплана первого уровня системы уравнений продольного движения с учетом результатов второго уровня;

C_5, C_6, C_7, C_8, C_9 – четвертый уровень – уравнения продольного движения экранопланов различных компоновочных схем: «утка», «обратная утка», «гибрид», «самолетная» схема и схема «летающее крыло» соответственно;

не полетных скоростей без вмешательства органов управления при действии широкого спектра эксплуатационных возмущений.

В общем случае продольного движения экраноплана его параметры $\alpha, \bar{H}, \vartheta$ при действии возмущений могут меняться во времени по любым законам. При изменении этих параметров ЦМ экраноплана совершает поступательное движение, описываемое функциями $\bar{V} = \bar{V}(t); \bar{H} = \bar{H}(t)$. Все остальные материальные точки экраноплана, находясь в таком же как и ЦМ поступательном движении, кроме того, совершают вращение вокруг оси OZ_c , проходящей через

ЦМ экраноплана, с угловой скоростью $\omega_{zc} = \frac{d\Delta\vartheta}{dt}$, в следствие чего в целом ме-

няются высота полета крыльев над экраном $\bar{h}_i$, угол тангажа экраноплана ϑ , а следовательно, и угол атаки α . Эти вертикальные скорости, вызванные вращением экраноплана, изменяют углы атаки крыльев на величину

$\pm (\bar{X}_{T1} \pm \bar{X}_{F\alpha}) \frac{1}{\mu} \bar{b}_{A1} \frac{d\Delta\vartheta}{dt}$. При движении экраноплана в направлении оси OX он

может совершать также и поступательные перемещения в направлении оси OY скоростной системы координат. При поступательном перемещении экраноплана в направлении оси OY , вертикальная скорость $\frac{d\Delta\bar{H}}{dt}$ также вызовет изменение

углов атаки крыльев на величину $\frac{1}{\mu} \frac{d\Delta\bar{H}}{dt}$.

Таким образом, нестационарные изменения углов атаки каждого из крыльев экраноплана компоновочной схемы «утка», вызванные вертикальными скоростями $\frac{d\Delta\vartheta}{dt}$ и $\frac{d\Delta\bar{H}}{dt}$, выразятся следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \Delta\alpha(t)_1 &= \Delta\alpha + (\bar{X}_{T1} + \bar{X}_{F\alpha}) \frac{1}{\mu} \frac{d\Delta\vartheta}{dt} - \frac{1}{\mu} \frac{d\Delta\bar{H}}{dt}; \\ \Delta\alpha(t)_2 &= \Delta\alpha - (\bar{X}_{T2} - \bar{X}_{F\alpha}) \frac{\bar{b}_{A2}}{\mu} \frac{d\Delta\vartheta}{dt} - \frac{1}{\mu} \frac{d\Delta\bar{H}}{dt}; \end{aligned}$$

где индекс 1 относится к основному крылу, индекс 2 – к носовому крылу.

Запишем теперь значения нестационарных отстояний крыльев. При повороте экраноплана на угол $+\Delta\vartheta$ отстояние основного крыла уменьшится на величину $\Delta\bar{h}_1 = -\Delta\vartheta(\bar{X}_{T1} + 1)$, а носового крыла увеличится на величину $\Delta\bar{h}_2 = \Delta\vartheta(\bar{X}_{T2} - 1)$. Значения отстояний крыльев $\Delta\bar{h}(t)_i$, таким образом, примут вид:

$$\begin{aligned} \Delta\bar{h}(t)_1 &= \Delta\bar{H} - (\bar{X}_{T1} + 1)\Delta\vartheta; \\ \Delta\bar{h}(t)_2 &= \Delta\bar{H} \frac{\bar{b}_{A1}}{\bar{b}_{A2}} + (\bar{X}_{T2} - 1)\Delta\vartheta. \end{aligned}$$

Подставляя полученные зависимости в выражения для коэффициентов матриц уравнений продольного возмущенного движения экранопланов, и приводя их к нормальному виду, получим значения коэффициентов с учетом нестационарности изменения параметров $\Delta\alpha(t)_i$ и $\Delta\bar{H}(t)_i$.

Особо отметим, что при введении в систему дифференциальных уравнений продольного движения экранопланов нестационарных значений изменения параметров $\Delta\alpha(t)_i$ и $\Delta\bar{H}(t)_i$ отпадает необходимость искусственного введения в уравнения выражения, обусловленного рассуждениями о «гипотезе искривления потока», широко применяемой для изучения динамических характеристик ЛА в безграничной жидкости.

$$a_{44} = -[C_{y1}^{\alpha}(\bar{X}_{T1} + 0,834)^2 + 1,2C_{y2}^{\alpha}(\bar{X}_{T2} - 0,834)^2 \bar{S}_2 \bar{b}_{A2}^2] \frac{1}{R_Z}; \quad (1)$$

$$b_{44} = -[C_{y1}^{\alpha}(\bar{X}_{T1} + \bar{X}_{F\alpha})^2 + C_{y2}^{\alpha}(\bar{X}_{T2} - \bar{X}_{F\alpha})^2 \bar{S}_2 \bar{b}_{A2}^2] \frac{1}{R_Z}; \quad (2)$$

Значение коэффициента a_{44} , рассчитанного по (1), при использовании «гипотезы искривления потока», превышает коэффициент b_{44} рассчитанный по (2), при введении в систему дифференциальных уравнений продольного движения экранопланов нестационарных значений изменения параметров $\Delta\alpha(t)_i$ и $\Delta\bar{H}(t)_i$, примерно в 2 раза, что, естественно, отразится на динамических характеристиках экраноплана в сторону завышения его демпфирующих свойств.

Уравнения продольного возмущенного движения экраноплана с коэффициентами матрицы, определяемыми с учетом нестационарности параметров движения, будут уравнениями с постоянными коэффициентами более сложного вида, чем система без учета нестационарности, но с размерностью, равной размерности исходной системы.

Для решения частной задачи проектирования экраноплана по определению зон устойчивости в зависимости от геометрических параметров, используются критерии устойчивости Рауса–Гурвица:

$$\begin{aligned} \Phi &= \{P_0 > 0; P_1 > 0; P_2 > 0; P_3 > 0; P_4 > 0; \\ R_2 &= (P_4 P_3 - P_2) > 0; R_3 = [R_2 P_2 - P_4 (P_4 P_1 - P_0)] > 0; \\ R_4 [R_3 (P_4 P_1 - P_0) - R_2^2 P_0] &> 0; R_5 = R_4 R_2 P_0 > 0\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Алгоритм определения зоны устойчивости экраноплана основывается на отыскании ядра

$$X \rightarrow X^* = \min(X)_{|\Phi}, \quad (4)$$

модели (X) , где $X \in (\bar{S}_2 = 0,1 \div 1,0; \bar{L}_2 = 0,5 \div 5,0)$ множество конкурирующих конструктивных параметров экраноплана $\bar{S}_2$ и $\bar{L}_2$, Φ – вектор бинарного отношения сравнительной эффективности на X . Где $\bar{S}_2$ – отношение площадей носового и основного крыльев, а $\bar{L}_2$ – отношение расстояний от центра тяжести экраноплана до центра давления носового крыла к расстоянию от центра тяжести до центра давления основного крыла экраноплана. Если одно из условий Рауса-Гурвица (вектора бинарного отношения Φ) в (3) станет отрицательным при варировании конструктивных параметров экраноплана то, это будет соответствовать потере устойчивости при данных значениях конструктивных параметров $\bar{S}_2$ и $\bar{L}_2$.

По материалам параметрического синтеза экранопланов компоновочной схемы «утка» по определению зон устойчивости получено два патента: [1] и [2].

На рис. 2 отражены зоны устойчивости экраноплана схемы «утка», где кривая 1 справедлива для экранопланов с удлинением носового крыла $\lambda = 2,5$ патент № 2224671 (РФ) [1], а кривая 2 для экранопланов с удлинением носового крыла $\lambda_2 = \frac{S_2 \cdot \lambda_1}{S_1}$ – патент № 2362693 (РФ) [2] с приоритетом от 27.03.2007 г.

Кривые на рис. 2 делят область значений конструктивных параметров $\bar{S}_2$ и $\bar{L}_2$ на две части: зону устойчивых значений параметров – справа от кривых, и зону неустойчивых значений параметров – слева от кривых.

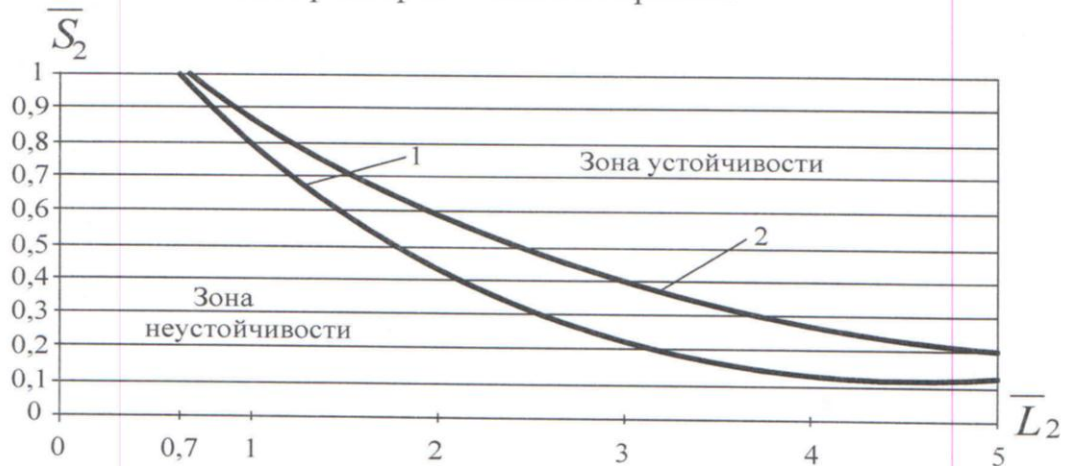


Рис. 2.

В патенте № 2362693 (РФ) удлинение носового крыла определяется из соотношения $\lambda_2 = \frac{S_2 \cdot \lambda_1}{S_1}$ и экранопланы схемы «утка» с таким удлинением носового крыла устойчивы как вблизи экрана, так и вдали от экранирующей поверхности.

Для проверки адекватности математической модели возмущенного продольного движения экраноплана с учетом нестационарности параметров движения реальным физическим процессам, построена и испытана модель экраноплана на открытой воде с помощью катера-буксировщика (Рис. 3, Рис. 4). Для регистрации и записи параметров возмущенного движения модели использована стандартная авиационная аппаратура МСРП-12 с некоторыми изменениями и упрощениями.

Данные измерительной аппаратуры переходного возмущенного режима модели, угловая скорость $\Delta \dot{\theta}$ и вертикальное ускорения $\Delta \ddot{H}$ ЦМ в зависимости от времени, сопоставлены с теоретическими расчетами и приведены на рис. 5 и рис. 6. Переходные процессы имеют ярко выраженный колебательный характер и наблюдается совпадение с экспериментом.

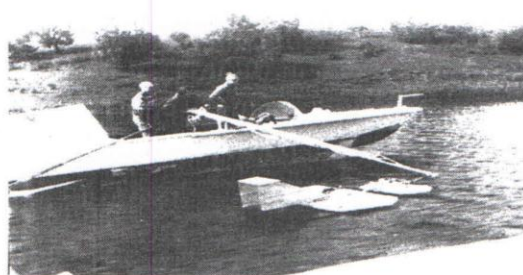


Рис. 3.

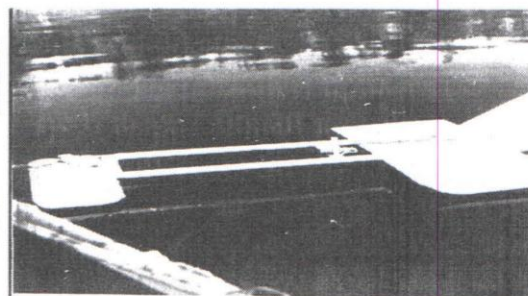


Рис. 4.

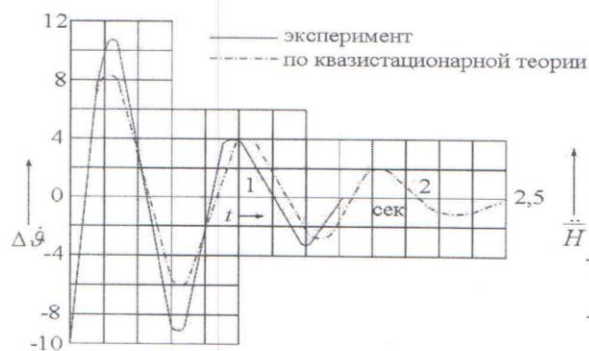


Рис. 5.

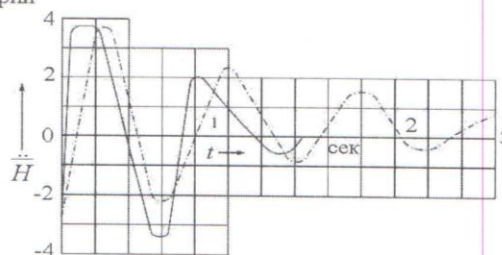


Рис. 6.

В результате введения в систему дифференциальных уравнений продольного возмущенного движения экранопланов нестационарности параметров движения получена новая система, адекватно описывающая поведение экраноплана в переходном возмущенном движении.

Рассмотренный пример наглядно показывает о важности проведения системного анализа математических моделей изучаемых подвижных систем.

Данная технология учета нестационарности изменения параметров в уравнениях движения может быть использована при исследовании динамиче-

ских характеристик ЛА а также при исследовании динамических характеристик любой подвижной системы.

Библиографический список.

1. Пат. № 2224671 Российская Федерация, МПК В 60V 1/08. Самостабилизирующийся экраноплан / Суржик В.В., Скороходов П.А., Таранушенко В.В., Ремизов С.М., Взяткин Г.А. Иркутск. Закрытое акционерное общество «Технологии СДП». – № 2003100793 ; заявл. 09.01.2003 ; опубл. 27.02.2004, Бюл. № 6. – 1 с.
2. Пат. № 2362693 Российская Федерация, МПК В 60V 1/08. Самостабилизирующийся экраноплан / Суржик В.В., Мухопад Ю.Ф., Ремизов С.М.; заявитель и патентообладатель Иркутск. ООО «Байкальский научно-инженерный центр». – № 2007111299; заявл. 27.03.2007; опубл. 27.07.2009, Бюл. № 21. – 2 с.
3. Пат. № 2368521 Российская Федерация, МПК В 60V 1/08. Экраноплан “самолетной” схемы / Суржик В.В., Мухопад Ю.Ф.; заявитель и патентообладатель Иркутск. ООО «Байкальский научно-инженерный центр». – № 2007129448; заявл. 31.07.2007; опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27. – 2 с.
4. Пат. № 2368522 Российская Федерация, МПК В 60V1/08. Самостабилизирующийся экраноплан / Суржик В.В., Мухопад Ю.Ф., Величко И.И.; заявитель и патентообладатель Иркутск. ООО «Байкальский научно-инженерный центр». – № 2007129449; заявл. 31.07.2007; опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27. – 2 с.
5. Суржик, В.В. Структурно-параметрический синтез математических моделей экранопланов / Иркутск, 2012. 184 с.

Вопросы эксплуатации, диагностики и ремонта автомобильного и железнодорожного транспорта

УДК 004.43

Контроль полноты информации по локомотивным бригадам в базе данных регионального комплекса управления локомотивным хозяйством

А.Ю. Ткаченко, А.В. Данеев

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

В представленной статье описывается разработанное программное обеспечение, реализующее контроль полноты информации на сервере регионального комплекса управления локомотивным хозяйством, при помощи применения конечных автоматов.

Ключевые слова: программное обеспечение, обработка информации, конечные автоматы, РЖД, АСУТ-Т.

А.Ю.Ткаченко, аспирант, кафедры информационных систем, ИрГУПС (e-mail: tkachenkoayu@mail.ru; тел: +7 908 666 3319);

А.В.Данеев, д.т.н., профессор, зав. кафедры информатики, ИрГУПС (e-mail: daneev@mail.ru).

Введение

В условиях рыночной экономики и проводимой реструктуризации железнодорожного транспорта необходим интенсивный поиск эффективной технологии контроля перевозочного процесса и методов его реализации, направленный как на улучшение экономических показателей работы, так и на повышение качества перевозок.

Для осуществления оперативного управления перевозочным процессом необходимо непрерывное поступление информации о железнодорожных перевозках, основных эксплуатационных событиях с грузами, вагонами, поездами, локомотивами и локомотивными бригадами. Автоматизированная система управления перевозками (АСОУП) является основой для хранения, контроля и обработки данной информации, в состав которой входит множество программ и комплексов, одним из которых является автоматизированная система управления локомотивным хозяйством (АСУТ). В состав АСУТ входит региональный комплекс локомотивного хозяйства (АСУТ-Т), реализующий функции поддержки принятия решений, контроля соблюдения межремонтных периодов в эксплуатации, анализа работы локомотивного парка и бригад на полигоне.

В ходе прохождения информации от основных узлов инфраструктуры железной дороги к программному комплексу АСУТ-Т существует вероятность её искажения и отклонения, в результате чего некоторые данные могут быть не учтены при последующей обработке. Кроме этого зачастую возникают случаи нарушений, связанные с некорректными и недолжным образом оформленными действиями локомотивных бригад. К примеру, бывают случаи, когда сначала идет сдача работы локомотивной бригады, а только потом дежурный по станции оформляет прибытие поезда, либо несколько раз оформляются простои без отправлений и прибытий поезда, что является серьезным нарушением.

Возникновение данных ситуаций приводит к нарушению полноты находящейся информации в базе данных АСУТ-Т, которое в первую очередь выражается на целостности хронологической цепочки операций, выполняемых локомотивными бригадами, что влечет за собой некорректный расчет рабочего времени, времени отдыха локомотивной бригады, а также препятствует корректной обработке информации в программных комплексах, таких, как: АСОУП, СИРИУС, ГИД.

Своевременное обнаружение случаев нарушения хронологических цепочек в БД АСУТ-Т, с последующим их рассмотрением, выявлением причин и источников, повлекших к возникновению нарушений и проведением мероприятий по профилактике их дальнейшего возникновения, позволит свести количество данных нарушений к минимуму и повысить полноту информации в БД АСУТ-Т.

Постановка задачи

Вследствие того, что в комплексе АСУТ-Т отсутствовал модуль по обнаружению нарушений полноты информации, находящейся в его базе данных, было решено разработать программное обеспечение, которое выполняет соответствующий контроль информации находящейся в БД АСУТ-Т, на основе правил, составляемых экспертами.

Результатом работы разрабатываемого программного обеспечения должен быть список обнаруженных нарушений хронологических цепочек операций, выполненных локомотивными бригадами.

Кроме того, программное обеспечение должно иметь возможность дальнейшей универсализации за счет аналогичного анализа информации по локомотивам и подобным данным.

Архитектура сети

Работа программного обеспечения осуществляется по трёхуровневой архитектуре, изображенной на рисунке 1. Применение данной архитектуры позволяет быстро разрабатывать простые в сопровождении и установке, надежные, распределенные базы данных. Благодаря такой организации сети у клиентов нет необходимости беспокоиться о расположении и устройстве серверов баз данных и вести подключение через единый, промежуточный сервер приложений, который в свою очередь

осуществляет подключение к необходимому серверу системы управления базой данных (СУБД).

Из рисунка 1 видно, что каждые действия, выполняемые локомотивными бригадами, фиксируются основными узлами инфраструктуры железнодорожной сети, такими, как:

- автоматизированная система управления станции (АСУ СТ);
- система автоматической идентификации подвижного состава (САИ ПС);
- устройства СЦБ (стрелки, светофоры, локомотивная сигнализация и т.п.).

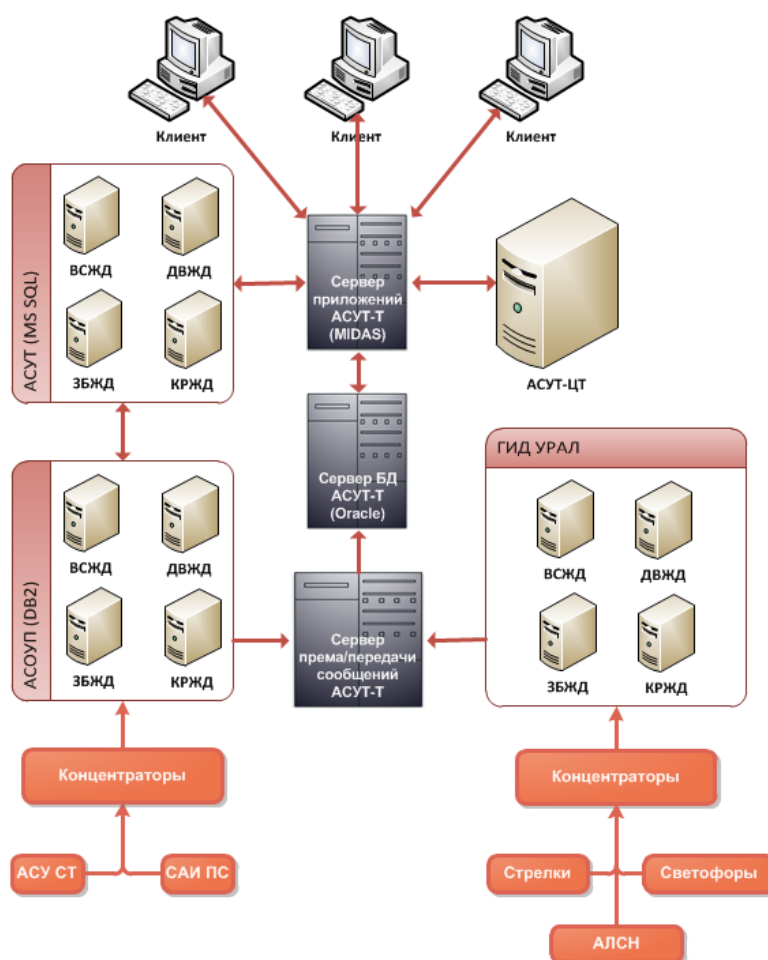


Рисунок 9 - Архитектура сети

При этом на концентраторы, обеспечивающие гарантированную доставку информации, посылаются сообщения, соответствующие выполненным действиям локомотивной бригады. После прохождения нескольких концентраторов, данные поступают на сервера автоматизированной системы оперативного управления перевозками (АСОУП) и системы графика исполненного движения (ГИД), которые в свою очередь передают данные команды на сервер приёма/передачи сообщений.

Сервер приёма/передачи сообщений, сохраняет у себя полученные команды и дублирует их на сервер базы данных АСУТ-Т, который работает под управлением СУБД Oracle.

В свою очередь клиентское программное обеспечение имеет доступ к серверу базы данных АСУТ-Т через сервер приложений АСУТ-Т.

Исходные данные

В качестве исходных данных выступает таблица, находящаяся на сервере базы данных АСУТ-Т, в которой находится информация по выполненному движению поездов и список операций, исполненных в ходе работы локомотивных бригад. В данной таблице накапливаются данные со всей дороги, и ежедневно добавляется порядка 70 тысяч новых записей, вследствие чего невозможна ручная обработка данной информации.

Метод решения поставленной задачи

Составление правил было реализовано при помощи построения конечного автомата, представляющего из себя ориентированный граф, вершинами которого являются операции, выполняемые локомотивными бригадами, а рёбрами – корректные переходы между двумя операциями. В качестве инструмента для составления конечного автомата был создан компонент “DKGraph”, изображенный на рисунке 2, который позволяет составлять граф, при помощи использования мыши и клавиатуры.

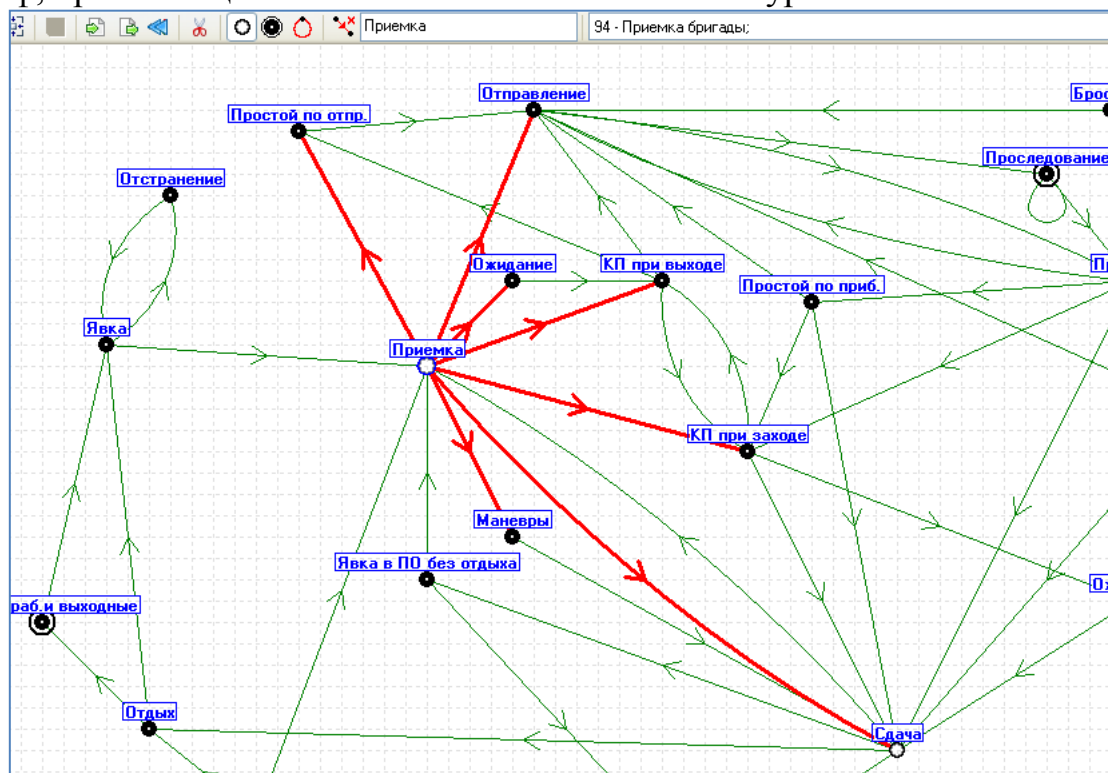


Рисунок 10 - Конечный автомат с корректными цепочками

Для снижения перегрузки составляемого конечного автомата большим количеством вершин было решено добавить следующий функционал к инструменту для построения графов:

- группировка нескольких операций в одной вершине;

- пропуск вершины “○” - указывается, если нет строгой необходимости учета данной операции, и можно выполнять переходы между вершинами, находящимися смежными с ней;
- переходы внутри вершины “⊙” - указывается, если необходимо разрешить переходы между всеми состояниями, находящимися внутри вершины.

В результате наложения данного конечного автомата на операции, зафиксированные основными узлами железной дороги по отношению к локомотивным бригадам, происходит выявление нарушений правил, составленных экспертами.

Повышение универсальности было достигнуто при помощи разработки инструмента для составления списка анализируемых и дополнительных таблиц, и настройки вида выводимого отчета.

Алгоритм работы

Для непосредственной выборки нарушений составленный конечный автомат накладывается на фактически зафиксированные операции локомотивных бригад, находящиеся в АСУТ-Т.

Наложение конечного автомата на структуру данных производится при помощи преобразования составленного экспертом конечного автомата, изображенного на рисунке 2, в таблицу возможных переходов между вершинами автомата, изображенную на рисунке 3. Далее полученная из конечного автомата таблица преобразуется, с учетом выбранных для анализа данных в PL/SQL запрос, изображенный на рисунке 4, который в свою очередь выполняется на сервере базы данных АСУТ-Т. Сформированный PL/SQL запрос, представляет собой небольшую программу, которая выполняется средствами СУБД.

536	532	552	94	95
528	532	529		
529	535	95	1004	
535	529			
94	536			
95	94	528		

Рисунок 11 - Таблица возможных переходов

Составленный запрос выполняет выборку данных по зафиксированным в АСУТ-Т операциям локомотивных бригад, в соответствии с указанной пользователем промежуток времени и дороги. Полученная выборка сортируется по идентификатору локомотивной бригады и порядку выполнения операций. После выборки производится анализ данных, путем считывания из выборки операций по конкретной бригаде и наложению данных операций на составленную таблицу возможных переходов.

```

DECLARE
i number; e number; ep number; o number; r number; op number; id number; d date;
id0 number;
id1 number;
id2 number;

CURSOR cur IS
select ID_EVENT as SL0, KOD_EVENT as SL1, ID_OBJECT as SL2, DATA_IS as SL3, KOD_RO
from BRIG_SOST_EVENTS
where ((KOD_ROAD = 92) or (KOD_ROAD >= 990)) and (DATA_IS >= to_date('01.02.2012',
order by SL2, SL0;

function prov return boolean
is begin
case ep
when 536 then return e in(532,552,94,95,1004,6,547,93,13,11,47,46,
when 528 then return e in(532,552,94,95,1004,6,547,93,13,11,47,46,
when 529 then return e in(532,552,94,95,1004,6,547,93,13,11,47,46,
when 535 then return e in(532,552,94,95,1004,6,547,93,13,11,47,46,
when 94 then return e in(1004,6,547,93,95,13,11,47,46,538,537,531,
when 95 then return e in(1004,6,547,94,93,13,11,47,538,537,531,46,
...
else return false;
end case;
end;

BEGIN

OPEN cur;
ep:=-1; op:=-1;
id:=0;
LOOP
FETCH cur INTO i,e,o,d,r,id0,id1,id2;
EXIT WHEN cur%NOTFOUND;
if (ep <> -1) and (op = o) then
if not prov then
id:=id+1;
insert into DK_GR_TMP(ID, ID_SESS, DATE_ADD, ID_O
end if;
end if;
ep:=e;
op:=o;
END LOOP;
CLOSE cur;
END;

```

Рисунок 12 - PL/SQL запрос на обработку данных

После отработки данного запроса, во временную таблицу базы данных добавляются записи, с отобранными нарушениями, которые в свою очередь объединяются с таблицами, указанными в редакторе выводимого отчета, и отображаются пользователю на экране, как изображено на рисунке 5.

DKBugFinder - Автоматизированная система обнаружения ошибок в базах данных

DKBugFinder

v1.0.0.112

Восточно-Сибирская железная дорога

Восточно-Сибирская железная дорога

Шаблон / Дорога

Период: с ☒ 01.03.2012 по ☒ 01.03.2012

Обновить >>

Открыть редактор шаблонов

Настройки

	Дата	Ошибочная операция		Бригад
		Из операции	В операцию	ФИО
27	01.03.2012 7:09:00	Проследование пассажирского с остановкой	Расформирование поезда	
28	01.03.2012 7:11:00	Расформирование поезда	Сдача бригады	
29	01.03.2012 7:17:00	Техническое обслуживание Т0-2	Ожидание работы	
30	01.03.2012 7:17:00	Приемка/сдача бригады	Прибытие поезда на станцию	
31	01.03.2012 8:24:00	Сдача бригады	Выходной день	
32	01.03.2012 8:29:00	Приемка/сдача бригады	Простой после прибытия поезда	
33	01.03.2012 8:29:00	Приемка/сдача бригады	Простой после прибытия поезда	
34	01.03.2012 8:56:00	Приемка/сдача бригады	Прибытие поезда на станцию	
35	01.03.2012 9:03:00	Приемка/сдача бригады	Простой после прибытия поезда	

четверг 29-мар-2012 04:43

Copyright © 2011 Ткаченко Антон Юрьевич. All Rights Reserved

Заявить об ошибке

Connected

Рисунок 13 - Составленный отчет о нарушениях

При этом можно просмотреть хронологию выполненных операций по конкретной локомотивной бригаде. Для этого выполняется запрос, на

получение выполненных операций машинистом за полный цикл работы – от начала, до конца явки на работу, изображенной на рисунке 6.

Порядок операций выбранного объекта			
Бригада	№	Дата	Операция
ФИО: ██████████	1	29.02.2012 10:18	Явка на работу после отдыха по месту жительства
Т. ном.: ████████	2	29.02.2012 10:31	Приемка бригады
Депо прип.: ██████████	3	29.02.2012 10:52	Проход КП при выходе из депо
Локомотив	4	29.02.2012 11:57	Отправление поезда со станции
Номер: 2	5	29.02.2012 12:58	Проследование поездом станции
Серия: 2ЭС5К	6	29.02.2012 14:34	Проследование поездом станции
Депо прип.: ТЧЗ Вихоревка	7	29.02.2012 15:54	Прибытие поезда на станцию
Поезд	8	29.02.2012 16:20	Отправление поезда со станции
Номер: 2895	9	29.02.2012 17:04	Прибытие поезда на станцию
Ст.Формирования: Комсомольск-	10	29.02.2012 17:08	Отправление поезда со станции
Сорт	11	29.02.2012 17:35	Прибытие поезда на станцию
Ст.Назначения: Латыши	12	29.02.2012 18:38	Начало отдыха в пункте оборота
Станция: Тайшет	13	01.03.2012 00:01	Явка после отдыха в пункте оборота
	14	01.03.2012 01:30	Приемка бригады
	15	01.03.2012 01:45	Отправление поезда со станции
	16	01.03.2012 04:06	Прибытие поезда на станцию
	17	01.03.2012 04:18	Отправление поезда со станции
	18	01.03.2012 05:34	Проследование поездом станции
	19	01.03.2012 06:30	Приемка/сдача бригады
	20	01.03.2012 08:56	Прибытие поезда на станцию
	21	01.03.2012 09:46	Простой после прибытия поезда
	22	01.03.2012 09:55	Проход КП при заходе в депо
	23	01.03.2012 10:05	Сдача бригады
	24	01.03.2012 10:41	Начало отдыха по месту жительства
	25	01.03.2012 10:44	Выходной день

Рисунок 14 - Хронология операций по выбранному нарушению

Заключение

После разработки, тестирования и локализации ошибок программное обеспечение настроено к работе с реальной, промышленной базой данных АСУТ-Т.

С использованием данной программы выявлен ряд типичных ошибок, которые делали работники локомотивных депо при вводе в систему АСУТ-Т операций по бригадам. Выявлены и исправлены ошибки передачи данных с сервера АСОУП в систему АСУТ-Т.

На данный момент программное обеспечение внедрено к использованию на Иркутском информационно-вычислительном центре, структурном подразделении Главного вычислительного центра, филиала ОАО «Российские железные дороги».

Список использованной литературы

1. Хомоненко А.Д., Гофман В.Э. Самоучитель Delphi – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 576 с.;
2. Скотт Урман, Рон Хардман, Майкл МакЛафлин. Oracle Database 10g. Программирование на языке PL/SQL – М., 2007. – 792с;
3. Коннор МакДональд, Хаим Кац, Бек Кристофер. Oracle PL/SQL для профессионалов: практические решения – СПб., 2005 – 560с.;
4. Кирьянчиков В.А. Качество и надежность программного обеспечения - СПб.: СПбГЭТУ, 2001. – 57 с.;
5. Константайн Л., Локвуд Л. Разработка программного обеспечения – СПб.: Питер, 2004. – 592 с.

**Имитационная модель поддержки принятия решения
целесообразности проведения восстановительного ремонта агрегатов
автомобилей**

В.Н. Катаргин, И.С. Писарев, С.В. Хмельницкий

Сибирский федеральный университет,
660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 26.

Приведены результаты научных исследований по разработке модели поддержки принятия решения целесообразности проведения восстановительного ремонта агрегатов автомобилей. В статье приводится описание предложенного критерия суммарной остаточной точности агрегата, описывается структура имитационной модели поддержки принятия решения, а также исследуется ее работоспособность и точность.

Ключевые слова: агрегат; восстановительный ремонт; размерная модель; надежность; конкурентоспособность.

Катаргин Владимир Николаевич, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспорт» СФУ, тел.: +7 (391) 249-89-24, e-mail: katargin@gmail.com

Писарев Илья Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Транспорт» СФУ, тел.: +7 (391) 249-82-72, e-mail: serg124rus@yandex.ru

Хмельницкий Сергей Владимирович, аспирант кафедры «Транспорт» СФУ, тел.: 8-902-925-000-4, e-mail: hmel.sv@gmail.com

В настоящее время прослеживаются тенденции перехода России на все более современные и прогрессивные рыночные отношения, что предполагает создание все более высокого уровня конкурентной борьбы между предприятиями всех уровней экономики. Путь развития любой отрасли промышленности не представляется возможным без транспортной составляющей в составе всего процесса производства любой продукции, ведь в состав затрат на производство, транспортировку и доставку любого выпускаемого вида продукции доля транспортных издержек достигает 12-15%.

С другой стороны себестоимость грузовых автомобильных перевозок остается довольно высокой и в процессе эксплуатации парка может возрастать в 2 - 3 раза, а техническая готовность автомобилей к моменту

списания снижается в 3-4 раза [1]. Основными причинами таких негативных явлений оказываются в первую очередь высокие затраты трудовых, временных ресурсов, а так же средств на обеспечение работоспособности автомобилей вследствие невысокого уровня информационного обеспечения процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей, что не позволяет использовать внутренние резервы ресурса агрегата в полной мере.

Результатом длительного практического использования автомобилей различного назначения и проведенных теоретических исследований явилось создание, дальнейшее развитие и совершенствование планово-предупредительной системы ТОР, которая определила основные правила поддержания автомобилей в работоспособном состоянии. Одними из основных операций, предусмотренных этой системой, является текущий и восстановительный ремонт элементов и автомобилей в целом, назначением и содержанием которого является возобновление показателей надежности автомобилей, поступающих в ремонт.

Ремонт продлевает сроки службы автомобилей и периодически подвергаясь ремонтам, они теоретически могли бы служить бесконечно долго. Однако целесообразность и эффективность поддержания автомобилей в работоспособном состоянии имеет предел. Этот предел обуславливается экономическими факторами и моральным износом агрегатов и систем.

Собственниками автомобильных парков могут быть коллективные предприятия, акционерные общества, и другие владельцы. При этом количество автомобилей, находящихся в собственности, может быть существенно различным и оцениваться либо многими десятками, либо единицами. Однако, независимо от этого, все держатели автомобильной техники должны периодически принимать решения о моменте проведения и содержании ремонтно-восстановительных работ, поскольку процедуры ремонта являются объективной потребностью автомобилей.

Однако на практике эксплуатации автомобилей как со стороны заказчиков так и со стороны исполнителей остается достаточно актуальная задача целесообразности и необходимости проведения того или иного вида ремонтных воздействий агрегатов и узлов. Решить ее достаточно сложно в силу ряда специфических причин. Во-первых, немаловажной особенностью является то, что в действительности агрегат представляет собой систему стареющих элементов, каждый из которых обладает индивидуальной надежностью, описывается соответствующим законом распределения. В связи с чем, агрегат характеризуется неопределенностью технического состояния в момент принятия решения о содержании ремонтно-восстановительных работ. Он является источником случайных по времени и по содержанию требований на обслуживание и ремонт. Потребность в ремонтно-обслуживающих работах наступает в случайное время. В

результате происходит постоянное перераспределение ресурсов составных частей у каждого конкретного агрегата в соответствии с его индивидуальными показателями надежности.

Во-вторых, практически невозможно зафиксировать одинаковое техническое состояние даже у агрегатов аналогичного конструктива после равной наработки[2]. Именно поэтому потребитель сталкивается с большими трудностями в принятии решения о необходимости проведения восстановительного ремонта, а также его содержании. Поскольку в этой ситуации средние нормативы момента проведения восстановительного ремонта оказываются чаще всего малоинформативными и неактуальными.

Решение такого рода задач невозможно без внедрения новых научных перспективных разработок. Достаточно перспективным возможным направлением решения ряда задач в области ремонта является развитие подходов, основанных на анализе размерных характеристик деталей и их взаимном сопряжении. Этому способствовало множество научных трудов авторов СФУ (КГТУ), основанных на обеспечении точности замыкающих звеньев размерных цепей [3, 4, 5, 6].

В настоящее время это направление получило дальнейшее развитие и представлено в методическом подходе поддержки принятия решений. Основная идея предложенного подхода заключается в том, что агрегат представляет собой вероятностную систему, техническое состояние которой можно использовать в качестве управляющего параметра в выборе стратегии или целесообразности проведения ремонтных воздействий.

Структура механизма такого подхода представлен на рис. 1 в виде основных укрупненных блоков.

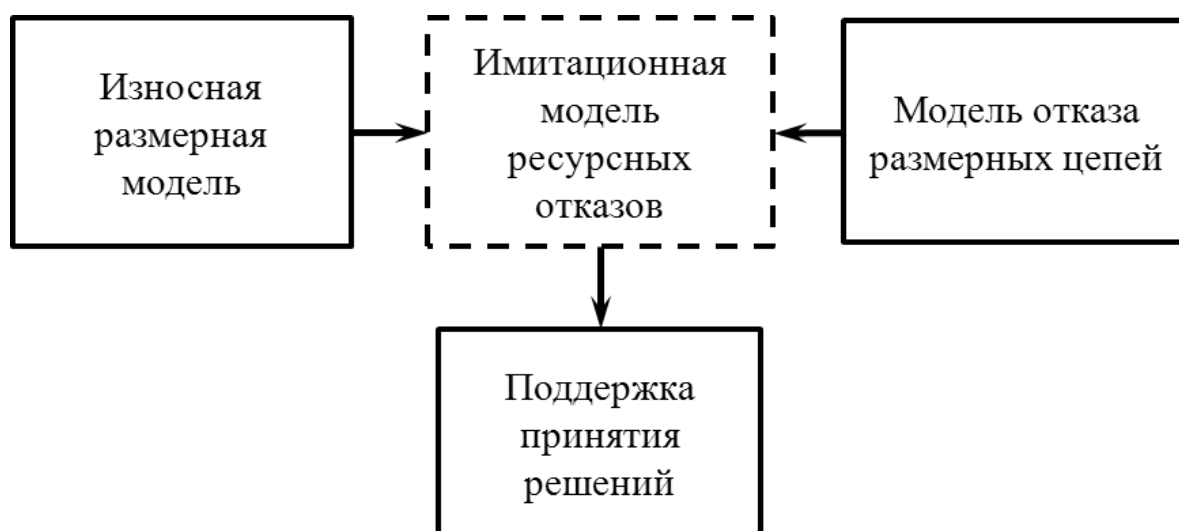


Рис. 1. Схема подхода поддержки принятия решений

Первичной информацией, необходимой для функционирования модели поддержки принятия решений о целесообразности проведения ремонтно-восстановительных работ является техническое состояние машины в момент принятия решения.

Именно количественная оценка изношенности агрегата в целом, по нашему мнению, может служить характеристикой целесообразности проведения ремонта агрегата. При этом основную роль обобщенного параметра, характеризующего потенциальную работоспособность агрегата, выполняет остаточный ресурс его элементов.

Учитывая описанные требования, общую изношенность агрегата предлагается оценивать нормированной взвешенной остаточной точностью составляющих его элементов [5]:

$$R_z = \sum_{i=1}^n \mu_i R_{0i} / R_{ti}, \quad (1)$$

где R_z – суммарная остаточная точность агрегата на момент ремонта ($R_z \in 0 \div 1$), n – количество размерных параметров агрегата, которое подлежит оценке технического состояния в момент ремонта, ед., μ_i – коэффициент, характеризующий весомость размерного параметра в надежности агрегата,

R_{0i} – остаточная точность -горазмерного параметра агрегата в момент оценки изношенности агрегата, км, R_{ti} – нормативное (номинальное) значение остаточной точности -горазмерного параметра, мм.

Этим выражением предпринята попытка довести способ оценки технического состояния агрегата до прикладного характера, при этом основную роль такого параметра, характеризующего потенциальную работоспособность агрегата, выполняет остаточная точность его размерных параметров.

Если определение показателей R_{0i} и R_{ti} в выражении 1 не представляет значительных трудностей, то выявление коэффициента μ_i может иметь свои особенности. Основной задачей в определении этого коэффициента выступает процедура определения показателей свойств надежности -ых размерных параметров агрегата.

Указанную задачу предлагается решать с помощью предложенной коллективом авторов методики определения показателей свойств надежности агрегата через геометрические характеристики точности его сопряжений [3].

Основной составляющей предложенной методики является разработанная имитационная модель ресурсных отказов размерных связей агрегатов, выполненная по принципу «белого ящика», укрупненная структура которой отображена на рис. 2

Основными входными сигналами модели выступают такие переменные как: l – наработка агрегата, км.; y_0 – значение размерного

параметра, служащего точкой начала моделирования, мм.; k – приращение размерного параметра y_0 на момент наработки l , мм.; $nmod$ – число итераций моделирования, ед.; pr – предельное значение размерного параметра, при котором фиксируется его отказ, мм.

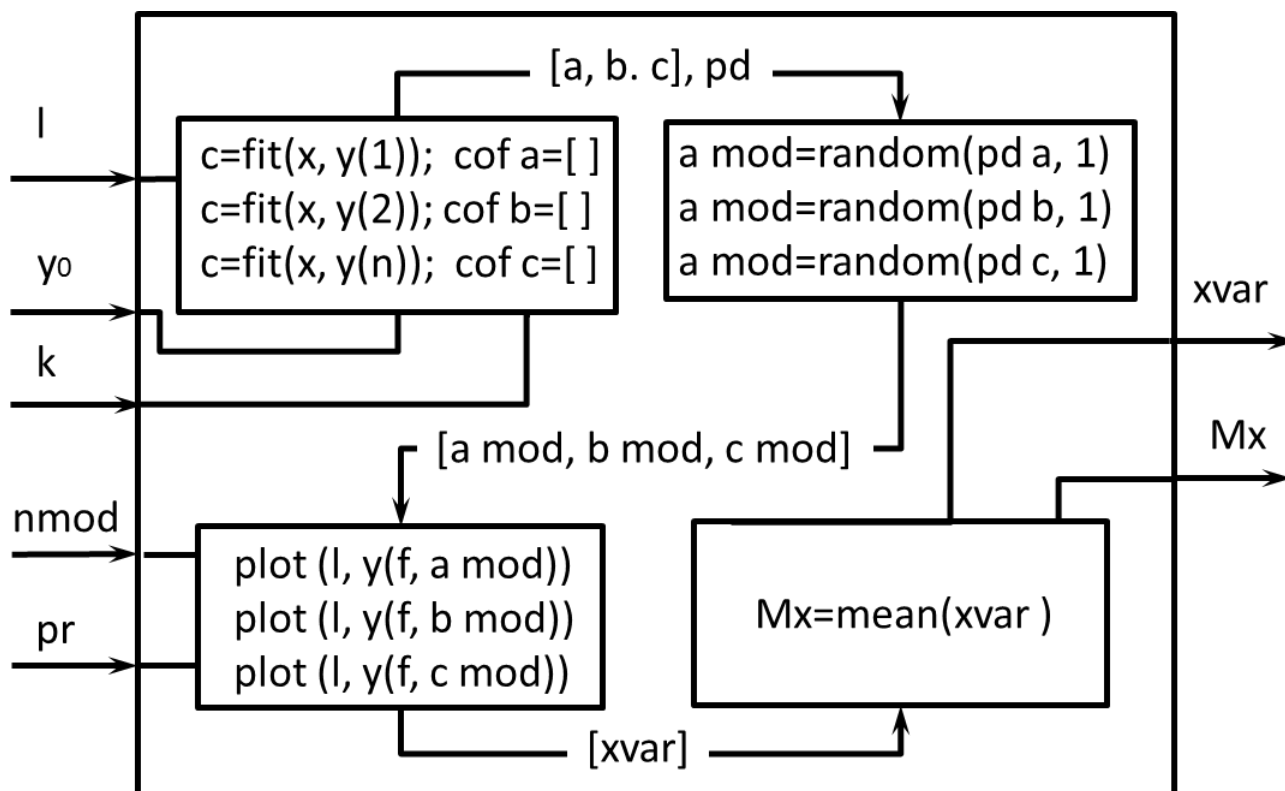


Рис. 2. Укрупненная структура «белого ящика» имитационной модели ресурсных отказов размерных связей

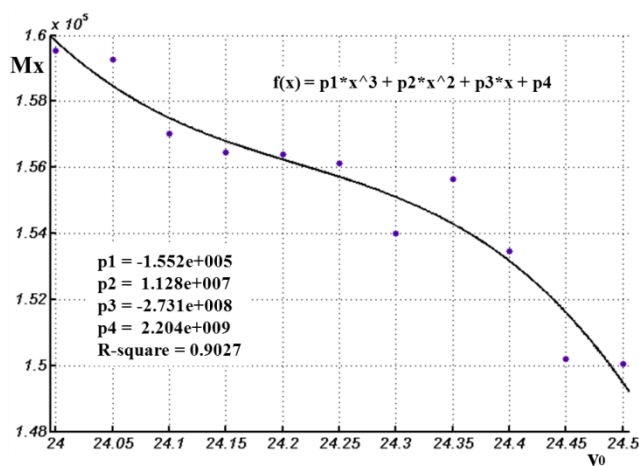
В качестве выходных параметров имитационной модели принимаются следующие переменные: $xvar$ – вариационный ряд наработок ресурсных отказов, км.; M_x – средняя наработка на отказ размерного параметра, км.

Сцелью обнаружения проблем во внутренней структуре имитационной модели было произведено тестирование предложенной модели. Общая задача такого тестирования - обеспечить проверку работоспособности модели на всех возможных значениях входных данных и обеспечить проверку каждого шага алгоритма модели. Основное преимущество стратегии тестирования "белый ящик" заключается в том, что при тестировании принимается во внимание структура всей модели, что облегчает обнаружение ошибок даже в том случае, когда спецификации программного обеспечения недостаточно определенные или неполные.

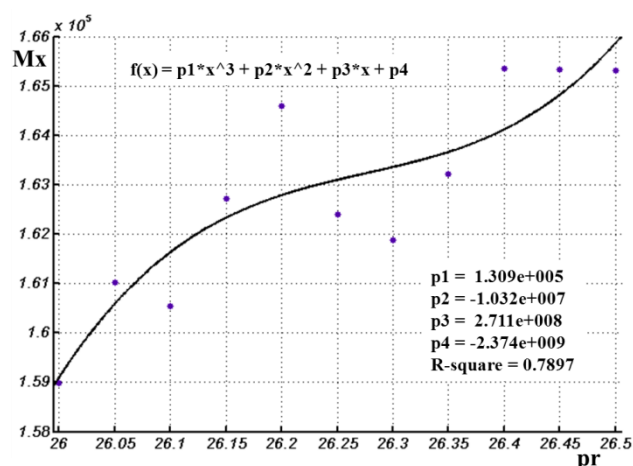
На первоначальном этапе отладки модели определялись средние значения наработки на отказ M_x единичного размерного параметра агрегата при различных входных параметрах y_0 и pr . При чем, получение значения M_x осуществлялось в различных сессиях моделирования при числе итераций $n_{mod} = 100$.

Для математического описания характера полученных функциональных зависимостей изменения входных параметров от выходных была предпринята попытка описать смоделированные значения степенным полиномом третьей степени следующего вида:

$$f(x) = p_1 \cdot x^3 + p_2 \cdot x^2 + p_3 \cdot x + p_4 \quad (2)$$



а)



б)

Рис. 3. Регрессионные зависимости входных и выходных параметров имитационной модели а) – M_x от y_0 ; б) – M_x от pr

С целью оценки значимости уравнений регрессии был использован F критерий Фишера:

$$F_p = \frac{r_{ij}^2}{1 - r_{ij}^2} (n - 2), \quad (3)$$

где n – число наблюдений; r_{ij} – коэффициент множественной корреляции Пирсона.

Для этих уравнений расчетное значение критерия – F_p равно 25,95, а теоретическое F_T при уровне значимости $q = 0,05$ и степенях свободы $k_1 = 1$, $k_2 = 9$ по таблице F -распределения Фишера равно 5,12 (рис. 3.а). Это позволяет говорить о том, что полученные уравнения статистически значимы. Критерий детерминации R^2 для регрессионных зависимостей, изображенных на рис. 3. а, б составляет 0,903 и 0,79 соответственно, что больше порога достаточной точности $R_d^2 = 0,75$.

Следующий этап проверки работоспособности модели заключался в моделировании значений средней наработки на отказ M_x единичного размерного параметра агрегата при одновременном задании различных

входных параметрах y_0 и pr , т. е. при всех наиболее вероятных их сочетаниях. Получение значения M_x также осуществлялось при числе реализации $nmod = 100$. По окончании процесса моделирования была построена трехмерная графическая поверхность, описывающая изменение основного выходного параметра M_x в зависимости от y_0 и pr , рис. 4.

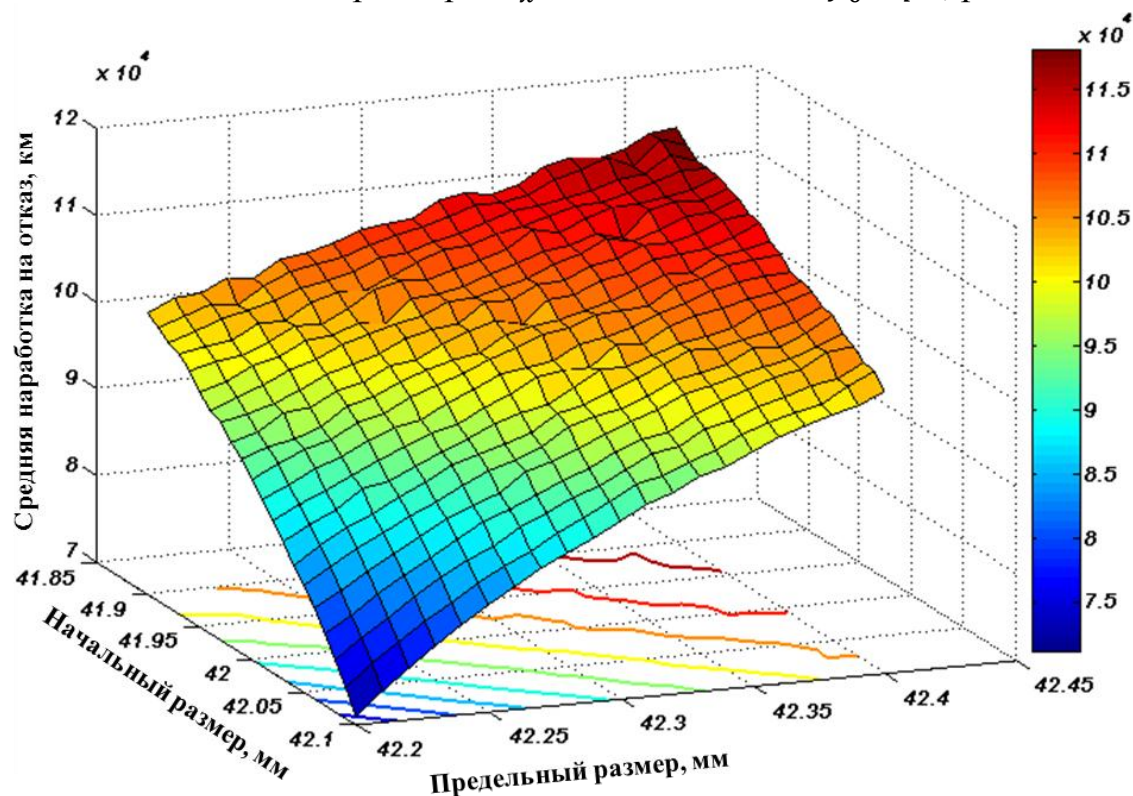


Рис. 4. Трехмерная графическая модель изменения средней наработки на отказ единичного размерного параметра

Из трехмерной графической модели можно отчетливо проследить тенденцию снижения средней наработки на отказ M_x единичного размерного параметра при увеличении начального размера моделирования y_0 и уменьшении предельного размера pr , при котором фиксируется ресурсный отказ. Характерной особенностью полученной графической модели является ее поверхность со специфической негладкой структурой. Такой вид модели объясняется имитационным способом ее получения, который в отличие от аналитического обладает вероятностными характеристиками процессов происходящих в нем.

Таким образом, на основе ранее предложенных теоретических положений была разработана имитационная математическая модель поддержки принятия решений, которая в процессе отладки показала свою работоспособность и необходимую точность. Интегрирование в разработанную имитационную модель износную и структурную составляющие, (рис. 1) дает возможность научно обоснованно подходить и к решению ряда других научно-прикладных и производственных задач:

- разработка актуализированных математических моделей прогнозирования остаточного ресурса и показателей свойств надежности отремонтированных узлов и агрегатов;
- выдвижение взвешенных и рациональных подходов к обоснованию сроков гарантийного пробега, дифференцированных по техническому состоянию агрегатов;
- прогнозирование производственных издержек и планирование производственной деятельности предприятий;

Решение указанных задач позволит на новом качественном уровне обеспечить необходимым информационным сопровождением руководство и инженерные службы предприятий по эксплуатации и ремонту автомобильного транспорта.

Список использованной литературы

1. Денисов А.С. Ресурсосберегающие структуры эксплуатационно-ремонтного цикла агрегатов автомобиля / А.С. Денисов, Л. Б. Баланцов, А. П. Беликов, Г.Г. Туркеев // Автотранспортное предприятие, 2008, №5. с.48-52.
2. Лукинский В.С., Зайцев В.И. Прогнозирование надежности автомобилей. – Л.: Техника, 1991. – 224 с.
3. Катаргин В. Н., Писарев И. С., Хмельницкий С. В. Оценка уровня надежности агрегатов автомобилей на основе моделирования времени жизни размерных цепей / В. Н. Катаргин, И. С. Писарев, С. В. Хмельницкий // Журнал перечня ВАК РФ Вестник ИРГТУ, 2012, №6. с. 89-96.
4. Katargin V., Pisarev I., Khmelnitsky S. Repair costs management based on models of units reliability in transport and technological machines / V. Katargin, I. Pisarev, S. Khmelnitsky // PolitechnikiKrakowskiej: Technical transaction (Mechanics). – 2012. Vol. 4, Issue 9. – p. 165 - 173.
5. Katargin V., Pisarev I., Khmelnitsky S. Optimization of mathematical model of dimensional links resources for predicting life time conditions for the mechanical gearboxes switching in automobiles [Электронный ресурс] / V. Katargin, I. Pisarev, S. Khmelnitsky // XLIII. International scientific conference of Czech and Slovak university departments and institutions dealing with the research of combustion engines.: CD-ROM, – Praha 2012, Czech Republic, ISBN 978-80-86786-34-6.
6. Катаргин В. Н., Писарев И. С. Ремонт агрегатов автомобилей управлением точностью размерных связей/ В. Н. Катаргин, И. С. Писарев // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 3. – с. 27–29 (журнал перечня ВАК РФ).

**Исследование распределения реакций по длине пятна контакта
тормозящей эластичной шины с беговым барабаном**

Ле Ван Луан Аспирант кафедры автомобильного транспорта

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

Проведены исследования, конечной целью которых является повышение точности определения тормозной эффективности и устойчивости при торможении автомобиля на стенде бегового барабана. В отличие от известных работ, посвященных данной проблеме, исследования предполагается анализировать процессы распределения продольной и нормальной реакций тормозящего автомобильного колеса по длине пятна контакта эластичной шины с цилиндрической поверхностью бегового барабана.

В условиях эксплуатации диагностика тормозных систем автотранспортных средств может осуществляться как в дорожных, так и в стендовых условиях. Но фактически результаты дорожных и стендовых испытаний значительно отличаются. Это объясняется многими причинами, но главной из которых является разница в механике взаимодействия шин с опорными поверхностями разной кривизны - цилиндрическими поверхностями беговых барабанов и плоской опорной поверхностью дороги.

Экспериментальным исследованиям процессов торможения автомобильного колеса в стендовых условиях, а также автомобилей в дорожных условиях посвятили свои труды многие российские и зарубежные ученые, такие как И.В.Балабин, В.Д.Балакин, А.Б.Дик, Ю.А.Ечеистов, В.И.Кнороз, П.Н.Малюгин, М.А.Петров, А.И.Федотов, Л.Сёмов, С.Найденов, Н.В.Расејка, A.Shallamach, G.Risk, P.Zeranski [1-10] и другие.

Все вышеперечисленные ученые исследовали процессы взаимодействия тормозящего автомобильного колеса с плоской опорной поверхностью дороги или с поверхностью бегового барабана большого диаметра, отличающейся малой кривизной. Обычно для таких исследований диаметр барабана выбирают в четыре раза больше наружного диаметра шины. Отметим, что до сих пор никто не исследовал процессы распределения продольной и нормальной реакций тормозящего автомобильного колеса по длине пятна контакта эластичной шины с цилиндрической поверхностью бегового барабана. Такие исследования могут дать новые знания, позволяющие наиболее обоснованно подходить к

расчету величин продольной и нормальной реакций тормозящего автомобильного колеса на цилиндрических поверхностях беговых барабанов тормозных стендов.

Автор данной статьи планирует провести исследования, конечной целью которых является повышение точности определения тормозной эффективности и устойчивости при торможении автомобиля на стенде бегового барабана. Это станет возможным в случае изучения механики взаимодействия шины с цилиндрической поверхностью бегового барабана, распределения нормальной и продольной реакции по длине пятна контакта, влияния кривизны поверхности бегового барабана на величину продольной реакции.

В процессе экспериментальных исследований процесса торможения автомобильного колеса на беговом барабане стенда планируется его нагружение постоянной нормальной нагрузкой G_k и вращение беговых барабанов с постоянной угловой скоростью $\omega_b = \text{const}$. При этом планируется выполнять измерение четырех параметров, характеризующих исследуемый процесс: продольную реакцию R_x , угловую частоту вращения автомобильного колеса ω_k , удельную величину нормальной реакции ΔR_z в пятне контакта, удельную величину продольной реакции ΔR_x в пятне контакта. Схема сил и моментов, действующих на колесо, тормозящее на цилиндрической поверхности бегового барабана, представлена на рис. 1.

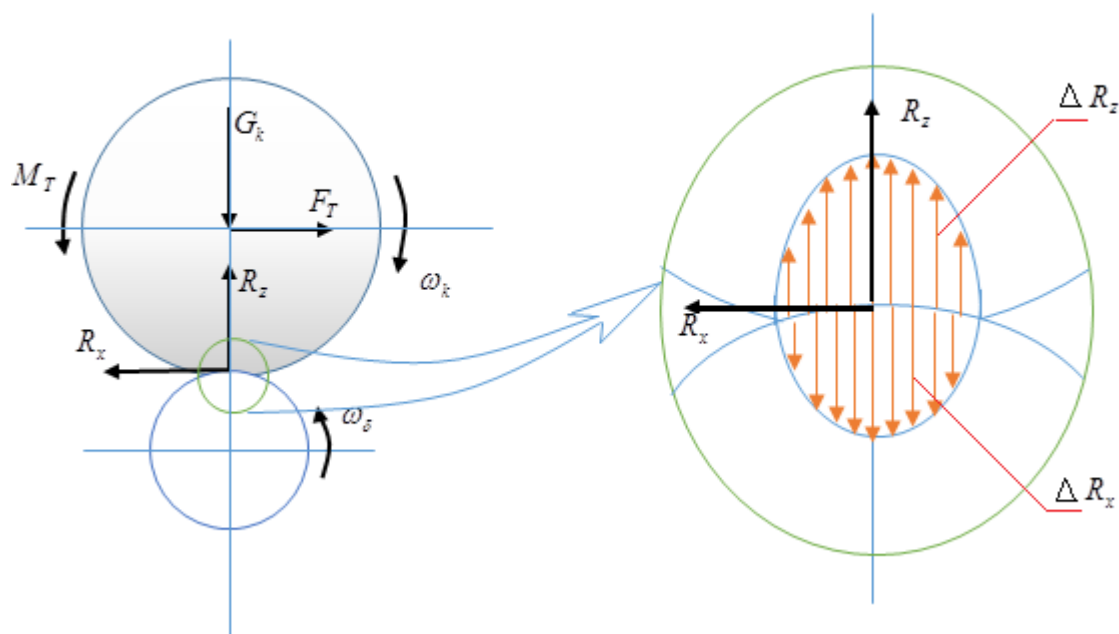
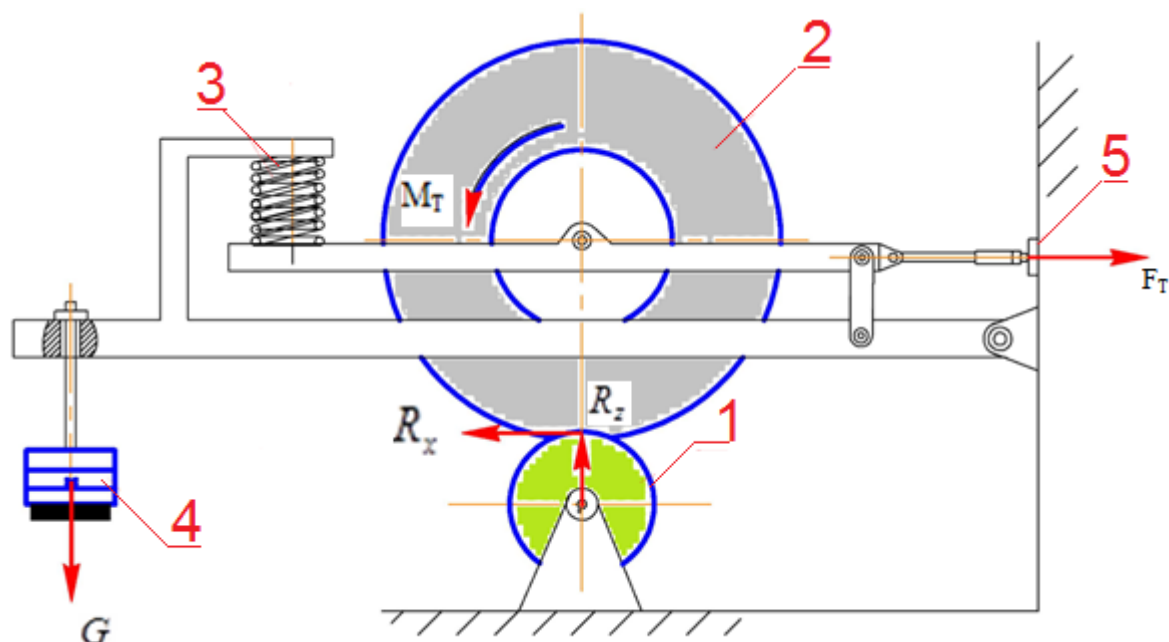


Рис. 1. Схема сил и моментов, действующих на колесо, тормозящее на цилиндрической поверхности бегового барабана

Для проведения экспериментального исследования в лаборатории кафедры автомобильного транспорта Национального исследовательского Иркутского ГТУ был спроектирован и изготовлен специальный стенд, схема которого представлена на рис. 2.



1 – Барабан; 2 – Колесо; 3 – Пружина; 4 – Грузы; 5 – Датчик;

Рис. 2 - Схема стенда для экспериментального исследования распределения нормальной нагрузки и продольной реакции по длине пятна контакта

В планируемой работе предполагается экспериментально получить:

- Эпюры распределения нормальных R_z и касательных R_x реакций по F_T длине пятна контакта эластичного колеса с беговым барабаном.
- Функциональную зависимость коэффициента сцепления φ_x эластичного колеса с цилиндрической поверхностью бегового барабана от величины проскальзывания S .

Проводились эксперименты с данными :

- Давление шины : 0,21 МПа
- Нагрузка на колесо : 2000 Н.

Результаты получены в виде графика.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S	0.00	0.08	0.16	0.32	0.43	0.55	0.64	0.69	0.73	0.79
φ_x	0.00	0.87	0.63	0.72	0.99	0.67	0.77	0.74	0.78	0.71

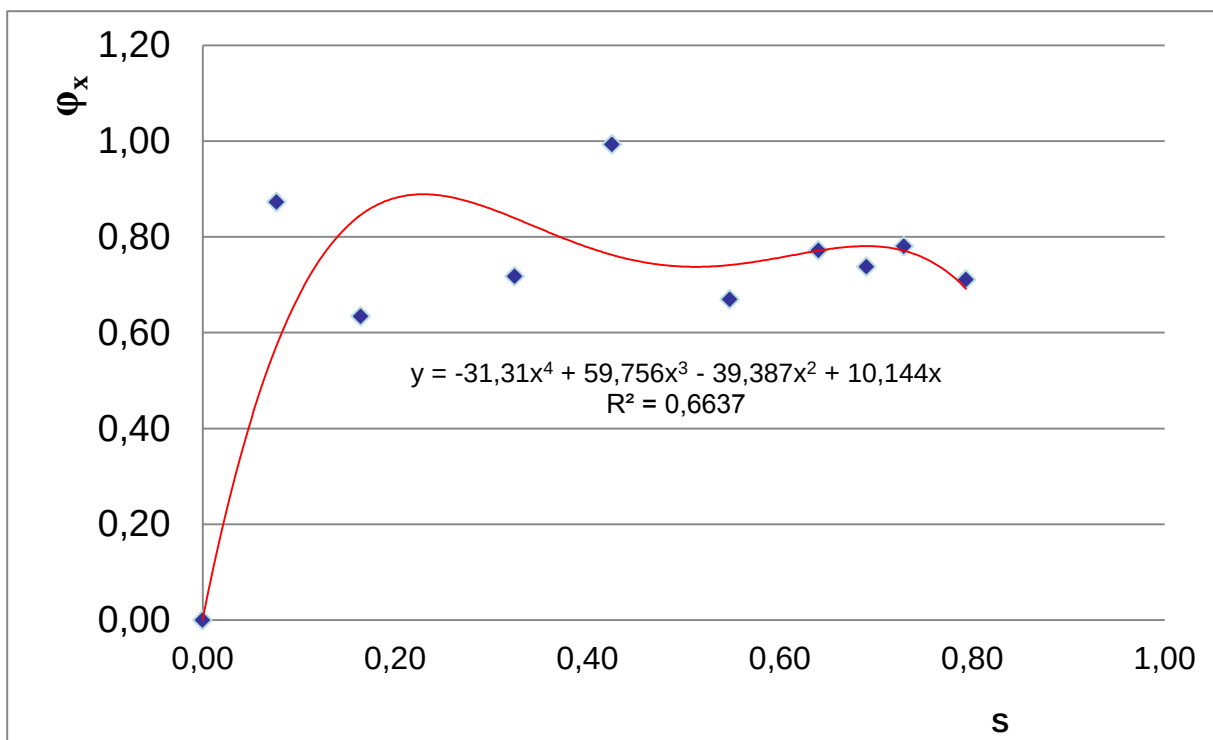


Рис.3. Функциональную зависимость коэффициента сцепления ϕ_x эластичного колеса с цилиндрической поверхностью бегового барабана от величины проскальзывания S

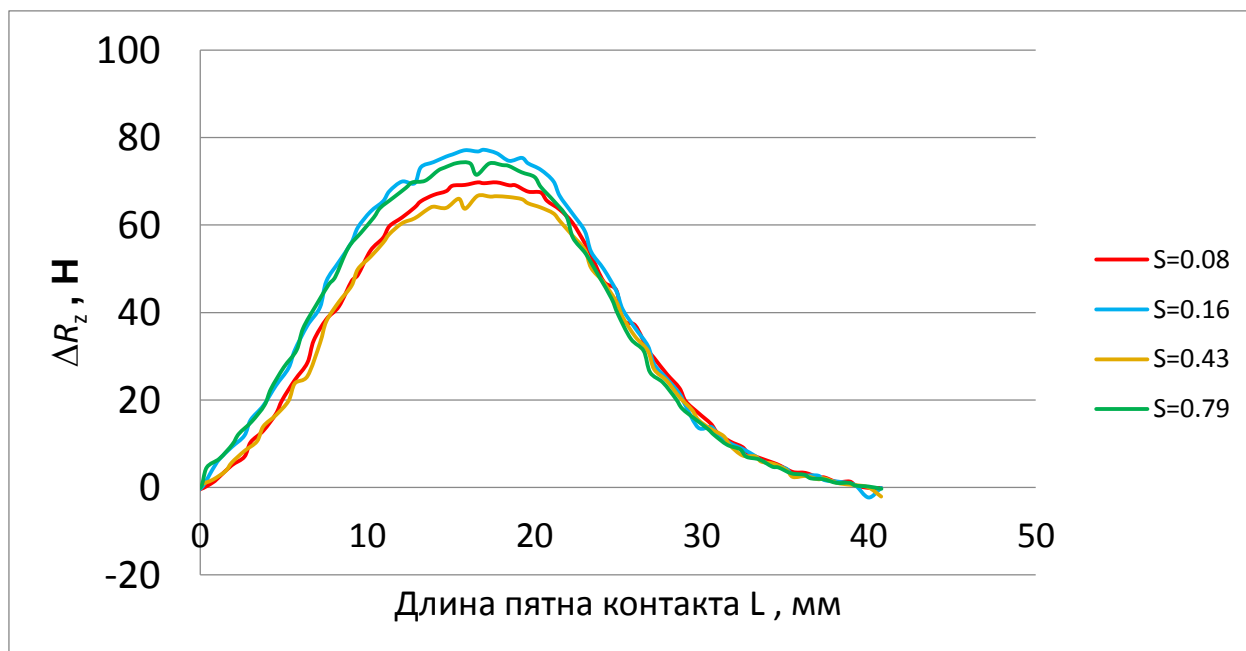


Рис.4. Эпюры распределения нормальных R_z реакций по длине пятна контакта эластичного колеса с беговым барабаном

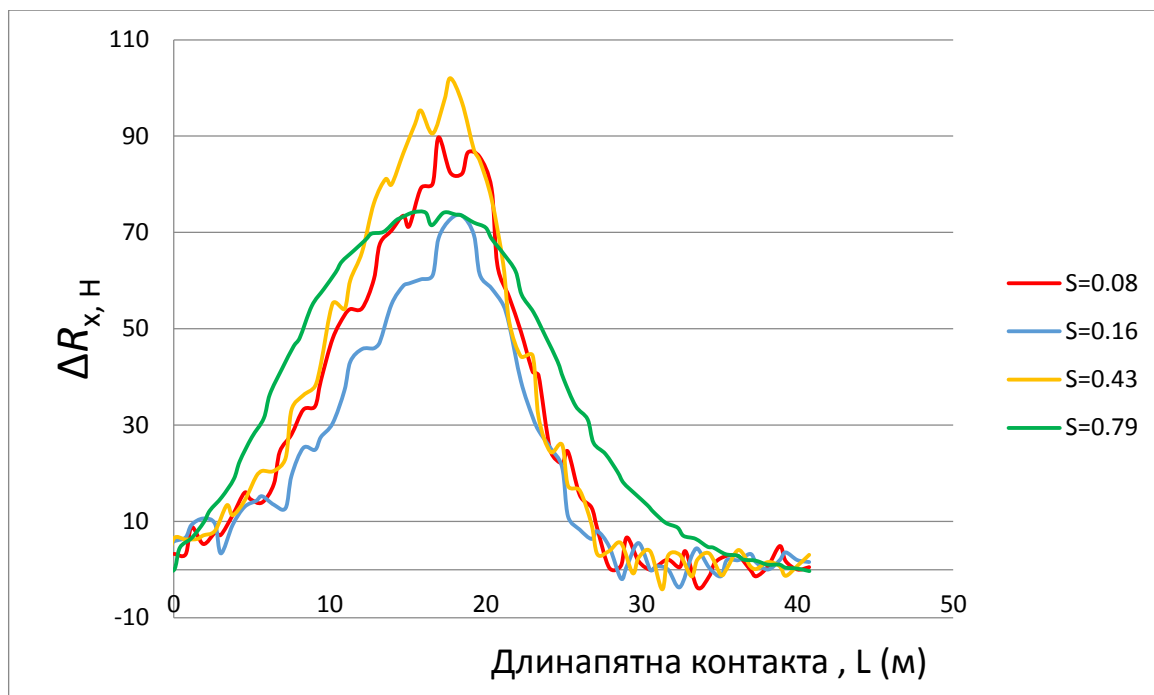


Рис.5 . Эпюры распределения нормальных R_z и касательных R_x реакций по длине пятна контакта эластичного колеса с беговым барабаном. Результаты выполненного экспериментального исследования позволяют сделать следующие выводы:

- 1- Разработаны и изготовлены стенд с беговым барабаном диаметром 0,24 для диагностики процессы взаимодействия тормозящего автомобильного колеса с цилиндрической поверхностью бегового барабана.
- 2- Проведены исследование, позволяющее выгледеть эпюры распределения нормальных R_z и касательных R_x реакций по длине пятна контакта эластичного колеса с беговым барабаном.
- 3- Получив первые результаты исследования, построили предварительную «ф-S» - диаграмму для тормозного режима на стендовых условиях.

Библиографический список

1. Балабин И.В. Упругие и сцепные характеристики автомобильных шин. – М.: НИИНАвтопром, 1979. – 61 с.
2. Дик А.Б., Федотов А.И. Качение тормозящего колеса, нагруженного переменной нормальной нагрузкой. / Сборник научных трудов «Активная и пассивная безопасность и надежность автомобиля» / МАМИ.-1984.-С. 94-110.
3. Ечеистов Ю.А. Исследование некоторых эксплуатационных качеств автомобиля с учетом преобразующих свойств его шин: Автореферат дисс. докт. техн. наук: 05.05.03 – М. 1973. - 32 с.
4. Петров М.А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме. - Омск.: Зап. Сиб. книжн. изд. 1973. - 224 с.

5. Малюгин П.Н. Исследование предельных возможностей антиблокировочных систем по улучшению процесса экстренного торможения автомобиля на повороте. // Сб. науч. тр. «Исследование торможения автомобиля и работы пневматических шин». - Омск. : СибАДИ, 1983. - С. 22-37.

6. Работа автомобильной шины. Под общ. ред. Кнороза В.И. М.: Транспорт, 1976, 238 с.

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

8. Shallamach A. Recent advanced in Knowled - ge of Rubber friction and type Wear // Rubb. Cnem. Technol. - 1969, 41 №1 - p. 209-245.

9. Riske G. Using flow coefficients to design pneumatic systems, «Pneumatics and hydraulics», 1960, № 10, P. 74-80.

10. Zeranski P. Die resultierende Reifencharacterisik // KFT. - 1973, №8/ - s. 237 - 238.

УДК 629.113.001

**Метрологический комплекс для исследования процессов
происходящих в пятне контакта эластичной шины с беговым
барабаном и дорогой**

Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П.

Иркутский Государственный технический университет
ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, 664074, Россия

В статье предложен комплекс для экспериментальных исследований процессов, протекающих в пятне контакта эластичной шины с цилиндрической поверхностью бегового барабана и плоской поверхности дороги, с помощью универсальной тензометрической площадки. Проведен эксперимент и произведен анализ нормальных напряжений в пятне контакта эластичной шины при взаимодействии с беговым барабаном и дорогой.

Ил.14. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: комплекс для экспериментальных исследований; процессы, протекающие в пятне контакта шины, универсальная тензометрическая площадка; нормальные напряжения в пятне контакта эластичной шины.

Федотов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, тел. 8 (3952) 40-58-53, e-mail: fai@istu.edu

Бойко Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, тел. 8-914-929-36-50, e-mail: veator@ramler.ru

Халезов Владимир Павлович, аспирант кафедры автомобильного транспорта, телефон: 8-950-11-85-769, e-mail: Halezov_vladimir@mail.ru

Контроль тормозных систем автотранспортных средств (АТС) в условиях эксплуатации может осуществляться как в дорожных, так и в стендовых условиях. Наиболее эффективным контролем тормозных систем автотранспортных средств, для Российского климата следует считать стендовые.

Однако, как пишет журнал «Автотранспортное предприятие»: «Предлагаемые различными фирмами стенды для оценки технического состояния тормозной системы при проведении государственного технического осмотра, например, моделей ЛТК и стационарных стендов моделей СТС Новгородского завода ГАРО и зарубежной фирмы Cartec не могут дать объективные показатели поведения в транспортном потоке [1]».

Причиной этого является взаимодействие колеса с опорной поверхностью бегового барабана. Как известно на дороге пятно контакта эластичной шины длиннее и имеет более округлую форму, так как на барабане оно почти в два раза меньше и имеет овальную форму [3]. При проведении контроля тормозных систем АТС в дорожных условиях колесо движется по ровной опорной поверхности, а в стендовых условиях по цилиндрической опорной поверхности бегового барабана.

На сегодняшний день много проводилось исследований по механике взаимодействия колеса с опорной поверхностью дороги и имеется хорошая теоритическая база которая описывает все процессы происходящие в пятне контакта эластичной шины. Что нельзя сказать про исследования в сфере механики взаимодействия эластичной шины с цилиндрической поверхностью. Данная сфера изучена только поверхностно, т.е. мало кто работал в этом направлении. Не хватает теоритической базы для описания взаимодействия колеса с беговым барабаном для того чтобы найти корректирующие коэффициенты позволяющие определить как будет вести себя автомобиль на дороге при полученных показателях эффективности и устойчивости на стенде с беговыми барабанами.

Для решения этой проблемы кафедрой «Автомобильный транспорт» в НИ ИрГТУ был спроектирован и изготовлен метрологический комплекс, который позволит исследовать процессы, происходящие в пятне контакта эластичной шины, как на беговых барабанах стенда, так и в дорожных условиях [4].

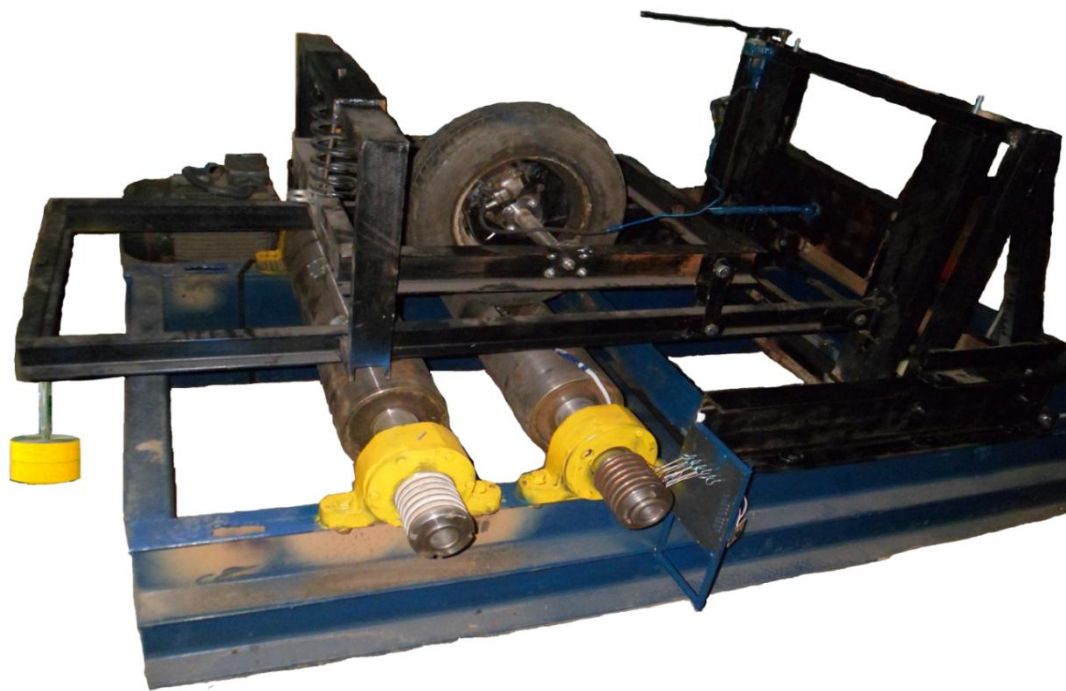


Рис. 1. Общий вид стенда для определения напряжений в пятне контакта колеса с опорной поверхностью бегового барабана, установленный в лаборатории диагностики кафедры «Автомобильный транспорт»

Группой ученых кафедры “Автомобильный транспорт” спроектирован и изготовлен стенд для имитации движения колеса по беговому барабану в тормозном режиме.

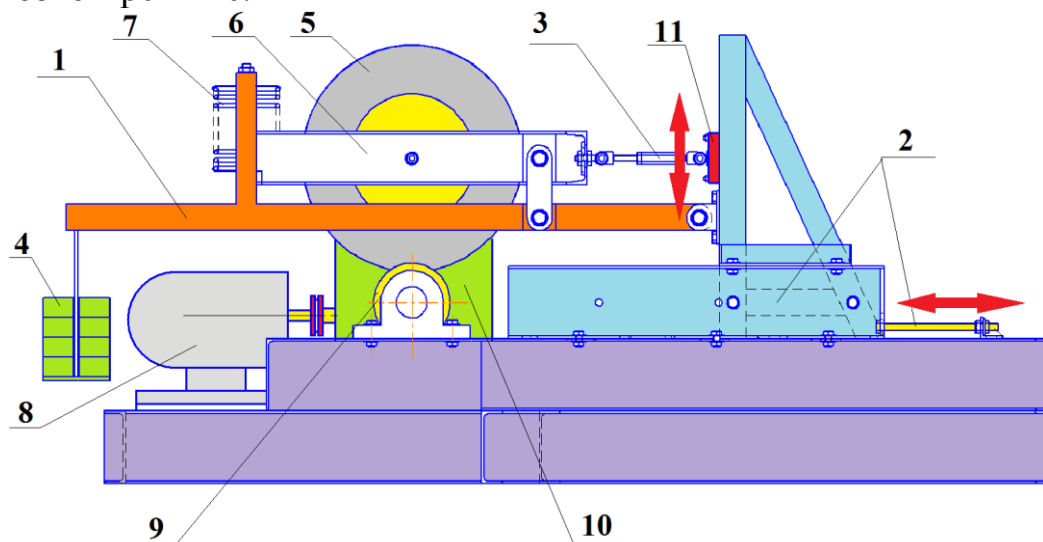


Рис. 2. Схема стенда предназначенного для определения напряжений в контакте шин с опорной поверхностью бегового барабана

На рисунке 2 представлена схема стенда предназначенного для определения напряжений в контакте шин с опорной поверхностью бегового барабана. Колесо с испытуемой шиной 5, смонтировано на шарнирно закрепленном рычаге 6. Шина прижата пружиной 7 к беговому барабану 9, который приводится во вращение электродвигателем 8, через редуктор 10. Профиль поверхности бегового барабана соответствует виду испытаний. С помощью балки 1 шарнирно закрепленной на стойке 2 создают нормальную нагрузку на пружину 7, меняя грузы 4. Рычаг 6, на котором установлено колесо с испытуемой шиной 5, прикреплен тяга 3, соединенная с датчиком 11, который предназначен для регистрации тормозной силы. Положение датчика 11 также можно регулировать вертикально (в случае если эксперименты будут проводиться с шиной других размеров).

Перед проведением испытаний, меняя длину тяги 3, колесо 5 устанавливается на беговом барабане 9 таким образом, чтобы результирующая тормозная сила была параллельна оси тяги 3.

Для исследований взаимодействия колеса с поверхностью бегового барабана от положения колеса в конструкции стенда присутствует устройство для перемещения 2.

Разработанный комплекс для исследований процессов, протекающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью состоит из: тензометрической балки; электронного блока усилителя сигнала; аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и компьютера.

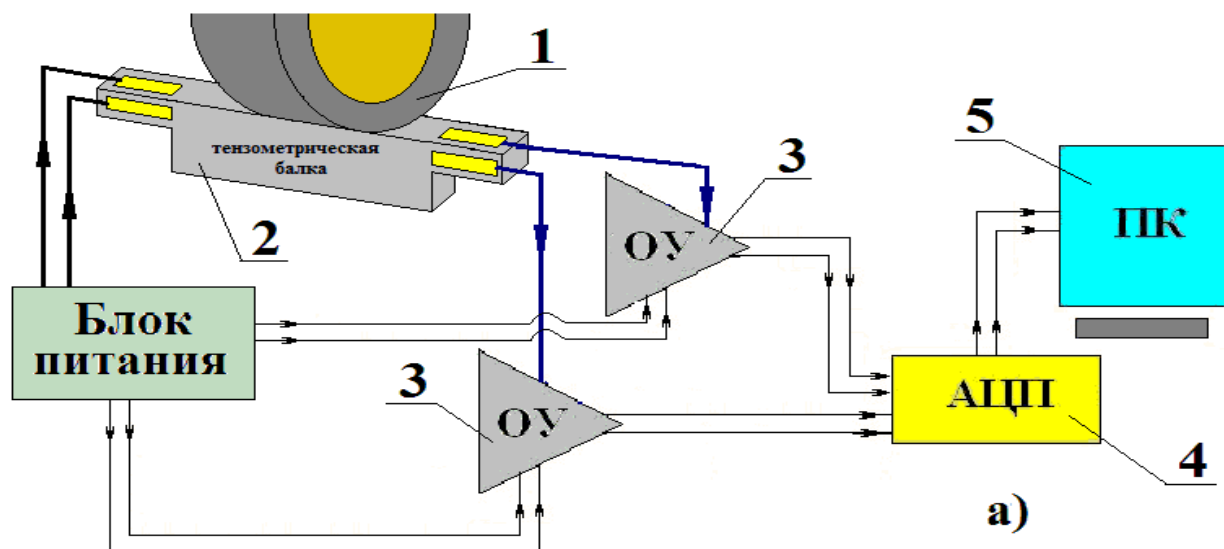


Рис. 3. Структурная схема метрологического комплекса
 1-колесо автомобиля; 2- тензометрическая балка; 3 - электронный блок усилителя сигнала, касательных и нормальных напряжений в пятне контакта колеса; 4 - аналого-цифровой преобразователь; 5 – компьютер

Так как барабан имеет не ровную поверхность, поэтому была изготовлена дугообразная площадка 2 которая крепежными болтами закрепляется в беговом барабане. Внутри площадки закреплен преобразователь, который при одном прокатывании колеса 9 позволяет фиксировать две величины: нормальное давление и касательное напряжение в продольном направлении движения колеса. Преобразователь для измерения нормальных и касательных напряжений (рис. 5) состоит из упругой пластины 1 на боковых поверхностях которой наклеены тензорезисторы 7. Тензорезисторы преобразователя включаются в измерительную цепь по мостовой схеме (рис. 3). Пластина 1 двумя винтами 4 прикреплена к промежуточной опоре 3 (рис. 4), которая в свою очередь крепится к опорной площадке 2. Одна из боковых поверхностей пластины 1 входит в прорезь в опорном листе площадки 2. Для предотвращения поворота пластины 1 в центрах винтов 4 она имеет реактивный рычаг 5 соединенный с нежесткой пружиной 8. Эта пружина с помощью винтов закреплена на планке 6.

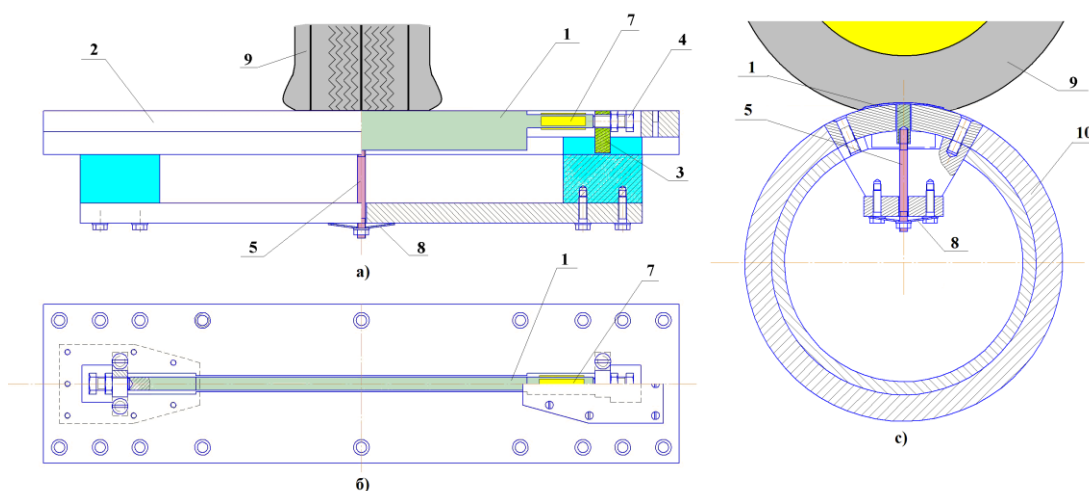


Рис. 4. Тензометрическая балка предназначена для измерения напряжений в контакте шин с опорной поверхностью бегового барабана:
а) вид спереди, б) вид сверху, с) вид сбоку

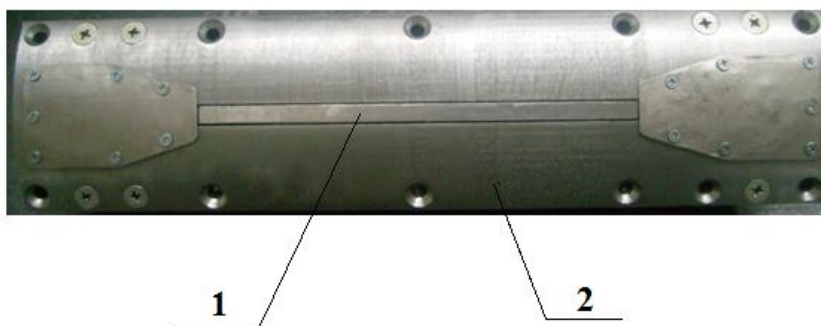


Рис. 5. Общий вид тензометрической балки для измерения напряжений в пятне контакта колеса с опорной поверхностью бегового барабана

При вращении бегового барабана, которое будет осуществляться с помощью электродвигателя, колесо будет циклически наезжать на тензометрическую балку. В свою очередь датчик будет фиксировать изменения нормальных и касательных напряжений в пятне контакта эластичной шины.

Аналогичную конструкцию имеет датчик для записи нормальных и касательных напряжений в контакте шин с опорной поверхностью дороги. Площадка представляет жесткую коробчатую конструкцию 2 (рис.6). Внутри площадки аналогично закреплен преобразователь, который при одном прокатывании колеса 9 позволяет фиксировать две величины: нормальное давление и касательное напряжение в продольном направлении движения колеса.

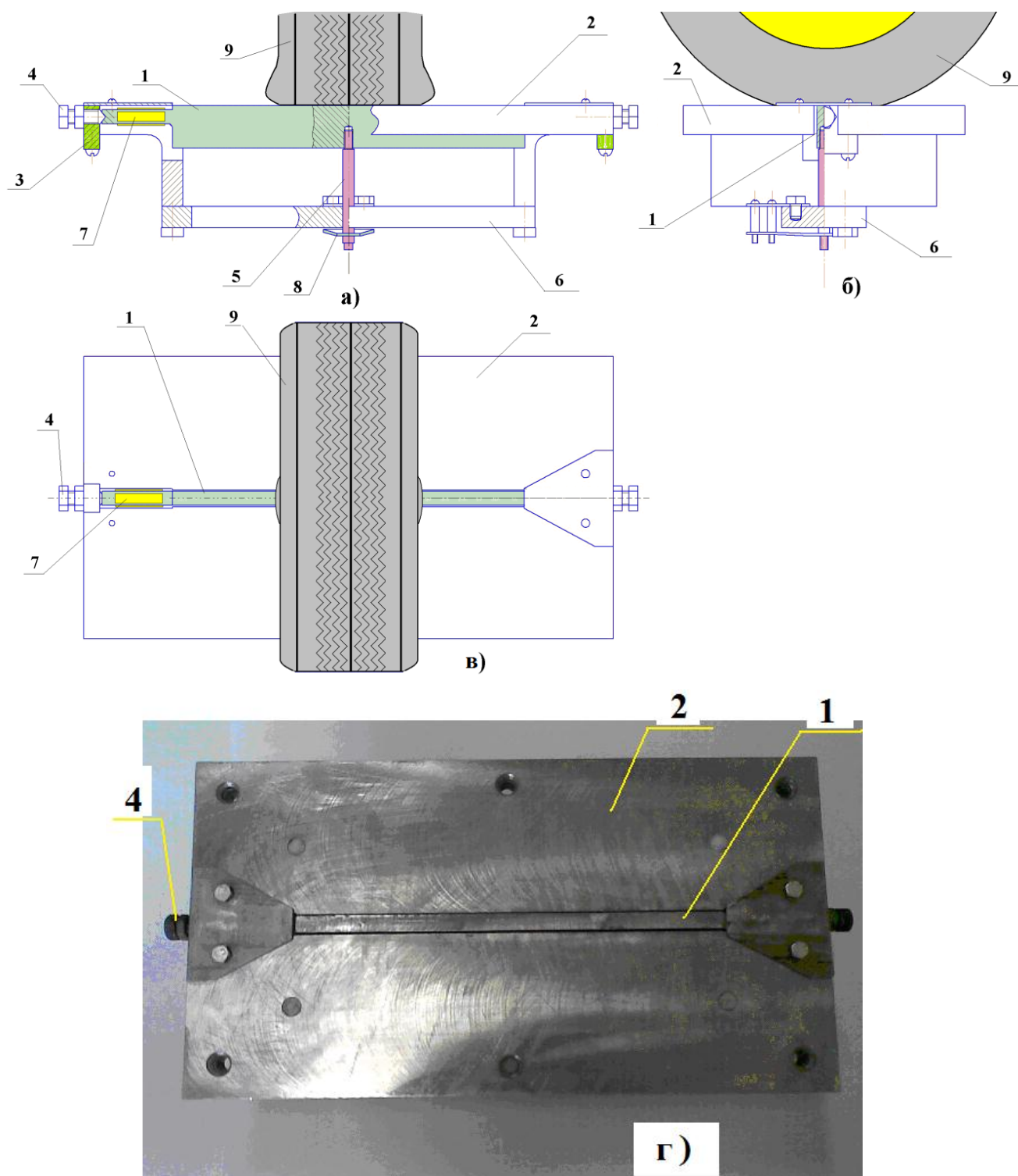


Рис. 6. Тензометрическая балка предназначена для измерения напряжений в контакте шин с опорной поверхностью на дороге: а) вид спереди б) вид с боку; в) вид сверху; г) общий вид

Разработанный комплекс позволил провести исследования процессов, протекающих в пятне контакта эластичной шины с опорной поверхностью бегового барабана и дороги, и получить эпюры нормальных и касательных напряжений.

Библиографический список

1. Кулько П.А., Государственный Технический осмотр. Проблемы и решения. / К.В. Ушаков / Автотранспортное предприятие 2005. – №9 – С.15 – 19.
2. Федотов А.И., Бойко А.В. Эффективность стендовых методов контроля тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации./Сборник трудов. II международная научно-практическая конференция «Проблемы диагностики и эксплуатации автомобильного транспорта» Иркутск ИрГТУ. 2009г. – С.115 – 125.
3. Федотов А.И., Бойко А.В., Д. Цогт и др. Экспериментальное исследование параметров, характеризующих взаимодействие автомобильного колеса с опорными роликами диагностических стендов. Вестник ИрГТУ. 2009. – Иркутск: ИрГТУ, 2009. – №4.– С. 72 – 77.
4. Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. Экспериментальные исследования процесса взаимодействия эластичной шины с беговым барабаном и дорогой. Вестник ИрГТУ. 2012 – Иркутск: ИрГТУ, 2012. – №9. – С. 157 – 163.

УДК 629.113.001

Экспериментальные исследования нормальных напряжений в пятне контакта эластичной шины с беговым барабаном и дорогой

Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П.

Иркутский Государственный технический университет

ул. Лермонтова, 83, г. Иркутск, 664074, Россия

В статье предложен комплекс для экспериментальных исследований процессов, протекающих в пятне контакта эластичной шины с цилиндрической поверхностью бегового барабана и плоской поверхности дороги, с помощью универсальной тензометрической площадки. Проведен эксперимент и произведен анализ нормальных напряжений в пятне контакта эластичной шины при взаимодействии с беговым барабаном и дорогой. Установлено, что формы и величина нормальных напряжений в пятне контакта колеса на дороге значительно отличаются от напряжений при качении эластичного колеса по беговому барабану, а также зависят от давления в шине.

Ил.14. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: комплекс для экспериментальных исследований; процессы, протекающие в пятне контакта шины, универсальная тензометрическая площадка; нормальные напряжения в пятне контакта эластичной шины.

Федотов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, тел. 8 (3952) 40-58-53, e-mail: fai@istu.edu

Бойко Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, тел. 8-914-929-36-50, e-mail: veator@ramler.ru

Халезов Владимир Павлович, аспирант кафедры автомобильного транспорта, телефон: 8-950-11-85-769, e-mail: Halezov_vladimir@mail.ru

Контроль тормозных систем автотранспортных средств (АТС) в условиях эксплуатации может осуществляться как в дорожных, так и в стендовых условиях. Наиболее эффективным контролем тормозных систем автотранспортных средств, для Российского климата следует считать стендовые.

Однако, как пишет журнал «Автотранспортное предприятие»: «Предлагаемые различными фирмами стенды для оценки технического состояния тормозной системы при проведении государственного технического осмотра, например, моделей ЛТК и стационарных стендов

моделей СТС Новгородского завода ГАРО и зарубежной фирмы Cartec не могут дать объективные показатели поведения в транспортном потоке [1]».

Причиной этого является взаимодействие колеса с опорной поверхностью бегового барабана. На сегодняшний день много проводилось исследований про механику взаимодействия колеса с опорной поверхностью дороги и имеется хорошая теоритическая база которая описывает все процессы происходящие в пятне контакта эластичной шины. Что нельзя сказать про исследования в сфере механики взаимодействия эластичной шины с цилиндрической поверхностью. Данная сфера изучена только поверхностно, т.е. мало кто работал в этом направлении. Не хватает теоритической базы для описания взаимодействия колеса с беговым барабаном для того чтобы найти корректирующие коэффициенты позволяющие определить как будет вести себя автомобиль на дороге при полученных показателях эффективности и устойчивости на стенде с беговыми барабанами.

Для решения этой проблемы кафедрой “Автомобильный транспорт” в НИ ИрГТУ был спроектирован и изготовлен метрологический комплекс, который позволит исследовать процессы, происходящие в пятне контакта эластичной шины, как на беговых барабанах стенда, так и в дорожных условиях [4].

Испытаниям подвергалась летняя радиальная шина фирмы AmtelPlanetT-301 размером 185/65 R14 86H (рис. 1 и рис. 2). Высота протектора 5 мм, что соответствует износу колеса примерно на 30%. Нормальная нагрузка на колесо составляла 3400 Н, что соответствует весу на одно колесо передней оси автомобиля ToyotaFielder. Эксперименты проводились при разном давлении в шине, значение давления составляло: 0,231; 0, 21; 0,19; 0,17; 0,15; 0,13; 0,105 МПа.



Рис. 1. Протектор испытуемой шины AmtelPlanet



Рис. 2. Общий вид испытуемой шины AmtelPlanet

Эксперименты в лабораторных условиях проводились следующим образом, данное колесо устанавливалось на стенд с беговым барабаном диаметром 240 мм таким образом, чтоб результирующая тормозная сила была параллельна оси тяги. Устанавливалось необходимое давление в шине. Измерялись геометрические размеры в пятне контакта эластичной ширины, длина и форма пятна контакта с роликом. Величина вертикальной нагрузки, составляла 3400 Н.

Беговой барабан приводился во вращение электродвигателем, скорость вращения составляла 4 км/ч. Колесо циклично наезжало на датчик. К колесу постепенно прикладывался тормозной момент до того момента пока колесо полностью не заблокируется. И в это же время снимались измерения нормальной и касательной реакции, а так же продольной силы приложенной к колесу.

В дорожных условиях рамка с измерительным датчиком устанавливалась на ровный участок дороги вровень с дорожным полотном. Колесо устанавливалось на переднюю, ведущую ось автомобиля ToyotaFielder. Перед проездом по измерительному датчику выставлялось определенное давление в колесе. Так же измерялась ширина, длина и форма пятна контакта при каждом давлении в колесе. Скорость автомобиля соответствовала скорости вращения бегового барабана и равнялась 4 км/ч. Эксперименты проводились в тормозном режиме движения колеса. Т.е. к колесу прикладывался тормозной момент до полной блокировки в районе измерительного датчика в это время измерялось, как нормальная, так и касательная реакция в пятне контакта колеса.

После проведения экспериментов в дорожных и стендовых условиях были получены эпюры распределения нормальной реакции по длине пятна контакта эластичной шины.

На (рис. 3 и 4) представлены эпюры распределения нормальной реакции по длине пятна контакта в дорожных и стендовых условиях с давлением в шине 0,21 МПа.

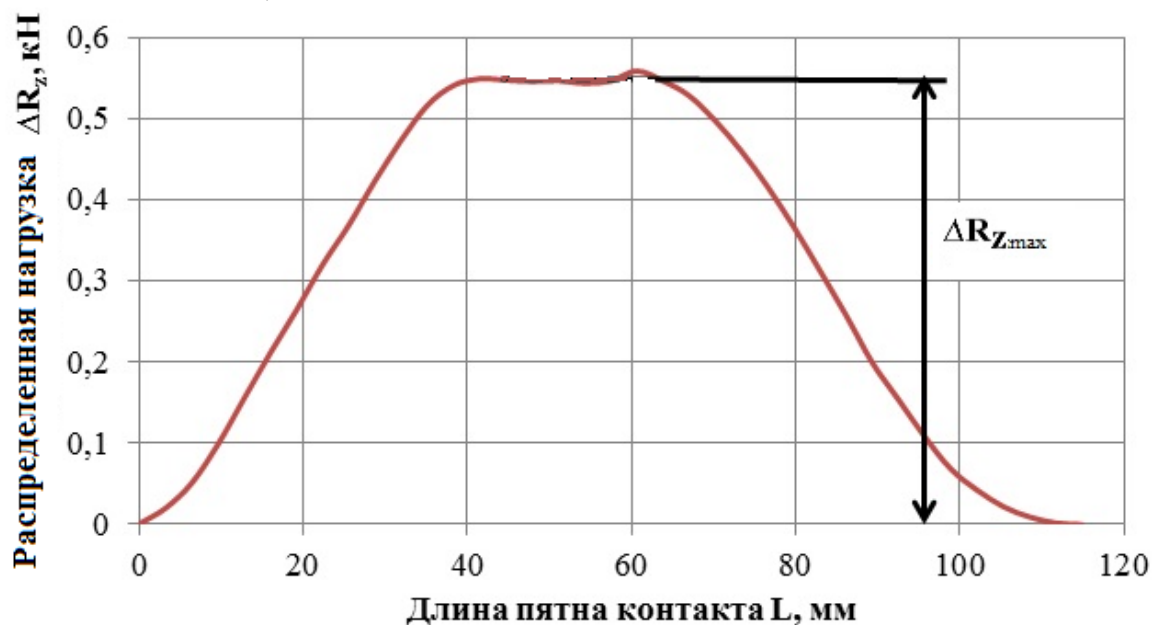


Рис. 3. Эпюра распределения нормальной реакции в пятне контакта эластичной шины при качении колеса по ровной поверхности дороги (давление в шине 0,21 МПа)

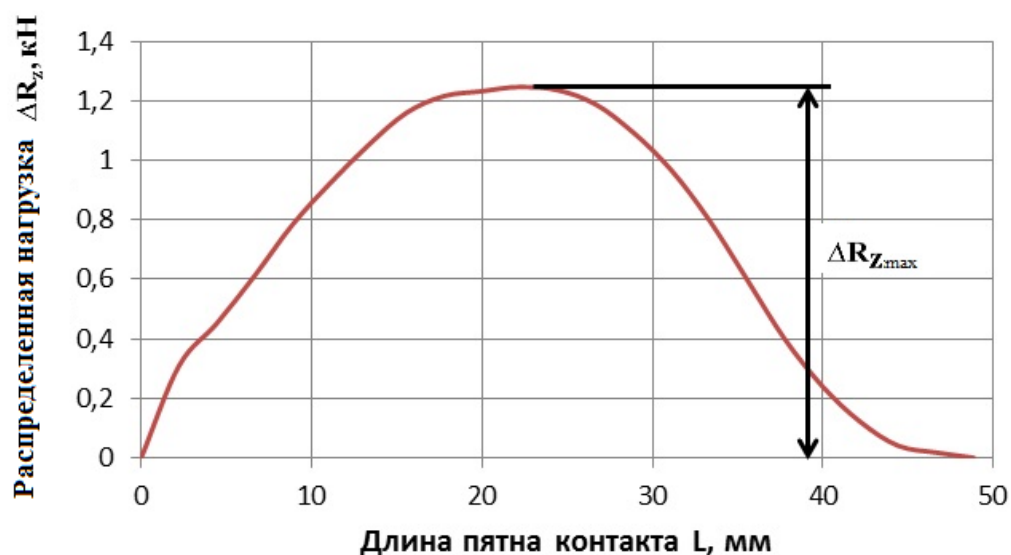


Рис. 4. Эпюра распределения нормальной реакции в пятне контакта эластичной шины при качении колеса по цилиндрической поверхности бегового барабана диагностического стенда диаметром 0,24 м (давление в шине 0,21 МПа)

Как мы видим эпюра, в дорожных условиях на своей вершине, имеет своеобразную “полку” что нельзя сказать про стендовые условия. В стендовых условиях эпюра нормальной реакции больше напоминает перевернутую параболу.

Так же характерным отличием является высота эпюры. На беговом барабане она выше, чем в дорожных условиях. Это связано с тем, что длина пятна контакта эластичной шины с дорогой и беговым барабаном отличается почти в 2 раза.



Рис. 5. Графики нормальной распределенной нагрузки ΔR_z с разным давлением в шине при качении колеса по ровной поверхности дороги

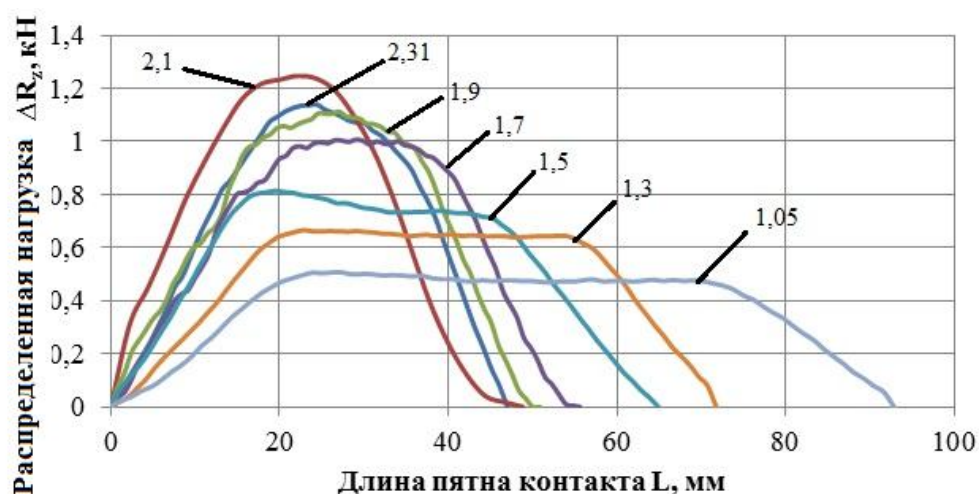


Рис. 6. Графики нормальной распределенной нагрузки ΔR_z с разным давлением в шине при качении колеса по цилиндрической поверхности бегового барабана диаметром 0,24 м диагностического стенда

Из(рис. 5 и 6) видно, как изменяется длина пятна контакта шины в зависимости от изменения давления внутри шины. Так же можно наблюдать, как изменяется “полка”, т.е. чем меньше давление в колесе, тем длиннее становится “полка”.

После обработки всех экспериментов были получены следующие зависимости (рис. 7 и 8). На рисунке 7 представлены зависимости максимальной нагрузки $\Delta R_{z\max}$ от давления в колесе, как в дорожных условиях, так и в стендовых. На рисунке 8 представлены зависимости изменения длины пятна контакта L от давления в колесе P , как в дорожных условиях, так и в стендовых.

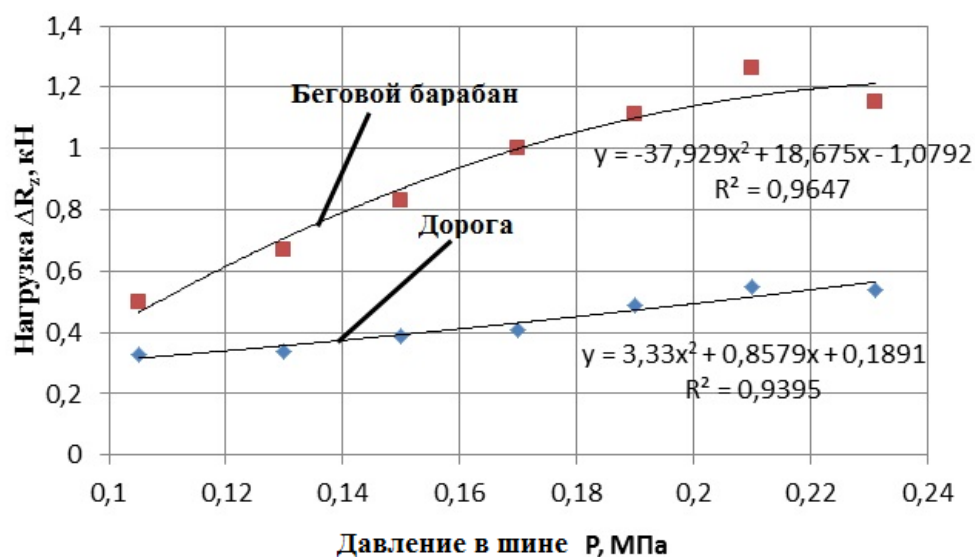


Рис. 7. Графики зависимости максимальной распределенной нагрузки $\Delta R_{z\max}$ в пятне контакта колеса от давления P в шине

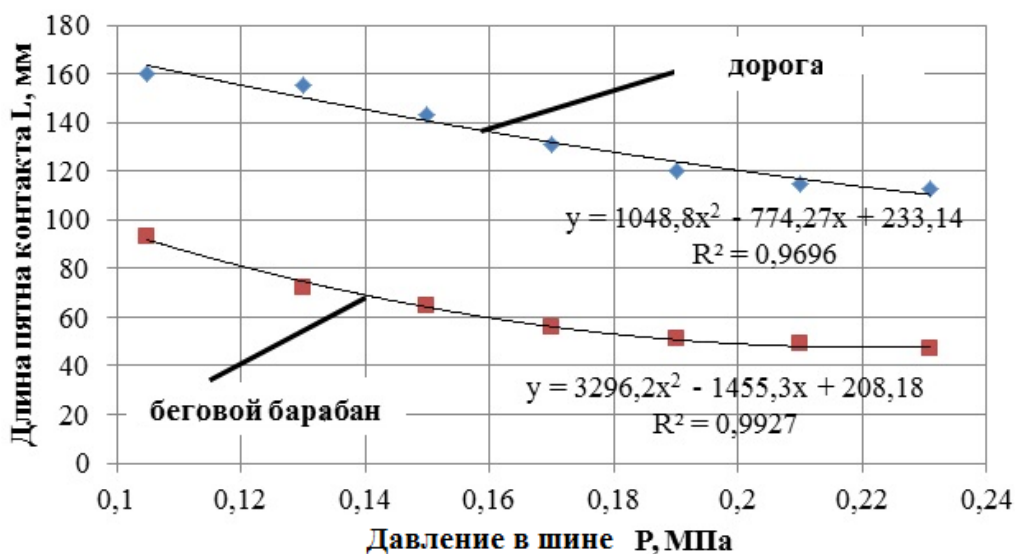


Рис. 8. Графики зависимости изменения длины пятна контакта L от изменения давления P в шине

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:
величина максимального значения эпюры распределения нормальной реакции в пятне контакта эластичной шины с беговым барабаном диагностического стенда, в 2,9 раза больше чем величина максимального значения эпюры распределения нормальной реакции в пятне контакта эластичной шины при качении по дорожному полотну дороги;

величина длины пятна контакта эластичной шины с беговым барабаном диагностического стенда, в 1,6 раза меньше чем величина длины пятна контакта эластичной шины при качении по дорожному полотну дороги;

полученные функциональные зависимости максимальной распределенной нагрузки ΔR_{zmax} в пятне контакта колеса от давления P в шине, могут быть использованы в математических моделях процесса качения колеса по беговому барабану или дороги.

Библиографический список

1. Кулько П.А., Государственный Технический осмотр. Проблемы и решения. / К.В. Ушаков / Автотранспортное предприятие 2005. – №9 – С.15 – 19.
2. Федотов А.И., Бойко А.В. Эффективность стендовых методов контроля тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации./Сборник трудов. II международная научно-практическая конференция «Проблемы диагностики и эксплуатации автомобильного транспорта» Иркутск ИрГТУ. 2009г. – С.115 – 125.
3. Федотов А.И., Бойко А.В., Д. Цогт и др. Экспериментальное исследование параметров, характеризующих взаимодействие автомобильного колеса с опорными роликами диагностических стендов. Вестник ИрГТУ. 2009. – Иркутск: ИрГТУ, 2009. – №4.– С. 72 – 77.
4. Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. Экспериментальные исследования процесса взаимодействия эластичной шины с беговым барабаном и дорогой. Вестник ИрГТУ. 2012 – Иркутск: ИрГТУ, 2012. – №9. – С. 157 – 163.

Машиностроительные технологии и материалы

УДК 621.6

Оборудование для внутритрубной теледиагностики

Р.В. Кононенко, И.Г. Майзель

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

В статье рассмотрено типовое оборудование применяемое для проведения теледиагностических работ. Приведены результаты работы «Центра торовых технологий» по созданию теледиагностического оборудования и результаты обработки данных полученных в результате теледиагностики.

Ил. 5. Библиогр. 5 назв.

Ключевые слова: Теледиагностика, оборудование для теледиагностики, телеинспекция, схемы оборудования для теледиагностики

Кононенко Роман Владимирович, Аспирант кафедры оборудования и автоматизации машиностроения,
тел.: 89500525920, e-mail: istu_politeh@mail.ru

Майзель Игорь Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации машиностроения,
тел.: 738311, e-mail: baik-@mail.ru

Телеинспекция трубопроводов как современный метод диагностики.
Стабильная работа систем коммуникаций - обязательное условие для обеспечения надежной работы предприятий топливно-энергетического комплекса. И немаловажным условием здесь является хорошее состояние трубопроводов, в трубы попадают посторонние предметы, образуются отложения ила, появляются трещины и коррозии. Последнее время в нефтедобывающей промышленности нашли широкое применение трубы с внутренним защитным антикоррозионным покрытием и герметизирующими втулками для сварных соединений. В связи с особенностями монтажа и эксплуатации нефтепроводов возникают случаи повреждения покрытия и неправильная установка защитной герметизирующей втулки на этапе строительства и эксплуатации, что в свою очередь приводит к непосредственному контакту транспортируемой жидкости со стенками трубы, развитию точечной электрохимической коррозии и преждевременному выходу трубопровода из строя.

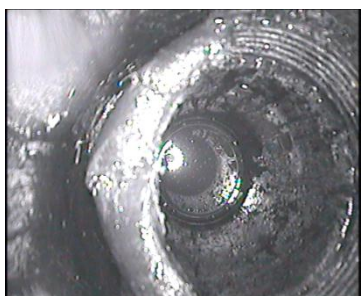


Рисунок 1. Вид
трубопровода
изнутри

Обычно телеинспекция трубопроводов используется для выявления и быстрого устранения этих и многих других проблем. **Телеинспекцией** называется **дистанционный способ мониторинга**, позволяющий следить за состоянием трубопроводов любого диаметра и разновидности. На рисунке 1 представлена фотография полученная по результатам телеинспекции трубопровода. Применение телеинспекционной системы позволяет:

- следить за состоянием внутренних стенок трубопровода и правильной установки защитных втулок;
- выявлять наличие в трубах посторонних предметов и засоров. Если засоры все же есть, то можно использовать аппарат высокого давления для прочистки;
- точно определять расположение трещин, образование коррозий и других повреждений;
- выявлять незаконные врезы в трубопровод;
- проводить поиск утерянных колодцев, проверять состояние канализаций и водостоков;
- осуществлять проверку состояния трубопровода после завершения строительства, ремонта или чистки.

Телеинспекция - принцип работы и разновидности

Телеинспекция – это процесс наблюдения за состоянием трубопровода при помощи цветной видеокамеры высокого разрешения. Камера при телеинспекции перемещается по трубе, посредством кабельной связи передает изображение на монитор, либо записывает его на цифровой или аналоговый носитель.

Видеокамера находится в герметичном корпусе, она оснащена хорошей фокусировкой и устройством наведения. Рядом с ней на транспортном модуле располагается мощный источник света, позволяющий оператору хорошо рассмотреть проверяемый участок трубопровода.

Для диагностики незаполненных трубопроводов используются колесные проталкивающие системы теле инспекции. Плавающие системы применяются для работы с частично заполненными трубопроводами. Большинство моделей диагностирующих систем предусматривают лебедку с электронным счетчиком, который позволяет установить длину кабеля и определить местонахождение камеры в трубе. Данные о местоположении камеры внутри трубопроводов отображаются на мониторе оператора.

Различают несколько типов теле инспекционных систем:

Переносные проталкивающие камеры представлены на рисунке 2 – устройства, оснащенные жестким кабелем, при помощи которого оператор проталкивает систему по трубе. Кабель также обеспечивает электропитание системы и передачу данных на монитор.



Рисунок 2.
Портативные системы видеоконтроля

Камеры дистанционного управления представлены на рисунке 3 – системы, оснащенные видеокамерой высокого качества, широким углом обзора и мощной подсветкой. Они перемещаются при помощи самоходного транспортера, управляемого оператором.

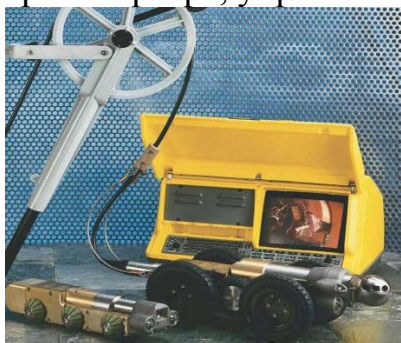


Рисунок 3.
Самоходная тележка с видеокамерой.

Камеры с сателлитами представлена на рисунке 4 – системы, оснащенные одной основной и несколькими вспомогательными камерами, предназначенными для телеинспекции малых отводов от основной трубы.

Специализированные камеры– включают в себя беспроводные телеинспекционные системы

и устройства для диагностики глубинных скважин.

Телеинспекцию трубопровода рекомендуется проводить регулярно в профилактических целях. Современный рынок предоставляет большой выбор телеинспекционных систем, позволяющих решить любую задачу: будь то поиск неисправности или плановая проверка трубопровода.

Оборудование для телеинспекции нефтепромысловых трубопроводов.

При анализе оборудования для телеинспекции нефтепромысловых трубопроводов необходимо учитывать следующие технические требования:

1. Протяженность трубопровода (от 100м до 5км).
2. Диаметр диагностируемой трубы от 89мм до 800мм.
3. Наличие защитных втулок, которые сужают диаметр трубы.
4. Возможность повреждение покрытия в результате телеинспекции.
5. Возможность застревания оборудование.



Рисунок 4. Самоходная тележка с поворотной видеокамерой и подсветкой.

6. Прохождение поворотов, подъемов и спусков.
7. Возможность регулирования освещения.
8. Возможность удаленного наблюдения за процессом диагностики и контролем состояния оборудования.

В настоящее время среди серийно выпускаемого оборудования нет оборудования обладающего такими возможностями. На протяжении ряда лет сотрудники лаборатории «Центр торových технологий» при Национальном Исследовательском Иркутском государственном техническом университете занимаются проблемами проверки качества состояния внутреннего защитного антикоррозионного покрытия и правильности установки защитных втулок. Разработано оборудование различной модификации, позволяющее проводить проверку внутренней поверхности труб различного диаметра и длины. Развитие оборудования идет в трех направлениях:

1) Диагностика строящихся трубопроводов с вертикальными участками и установленной арматурой в крановых узлах Оборудование перемещается с помощью шпагата. Через трубопровод, при помощи эластичного надувного зонда протягивается армированный шпагат с усилием разрыва 110-120 килограмм, при выборе шпагата накладываются следующие ограничения:

- а) Шпагат должен быть максимально легкий и протягиваться с минимальным усилием, чтобы не резать стенки трубопровода при поворотах, спусках и подъемах.
- б) Шпагат должен выдерживать нагрузку создаваемую зондом при протягивании.

Все расчетные характеристики шпагата, давление и эластичного зонда приведены для трубопровода Ø 535 мм. Исходя из внутреннего диаметра трубы, был рассчитан эластичный зонд диаметром 490 мм, внутреннее давление зонда 0,03-0,05 бар. Для продвижения зонда внутри трубы используются вентиляторы высокого давления для нагнетания воздуха в трубу. Каждый вентилятор создает давление 0,1 бар, суммарное давление на выходе от двух вентиляторов связанных последовательно составляет 0,2 бар. Под действием потока воздуха создаваемого вентиляторами зонд движется вперед и сжимается, пропуская часть воздуха вперед себя, что приводит к потере давления, но обеспечивает создание воздушной подушки между зондом и трубой. В результате эффективное давление, создаваемое двумя вентиляторами, составляет 0,05-0,08 бара, что создает усилие протягивания равное 100-150 кг. По результатам расчетного усилия был подобран высокопрочный полипропиленовый шпагат выдерживающий данную нагрузку. Скорость перемещения зонда по трубе составляет 15-20 м/с, что позволяет протягивать шпагат в трубе длиной 1 км. менее чем за одну минуту. После протягивания шпагата к нему

крепится диагностический модуль и с помощью лебедки протягивается со скоростью 0,3м/с диагностический модуль протягивается по всей длине трубопровода. Метод является универсальным и позволяет обеспечить теледиагностику трубопроводов с отводами, наклонами и вертикальными участками.

2) Диагностика горизонтальных плетей трубопровода во время строительства с использованием автономных или радиоуправляемых тележек с радиусом действия до двух километров. Разработаны автономные диагностические модули для труб от Ø 235 мм до Ø 535 мм и более. Для решения проблемы прохождения поворотов и опрокидывания предложен ряд конструктивных решений обеспечивающих высокую устойчивость положения модуля в трубе.

3) Для диагностики трубопроводов сложной геометрической формы, имеющих вертикальные спуски и подъемы, разработан радиоуправляемая диагностическая комплекс представленный на рисунке 5 с импеллерными движителями. Данные типы движителей позволяют развивать тяговое усилие до 5кг на один движитель, что позволяет модулю преодолевать вертикальные участки. Для спуска тележка оснащается тормозной системой, которая обеспечивает заданную скорость по вертикальным и наклонным участкам.



Рисунок 5.
Радиоуправляемый
теледиагностический
комплекс с
импеллерными
двигателями

Специалисты ИрГТУ в течении 3-х лет используют данное оборудование для проведения теледиагностики строящихся нефтепроводов на месторождениях ТНК-ВР. Большой объем работы выполняется на месторождении Самотлор. Обследовано более 50 км трубопровода, выявлены многочисленные дефекты, которые были своевременно

устранены.

При проведении теледиагностических работ в зависимости от геометрии трубопровода выбирается один из вышеперечисленных способов, что позволяет обеспечить оптимальный процесс теледиагностики трубопровода.

Библиографический список:

1. Гетманский М.Д., Ю.В. Житников, «Территория нефтегаз» [Электронный ресурс]// Организация системы контроля технического состояния промысловых трубопроводов с внутренним покрытием и защитой сварных соединений втулками различной конструкции: [сайт]. [2007]. URL: <http://neftegas.info/territoriya-neftegaz/1243-organizaciya->

sistemy-kontrolya-tehnicheskogo-sostoyaniya-promyslovyh-truboprovodov-s-vnutrennim-pokrytiem-i-zaschitoy-svarnyh-soedineniy-vtulkami-razlichnoy-konstrukcii.html

2. Кононенко Р .В., Майзель И.Г . Диагностика нефтепромысловых трубопроводов с внутренним защитным покрытием на основе эпоксидной смолы// Журнал «Вестник ИргТУ» 2012. вып. 12. С.50-52.
3. Орлов В. А. Системный анализ состояния и тактика реновации водопроводных и водоотводящих сетей [Текст] :дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.04 / О.В. Александрович ; Моск. гос. строит. ун-т. - М., 2009. - 349 с.
4. Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс] URL: <http://www.raww.ru/node/2408>
5. Теледиагностика теплосилового оборудования и трубопроводов [Электронный ресурс] URL: http://www.xn----7sbceqdelcxc2ag7b5a6b.xnp1ai/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=93

Применение SYSWELD в расчете деформаций технологии изготовления штанги дозаправки

А.А. Вторушин, А.С. Бубнов

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

Рассчитаны деформации штанги дозаправки аналитическим методом и методом конечных элементов. Определена оптимальная технология производства штанги дозаправки.

Ключевые слова: расчет деформаций; моделирование сварочных процессов.

Бубнов Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов, тел.89149027644, e-mail: bubnov@istu.edu

Вторушин Антон Андреевич, студент, гр. СП-08, тел.901518162, e-mail: anton-vtorushin@rambler.ru

В настоящее время сварка широко применяется во всех отраслях промышленности, как совершенный вид неразъемного соединения металлов. Несколько лет назад, сварка применялась только при выполнении ремонта, но теперь она уже находит применение при изготовлении всевозможных деталей и конструкций из самых разнообразных металлов и сплавов и вполне обеспечивает высокое качество соединения, при высокой производительности сварочных работ [1].

С течением времени были разработаны и вошли в практику различные виды сварки. Каждый вид сварки обладает своими специфическими особенностями (величина зоны нагрева, возможность механизации процесса сварки, универсальность и т. д.). От правильного выбора вида сварки зависит не только ее качество, но и возможность применения того или иного металла или сплава. Вопрос этот приобретает особую важность в авиастроении, где применяются самые различные металлы и сплавы для изготовления деталей сложной конфигурации.

Современные технологии изготовления самолетных конструкций используют практически все известные способы сварки. Это позволяет повысить производительность труда, а также получать качественные изделия с необходимыми механическими, физическими и химическими свойствами.

Конструкция штанги-приемника топлива (рис.1) представляет собой отдельный агрегат, устанавливающийся в носовой части фюзеляжа. К нижней части штанги-приемника топлива подсоединен трубопровод магистрали заправки. В убранном положении головка штанги-приемника топлива находится в нише носовой части фюзеляжа и закрывается створкой, соединенной с выдвигающимся штоком. Головка штанги-приемника топлива в выпущенном положении отстоит от поверхности фюзеляжа примерно на 700 мм.

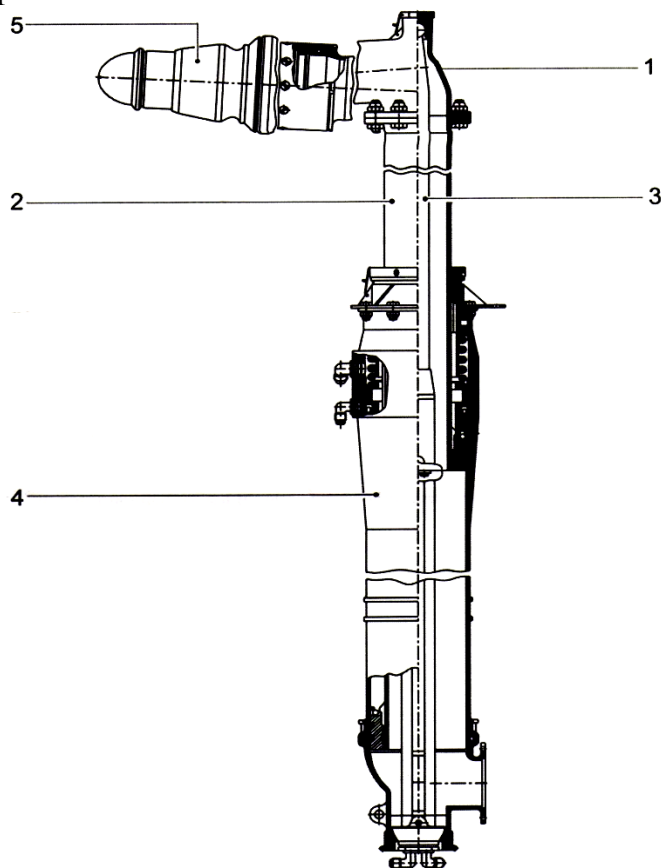


Рисунок 1 - Штанга приема топлива

Конструктивно штанга-приемник топлива (см.рис.1) состоит из несущего корпуса (поз.4) и выдвигающегося штока. К фланцу штока привинчен Г-образный патрубок (поз.1) с ввинченной в него головкой приемника топлива. Уплотнение головки приемника топлива и патрубка осуществляется резиновым кольцом (поз.5). Выпуск и уборка штока осуществляется гидравлическим цилиндром (поз.3), установленным внутри него и шарнирно соединенным со штоком (поз. 2) и несущим корпусом(поз. 4). От разворота при контакте шток (поз. 2) удерживается шлицами, нарезанными на его нижней части и верхней внутренней поверхности несущего корпуса (поз. 4). От разворота во время выпуска и уборки шток (поз. 2) удерживается при помощи ребер, приваренных на поверхности гидравлического цилиндра, которые входят в пазы штока. При полном выпуске штока (поз. 2) и посадке его на основные шлицы

ребра гидравлического цилиндра выходят из зацепления со штоком для разгрузки цилиндра от деформаций, возникающих при контакте.

Замок выпущенного положения штока – шариковый, расположен в корпусе штанги-приемника топлива. Замок убранного положения штока – шариковый, расположен внутри гидроцилиндра. Ход штока между замками составляет 700 мм. Управление замками производится с помощью гидросистемы. Жидкости к замкам подается одновременно с подачей жидкости на уборку или выпуск штока в соответствующие штуцера штанги-приемника топлива.

Заводская технология изготовления недостаточно технологична, так как применяется TIG сварка, что снижает производительность на 60% и повышает себестоимость изделия на 20%. А устаревшее приспособление используется лишь для сборки изделия и не выполняет технических условий на прямолинейность и параллельность установки направляющих.

Предложено для изготовления изделия на предприятии заменить ручную аргонодуговую сварку неплавящимся электродом на полуавтоматическую аргонодуговую сварку плавящимся электродом, а также разработать сборочно-сварочное приспособление. Наиболее подходящим будет являться кондуктор для сборки и сварки.

Высокие технологические и экономические показатели изготовления сварных конструкций зависят от правильного выбора вида сварки - наиболее соответствующего конкретным условиям производства и эксплуатации изделий. Правильный выбранный вид сварки гарантирует не только качество и эффективность выполнения конкретных сварных соединений, но сказывается на техническом уровне производства сварных изделий, их работоспособности и долговечности. Выбирают его сравнением технических показателей, полученных при сварке конкретных соединений различными способами. Предпочтение отдают способу, который обеспечивает получение сварного соединения с заданными параметрами качества при наименьших затратах.

При выборе способа сварки, в первую очередь учитывали свойства свариваемого материала. Изделие изготовлено из среднелегированной стали 30ХГСА. Особенностью сварки указанных сталей является склонность к холодным сварочным трещинам. Вероятность образования холодных трещин определяется жесткостью конструкций и технологией сварки (рис.2).

Мы рекомендуем для сварки штанги дозаправки полуавтоматическую аргонодуговую сварку плавящимся электродом. В отличие от других сварочных аппаратов полуавтоматы имеют довольно специфическую вольтамперную выходную характеристику. У трансформаторов и выпрямителей эта характеристика является “падающей” - чем больше ток на выходе, тем меньше выходное напряжение. Для полуавтоматов эта картина совершенно иная. Они имеют

“жесткие” вольтамперные характеристики - напряжение в них стабильно и слабо зависит от величины сварочного тока. Преимущество полуавтоматов - высокое качество и производительность сварки, недостатки - наличие газового баллона, который необходимо периодически заправлять, а также затрудненная сварка на открытом воздухе при ветре. Кроме того, сварщик должен обладать высокой квалификацией [2].

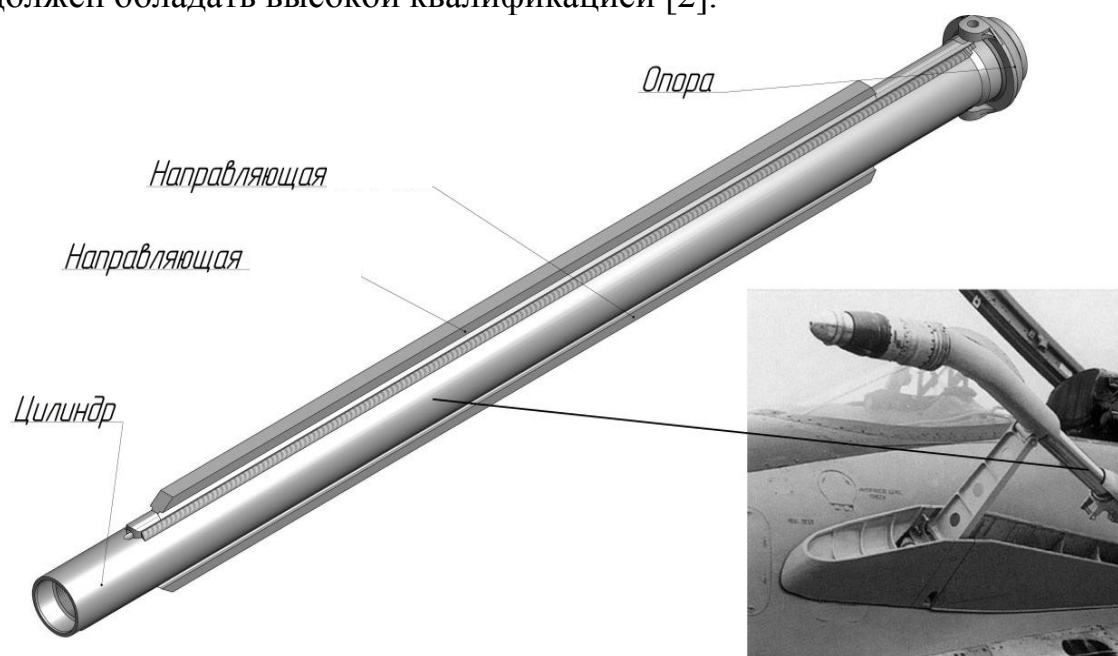


Рисунок 2 -Общий вид штанги дозаправки

При сварке плавящимся электродом создаются благоприятные условия для защиты ванны и формирования шва, а также повышается производительность сварочного процесса. Штанга приемник топлива относится к I категории сварных соединений, по производственной инструкции предприятия. Категория не допускает никаких дефектов допустимых для исправления. Кроме кратеров и пор.

Штанга состоит из цилиндра, направляющих, опоры и заглушек. Для обеспечения получения качественных сварных соединений, достижения требуемой точности сборки и уменьшения остаточных деформаций применяя сборочно-сварочную оснастку.

Аналитический расчет сварочной деформации. Для определения деформации подсчитывали усадочную силу по формуле (1).

$$P_{ус.ж} = B \frac{q}{v_{св}}, \quad (1)$$

где q – эффективная мощность; $v_{св}$ – скорость сварки, м/ч; B – коэффициент зависящий от толщины металла.

Определяли эффективную мощность по формуле 2:

$$q = \eta \cdot I \cdot U, \quad (2)$$

Вычислили изгибающий момент по формуле 3:

$$M = P_{\text{ус.ж}} \cdot e, \quad (3)$$

где e – эксцентриситет, равен 30 мм.

Рассчитали значение прогиба балки после сварки по формуле 4:

$$f = \frac{M \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I}, \quad (4)$$

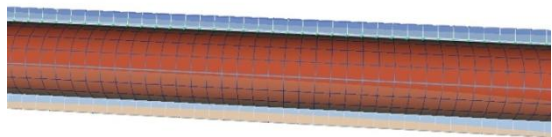
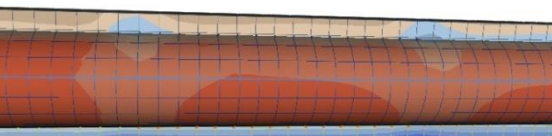
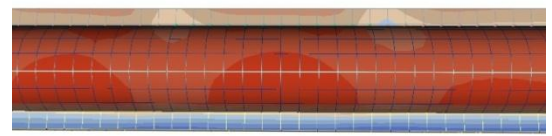
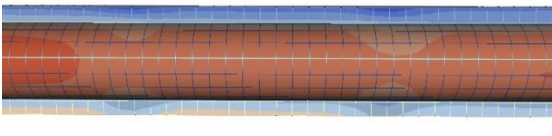
где I – момент инерции штанги дозаправки, L – длина шва[1].

Методика проведения инженерного анализа. Для конструкции штанги дозаправки выполняли следующие действия:

- разрабатывали конструкцию сварного соединения;
- анализировали конструкцию на приспособленность ее деталей для сварки;
- анализировали сварное соединение с помощью программных средств инженерного анализа SYSWELD (WeldPlanner);
- анализировали результаты, полученные при расчете и вырабатывали рекомендаций по совершенствованию конструкции.

Полученные и рассчитанные данные отображены в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты расчета модели

Количество участков сварного шва	Деформация, мм	Изображение
1	0,513	
3	0,497	
5	0,411	
7	0,311	
9	0,333	
11	0,389	

Из приведенных данных на рис.3 и табл.1 выявлено, что наиболее целесообразно поделить сварной шов на семь участков.

При проведении испытаний было установлено, что при увеличении ширины зоны проплавления происходило увеличение сварочных деформаций. Данные показаны на рисунке 4.

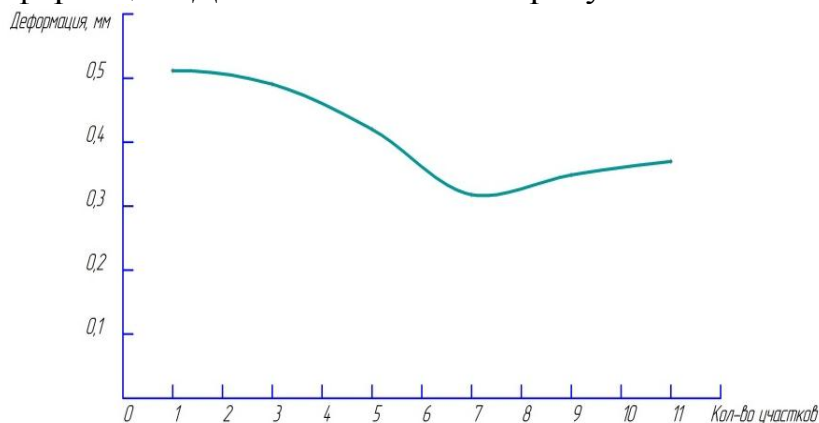


Рис.3. График зависимости сварочных деформаций от количества участков сварного шва

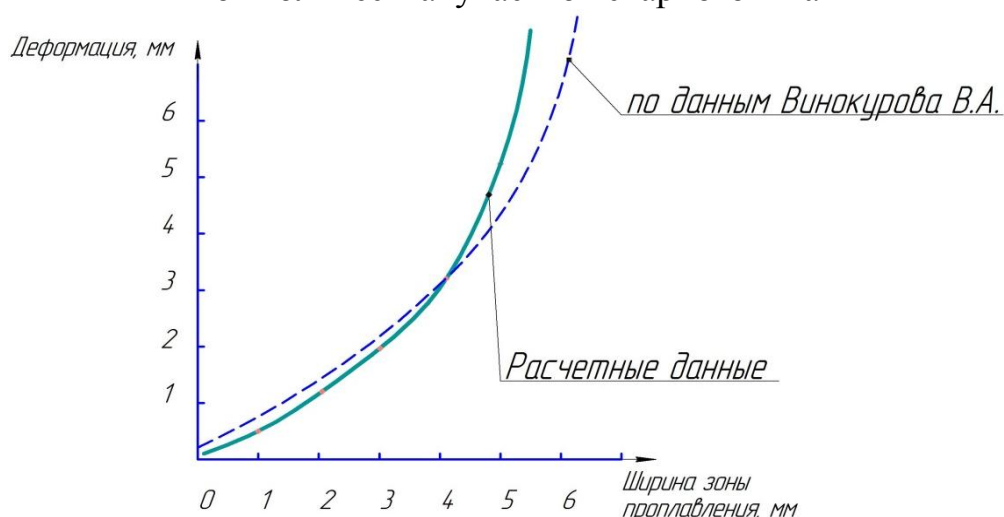


Рисунок 4 - График влияния ширины зоны проплавления на деформацию

Исходя из выполненных расчетов видно, что аналитические данные аналогичны данным полученным при помощи программы для моделирования сварных швов SYSWELD (WeldPlanner). В результате проведенных исследований выявлено, что используемая программа полностью подходит для инженерного анализа технологами и конструкторами для быстрой экспресс оценки деформаций.

Список использованной литературы:

1. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения. –М., Машиностроение, 1999. – 236с.
2. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) и др. — М.: Машиностроение, 1978.

Создание и исследование мехатронных систем

УДК 004.021

Автоматизация выбора технологических баз

В.Ю. Какаева

Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13

В данной работе рассматривается методика и алгоритм процесса автоматизации выбора рациональных схем базирования заготовок.

Ключевые слова: комплект баз; автоматизированное проектирование; матрица лишаемых степеней свободы.

Какаева Валентина Юрьевна, магистрант, тел.: 89878500565, e-mail: kakaevavalya@rambler.ru

Среди решаемых задач в САПР ТП выбор рациональных схем базирования занимает одно из самых главных мест, что во многом предопределяет характер проектируемой технологии – последовательность выбора операций, межоперационные припуски, общую производительность и экономичность обработки детали.

Поэтому решение о выбранных базах служит основой для выполнения всех последующих стадий автоматизированного проектирования.

Автоматизация выбора баз существенно усложняется из-за крайне слабой формализации задач технологического проектирования. Предпринимая попытку автоматизированного решения задачи выбора технологических баз, сформулируем следующим образом: найти комбинации поверхностей детали (не более трех поверхностей), которые лишают деталь шести степеней свободы.

Каждая поверхность, используемая в качестве базовой, может лишать заготовку от 1 до 4 степеней свободы (рис. 1). Преобразование шестиклеточных таблиц [1], в шестимерный вектор позволило разработать программу

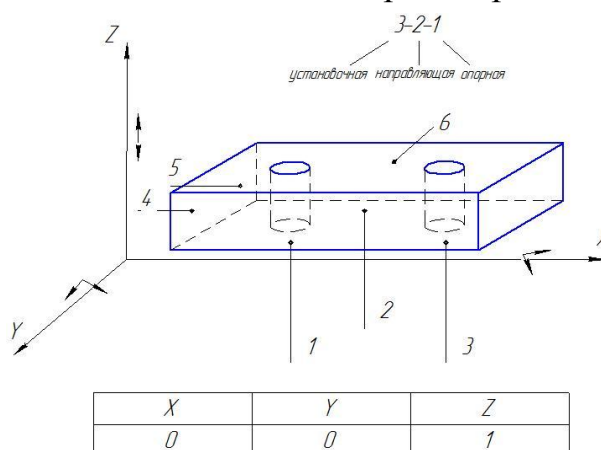


Рисунок 1 - Комплект баз призматической детали

формирования списка возможных комплектов технологических баз. Данная программа была разработана на языке Delphi 6. На рис. 2 представлена схема работы программы.

При работе с программой пользователь вводит начальные условия для работы: номер поверхности, тип, вид, ориентация поверхностей, размеры (рис. 3).

Для того чтобы выявить всевозможные комплекты баз необходимо определить матрицу лишаемых степеней свободы.

Для ее формирования необходима информация о расположении поверхностей детали в заданной системе координат и габаритных размеров поверхностей.

Каноническое задание плоскости задается уравнением

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad (1)$$

У плоскостей, параллельных координатным плоскостям только один из коэффициентов при переменных x , y и z равен 1, остальные равны нулю. Эта единица и будет указывать, вдоль какой координатной оси будет лишаться возможности перемещения данная плоскость. Соответственно, имена переменных, у которых коэффициенты равны нулю будут указывать оси, вокруг которых эта плоскость лишит возможных поворотов [2].

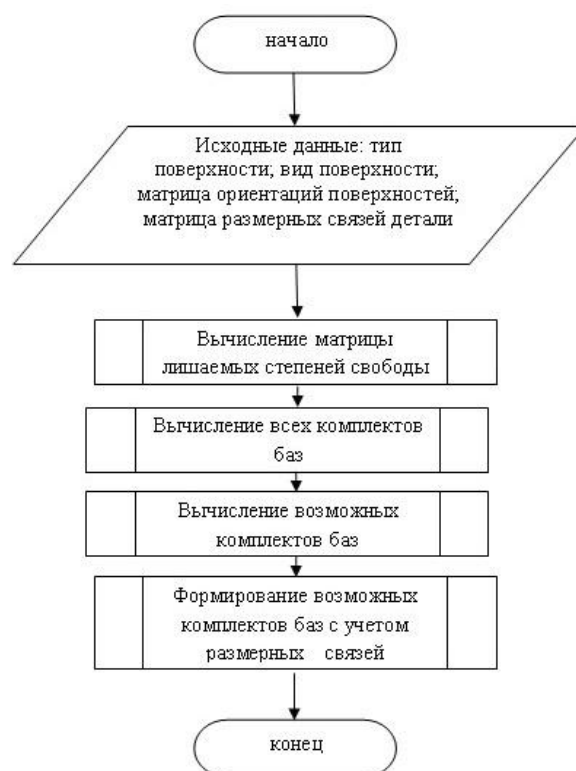


Рисунок 2 – Общая схема работы программы

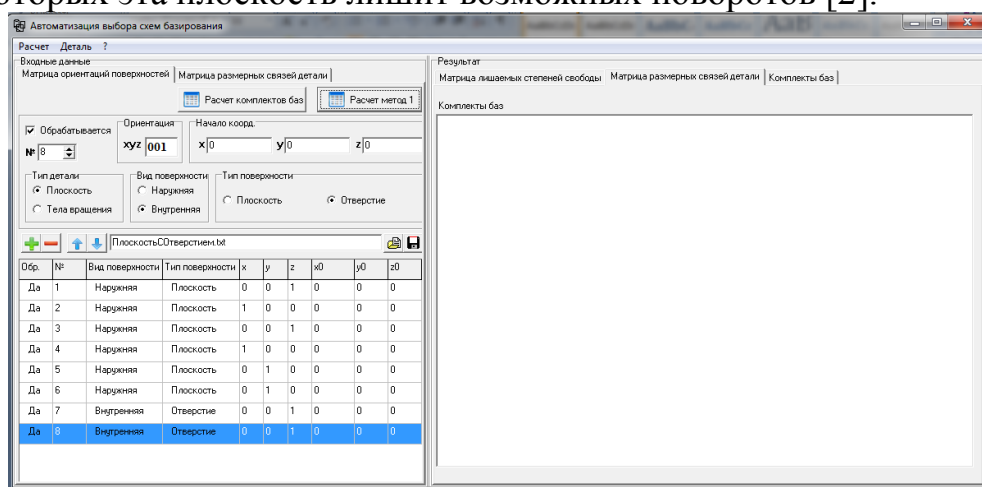


Рис. 3 Окно рабочей программы

Таким образом, каждая поверхность характеризуется шестизначным вектором (2), каждый элемент которой характеризует линейную (x , y , z) и /

$$P_{1...n} = \{x, y, z, \alpha, \beta, \gamma\} \quad (2)$$

$$P_{1 \dots n} = \{x, y, z, \alpha, \beta, \gamma\}$$

Для определения всех комплектов баз необходимо получить совокупности поверхностей, для которых вектор 2 содержит все единицы. Поиск производится путем поэлементного логического сложения строк (но не более трех). Номера этих строк формируют всевозможные комплекты баз.

Из полученного списка необходимо выбрать лишь возможные комплекты баз. Первым критерием отбора является повторяемость комплекта для нескольких поверхностей (рис. 4).

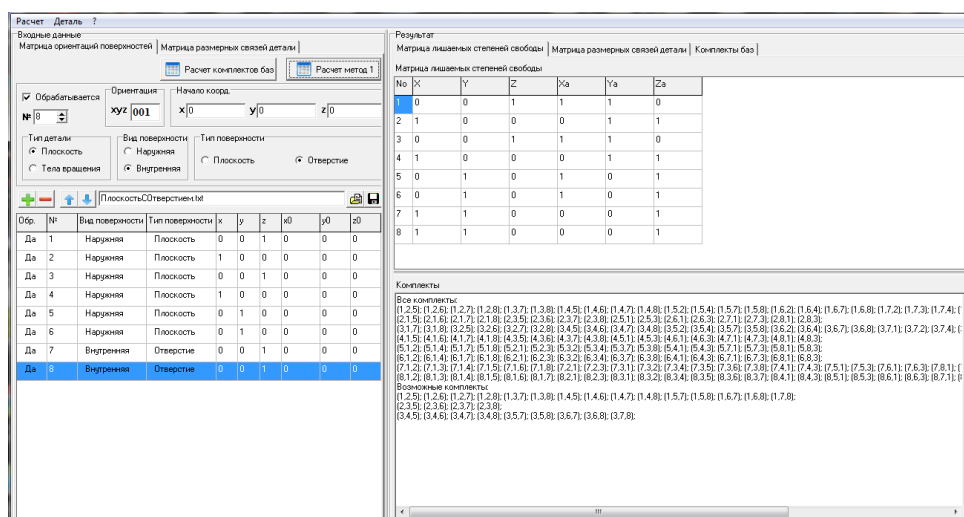


Рисунок 4 - Окно получения возможных комплектов баз

202

те, в которые входят поверхности, выбранные из матрицы размерных связей.

Полученный результат записывается в виде перечисления комплекта с указанием названия поверхностей по лишению степеней свободы (рис. 5). После чего производится проверка комплектов баз на возможность обрабатывания нужных поверхностей за один установ.

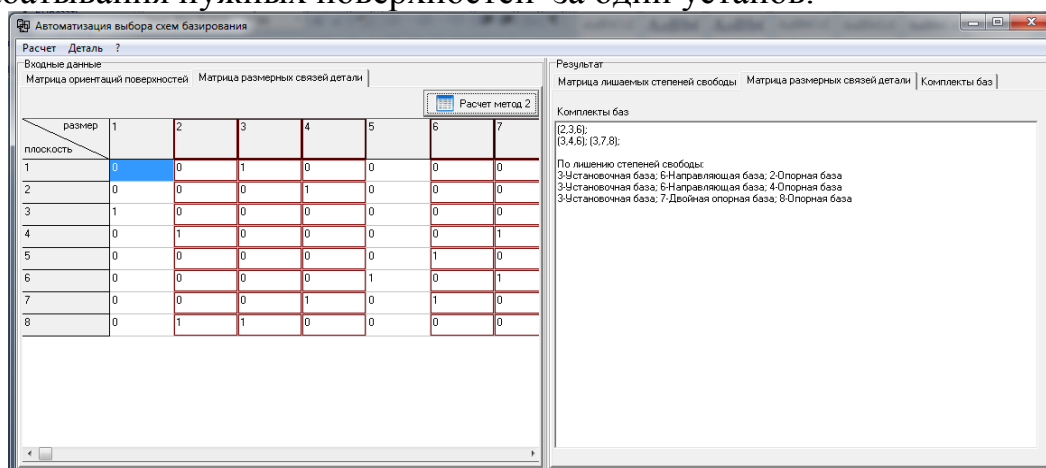


Рисунок 5 - Окно результата

Для выявления комплектов баз коробчатых деталей (рис. 6) вводятся те же самые условия, что и для деталей призматической формы. Исключение составляет только то, что у таких деталей присутствуют опоры или бобышки, которые и будут являться установочными базами. Для выявления комплектов баз производится сравнение не более 3 строк по координате Z и размеру по высоте Z_0 .

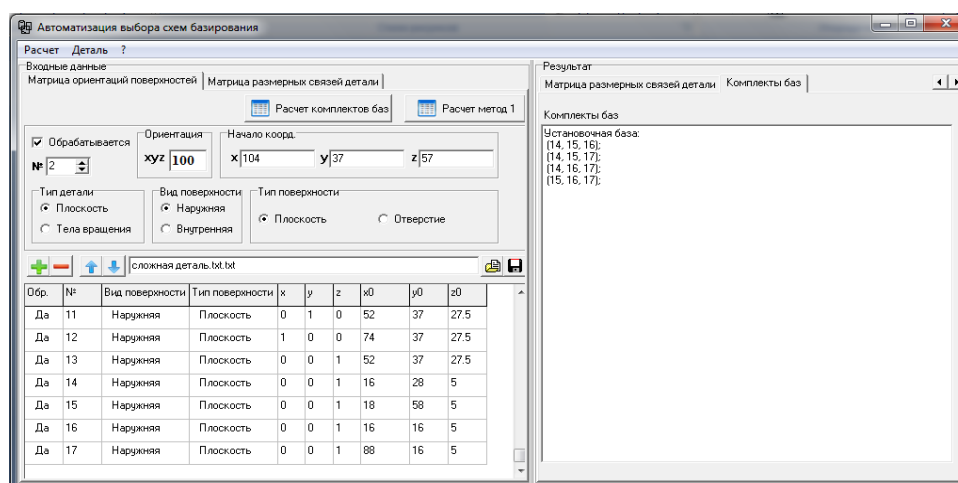


Рисунок 6 - Рабочее окно программы (детали коробчатой формы)

Любая цилиндрическая деталь имеет две плоскости симметрии, которые, пересекаясь, образуют ось. Эта особенность и позволяет

использовать при базировании цилиндрической детали в качестве базы ось.

В качестве исходных данных используются: номер, тип поверхности, диаметр, длина и ориентация поверхностей.

Далее вычитывается длина всей детали и средняя величина диаметра. По отношению длины к диаметру, определяется, роль какой базы будет играть ось: двойной опорной или двойной направляющей. Плоские торцовые поверхности соответственно будут установочными или опорными.

Предложенный алгоритм решения задачи выбора баз является первой версией решения и будет в последующем доработан в направлении увеличения числа ограничений накладываемых на возможный комплект баз.

Список используемой литературы

1. Беляков Н.В. Формализация проектирования технологических процессов механической обработки корпусных деталей машин/ Н.В. Беляков, Е.И. Махаринский, Ю.Е. Махаринский; УО «ВГТУ2» . – Витебск, 2006. – 147с.
2. Глинская, Н. Ю. Проблемы формализации основных задач технологического проектирования и подходы к их решению / Н. Ю. Глинская, В. В. Елагин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.- 2011.- Т 13, №1(3) (39).-С. 558-562.

Компенсация упругих колебаний мехатронных систем на основе управления по старшей производной

Кузнецов Н.К., Ле Ба Хань

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

Институт авиамашиностроения и транспорта 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрен синтез компенсирующих воздействий в мехатронных системах с помощью задания экспоненциальных законов изменения упругих координат. При этом необходимые управляющие воздействия определяются по старшим производным упругих перемещений.

Ключевые слова: управление по старшей производной, компенсирующие воздействия, экспоненциальный закон изменения упругих координат, обратная задача динамики.

Кузнецов Н.К., д.т.н., проф., член-корреспондент РИА, заведующий кафедрой конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: (3952) 405434, knik@istu.edu

Ле Ба Хань, аспирант, тел.: 89246250801, bakhanh25186@yahoo.com

Как показывают исследования [1], проблема ограничения упругих колебаний в переходных режимах работы всегда является актуальной. Эффективным методом синтеза алгоритмов управления упругими колебаниями является использование методов решения обратных задач динамики [2]. Известные методы синтеза, используемых в как в работах [3] и [4] встречают немало трудностей при исследовании систем высоких порядков. В настоящей статье рассматривается задача синтеза алгоритмов управления упругими колебаниями исполнительных механизмов промышленных на основе управления по старшим производным упругих перемещений [5], непосредственно обобщающаяся для объектов высокого порядка.

Задачи синтеза алгоритмов управления движением будем рассматривать применительно к трехмассовой системы, приведенной в работе [4], структурная схема которой показана на рис. 1.

На этом рисунке 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.

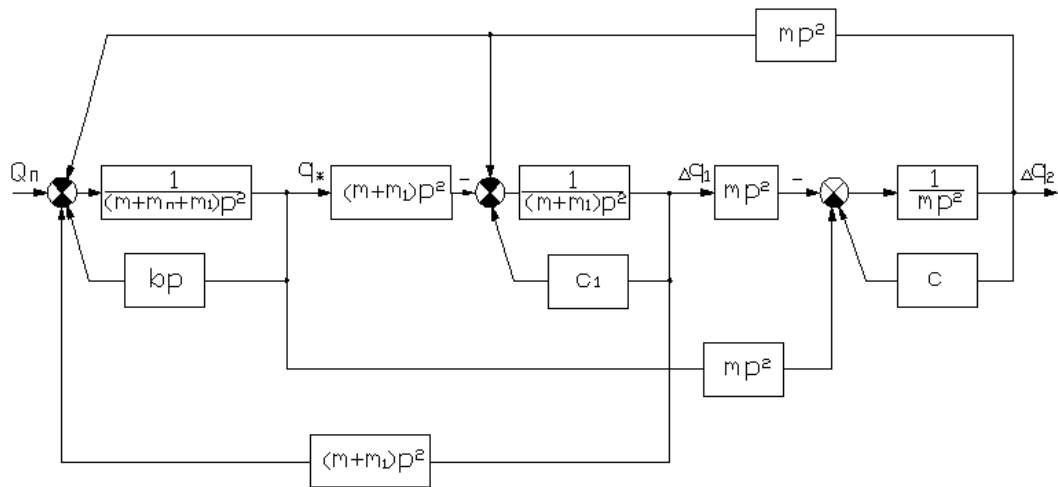


Рис. 1. Структурная схема трехмассовой системы

По структурной схеме найдем передаточную функцию для абсолютного отклонения Δq исполнительного механизма

$$W_0(p) = \frac{\Delta q(p)}{Q_0(p)} = - \frac{b_1 p^3 + b_3 p}{a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + a_5} = \frac{B(p)}{A(p)}, \quad (1)$$

где $b_1 = m \cdot m_1$; $b_3 = m \cdot (c + c_1) + c \cdot m_1$; $a_0 = m_n \cdot m_1 \cdot m$;
 $a_1 = b_n \cdot m \cdot m_1$; $a_2 = c_1 \cdot m \cdot (m_1 + m_n) + c \cdot m_n \cdot (m + m_1)$;
 $a_3 = b_n \cdot [m \cdot (c + c_1) + c \cdot m_1]$; $a_4 = c_1 \cdot c \cdot (m + m_1 + m_n)$; $a_5 = b_n \cdot c \cdot c_1$;
 $Q_0 = Q_n / m_n$; $p = d/dt$, $\Delta q = q_2 - q_*$.

Рассмотрим задачу управления абсолютным отклонением исполнительного механизма Δq . Сформулируем её следующим образом. Пусть в начальный момент времени, при $t = 0$, состояние системы определяется значениями:

$$\Delta q(0) = \Delta q_0, \quad \Delta q^{(n)}(0) = \Delta q_{n0}, \quad n = \overline{1 \div 5}. \quad (2)$$

Требуется синтезировать алгоритм вычисления управляющего воздействия

$$Q_0 = Q_0(\Delta q, \Delta q', \Delta q'', \dots, \Delta q^{(5)}), \quad (3)$$

при котором замкнутая система (1) и (3) переходит из точки (2) в окрестность стационарного состояния:

$$\Delta q = \varepsilon; \quad \Delta q' = 0; \quad \dots; \quad \Delta q^{(5)} = 0; \quad \Delta q^{(5)} = 0 \quad (4)$$

где ε – очень малое положительное или равное нулю число.

При этом необходимо, чтобы переходный процесс $\Delta q \rightarrow \varepsilon$ с требуемой степенью приближения следовал за эталонным процессом $\Delta q^* \rightarrow \varepsilon$, который определяется дифференциальным уравнением

$$\frac{d^5 \Delta q^*}{dt^6} + \sum_{i=0}^4 \beta_i \frac{d^i \Delta q^*}{dt^i} = \beta_0 \varepsilon, \quad \beta_i = \text{const} \quad (5)$$

с начальными условиями (2).

Можно выбрать соответствующие β_i для конкретных требований системы, таких, как длительность переходного процесса, перерегулирование и т.д. При этом искомый алгоритм управления должен обеспечивать необходимую степень приближения процесса $\Delta q \rightarrow \varepsilon$ к процессу $\Delta q^* \rightarrow \varepsilon$.

Определим управляющее воздействие с помощью дифференциального уравнения

$$Q''_0 + u_1 Q'_0 + u_2 Q_0 = v(f^* - \Delta q^{(5)}), \quad (6)$$

где $u_i, v = \text{const}$; f^* - требуемое значение пятой производной.

Формирование управляющего воздействия согласно (6) означает, что в структуру системы вводится контур старшей производной $\Delta q^{(5)}$. Требуемое значение пятой производной, соответствующее движению модели (5), вычисляется по формуле

$$f^* = \beta_0(\varepsilon - \Delta q) - \sum_{i=1}^4 \beta_i \Delta q^{(i)}, \quad (7)$$

при условии, что $\Delta q = \Delta q^*, t \geq 0$.

На основе (1), (6) и (7) определим свойства замкнутой системы (1) и (3). Уравнение замкнутой системы в операторной форме будет иметь вид

$$\left[M(p) \cdot A(p) + v \cdot B(p)(p^5 + \sum_{i=0}^4 \beta_i \cdot p^i) \right] \Delta q(t) = v \cdot \beta_0 \cdot B(p) \cdot \varepsilon \quad (8)$$

где $M(p) = p^2 + u_1 p + u_2$.

Параметры u_i и v выбираются из условий устойчивости. Разделив обе части (8) на v и осуществив затем предельный переход при $v \rightarrow \infty$, можно установить, что (8) будет переходить в (5). Следовательно в асимптотике управляемый процесс $\Delta q \rightarrow \varepsilon$ теоретически точно совпадает с процессом $\Delta q^* \rightarrow \varepsilon$.

Структурная схема, соответствующая уравнениям (7) и (8) изображена на рис. 2. Для реализации такой структуры необходимо вводить информацию о величине упругого отклонения Δq и его производных $\Delta q^{(n)}$ ($n = \overline{1 \div 5}$).

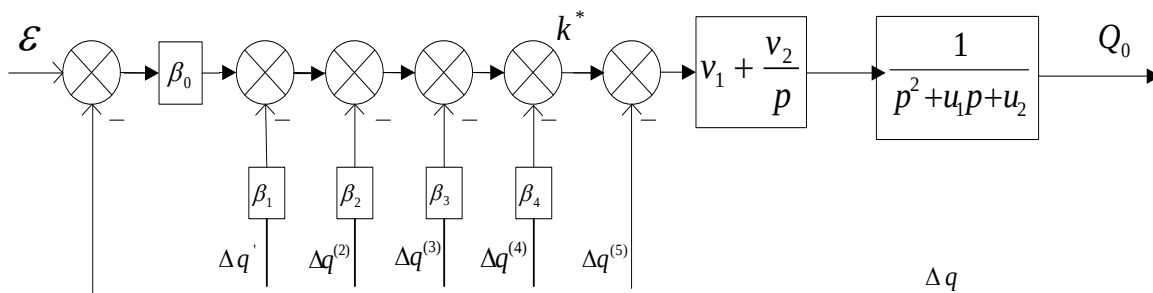


Рис.2. Структурная схема системы с дополнительными обратными связями

В качестве примера определим динамические воздействия, обеспечивающие компенсацию абсолютных отклонений исполнительного механизма Δq , которые задаются в виде экспоненциальной зависимости

$$\Delta q = Ce^{-\lambda t}, \quad (9)$$

где C – постоянный, определяемый начальными значениями координат, λ – действительное или комплексно-сопряженное число, такое, что $\text{Re } \lambda < 0$.

Исключая из уравнения (6) требуемое значение пятой производной будем иметь

$$k^* = \beta_0 \varepsilon - \sum_{i=0}^4 \beta_i \Delta q^{(i)}, \quad (10)$$

с учетом (9)

$$k^* = \beta_0 \varepsilon - \Delta q \cdot \sum_{i=0}^4 (-1)^i \beta_i \lambda^i \quad (11)$$

На основании выражений (6) и (11) получим следующий закон изменений движущей силы привода (без учета его динамической характеристики)

$$Q_0 = (\beta_0 \varepsilon - \Delta q \cdot k_D) \cdot v \cdot \frac{1}{M(p)}, \quad (12)$$

где $k_D = \sum_{i=0}^5 (-1)^i \beta_i \lambda^i$.

Коэффициент k_D в выражении (12) может быть представлен как коэффициент усиления дополнительной обратной связи по упругой координате Δq . Структурная схема системы с дополнительной обратной связью, полученная на основе уравнений (1) и (12), показана на рис. 3. Для реализации этой структуры необходимо вводить информацию только о величине упругого отклонения Δq .

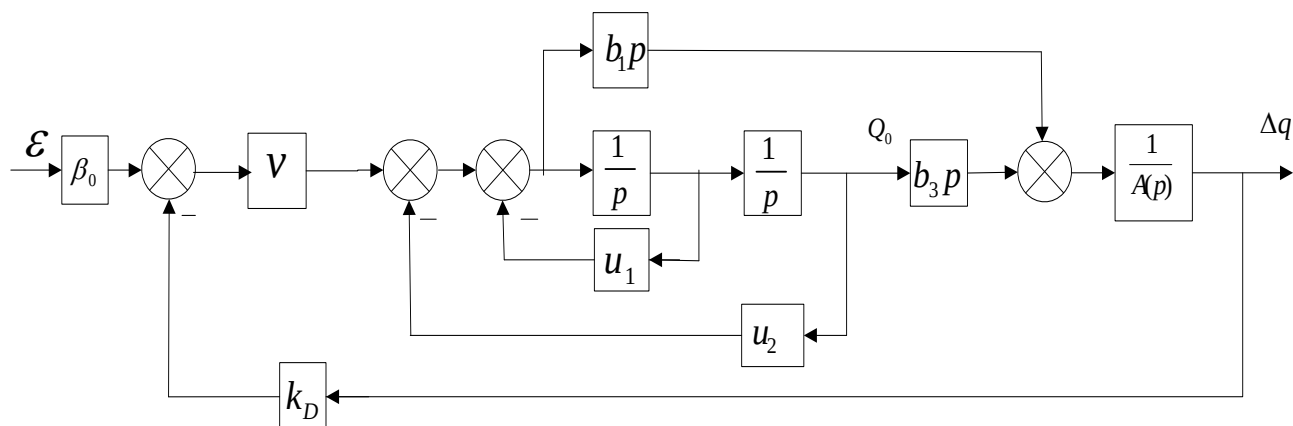


Рис.3. Структурная схема системы с дополнительной обратной связью по старшей производной

Таким образом, предлагаемый алгоритм управления колебательными движениями исполнительных механизмов мехатронных систем строится по уравнению (12). Аппаратная и программная реализация этого алгоритма требует минимального объема измеряемой информации состоянии управляемой системы. Также отметим что, предложенная процедура синтеза непосредственно обобщается на случай систем, число масс у которых больше трех.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елисеев С.В. Управление колебаниями роботов / С. В. Елисеев, Н. К. Кузнецов, А. В. Лукьянов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 320с.
2. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели / П. Д. Крутько. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
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. Гашение колебаний в трехмассовых мехатронных системах: монография / Н.К. Кузнецов, А.Ю. Перелыгина, В.Н. Перелыгин – Изд-во ИрГТУ, 2011. – 160 с.

Разработка экспериментального макета самонастраивающегося гидравлического демпфирующего устройства двухстороннего действия

Кузнецов Н.К., Нгуен Мань Дык

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Институт авиамашиностроения и транспорта, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В настоящем докладе излагаются результаты исследований по созданию экспериментального макета самонастраивающегося гидравлического демпфирующего устройства двухстороннего действия, предназначенного для использования в промышленном роботе модели МП–9С. Приводятся расчетная схема демпфирующего устройства, результаты расчета на прочность основных элементов и конструктивные особенности этих элементов.

Ключевые слова: *мехатронные системы, торможение, гидравлический демпфер, экспериментальный макет.*

Кузнецов Николай Константинович, д.т.н., проф., член-корреспондент РИА, заведующий кафедрой конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: (3952) 405434, e-mail: knik@istu.edu

Нгуен Мань Дык, аспирант кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: 89246098189, e-mail: Duchien19811989anqs@gmail.com

Известно, что обеспечение высокого быстродействия и точности исполнительных механизмов является актуальной проблемой создания мехатронных систем [1]. Эффективным средством решения этой проблемы в мехатронных системах с цикловым управлением является использование гидравлического демпфирующего устройства двухстороннего действия, предложенного в работе [2]. В работах [3,4] были определены основные конструктивные параметры демпфирующего устройства для применения в конструкции промышленного робота МП–9С. В настоящем докладе излагаются результаты исследований по расчету на прочность и конструированию экспериментального макета данного демпфера.

Конструктивная схема гидравлического демпфирующего устройства двухстороннего действия показана на рис. 1.

Гидравлическое демпфирующее устройство содержит корпус 1, заполненный рабочей жидкостью, штоки 2 и 3, связанные с поршнем 4,

разделяющим корпус 1 на две полости - А и Б. В теле штоков 2, 3 и поршня 4 выполнена осевая полость 5, в которой установлен плунжер 6 со средним 7 большего диаметра и крайними 8 и 9 меньшего диаметра поясками, расположенными соответственно в средней и крайних ступенях полости 5, подпружиненный с двух торцов пружинами 10 и 11. Левая полость В поршня 4 сообщается с полостью А посредством щелевого отверстия 12, выполненного в теле штока 2, и отделяется от полости Б дроссельными шайбами 14, установленными в осевой канал 15, а правая полость Г поршня сообщается с полостью Б посредством щелевого отверстия 13, выполненного в теле штока 3, и отделяется от полости А дроссельными шайбами 16, установленными в осевом канале 17. Данное демпфирующее устройство отличается от известных наличием обратной связи по перепаду давления на его поршне. За счет этой связи вначале получается необходимый перепад давления, который затем поддерживается постоянным до конца хода поршня.

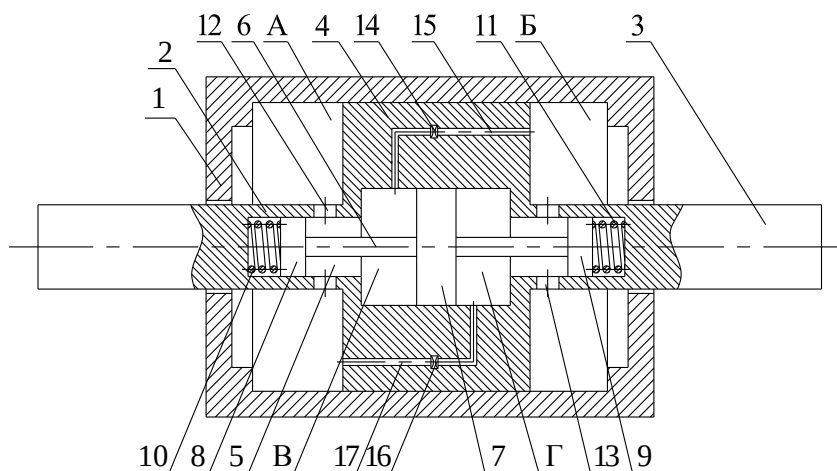


**Рис. 1. Гидравлическое демпфирующее устройство
двухстороннего действия:**

1 – корпус; 2 и 3 – штоки; 4 – поршень; 5 – осевая полость; 6 – плунжер; 7, 8 и 9 – пояски; 10 и 11 – пружины; 12 и 13 – отверстия; 14 и 16 – дроссели; 15 и 17 – каналы; А, Б, В и Г – полости

Проведем проверку на прочность основных конструктивных элементов гидравлического демпфирующего устройства робота МП-9С. Основные размеры этого устройства, определенные в работе [4]: длина корпуса 1 – $l = 0.071$ м; внешний диаметр – $D_c = 0.027$ м; толщина стенки цилиндра – $h = 0.006$ м; диаметр штока – $d_{шт} = 0.01$ м; длина штока $l_{шт} = 104$ мм. Расчет на прочность выполним с помощью программы ANSYS версии 13, используя следующие исходные данные: модуль Юнга материала $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$; плотность $\rho = 7850$ кг/м³; допускаемое напряжение (предел прочности) на растяжение и сжатие легированной стали $[\sigma] = 180$ МПа [5]. В качестве иллюстрации, на рис. 2

приведены результаты расчета напряжений и деформаций корпуса и штоков.

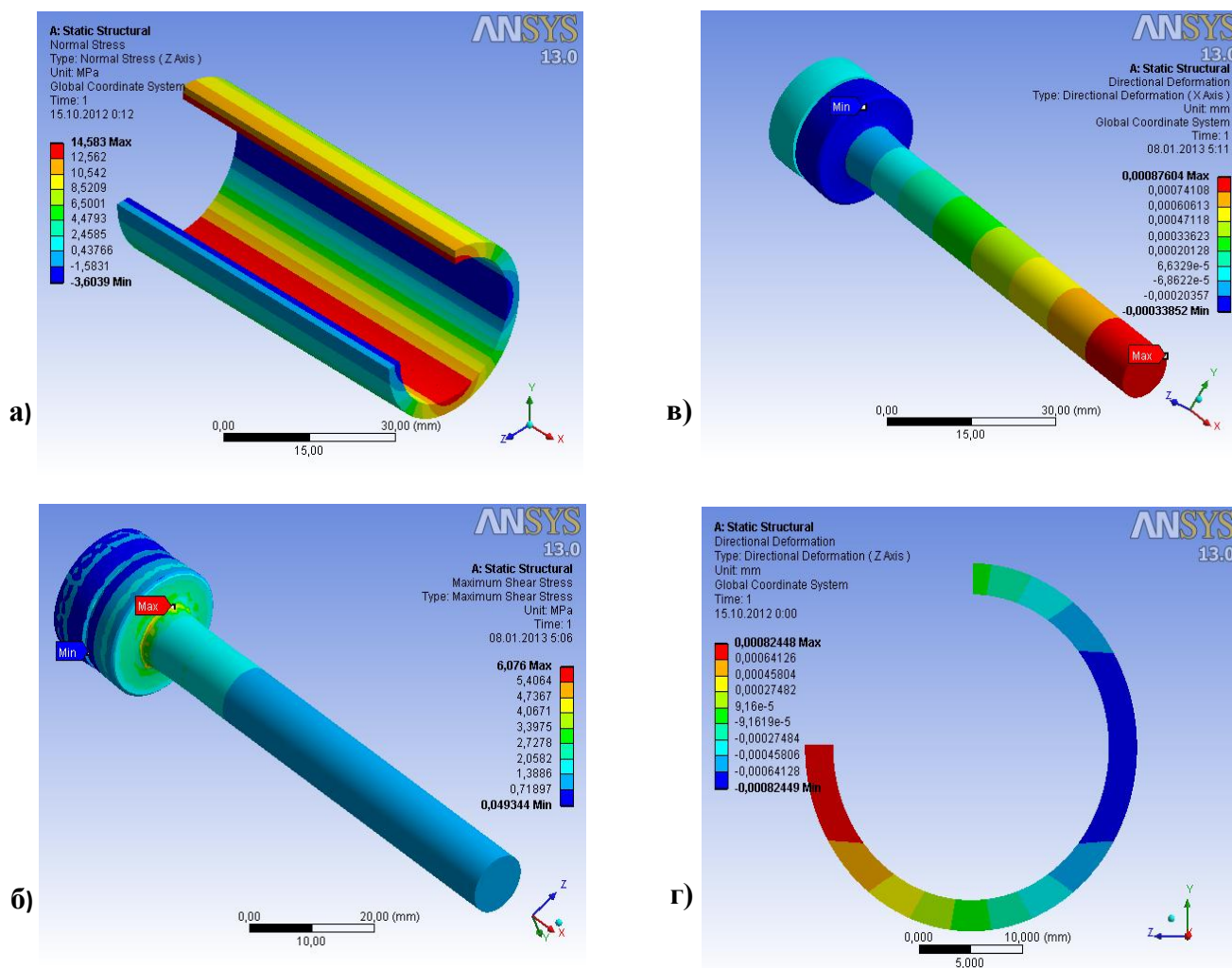
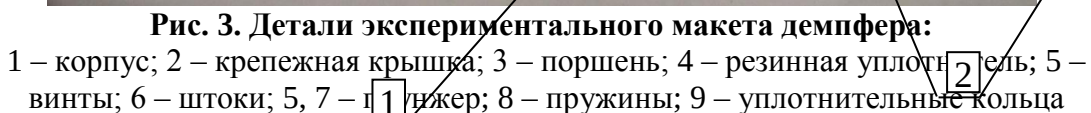


Рис. 2. Состояния напряжений и деформации корпуса и штоки:

а – состояния напряжений в корпусе σ_z ; б – состояния напряжений в штоке; в – радиальная деформация штока по оси x ; г – радиальная деформация корпуса по оси z .
 На $\sigma_x = 11,404$ МПа; касательное напряжение – 9,1199 МПа; нормальные напряжения по оси y – $\sigma_y = 14,628$ МПа, по оси z – $\sigma_z = 14,583$ МПа; радиальная деформация – $\delta_r = 0,824 \cdot 10^{-3}$ мм, а в штоке соответственно: 14,354 МПа; 6,076 МПа; $\sigma_x = 11,404$ МПа; $\sigma_y = 6,4883$ МПа; осевая деформация $\delta_x = 0,876 \cdot 10^{-3}$ мм. Полученные значения оказались значительно меньше допустимых значений напряжений и деформаций материала демпфера.

По результатам исследований спроектирован и изготовлен экспериментальный макет самонастраивающегося гидравлического демпфирующего устройства двухстороннего действия для промышленного робота МП – 9С. Основные конструктивные элементы демпфирующего устройства показаны на рис. 3.



Список использованной литературы:

- 213

УДК 621:534.833

Алгоритмы управления колебаниями мехатронных систем на основе решения обратных задач динамики

Нгуен Ван Хуан, научный руководитель профессор Кузнецов Н.К.

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

Рассмотрена возможность синтеза алгоритмов управления колебаниями мехатронных систем с учетом упругих свойств конструкции на основе концепции обратных задач динамики. Приведены некоторые желаемые законы изменения упругих колебаний с использованием двухмассовой и трехмассовой колебательных систем.

Ключевые слова: обратная задача динамики, мехатронные системы, компенсация упругих колебаний, алгоритм управления, закон изменения упругих колебаний.

Нгуен Ван Хуан, студент гр. АМ-08-1, тел.: 89086616857, e-mail: nguyenvanhuan.istu@gmail.com

Автоматизация производства и развитие систем автоматического управления механическим движением приводят к широкому применению оборудования и машин с программным управлением. Современные машины технологического, транспортного и энергетического назначения, управление движением которых осуществляется на основе микропроцессорных средств, представляют собой мехатронные системы. Примерами мехатронных систем являются станки с ЧПУ, промышленные и специальные роботы, современное медицинское оборудование, обрабатывающие центры, гибкие производственные модули, автооператоры, промышленные роботы и манипуляторы, грузоподъемные и транспортные машины, поворотные столы, подающие и ориентирующие устройства робототехнических комплексов, системы бытового и специального назначения. Актуальной проблемой создания управляемых машин является проблема снижения динамических ошибок, вызванных упругими колебаниями исполнительных механизмов в переходных режимах работы [1]. К настоящему времени предложено большое число различных методов и средств снижения динамических ошибок, вызванных упругой податливостью исполнительных механизмов управляемых машин. В настоящем докладе описываются возможности использования для синтеза алгоритмов управления упругими колебаниями мехатронных систем методы решения обратных задач динамики.

Хотя обратные задачи динамики имеют давнюю и богатую историю, в настоящее время можно встретить их различное толкование и

понимание. Наиболее обобщенное определение понятия обратных задач динамики следующее. Обратными задачами динамики называются задачи об определении активных сил, действующих на механическую систему, параметров механической системы и связей, наложенных на систему, при которых движение с заданными свойствами является одним из возможных движений рассматриваемой механической системы [2]. Далее под обратными задачами динамики мы будем понимать задачи об определении законов управления движением динамических систем и их параметров из условия осуществления движения по назначенной траектории.

Основной трудностью синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем на основе решения обратных задач динамики является выбор желаемого закона изменения упругих колебаний. В наиболее общем случае этот закон может быть представлен в виде конечных уравнений. В качестве конечных могут использоваться любые уравнения, обеспечивающие наискорейшее затухание или отсутствие упругих колебаний в переходных режимах работы. Например, это могут быть экспоненциальные зависимости

$$\Delta q = e^{-\lambda t} C,$$

(1)

или тригонометрические функции времени

$$\Delta q = [I - \cos(2\pi/T)t]C,$$

(2)

где $C=(C_1, \dots, C_j)^m$ – вектор-столбец произвольных постоянных; I – единичная матрица размерности $m \times m$; $e^{-\lambda t} = \text{diag}(e^{-\lambda_1 t}, \dots, e^{-\lambda_j t})$ – диагональная матрица показательных функций; $\cos(2\pi/T)t = \text{diag}[\cos(2\pi/T_1)t, \dots, \cos(2\pi/T_j)t]$ – диагональная матрица косинусоидальных функций; $\lambda_1, \dots, \lambda_j$ – различные действительные или комплексно-сопряженные числа, такие, что $\text{Re } \lambda_j < 0$; $T_1, \dots, T_j$ – значения времени разгона (торможения).

Выбором численных значений коэффициентов C_j , λ_j , T_j уравнений (1), (2) можно обеспечить требуемый характер изменения вектора упругих деформаций Δq . Недостатком этого варианта является то обстоятельство, что требуемый закон изменения упругой координаты для систем выше второго порядка трудно найти аналитически. Кроме того, получаемые при этом результаты справедливы только для конкретных начальных условий движения.

В отличие от конечных, дифференциальные уравнения охватывают не одно, а целый класс движений механических систем, обладающих общими свойствами. Эти уравнения могут быть получены, исходя из требуемых динамических свойств колебательного движения

$$\Phi(\Delta q^{*(k)}, C_k) = 0,$$

(3)

где $k = 1, \dots, n$; n – порядок дифференциального уравнения; C_k – параметры настройки, которые могут быть как постоянными, так и переменными.

Требуемые дифференциальные уравнения (3), обеспечивая минимальную колебательность упругой механической системы, должны удовлетворять определенным условиям. Во-первых, порядок уравнения должен быть не меньше порядка уравнения управляемой механической системы. Во-вторых, решение этого уравнения должно быть устойчивым и инвариантным относительно программного движения. Эти уравнения можно выбрать как в классе линейных, так и нелинейных дифференциальных уравнений заданного порядка.

Рассмотренные выражения позволяют получить аналитические зависимости для динамических воздействий, обеспечивающих компенсацию упругих колебаний, т.е. решать задачу структурного динамического синтеза управляемых машин с упругими звеньями. Однако их применение ограничено колебательными системами сравнительно невысокого порядка. Для исполнительных механизмов мехатронных систем, описываемых дифференциальными уравнениями четвертого порядка и выше, выбор желаемого характера колебательного движения может быть осуществлен с помощью интегральных квадратичных оценок уровня упругих колебаний. При использовании этих оценок компенсирующие воздействия можно определить на основе минимизации интеграла

$$J = \int_0^{\infty} \Delta q^2(t) dt. \quad (4)$$

Минимизация (4) позволяет обеспечить быстрое затухание упругих колебаний при некотором увеличении амплитуды и скорости колебательных движений в начальной стадии переходного процесса. Для получения плавного переходного процесса можно применить интегральную оценку вида

$$J_1 = \int_0^{\infty} [\Delta q^2(t) + T^2 \Delta \dot{q}^2(t)] dt, \quad (5)$$

где T – постоянная величина, имеющая размерность времени.

Можно показать, что наименьшее возможное значение J_1 , будет при

$$\Delta q(t) + T \Delta \dot{q}(t) = 0. \quad (6)$$

Решение этого дифференциального уравнения имеет вид экспоненты

$$\Delta q = \Delta q_0 e^{-\frac{t}{T}}, \quad (7)$$

где Δq_0 – начальное значение упругой координаты.

Таким образом, задание движения в виде (5) эквивалентно заданию дифференциального управления первого порядка (6) или его решения в виде (7).

Следует отметить, что процедура отыскания компенсирующих воздействий по заданному виду колебательного движения не связана с необходимостью решения граничных задач и применима для широкого класса управляемых систем. Найденные законы управления в виде временных зависимостей могут быть реализованы непосредственно программными средствами управляемой машины или пересчитаны, путем исключения времени, в функции координат для управления по принципу обратной связи или выбора новых значений параметров машины и, прежде всего, исполнительного механизма, как постоянных, так и переменных.

При выборе динамических моделей мехатронных систем во всех случаях следует стремиться к использованию наиболее простых расчетных схем, адекватных исследуемым процессам. Усложнение моделей приводит к введению в расчет и конструирование мехатронных систем лишних параметров, которые также определяются неточно. Как показал анализ, наиболее часто используемой расчетной моделью в задачах динамики мехатронных систем является двухмассовая и трехмассовая расчетная схема, которые с достаточной степенью точности позволяют моделировать движение как мехатронных систем с одной степенью подвижности, так и движение по отдельным степеням подвижности исполнительных механизмов мехатронных систем со многими степенями подвижности. Получим дифференциальные управления движения этих систем.

Расчетная схема двухмассовой колебательной системы, соответствующая поступательной степени подвижности и использованию электрогидравлического привода движения, показана на рис.1

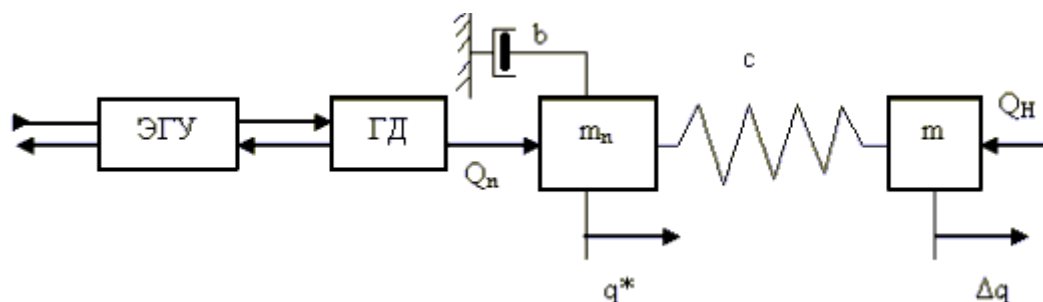


Рис. 1. Двухмассовая расчётная схема.

ЭГУ – электрогидравлический усилитель типа сопло-заслонка; ГД – гидродвигатель; Q_H - сила сопротивления (нагрузка); q_* - управляемая координата; q -упругая координата m - масса исполнительного механизма; m_n - масса привода, b - коэффициент демпфирования.

Дифференциальное уравнение движения двухмассовой системы, полученные при $q_{*i} = q_0$, имеют вид

$$(m + m_n)\ddot{q}_* + m\ddot{\Delta q} + b\dot{q}_* = Q_n - Q_H; \quad (8)$$

$$m\ddot{\Delta q} + m\ddot{q}_* + c\Delta q = 0. \quad (9)$$

Расчетная схема трехмассовой колебательной системы приведена на рис. 2.

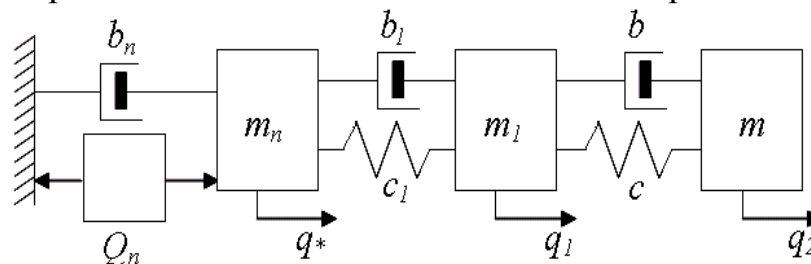


Рис. 2. Трехмассовая расчетная схема мехатронной системы

На этом рис. 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:

$$m_n\ddot{q}_* + b_n\dot{q}_* + b_1(\dot{q}_* - \dot{q}_1) + c_1(q_* - q_1) = Q_n; \quad (10)$$

$$m_1\ddot{q}_1 + b_1(\dot{q}_1 - \dot{q}_*) + c_1(q_1 - q_*) + b(\dot{q}_1 - \dot{q}_2) + c(q_1 - q_2) = 0; \quad (11)$$

$$m\ddot{q}_2 + b(\dot{q}_2 - \dot{q}_1) + c(q_2 - q_1) = 0. \quad (12)$$

Таким образом, в дальнейшем предполагается осуществить синтез алгоритмов управления колебаниями этих систем на основе задания зависимостей (1) – (5) и управлений (8) – (12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика управляемых машин с дополнительными связями: монография / Кузнецов Н. К. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2009.-288с.
2. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели. – М.: Наука, 1987. – 304с.

**Теоретические основы исследования систем виброизоляции объектов
установленных на упругом стержне**

М.Ж. Цыцыренова

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 670013, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В.

Рассматриваются механические системы с сосредоточенными и распределенными параметрами, представляющие собой упругий стержень с закрепленными краями и прикрепленных на нем с помощью пружин твердыми телами. Такие механические системы могут рассматриваться как расчетные модели систем виброизоляции объектов, установленных на упругом стержне. Для вывода уравнений движения используется вариационный принцип Гамильтона. Полученные системы уравнений являются гибридными системами дифференциальных уравнений. Под гибридными системами дифференциальных уравнений понимаются не только обыкновенные дифференциальные уравнения, но и уравнения в частных производных, содержащих сингулярности типа δ – функций. В качестве теоретических основ исследования предлагается единый подход к построению частотных уравнений таких систем.

Ключевые слова: *виброзащитная система, гибридные дифференциальные уравнения, обобщенное решение, собственные частоты.*

Цыцыренова Мария Жалсановна, преподаватель кафедры прикладная математика, тел.: 89085942256, e-mail: miralira@mail.ru

При исследовании механических колебаний элементов различных конструкций, деталей и механизмов во многих случаях расчетными схемами исследования является твердое тело (или система твердых тел) соединенное упругими связями со стержнем [1-5].

В работе рассматриваются механические системы, расчетные модели которых представлены на рисунке 1:

1. Консервативная механическая система (рис. 1а), состоящая из массы m , установленной с помощью пружины жесткости c на упругом стержне. Масса m может перемещаться только поступательно в направлении оси O_1z . Колебания массы характеризуются функцией $z(t)$.

2. Механическая система (рис. 1б), состоящая из массы m , установленной с помощью двух пружин жесткости c_1 и c_1 на упругом

3. Механическая система (рис. 16), состоящая из трех масс m_1 , m_2 , m_3 , установленных с помощью пружин жесткости c_1 , c_2 , c_3 соответственно на упругом стрержне. Массы m_1 , m_2 , m_3 перемещаются только поступательно в направлении осей O_1z_1 , O_2z_2 и O_3z_3 . Точки O_1 , O_2 , O_3 совпадают с положениями равновесия масс. Колебания масс характеризуются функциями $z_1(t)$, $z_2(t)$ и $z_3(t)$. Пружины присоединены к стержню на расстояниях a_1 , a_2 , a_3 от левого конца стержня соответственно.



220

Точки O_1, O_2, O_3 совпадают с положениями равновесия масс. Колебания масс характеризуются функциями $z_1(t), z_2(t)$ и $z_3(t)$. Пружина присоединена к стержню на расстоянии a от левого конца стержня соответственно.

Перемещение точек стержня описывается функцией $u(x, t)$, где $u(x, t)$ удовлетворяет граничным условиям, накладываемым на правый и левый конец стержня. Концы стержня жестко закреплены, в этом случае граничные условия имеют вид:

$$u(0, t) = u(l, t) = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial x}(0, t) = \frac{\partial u}{\partial x}(l, t) = 0, \quad (1)$$

где l – длина стержня

Для вывода уравнений движения систем используется вариационный принцип Гамильтона, который справедлив, как для систем с сосредоточенными, так и для систем с распределенными параметрами [6].

Полученные на основании принципа Гамильтона, уравнения движений для приведенных выше механических систем имеют вид [3,5,7]:
– для первой расчетной модели

$$\begin{cases} m\ddot{z} + c(z - u(a, t)) = 0, \\ \rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + EI \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = c(z - u(x, t))\delta(x - a), \end{cases} \quad (2)$$

– для второй расчетной модели

$$\begin{cases} m\ddot{z} + c_1(z - d_1\varphi - u(a_1, t)) + c_2(z + d_2\varphi - u(a_2, t)) = 0, \\ I_\varphi \ddot{\varphi} - c_1d_1(z - d_1\varphi - u(a_1, t)) + c_2d_2(z + d_2\varphi - u(a_2, t)) = 0, \\ \rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + EI \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = c_1(z - d_1\varphi - u(x, t))\delta(x - a_1) + c_2(z + d_2\varphi - u(x, t))\delta(x - a_2) \end{cases} \quad (3)$$

где I_φ – момент инерции твердого тела относительно центра масс при повороте на угол φ , d_1 – расстояние от центра масс до оси пружины закрепленной в точке a_1 , d_2 – соответственно до оси пружины закрепленной в точке a_2 .

– для третьей расчетной модели

$$\begin{cases} m_1\ddot{z}_1 + c_1(z_1 - u(a_1, t)) = 0, \\ m_2\ddot{z}_2 + c_2(z_2 - u(a_2, t)) = 0, \\ m_3\ddot{z}_3 + c_3(z_3 - u(a_3, t)) = 0, \\ \rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + EJ \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = c_1(z_1 - u(x, t))\delta(x - a_1) + \\ + c_2(z_2 - u(x, t))\delta(x - a_2) + c_3(z_3 - u(x, t))\delta(x - a_3), \end{cases} \quad (4)$$

– для четвертой расчетной модели:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{z}_1 + c_1 (z_1 - u(a, t)) - c_2 (z_2 - z_1) = 0, \\ m_2 \ddot{z}_2 + c_2 (z_2 - z_1) - c_3 (z_3 - z_2) = 0, \\ m_3 \ddot{z}_3 + c_3 (z_3 - z_2) = 0, \\ \rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + EJ \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = (c_1 (z_1 - u(x, t))) \delta(x - a). \end{cases} \quad (5)$$

Здесь и выше ρ – плотность материала стержня, F – площадь поперечного сечения, E – модуль упругости стержня, J – момент инерции поперечного сечения стержня относительно нейтральной оси сечения, перпендикулярной к плоскости колебаний.

Под решением полученных систем уравнений, не содержащих временной параметр, понимается решение в обобщенном смысле [8].

Для решения гибридных систем дифференциальных уравнений, описывающих динамику систем, предлагается единый подход. Он основан на поиске гармонической функции круговой частоты с неизвестными амплитудами. Данные гармонические функции зависят, как и от координат точек распределенных тел (стержня) так и от координат точек, где закреплены точечные грузы.

В качестве описания единого подхода к выводу частотного уравнения, рассмотрим четвертый объект исследования, уравнение движения которого представлены в форме (5). Положив в (5)

$$p_1 = \sqrt{\frac{c_1}{m_1}}, \quad p_2 = \sqrt{\frac{c_2}{m_2}}, \quad p_3 = \sqrt{\frac{c_3}{m_3}}, \quad p_{21} = \sqrt{\frac{c_2}{m_1}}, \quad p_{32} = \sqrt{\frac{c_3}{m_2}}, \quad b = \frac{EJ}{\rho F}, \quad e_1 = \frac{c_1}{\rho F},$$

имеем уравнение движение системы в виде

$$\begin{cases} \frac{d^2 z_1}{dt^2} + p_1^2 (z_1 - u(a, t)) - p_{21}^2 (z_2 - z_1) = 0, \\ \frac{d^2 z_2}{dt^2} + p_2^2 (z_2 - z_1) - p_{32}^2 (z_3 - z_2) = 0, \\ \frac{d^2 z_3}{dt^2} + p_3^2 (z_3 - z_2) = 0, \\ \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + b \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} = e_1 (z_1 - u(x, t)) \delta(x - a), \end{cases} \quad (6)$$

с граничными условиями (1).

Подставив в систему (6) $z_i(t) = A_i \sin \omega t, i = \overline{1, 3}, u(x, t) = V(x) \sin \omega t$ после преобразований получим

$$\begin{cases} -\omega^2 A_1 + p_1^2 (A_1 - V(a)) - p_{21}^2 (A_2 - A_1) = 0 \\ -\omega^2 A_2 + p_2^2 (A_2 - A_1) - p_{32}^2 (A_3 - A_2) = 0 \\ -\omega^2 A_3 + p_3^2 (A_3 - A_2) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

$$-\omega^2 V(x) + b \frac{d^4 V(x)}{dx^4} = e_1 (A_1 - V(a)) \delta(x - a) \quad (8)$$

где ω – собственная частота, A_i – амплитуды колебаний массы, $V(x)$ – амплитуда колебаний точек упругого стержня.

Из граничных условий (1) получим условия, накладываемые на функцию $V(x)$:

$$V(0) = V(l) = 0, \quad \frac{dV}{dx}(0) = \frac{dV}{dx}(l) = 0. \quad (10)$$

Доказано [2], при любых p , A_1 , A_2 и A_3 функция

$$V(x) = \bar{V}(x - a) e_1 (A_1 - V(a)) \quad (11)$$

является обобщенным решением уравнения (8), где функция $\bar{V}(x)$ является решением уравнения:

$$-\omega^2 \bar{V}(x) + b \frac{d^4 \bar{V}(x)}{dx^4} = \delta(x), \quad (12)$$

с краевыми условиями:

$$\bar{V}(-a) = \bar{V}(l - a) = 0, \quad \frac{d\bar{V}}{dx}(-a) = \frac{d\bar{V}}{dx}(l - a) = 0. \quad (13)$$

Таким образом, задача свелась к нахождению решения уравнения (12) с краевыми условиями (13). В дальнейшем уравнение (12) с краевыми условиями (13) будем называть основной краевой задачей.

Решение $\bar{V}(x)$ краевой задачи (12)-(13) можно представить в виде суммы обобщенного решения $G_0(x)$ однородного уравнения [2]:

$$-\omega^2 \bar{V}(x) + b \frac{d^4 \bar{V}(x)}{dx^4} = 0 \quad (14)$$

и обобщенного решения $G(x)$ неоднородного уравнения (12), то есть

$$\bar{V}(x) = G_0(x) + G(x),$$

где

$$\begin{aligned} G_0(x) &= c_1 S_1(\beta x) + c_2 S_2(\beta x) + c_3 S_3(\beta x) + c_4 S_4(\beta x), \\ S_1(\beta x) &= \frac{\text{ch}(\beta x) + \cos(\beta x)}{2}, \quad S_2(\beta x) = \frac{\text{sh}(\beta x) + \sin(\beta x)}{2}, \\ S_3(\beta x) &= \frac{\text{ch}(\beta x) - \cos(\beta x)}{2}, \quad S_4(\beta x) = \frac{\text{sh}(\beta x) - \sin(\beta x)}{2}, \end{aligned}$$

– функции Крылова, c_1, c_2, c_3, c_4 – неизвестные постоянные, которые находятся из краевых условий. Частное решение $G(x)$ можно представить в виде:

$$G(x) = \theta(x) \frac{S_4(\beta x)}{b\beta^3}, \quad (14)$$

где $\theta(x)$ – это функция Хэвисайда, а $\beta = \frac{\sqrt{p}}{b^{\frac{1}{4}}}$.

Подставляя в равенство (11) $x = a$, получим выражение для $V(a)$:

$$V(a) = \frac{\bar{V}(0)e_1 A_1}{1 + \bar{V}(0)e_1} \quad (15)$$

где $V(0) = c_1$. Отметим, c_1 можно найти из граничных условий (13), решив систему линейных алгебраических уравнений относительно c_1, c_2, c_3, c_4 .

Подставляя (15) в уравнения системы (7) получаем систему:

$$\begin{aligned} \left(p_1^2 - \omega^2 + p_{21}^2 - p_1^2 \frac{\bar{V}(0)e_1}{1 + \bar{V}(0)e_1} \right) A_1 - p_{21}^2 A_2 &= 0 \\ -p_2^2 A_1 + (p_2^2 - \omega^2 + p_{32}^2) A_2 - p_{32}^2 A_3 &= 0 \\ -p_3^2 A_2 + (p_3^2 - \omega^2) A_3 &= 0 \end{aligned}$$

Отсюда имеем уравнение для собственных частот:

$$\begin{vmatrix} p_1^2 - \omega^2 + p_{21}^2 - p_1^2 \frac{\bar{V}(0)e_1}{1 + \bar{V}(0)e_1} & -p_{21}^2 & 0 \\ -p_2^2 & p_2^2 - \omega^2 + p_{32}^2 & -p_{32}^2 \\ 0 & -p_3^2 & p_3^2 - \omega^2 \end{vmatrix} = 0$$

или

$$\begin{aligned} \left(p_1^2 - \omega^2 + p_{21}^2 - p_1^2 \frac{\bar{V}(0)e_1}{1 + \bar{V}(0)e_1} \right) (p_2^2 p_3^2 - \omega^2 (\omega^2 + p_2^2 + p_3^2 + p_{32}^2)) + \\ + p_{21}^2 p_2^2 (\omega^2 - p_3^2) = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

Аналогично получены частотные уравнения остальных механических систем, расчетные схемы которых представлены на рисунке 1:

а) для первой расчетной схемы

$$-\omega^2 + \frac{p^2}{1 + e\bar{V}(0)} = 0,$$

где $p = \sqrt{\frac{c}{m}}$;

б) для второй расчетной схемы

$$(-m\omega^2 + c_1 + c_2 - \alpha c_1 - \mu c_2)(-I_\phi \omega^2 + c_1 d_1^2 + c_2 d_2^2 + c_1 d_1 \gamma - c_2 d_2 \nu) =$$

$$= (-c_1 d_1 + c_2 d_2 + c_1 d_1 \alpha - c_2 d_2 \mu)(-I_\phi \omega^2 + c_1 d_1^2 + c_2 d_2^2 + c_1 d_1 \gamma - c_2 d_2 \nu),$$

где

$$\alpha = \frac{\mu_1 \beta_2 - \mu_2 \beta_1}{\Delta}, \quad \gamma = \frac{\nu_1 \beta_2 - \nu_2 \beta_1}{\Delta}, \quad \mu = \frac{\alpha_1 \mu_2 - \alpha_2 \mu_1}{\Delta}, \quad \nu = \frac{\alpha_1 \nu_2 - \alpha_2 \nu_1}{\Delta},$$

$$\alpha_1 = 1 + e_1 \bar{V}_1(0), \quad \alpha_2 = e_1 \bar{V}_1(a_2 - a_1), \quad \mu_1 = e_1 \bar{V}_1(0) + e_2 \bar{V}_2(a_1 - a_2),$$

$$\mu_2 = e_1 \bar{V}_1(a_2 - a_1) + e_2 \bar{V}_2(0), \quad \nu_1 = -e_1 d_1 \bar{V}_1(0) + e_2 d_2 \bar{V}_2(a_1 - a_2),$$

$$\nu_2 = -e_1 d_1 \bar{V}_1(a_2 - a_1) + e_2 d_2 \bar{V}_2(0), \quad e_1 = \frac{c_1}{\rho F}, \quad e_2 = \frac{c_2}{\rho F}, \quad e_3 = \frac{c_3}{\rho F},$$

$$\beta_1 = e_2 \bar{V}_2(a_1 - a_2), \quad \beta_2 = 1 + e_2 \bar{V}_2(0), \quad \Delta = \alpha_1 \beta_2 - \alpha_2 \beta_1;$$

в) для третьей расчетной схемы

$$\begin{vmatrix} p_1^2 - \omega^2 - p_1^2 \beta_{11} & -p_1^2 \beta_{12} & -p_1^2 \beta_{13} \\ -p_2^2 \beta_{21} & p_2^2 - \omega^2 - p_2^2 \beta_{22} & -p_2^2 \beta_{23} \\ -p_3^2 \beta_{31} & -p_3^2 \beta_{32} & p_3^2 - \omega^2 - p_3^2 \beta_{33} \end{vmatrix} = 0,$$

где

$$\beta_{11} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & 1 + \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & 1 + \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{12} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_2(0)e_2 & 1 + \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & 1 + \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{13} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 & 1 + \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_3(0)e_3 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & 1 + \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{21} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 1 + \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & 1 + \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{22} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 1 + \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & 1 + \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{23} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 1 + \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_3(0)e_3 & 1 + \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{31} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 1 + \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_1(0)e_1 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & 1 + \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{32} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 1 + \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & 1 + \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_2(0)e_2 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 \end{vmatrix},$$

$$\beta_{22} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 1 + \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & 1 + \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 + \bar{V}_1(0)e_1 & \bar{V}_2(a_1 - a_2)e_2 & \bar{V}_3(a_1 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_2 - a_1)e_1 & 1 + \bar{V}_2(0)e_2 & \bar{V}_3(a_2 - a_3)e_3 \\ \bar{V}_1(a_3 - a_1)e_1 & \bar{V}_2(a_3 - a_2)e_2 & 1 + \bar{V}_3(0)e_3 \end{vmatrix},$$

$$e_1 = \frac{c_1}{\rho F}, e_2 = \frac{c_2}{\rho F}, e_3 = \frac{c_3}{\rho F}.$$

В заключении отметим, изложенный в данной работе подход может быть использован для построения частотного уравнения для любой системы твердых тел, соединенных между собой и упругим стержнем, с помощью упругих связей.

Список использованной литературы:

1. Миждон А.Д., Баргуев С.Г., Лебедева Н.В. К исследованию виброзащитной системы с упругим основанием. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. №2(22). С. 13-203.

2. Баргуев С.Г., Миждон А.Д. Определение собственных частот простейшей механической системы на упругом основании // Вестник Бурятского государственного университета. Выпуск 9. Математика и информатика. – 2009 – С. 58-66

3. Баргуев С.Г., Елтошкина Е.В., Мижидон А.Д., Цыцыренова М.Ж. Исследование возможности гашения колебаний n масс, установленных на упругом стержне // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2010. – №4(28).

4. Баргуев С.Г., Мижидон А.Д., Цыцыренова М.Ж. О пределах применимости классической схемы расчета собственных частот в виброзащитной системе с двумя защищаемыми объектами // Вестник Бурятского государственного университета. Выпуск 9. Математика и информатика. – 2010 – С. 135-144.

5. Мижидон А.Д., Баргуев С.Г. О собственных колебаниях механической системы каскадного типа, установленной на упругом стержне // Вестник Восточно-Сибирского государственного технологического университета. 2010. – № 1 – С. 26-33.

6. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний: учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1980.

7. Мижидон А.Д., Архипов С.В., Федоров М.Е. Математические модели механических систем, описываемых гибридными системами уравнений // Сб. науч. статей. ВСГТУ: Серия «Физико-математические науки» – Вып.3. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 1999. – С. 52-61.

8. Мижидон А.Д., Баргуев С.Г., Ошоров Б.Б. Обобщенное решение одной гибридной системы дифференциальных уравнений // Материалы международной конференции, посвященной памяти профессора Ц.Б. Шойнжурова. – Улан-Удэ, Изд-во ВСГТУ, 2009.

Транспортные системы городов и менеджмент на транспорте

УДК 623.3

К вопросу о генерации корреспонденций к крупному торговому центру на примере «Мебель сити» г. Иркутск

А.В. Зедгенизов, Р.Ю. Лагереv, В. Муковкина

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

В статье рассматриваются подходы к количественной оценке привлекательности крупных торговых центров на основе таких критериев как (удельная генерация корреспонденций, коэффициенты часовой неравномерности, средняя продолжительность парковки). Приводятся значения удельной генерации корреспонденций и коэффициентов часовой неравномерности рассматриваемой территории (типа использования территории). Проводится сравнительный анализ использования территории в будние и выходные дни. Предлагаются пути практического применения оценки количественных характеристик жилых территорий города.

Ключевые слова: *генерация корреспонденций; торговые объекты; тип использования территории; продолжительность парковки.*

Зедгенизов Антон Викторович, к.т.н, доцент тел./факс: (3952)-40-53-53, e-mail: azedgen@gmail.com.

Лагереv Роман Юрьевич к.т.н, доцент тел./факс: (3952)-40-53-53, e-mail: azedgen@gmail.com.

Муковкина Валентина, студент гр. ОБД-09-1 ИрГТУ, e-mail: mukovkina_91@mail.ru

Торговля является неотъемлемой частью хозяйственной деятельности любого населенного пункта. Особенно важно отметить, что в крупных городах торговля может быть представлена в виде крупных торговых залов, рынков, гипермаркетов и т.п. В ряде крупных городов Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург и др., в пригородах образуются «мини города» в функции, которых входит торговля и культ-быт. В условиях развития таких источников генерации корреспонденций является принципиально важным учет их основных параметров функционирования.

При выполнении градостроительно-транспортных проектов, как правило, в основу матрицы межрайонных корреспонденций закладываются показатели, характеризующие численность постоянно проживающего трудоспособного населения, число мест приложения труда и др. Однако, в случае с торговыми объектами необходимо установить их привлекательность на основе факторов косвенно отражающих востребованности продаваемых товаров, их качестве, приверженность к товарным маркам и брэндам, уровень предоставляемого сервиса и прочее, и поэтому, изучение привлекательности торговых объектов, несомненно, представляет научный и практический интерес.

В качестве примера был выбран торговый объект «МебельСити», находящийся на периферийном районе г. Иркутска, состоящий из одного строения, парковки, въезд на которую осуществлялся свободно по двум подъездам (рис. 1). Следует отметить, что номенклатура товаров ограничена мебелью, при этом мебель предлагается в разных ценовых категориях и разных производителей, что поможет избежать влияния спроса на определенные марки продукции.

Общие характеристики торгового центра:

- число строений одновременно участвующих в обследовании – 1;
- этажность застройки – 2;
- район города – периферия;
- период обследования – с 10:00 до 19:00
- дата проведения обследования – 04.06.2012, четверг; 06.06.2012, суббота.
- погодные условия – без осадков;
- удаленность остановочного пункта – в пределах 5 минут пешком;
- суммарная площадь 8580 м²;
- Площадь парковки во внутри дворовой территории – 1500 м².

Условные обозначения:

- 1 - номер поста
 ● - Учет посетителей
 ■ - Учет автомобилей в сечении

Интервалы обследования:

- 1) 10:00 – 13:00
 2) 13:00 – 16:00
 3) 16:00 – 19:00



Кроме, проехавших по стрелке

Рис. 1. Общая схема проведения натурных исследований

При проведении такого рода исследований, без использования специальной аппаратуры (видеокамер, видео фиксаторов номеров транспортных средств и т.п.) важна четкость и слаженность работы бригад учетчиков, фиксирующих интересующие события на площадке исследований. Отсутствие учетчика или не корректный учет хотя-бы на одном посту ставит под сомнение результаты всего эксперимента.

Проведенное исследование и полученные результаты позволяют установить ряд важнейших показателей, на основе которых можно судить о привлекательности, рассматриваемой территории. Так, например, число транспортных средств въезжающих и выезжающих на/с рассматриваемой территории могут дать представление о распределении транспортной нагрузки, приходящейся на прилегающую УДС (рис. 2). Из представленных графиков, можно сделать вывод о незначительной вариации въезда на территорию и выезда с неё на индивидуальном транспорте. На рисунке 3 представлено распределение числа прибывающего и убывающего транспорта, что может характеризовать распределение нагрузки на узлы, запрашивающих парковку рассматриваемого торгового центра.

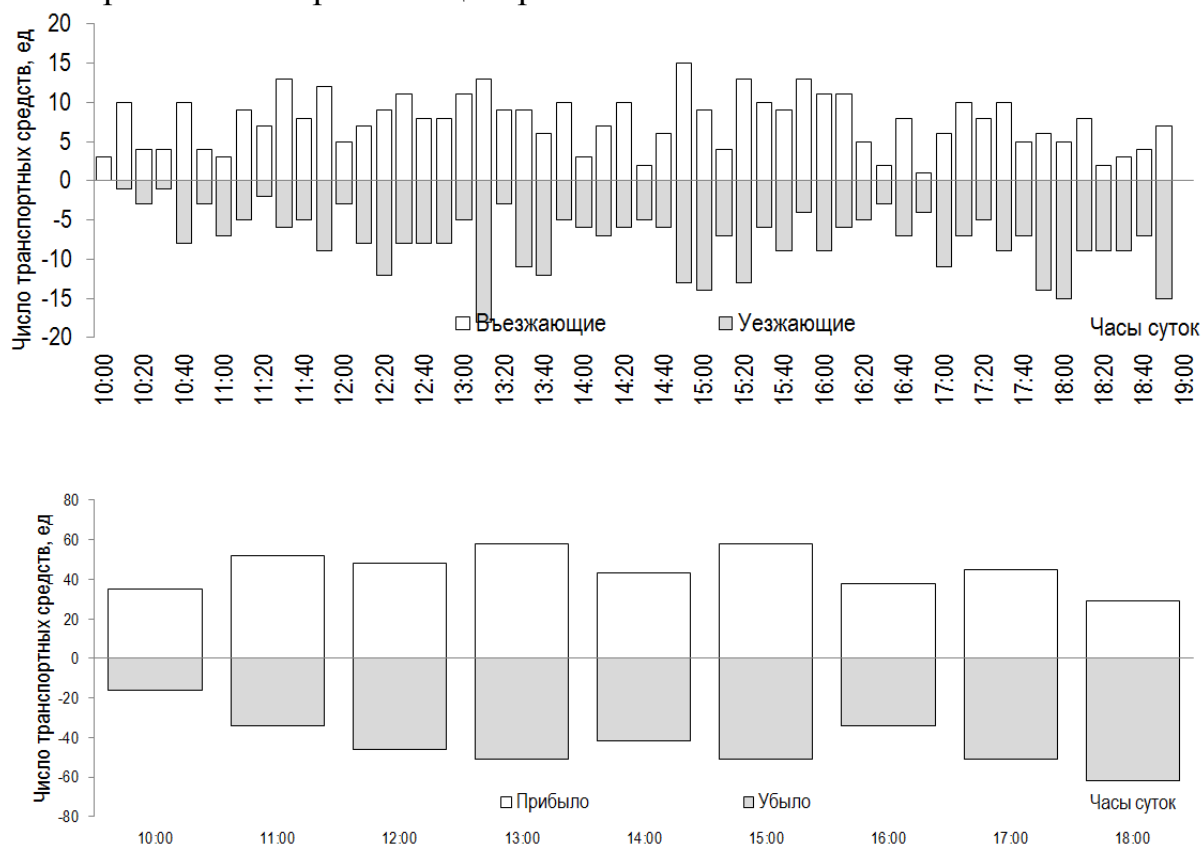


Рис. 2 Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств в/из рассматриваемой территории а) 10 – ти минутный интервал б) часовой интервал

Распределение числа припаркованных автомобилей показано на рисунке 4, фактически это разница между въезжающими и выезжающими транспортными средствами за определенный промежуток времени. Из рисунка можно заключить, что наибольшее число мест необходимое для парковки составило 52 автомобиля с 16 до 17 часов.

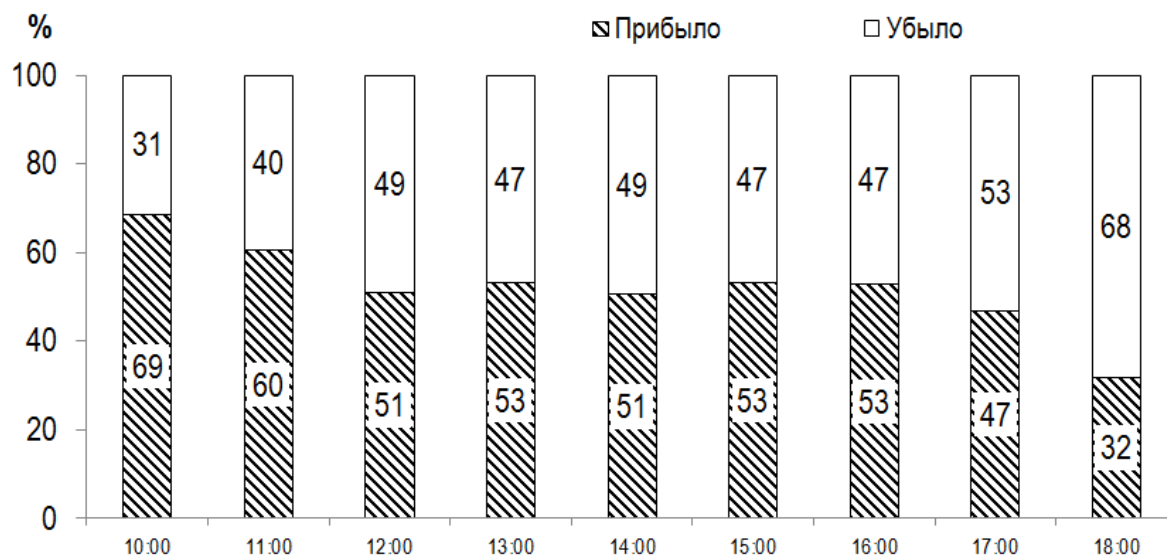


Рис. 3 Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств по часам суток

Общее число въехавших автомобилей в рассматриваемую территорию за период обследования составило 205ед, при этом среднее наполнение транспортных средств «по прибытию» составило 1,33 чел., а «по отправлению» 1,44, такая разница объясняется увеличением числа пассажиров ИТ, отъезжающих от жилого массива. На основе данных о наполнении ИТ и их числе, складывается представление о том, что рассматриваемая территория генерирует примерно 297 человек в сутки на личных автомобилях.

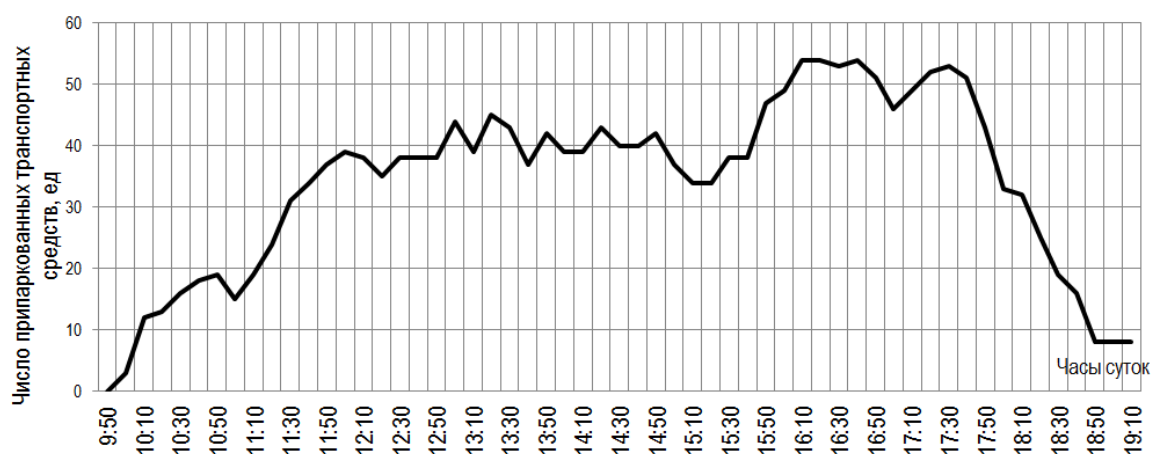


Рис. 4 Распределение загрузки парковки по часам суток

Важным аспектом в данной работе является изучение средней продолжительности паркирования. Этот показатель может лежать в основе расчета необходимого числа мест для паркирования, и при оценке уровня обслуживания территории (LOS). Учитывая, что современный уровень автомобилизации давно превышает спрос на парковку во дворах жилых территорий, особенно высотной застройки, то такие исследования должны производиться повсеместно с целью выявления закономерностей площади жилых помещений и площади парковки. На рисунке 5 представлена плотность вероятности продолжительности паркирования возле исследуемого жилого массива. Из рисунка видно, что большинство автовладельцев 66 % нуждаются в свободном месте для паркирования не более чем на 60 минут, желающих припарковаться примерно на 2 часа всего 3 %, на время, превышающее 2 часа приходится 31 %. Эти автомобили, могут принадлежать работникам офисных помещений, расположенных в непосредственной близости с исследуемым объектом.

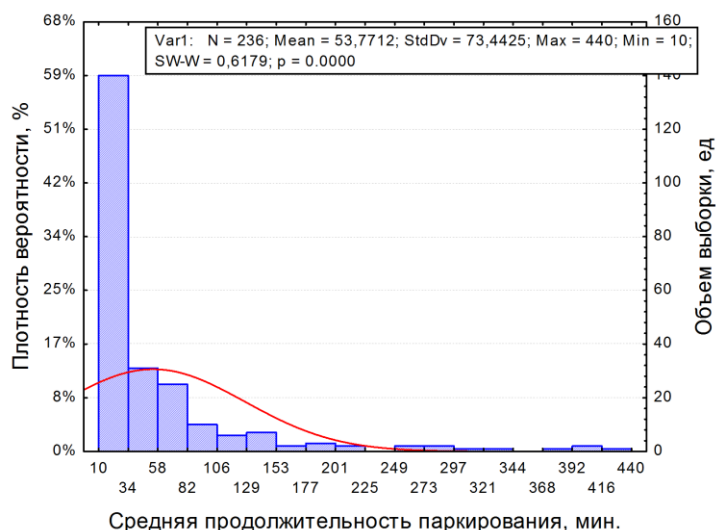


Рис. 5 Распределение продолжительности паркирования

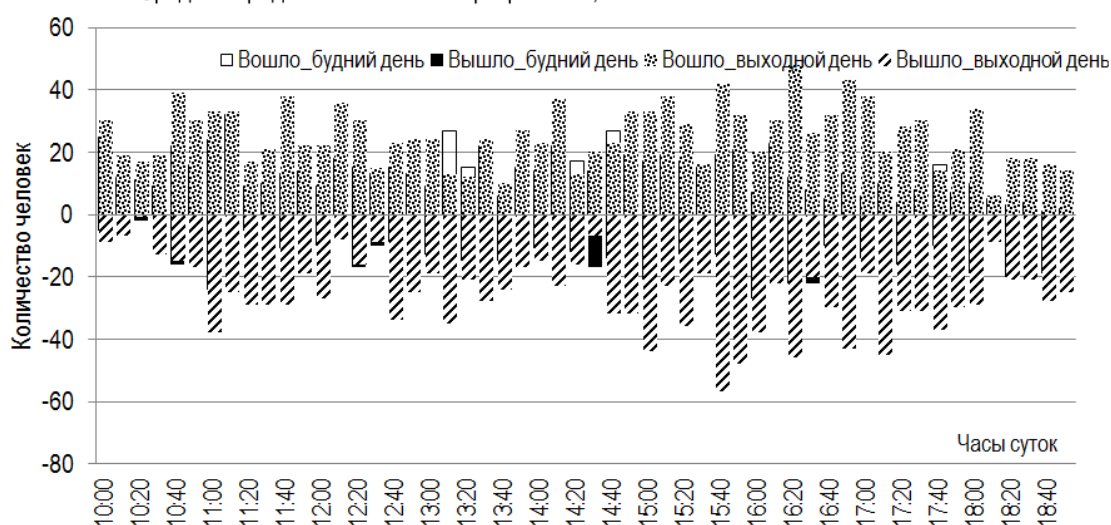


Рис. 6 Распределение числа входящих и выходящих транспортных средств в/из рассматриваемой территории а) будний день (четверг) б) выходной (суббота)

Исследования транспортного спроса, прежде всего, основывается на выявлении общей генерации корреспонденций к исследуемому объекту и, следовательно, должно учитывать общее число посетителей по часам суток (рис. 6). Из рисунка видно ярко выраженную активность, в утренний час «пик» с 8:00 до 9:00. На протяжении дня распределение входящих и выходящих примерно равномерное. Общее число вошедших и вышедших человек за период обследования составило 429 человек, при этом, учитывая, что 297 человек из них прибыли на личных автомобилях, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 123 человека в сутки без использования личного транспорта.

Исходя из данных учета посетителей (в том числе и на индивидуальном транспорте) распределение транспортного спроса на общественном и индивидуальном транспорте представлено на рисунке 7.

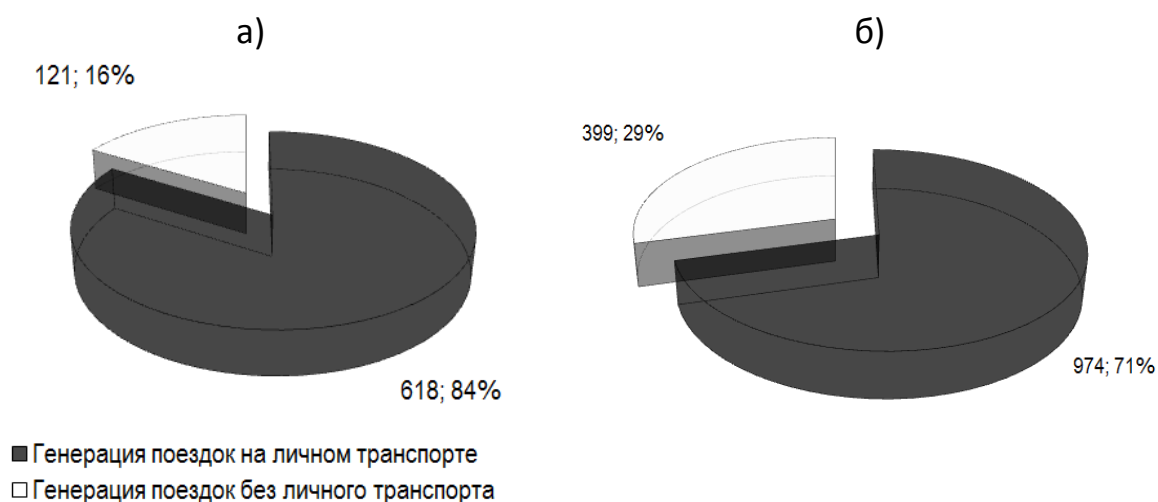


Рис. 7 Распределение генерации поездок а) будний день (четверг) б) выходной (суббота)

Доля посетителей, использующих ИТ транспорт в будний день на 13 % выше чем в выходной. Это может быть связано с совмещением поездок на ИТ по трудовым целям с покупками.

Основным итогом проделанной работы можно считать полученные распределения различных показателей по часам суток и выявленный объем генерации, создаваемый жилым массивом (табл. 1).

Таблица 1
Основные показатели генерации жилого массива

Наименование показателя	Будний день (четверг)	Выходной (суббота)
Площадь основания, м ²	4290	4290
Число этажей	2	2
Общая площадь	8580	8580

Объем генерации, чел/сут	На ИТ	618	974
	Без ИТ	120	399
Удельный объем генерации, чел/м ²		0,08613	0,1600
Удельный объем генерации, м ² /чел		11,61	6,249

Следует особо отметить показатели удельной генерации корреспонденций, свидетельствующие о привлекательности рассматриваемой территории. Так, например, удельная генерация для выходного дня почти в 2 раза выше буднего.

Важнейшим качественным показателем функционирования территории, отражающим распределение загрузки территории по часам суток являются коэффициенты суточной неравномерности (рис. 8).

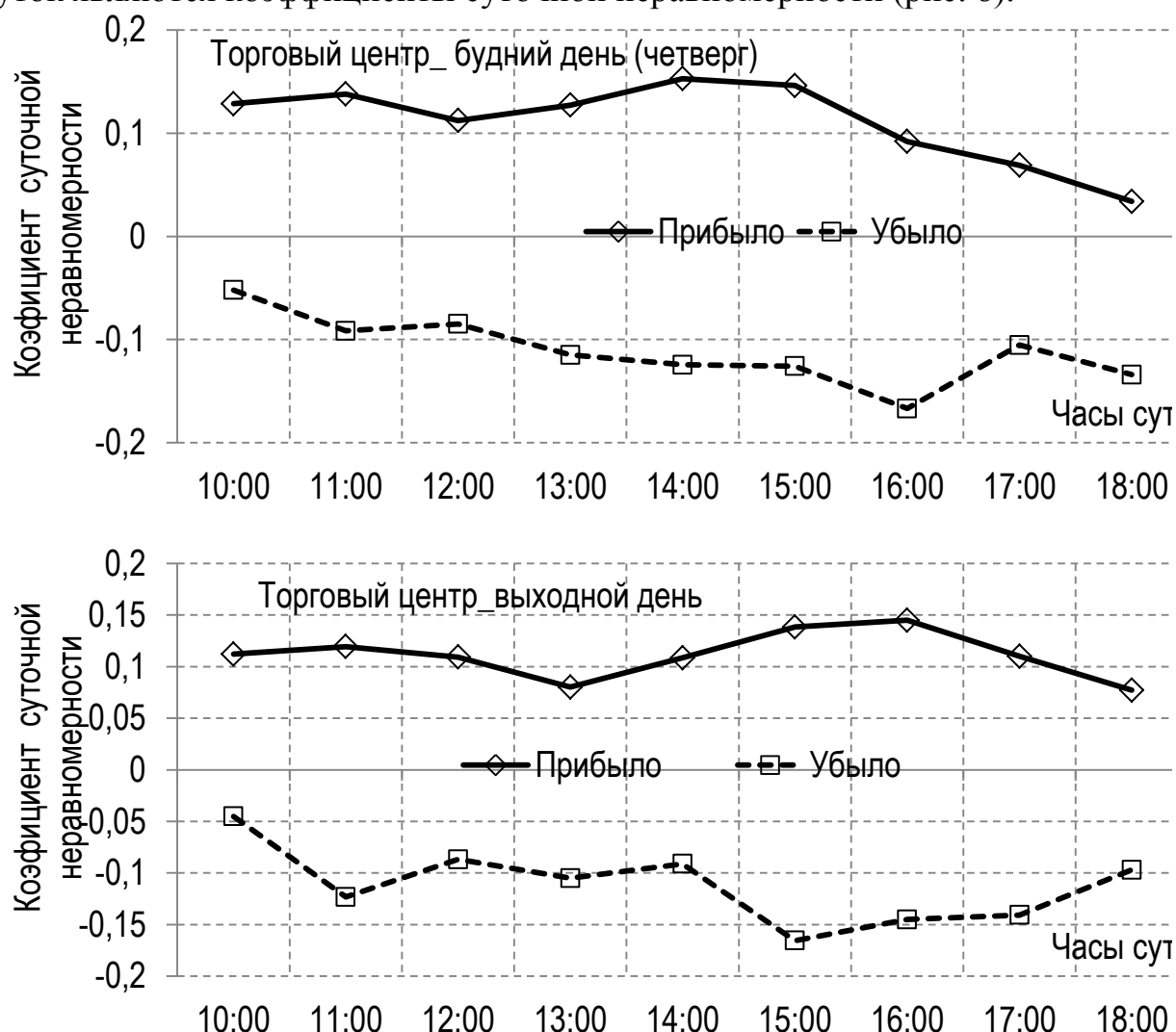


Рис. 8 Распределение загрузки торгового центра по часам суток

Тематика дальнейших исследований должна быть направлена на выявление основных характеристик торговых центров в

разных частях города в будние и праздничные дни, что позволит осуществить всесторонний анализ транспортного спроса к территории этого типа.

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. Зедгенизова А.Н. Основные направления развития транспортного планирования на первой ступени (TripGeneration) / А.В. Зедгенизов, А.Н. Зедгенизова, А.Ю Михайлов // Совершенствование образования в области городского транспортного планирования: материалы Рос.-Герм. Конф. По транспортно-градостроительному планированию (Иркутск 25-26 июня 2012 г.). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 138 с.
3. Зедгенизова, А.Н. Оценка генерации поездок торгово-деловым центром, включающим различные объекты тяготения/ А.В. Зедгенизов, А.Н. Зедгенизова// Вестник СИБАДИ: Научный журнал № 2 (24). – Омск, 2012. С. 18-23.
4. СНиП 2.07.01 – 89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. / Госстрой СССР. – М.: ЦНТИ Госстроя СССР, 1989. – 56 с.
5. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.
6. Trip Generation, 8th Edition. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers (ITE), 2008.

**Пример построения транспортной модели г. Иркутска в
программном продукте ptv «visum»**

М.И. Шаров, А.В. Высокос, Л.А. Корьяк

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

В статье показан подход к оценке транспортной доступности жителей города Иркутска с применением современных программных продуктов для транспортного планирования

Ключевые слова: *PTV «VISUM», транспортное планирование, доступность*

Шаров Максим Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 89148868118, e-mail: sharov.maksim@gmail.com

Высокос Анастасия Валерьевна, студент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 89501101403, e-mail: anastasya.vysokos@tl-istu.com

Корьяк Лилия Александровна, студент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 89500778521, e-mail: koryak.lilia@tl-istu.com

Иркутский Государственный Технический Университет является одним из лидеров в области использования современных программных продуктов, применяемых для проведения транспортного планирования, как на микро, так и макро. В частности университет приобрел достаточно широкий спектр программного обеспечения таких фирм как, PTV «VISUM», «VISSIM», AIMSUN, TRL и других. Для использования этих программных продуктов в университете функционируют: «Транспортная лаборатория ИрГТУ», работающая в области коммерческих и научных и разработок и Студенческое конструкторское бюро «Транспортный менеджер», направленное на привлечение студентов и магистрантов к научной работе.

1. Представленное выше программное обеспечение активно применяется для повышения квалификации выпускников ИрГТУ, в частности, сделан большой объем научных студенческих проектов с применением PTV «VISUM». В данной статье показан пример научной работы по оценке транспортной доступности г. Иркутска сделанный в PTV «VISUM».

2. Для построения транспортной модели в PTV «VISUM» применялась следующая методика:

3. Разработка топографической подосновы города Иркутска для создания фонового графического рисунка для построения модели;

4. Нанесение улично-дорожной сети города Иркутска включающую в себя основные магистрали, регулируемые и нерегулируемые перекрестки, и другие объекты транспортной инфраструктуры (рис. 1.);

5. Корректировка отрезков сети исходя из средней скорости передвижения по ним;

6. Нанесение на существующую улично-дорожную сеть остановочных пунктов городского пассажирского транспорта включающих в себя: места остановок, зоны остановок и непосредственно самих остановочных пунктов;

7. Нанесение маршрутов движения общественного транспорта города Иркутска в транспортную модель, которые включают в себя основные радиальные, диаметральные, хордовые и кольцевые маршруты (рис.2);

8. Корректировка скорости движения автобусов на маршрутах;

9. Составление расписания движения автобусов, для каждого маршрута, включающая в себя время с 8.00 до 9.00 утра (рис.2);

10. Расчет транспортной доступности для всех районов города, с использованием математического аппарата PTV «VISUM»;

11. Составление графических отчетов иллюстрирующих доступность основных остановочных пунктов города;

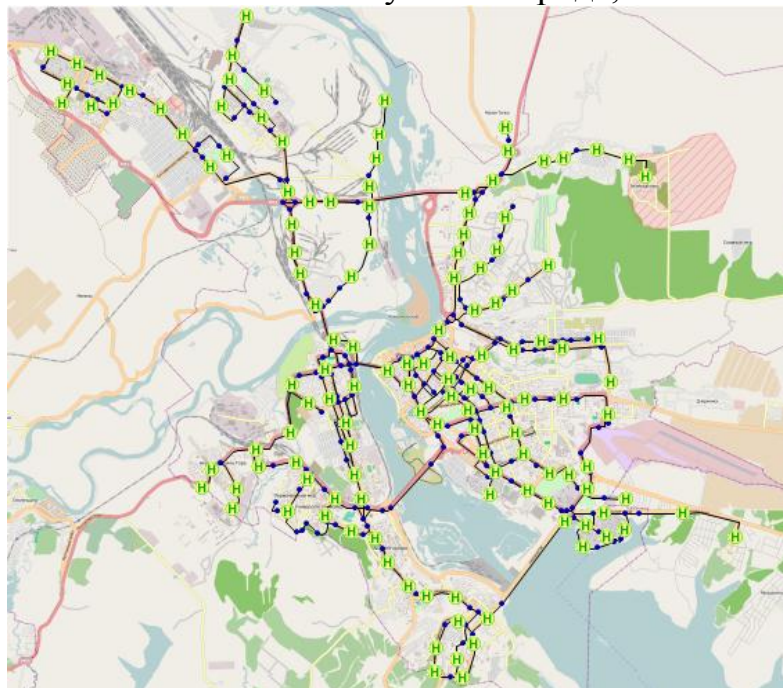


Рисунок 1 - Модель сети городского пассажирского транспорта Иркутска

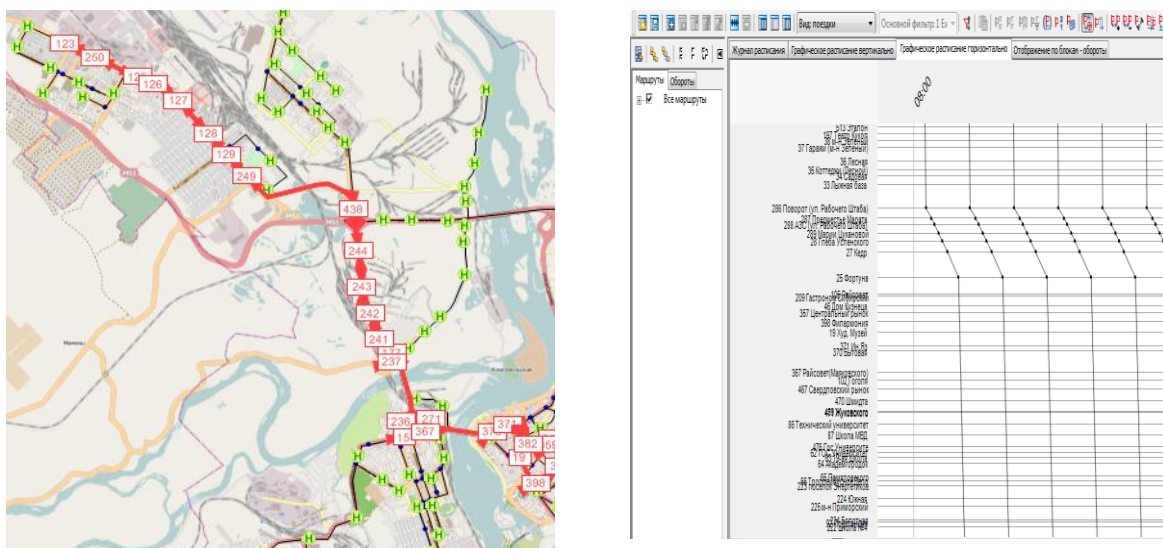
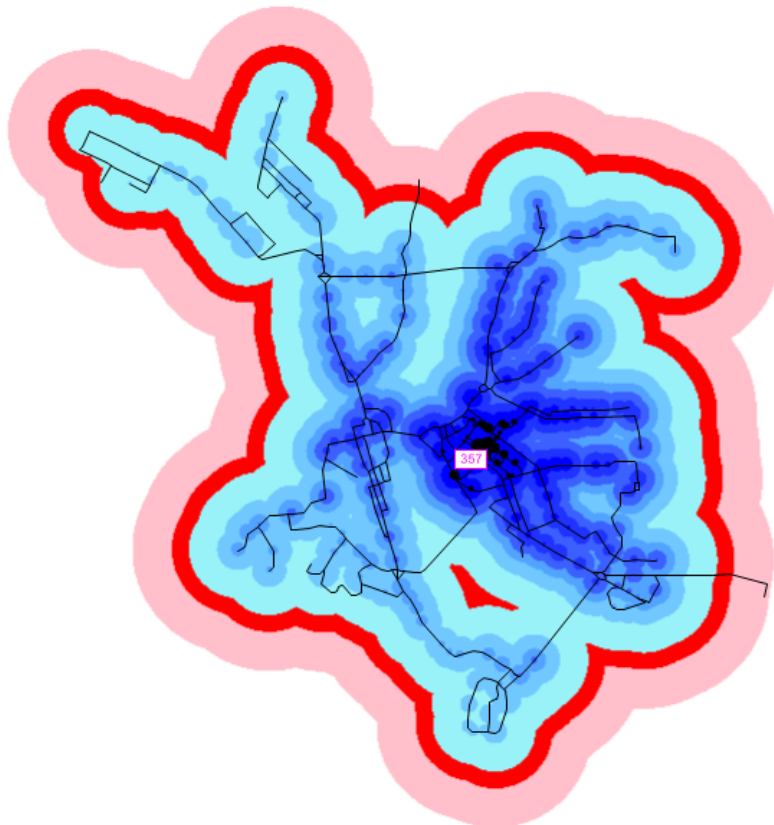


Рисунок 2 - Пример построения радиального маршрута и графического расписания движения

В результате расчетов на основании модели города Иркутска были получены графические карты транспортной доступности следующих основных остановочных пунктов. Пример получаемых данных приведен на рисунке 3.

А)



Б)

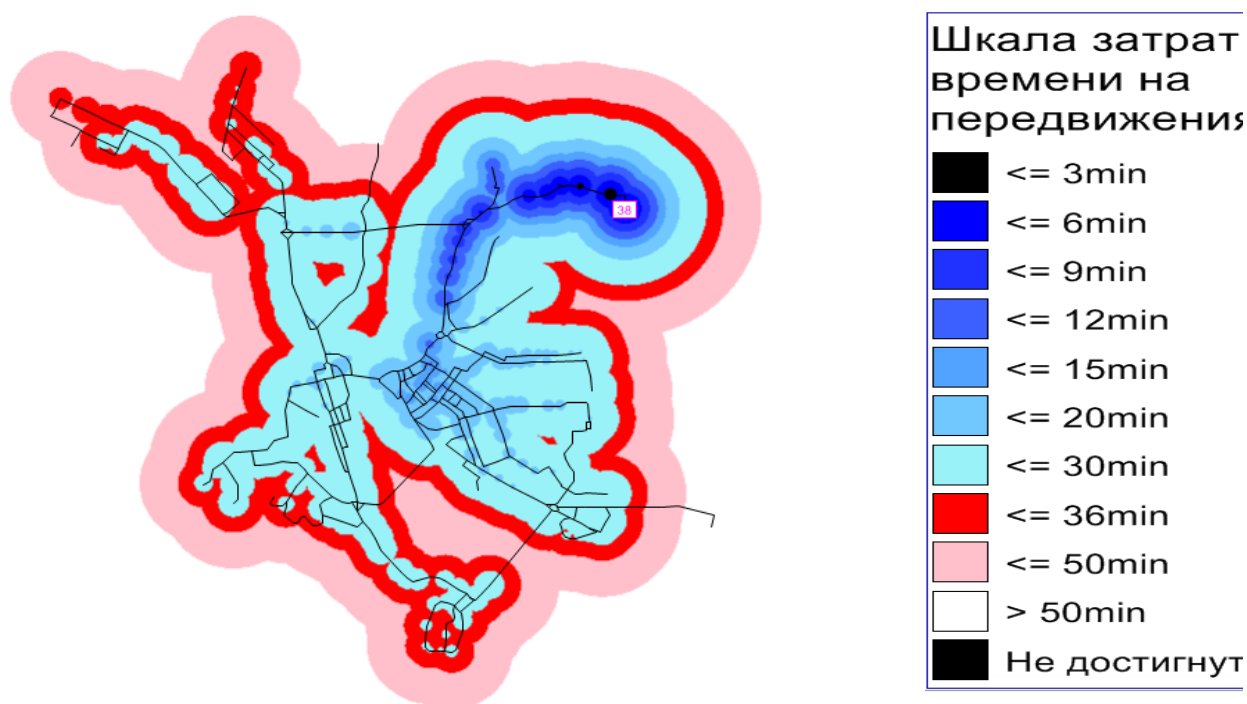


Рисунок 3 - Пример результатов моделирования транспортной доступности для: а) центрального остановочного пункта, б) отдаленного остановочного пункта

Данные рисунки позволяют наглядно оценить транспортную доступность различных районов города, что дает неоспоримое преимущество для администрации города Иркутска и проектировщиков при планировании более качественной работы городского пассажирского транспорта и транспортной сети в целом.

Нужно отметить, что построение подобных графиков широко распространено в зарубежной практике, в частности в Финляндии основной отчет о доступности транспортной инфраструктуры городов на 80% состоит из подобных иллюстраций. В нашей стране подобные графические модели имеются лишь в Санкт-Петербурге, Москве, Перми и Комсомольске-на-Амуре.

Результаты данной научного проекта добавляют город Иркутск в линейку выше представленных городов.

Список использованной литературы:

1. СНиП 2.07.01-89*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. / Госстрой СССР. - М.: ЦНТП Госстроя
2. <http://www.ptvag.com/software/transportation-planning-traffic-engineering/software-system-solutions/visum/>

Использование GPS-данных для оценки безопасности перевозок пассажиров в городе Иркутске

Е.О. Вагина, А.А. Савельева, Е.А. Пилишникова

Иркутский Государственный Технический Университет
664047, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

В статье показан подход к оценке безопасности пассажирских перевозок с использованием данных GPS/ГЛОНАСС

Ключевые слова: *Качество обслуживания пассажиров, безопасность перевозок.*

Вагина Екатерина Олеговна, студент Института Авиамашиностроения и транспорта, кафедра менеджмента и логистики на транспорте, тел. 89246361590, g-mail: ekaterina.vagina@tl-istu.com

Савельева Анна Андреевна, студент Института Авиамашиностроения и транспорта, кафедра менеджмента и логистики на транспорте, тел. 89646536765, g-mail: anna.savelyeva@tl-istu.com

Пилишникова Екатерина Анатольевна, студент Института Авиамашиностроения и транспорта, кафедра менеджмента и логистики на транспорте, тел. 89025460312, g-mail: ekaterina.pilishnikova@tl-istu.com

Качество пассажирских перевозок определяется совокупностью показателей, характеризующих уровень удовлетворения потребностей пассажиров в транспортном обслуживании.

К основным показателям качества перевозок пассажиров относятся: комфортность поездки (наполнение автобусов и регулярность движения их на маршрутах); время, затрачиваемое пассажирами на передвижение; безопасность перевозок.

Условиями, определяющими эти показатели, являются: плотность автобусной сети, частота и точность движения автобусов на маршрутах, скорость сообщения. Большое социально-экономическое значение качества транспортного обслуживания населения предопределяет необходимость точной оценки его уровня.

Рациональные нормативы показателей качества перевозок пассажиров:

- наполнение автобусов (при полностью занятых местах для сидения и соответствующем числе стоящих пассажиров на 1 м^2 свободной площади пола автобуса в часы пик) в зависимости от вида

сообщения и длины автобуса, но не более номинальной вместимости, установленной техническими условиями завода изготовителя.

- номинальная вместимость автобуса городского сообщения установлена исходя из числа мест для сидения и норматива свободной площади пола салона на одного стоящего пассажира в размере $0,2 \text{ м}^2$ (ГОСТ 10022-75)
- коэффициент наполнения автобусов, рассчитанный по их предельной вместимости, установленной техническими условиями завода-изготовителя, следующий: городских автобусов - не более 0,28 (в среднем за сутки), в том числе в часы пик на наиболее загруженных направлениях и участке маршрута - 0,73- 0,78 в зависимости от марки автобуса; пригородных автобусов - не более 0,56 (в среднем за сутки);
- регулярность движения на маршрутах городского и пригородного сообщения - не ниже 98,0 %;
- наличие на городском маршруте пунктов контроля за графиком движения автобусов - не менее двух;
- плотность маршрутной сети для различных групп городов: до 100 тыс. жителей - 1,4-1,6 км/км²; до 250 тыс. - 1,8-2,0; до 500 тыс. - 2,0-2,3; до 1 млн. - 2,4; свыше 1 млн. - 2,5 км/км²;
- норматив насыщения маршрутов автобусами (из расчета вместимости автобуса 100 пассажиров);
- насыщение маршрутов подвижным составом на 1 км сети в часы пик в зависимости от часового пассажиропотока в одном направлении должно соответствовать размерам.

Одним из наиболее важных показателей, определяющих уровень качества перевозок пассажиров, является безопасность движения, которая может характеризоваться коэффициентом $K_{б.д}$ динамического изменения уровня дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на автотранспортном предприятии (в колонне, бригаде):

$$K_{б.д} = \frac{1}{1 + \alpha B_0}, \quad (1)$$

где α - коэффициент относительной потери времени пассажиров при передвижении, связанного с ДТП, равный 0,2;

B_0 - динамический показатель уровня дорожно-транспортных происшествий на автотранспортном предприятии;

$$B_0 = \frac{1}{2} (A_0 + \frac{L_r'}{L_r} B_1) \text{ штрафных баллов на 1 млн.км,} \quad (2)$$

где A_0 - показатель уровня ДТП на АТП в текущем году;

L_r - Общий пробег автобусов в текущем году, млн. км;

L'_r - общий пробег автобусов по предыдущему году за тот же период, млн. км;

B_1 - динамический показатель уровня ДТП на АТП в предыдущем году.

$$A_0 = \frac{n_0}{L_r}, \quad (3)$$

где n_0 - количество штрафных баллов, начисленных за дорожно-транспортные происшествия и нарушения правил дорожного движения (ПДД) при участии водителей и автобусов АТП, в том числе за: ДТП по вине работников АТП - 1 балл; ДТП по вине нетрезвого водителя АТП - 2 балла; каждого раненого при этих ДТП - 1,5 балла; каждого погибшего при этих ДТП - 9 баллов; каждый случай нарушения ПДД водителями АТП - 0,1 балла.

При отсутствии значения динамического показателя предыдущего года B_0 определяется по формуле:

$$B_0 = \frac{1}{2L_r} \left(n_0 + \frac{1}{2} n_1 + \frac{1}{4} n_2 - \frac{1}{8} n_3 \right), \quad (4)$$

где n_1, n_2, n_3 - количество штрафных баллов, начисленных в предыдущие три года.

К сожалению, описанная выше методика оценки безопасности пассажирских перевозок, в наше время применяется не часто и не учитывает многих других факторов оказывающих значительное влияние на безопасность перевозок.

Одним из таких факторов является соблюдение скоростного режима движения при работе пассажирского транспорта. Существующие инструменты, применяемые надзорными органами, действуют локально, например, в местах установки стационарных камер или выездных постов ДПС, и не позволяют оценить реальной картины соблюдения скоростного режима.

«Транспортная лаборатория ИрГТУ» и студенческое конструкторское бюро «Транспортный менеджер» в последнее время активно применяет в научной работе данные спутниковых навигационных систем. Так на основании последних работ, на основе данных GPS была построена карта нарушений скоростного режима движения водителями коммерческих автобусов.

Для этого применялась следующая методика:

- запись треков на программу GPS Sports Tracker;

- экспорт записанных треков в компьютер;
- экспорт треков по различным часам суток и дням неделям конкретного маршрута в базу данных Excel;
- расчёт расстояния между координатами в базе данных Excel;
- на основе базы данных Excel построение графика скоростного режима пассажирского транспорта.

Запись треков производилась в скрытном режиме. Это было вызвано необходимостью получения данных соответствующих реальным условиям движения на маршруте. На рисунке 1 приведен общий вид схемы анализа скоростей движения в программе GPS Sports Tracker.



Рисунок 1 - Пример анализа скоростей по GPS трекам

В результате был сделан анализ скоростей движения подвижного состава, на основании которого построен график значений скоростей движения пассажирского транспорта на различных участках улично-дорожной сети.

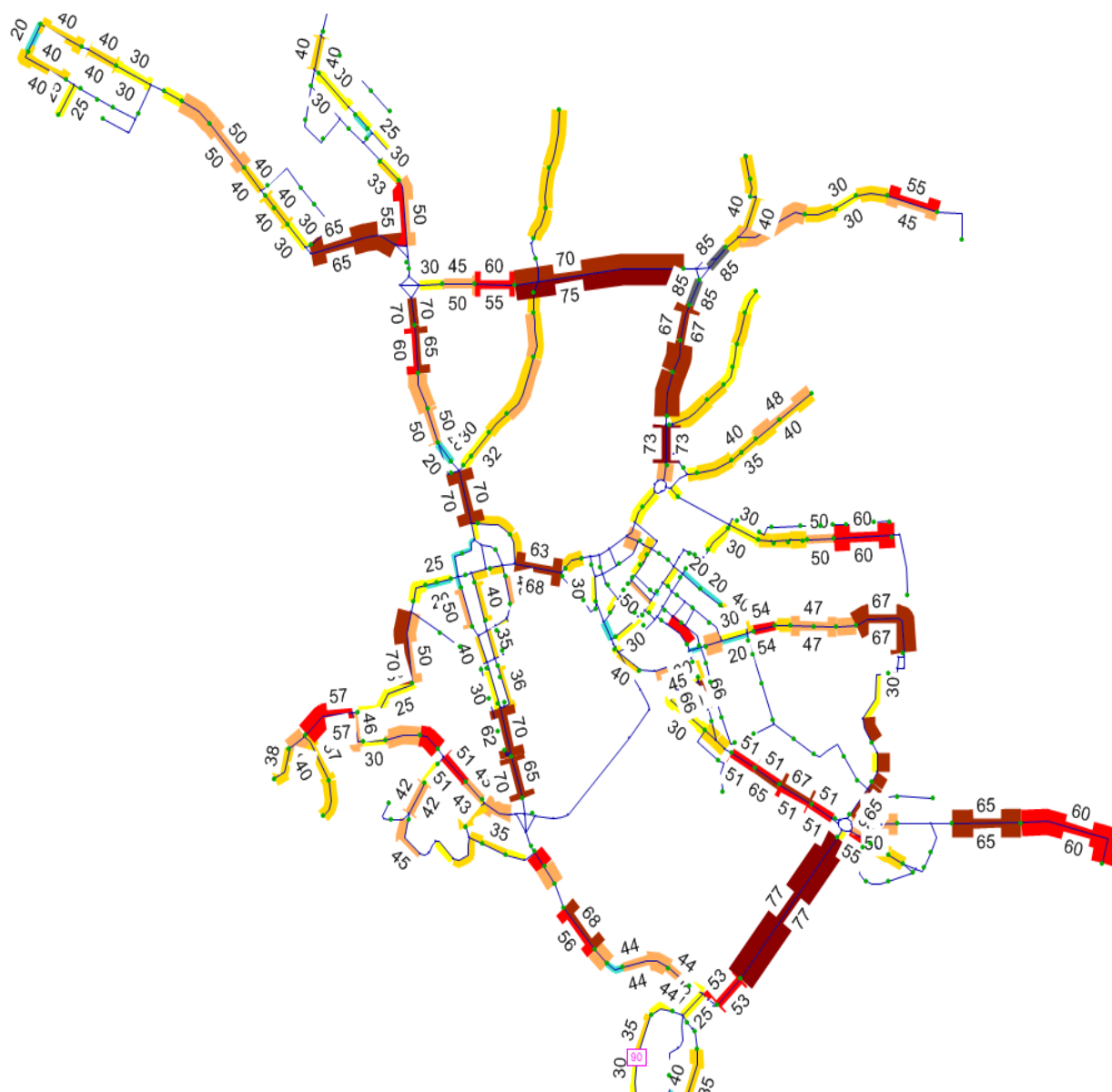


Рисунок 2 - Значение полученных скоростей движения городского пассажирского транспорта

На основании данного рисунка можно сделать вывод об основных опасных участках движения городского пассажирского транспорта (рисунок 3).

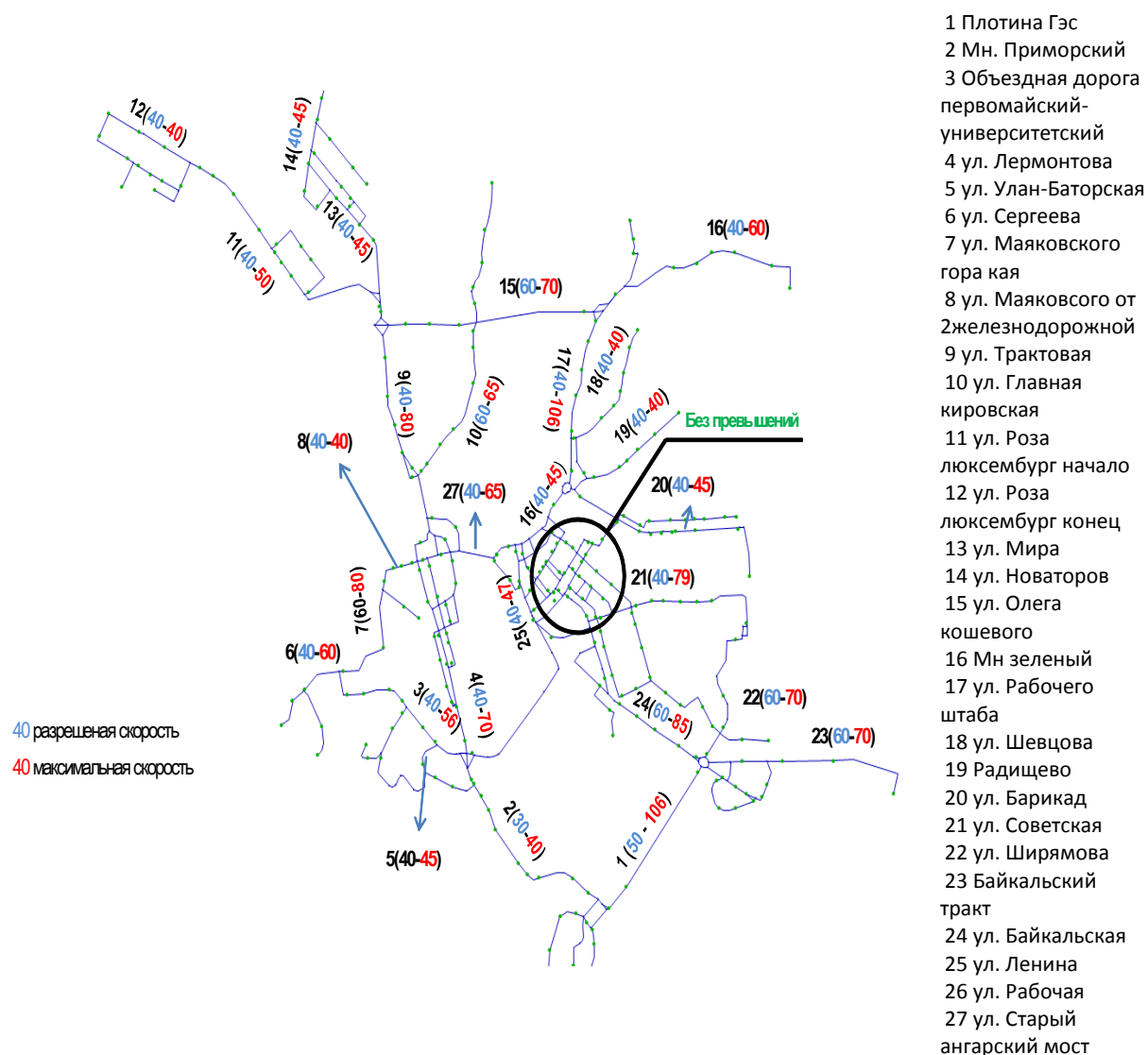


Рисунок 3 - Наиболее опасные участки перевозки пассажиров в г. Иркутске на основе данных скоростей движения

Библиографический список

1. Гудков В.А. Пассажирские автомобильные перевозки. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004.- 448 с.
2. Клиновштейн Г.И. Организация дорожного движения. М. «Транспорт», 2005. – 190 с.
3. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. / Госстрой СССР. - М.: ЦНТП Госстроя СССР, 1994.

УДК 623.3

Оценка генерации к объектам сферы обслуживания на примере «Сбербанка»

Д.В. Корчева, Л.П. Догоюсова, П.В. Хахураев

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

В статье рассматривается процесс генерации корреспонденций к отделению «Сбербанка» в г. Иркутске. Детально рассматривается территория обследования на предмет монофункциональности. Приводится распределение числа посетителей по часам суток, в том числе и на индивидуальном транспорте. Приводится расчет удельной суточной генерации к рассматриваемой территории. Рассматривается наполнение транспортных средств. Выявляется средняя продолжительность парковки транспортных средств. Предлагаются пути дальнейших исследований.

Ил. 4. Библиогр. 5 назв.

Ключевые слова: *генерация корреспонденций, паркирование, коэффициенты часовой неравномерности.*

Корчева Дарья Владимировна студент гр. ОБД-10-1, e-mail: daria.korcheva@tl-istu.com.

Догоюсова Лилия Петровна студент гр. ОБД-10-1.

Хахураев Павел Вадимович студент гр. ОБД-10-1, pavel.hahuraev@tl-istu.com.

Рост городов и тенденции всеобщей глобализации заставляют теоретиков и практиков всего мира искать новые пути прогнозирования и управления процессами в глобальных информационных, экономических и технических системах. Особенно остро стоит проблема качественного и своевременного обеспечения сообщения в крупных городах и агломерациях. На ряду с ростом уровня автомобилизации, повышения транспортной подвижности населения, оказывает свое влияние и градостроительная сфера. Повышается уровень культурно-бытовой и деловой активности населения, возрастает в необходимость в обмене данными и финансовыми средствами. Отделения банков, как места обмена финансовыми средствами становятся источниками повышенной генерации корреспонденций.

В данной работе, в качестве городской территории, рассматривается отделение «Сбербанка». Как правило, банковские отделения функционируют с 9 до 18 часов. Однако последнее время наметилась тенденция, безоперационного обслуживания клиентов с помощью автоматизированных касс (Робокасс). Подобные исследования генерации к различным объектам проводились Зедгенизовым А.В., Левашевым А.Г. Общие характеристики обследуемого объекта:

- Число строений одновременно участвующих в обследовании – 1;
- Этажность застройки – 1;
- Район города – городская территория;
- Период обследования – с 9:00 до 18:00;
- Дата проведения обследования – 28.11.2012, среда;
- Погодные условия – без осадков;
- Удаленность остановочного пункта – в непосредственной близости;
- Гаражные кооперативы и стоянки – отсутствует в непосредственной близости;
- Площадь «Сбербанка» 150 м²;
- Площадь парковки возле супермаркета – не менее 1000 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.

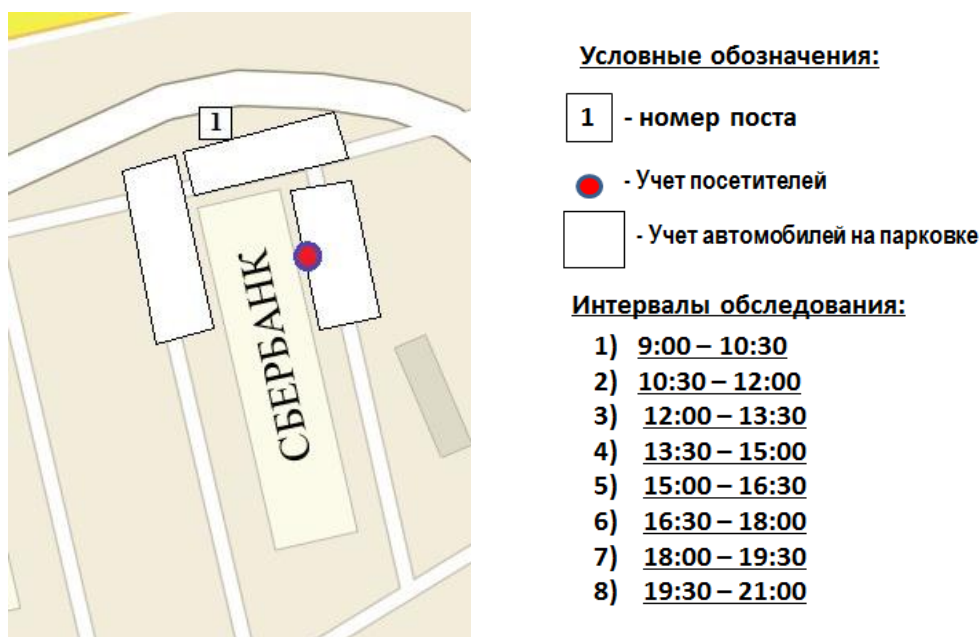


Рис. 1 - «Общая схема эксперимента»

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 (рис. 2).

Из представленного рисунка, можно сделать вывод о незначительной активности въезда на территорию и выезда с неё на индивидуальном транспорте в утренние часы «пик». Заметно растет активность с 10 до 14 часов, а также с 16 до 17 часов. Всплеск активности в эти периоды, на наш взгляд, обусловлен, деловой активностью в течение рабочего дня. После 17:00 наблюдается спад активности. Общее число въехавших автомобилей в рассматриваемую территорию за период обследования составило 128ед, при этом среднее наполнение транспортных средств составило 1,52 чел. Следовательно, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 194 человека в сутки на личных автомобилях.

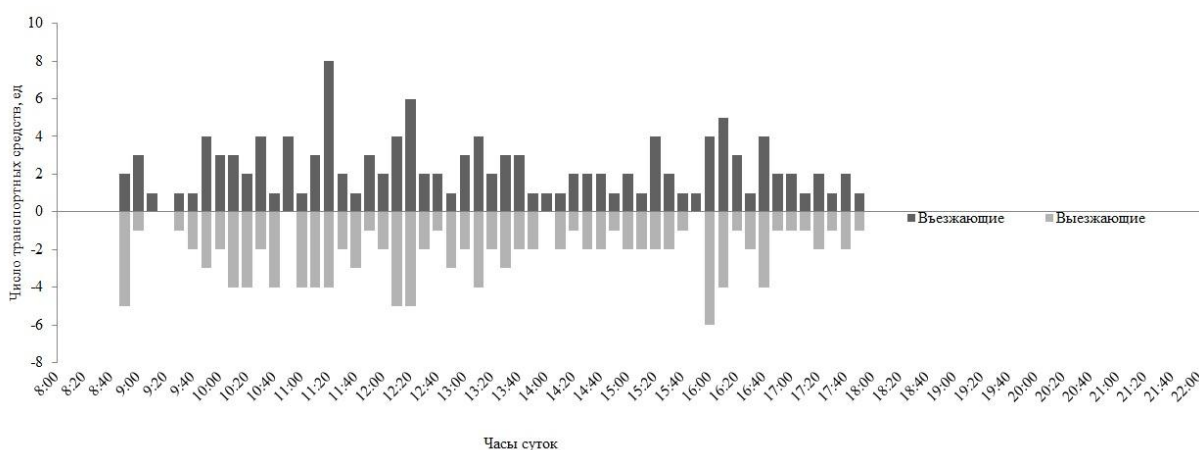


Рис. 2 - Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств в/из рассматриваемой территории по часам суток

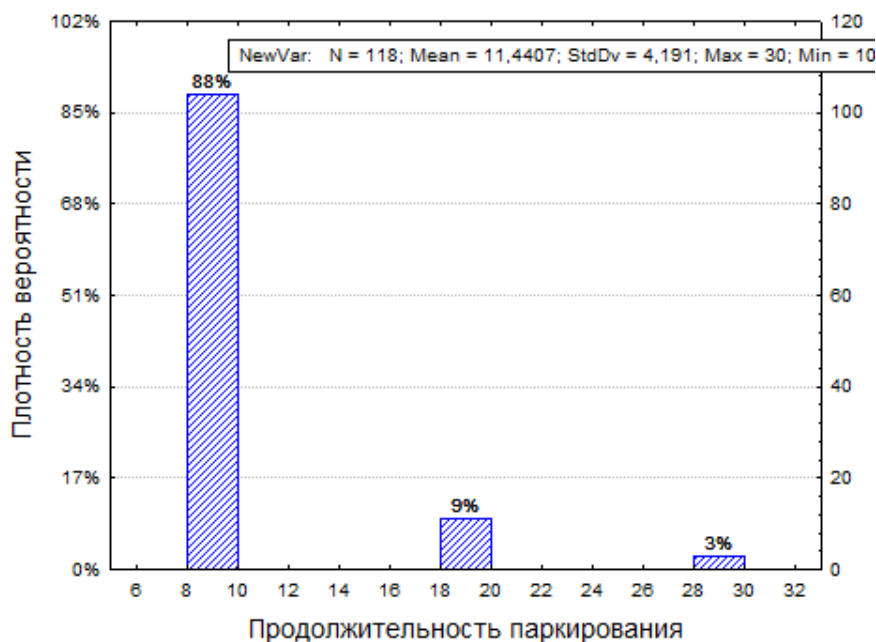


Рис. 3 – Плотность вероятности распределения продолжительности парковки возле супермаркета

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, и при оценке уровня обслуживания территории (LOS). Учитывая, что современный уровень автомобилизации давно превышает спрос на парковку во дворах жилых территорий, особенно высотной застройки, объектах социальной направленности (медицинские, детские дошкольные учреждения, средние школы и др.), то такие исследования должны производиться повсеместно с целью выявления средней продолжительности парковки [1, 2]. На рисунке 3 представлен частный пример продолжительности парковки. Из рисунка видно, что подавляющее большинство автовладельцев 88 % нуждаются в свободном месте для парковки не более чем на 10 минут. Желая припарковаться на 20 минут 9 %, на время, превышающее 30 мин., только 3 %. Совершенно очевидно, что оборот парковки возле учреждений такого типа должен иметь высокую пропускную способность въездов и выездов.

Другой показатель активности территории может показывать 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 парковки составило 8 в 16 часов.

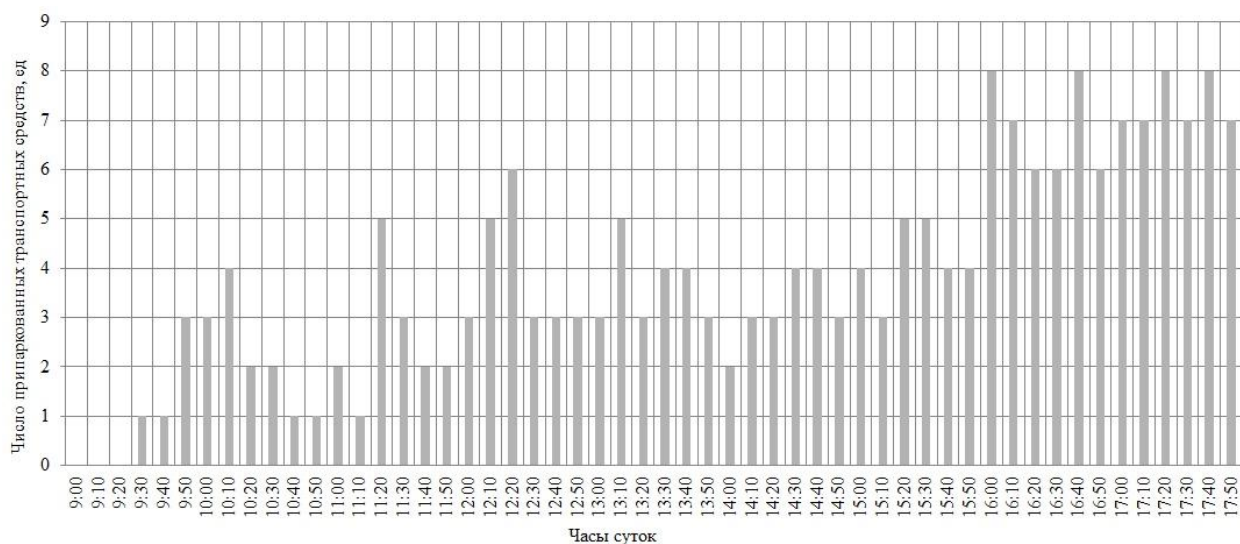


Рис. 4 – «Распределение загрузки стоянки по часам суток»

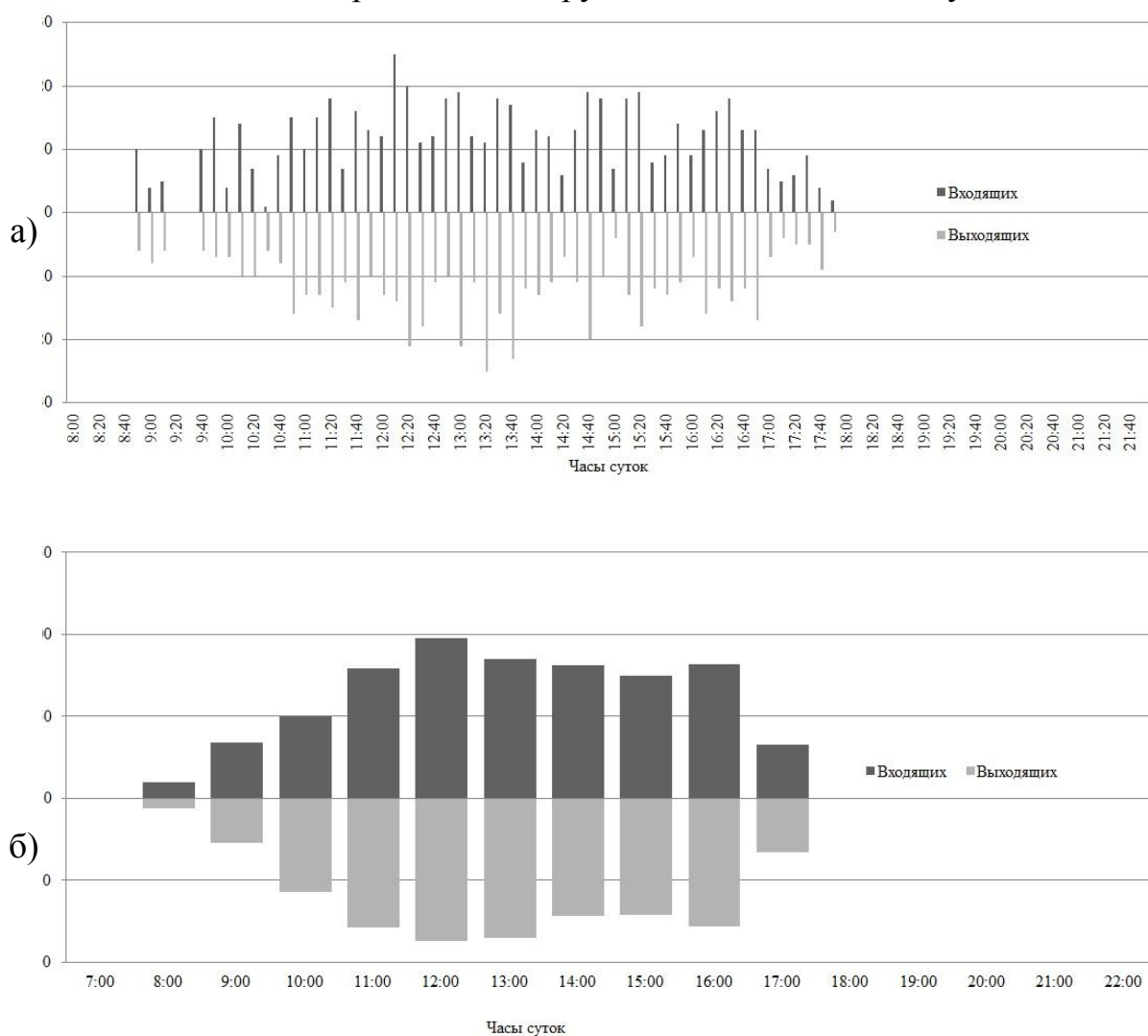


Рис. 5 – «Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток» а) детализация 10 мин. б) детализация 1 час

При учете общего числа посетителей, можно наблюдать наибольшую активность по входу и выходу людей, приходящуюся на период с 12:00 до 14:00 часов (рис. 5). Общее число вошедших и вышедших человек в «Сбербанк» за период обследования составило 627 человек. При этом, учитывая, что 194 человека из них прибыли на личных автомобилях, можно утверждать, что рассматриваемая территория генерирует примерно 433 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.

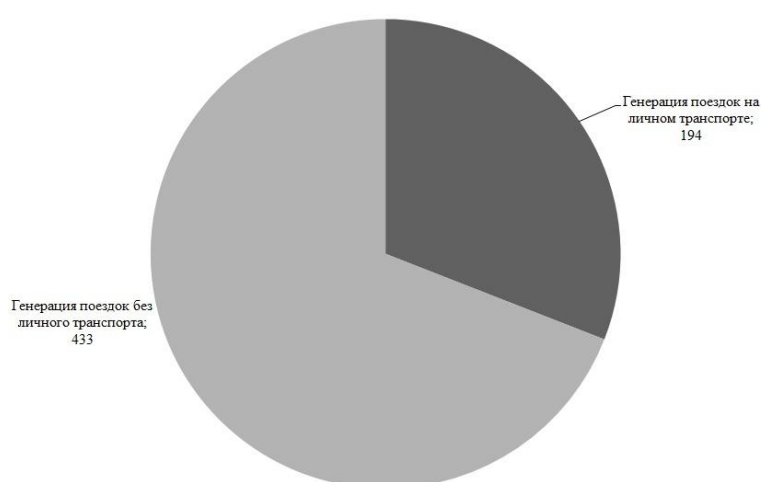


Рис. 6 – «Распределение генерации поездок

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 супермаркетом (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели генерации «Сбербанка»

№ 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	150	1	150	194	433	0,2392	4,18
Сумма	150	-	150	627			

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).

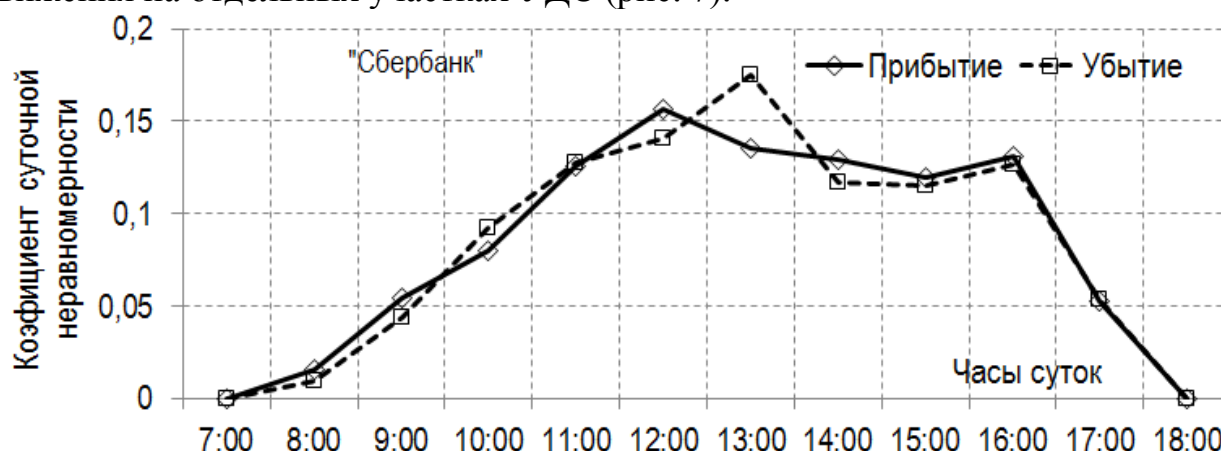


Рис. 5 – «Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток»

Тематика дальнейших исследований может быть направлена на выявление основных характеристик отделений «Сбербанка» в будние и праздничные дни, а также в различной удаленности от центра города.

Библиографический список:

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: Пшемьсль. Польша. Издательский дом «Образование и наука» 96 стр, 2012. – С. 3 – 7.
4. Зедгенизова, А.Н., Зедгенизов А.В., Липницкий А.С. Оценка объема генерации корреспонденций к крупному вузу на примере ИрГТУ// Вестник ИрГТУ: Научный журнал № 9 (68). – Иркутск, 2012. С. 128-134.
5. Trip Generation, 8th Edition. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers (ITE), 2008.

Показатели транспортной сети Иркутской области

М.А. Матвеева, А.В. Белоусова, Е.А. Черникова, М.Н. Воронов

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

Приведены результаты анализа статистических данных о работе транспортного комплекса Иркутской области в динамике за последние десять лет. По полученной динамике сделаны соответствующие выводы, а так же выявлена основная причина отказа от транспорта общего пользования.

Ключевые слова: *транспортная сеть, транспортная система, грузооборот, пассажирооборот, протяженность автомобильных дорог, автомобильные дороги общего пользования.*

Матвеева Мария Александровна, студент ИрГТУ, ОАП-08-1 тел.: 89500659466

Белоусова Анастасия Владимировна, студент ИрГТУ, ОАП-08-1, тел.: 89025761362

Черникова Екатерина Андреевна, студент ИрГТУ, ОАП-08-1 тел.: 89086478876

Воронов Михаил Николаевич, студент ИрГТУ, ОАП-08-1 тел.: 89500659177

В Иркутской области достаточно развитая **транспортная система**, в ней присутствуют все виды **транспорта**:

- воздушный;
- водный;
- железнодорожный;
- автомобильный.

Основным транспортом является железнодорожный. За год по рельсам перевозится почти 70 млн. тонн грузов.

Воздушные перевозки производятся через два аэропорта: **Иркутска** и **Братска**.

По территории области протекают крупнейшие **судоходные** реки — **Ангара, Лена, Нижняя Тунгуска**, обусловившие развитие водного транспорта, на долю которого приходится порядка 10 % общего грузооборота.

Развитая сеть автомобильных **дорог** позволяет перевозить грузы автотранспортом в большинство населенных пунктов области. По протяжённости автомобильных дорог область занимает второе место в Сибирском федеральном округе. В государственной собственности Иркутской области находится 18863 км автомобильных дорог общего

пользования, их них: автомобильные дороги общего пользования регионального или межмуниципального значения – 6500 км, автомобильные дороги общего пользования местного значения – 12363 км. Значительная часть автомобильных дорог общего пользования имеет высокую степень износа. Работа всех видов транспорта общего пользования отображена в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели работы всех видов транспорта общего пользования

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	20010	2011	2012
Общая протяженность Автом. дорог. общего пользования, км	13601	13643	13894	13909	14138	14127	14116	14125	14140	18863
Отправлено грузов, тыс. тонн.	58523	70380	75226	85358	82830	82960	79510	90229	112534	123024
Грузооборот, млн.тонн.км	65735	70134	85196	77679	80780	90407	96474	107105	120116	128423
Отправлено пасс., млн.чел.	421,3	324,2	296,6	209,2	202,8	189,7	177,6	152,1	149	161,4
Пассажирооборот, млн.пасс-км.	6176	5851	5402	5655	5871	5936	5851	4834	4716	5031

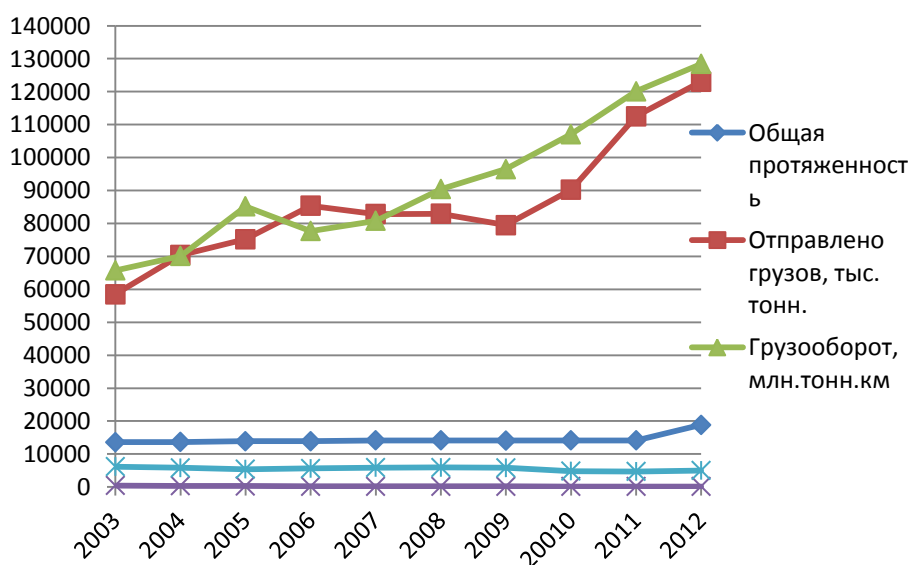


Рисунок 1 – Основные показатели работы транспорта общего пользования

По рисунку 1 видно, что в динамике за десять лет происходило как увеличение, так и уменьшение показателей, так например, количество отправленных грузов имеет характер ломаной линии в период с 2003 года по 2009 год, после чего происходило постепенное увеличение данного показателя.

Грузооборот увеличивался во всем периоде, за исключением 2005-2007 гг., в которых произошло резкое снижение.

В связи с тем, что транспортная сеть Иркутской области за рассмотренный период развивалась, соответственно и общая протяженность автомобильных дорог общего пользования постепенно увеличивалась, но в период 2011-2012гг. произошло резкое увеличение. За счет резкого увеличения протяженности автомобильных дорог появились новые возможности в перевозках грузов и пассажиров, поэтому за этот период произошло увеличение таких показателей как: грузооборот, пассажирооборот, а так же количество отправленных грузов и пассажиров.

Рассмотрим показатели грузооборота и количество перевезенных грузов, а так же пассажирооборот и количество перевезенных пассажиров в Иркутской области в целом и в ряде других крупных городов данного региона в таблице 2.

Таблица 2 – Перевозка грузов и пассажиров автомобильным транспортом по муниципальным образованиям

	Перевезено грузов	Грузооборот	Перевезено пассажиров	Пассажирооборот
	тыс. тонн	тыс. т-км	тыс. чел.	тыс. пасс-км
Иркутская область	14581,2	173478,9	70714,8	1086359
МО г. Братска	4014,5	22226	19796,3	284263,4
г. Иркутск	566,4	48439,6	25890,4	416894
г. Усть-Илимск	108,1	8111,3	4631,7	54739,4
г. Усолье-Сибирское	6,5	2598,4	1661,2	9818,4

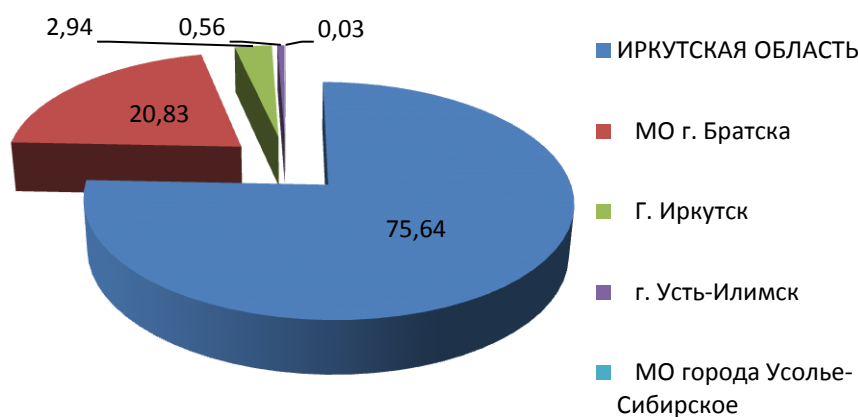


Рисунок 2- Доля перевезенных грузов автомобильным транспортом по муниципальным образованиям

Исходя из рисунка 2, можно сделать вывод, что основные грузовые перевозки осуществляются по территории Иркутской области, в частности большинство из них проходят по Братскому муниципальному образованию, такая же тенденция наблюдается и относительно доли перевезенных пассажиров в области пассажирских перевозок, представленных на рисунке 3.

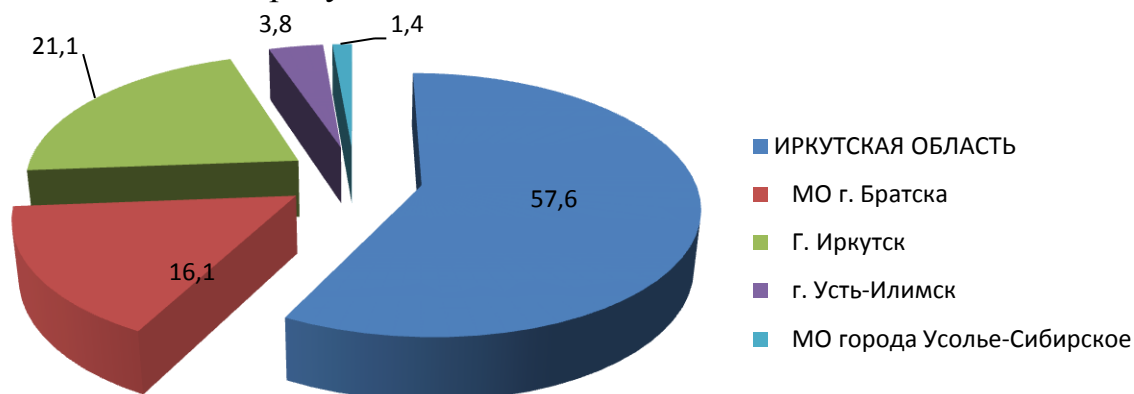


Рисунок 3 - Доля перевезенных пассажиров транспортом общего пользования по муниципальным образованиям

Несмотря на развитость сети Иркутской области, главной проблемой остается качество перевозки грузов и пассажиров, в связи с этим большинство людей по возможности пользуются личным транспортом.

Список использованной литературы:

1. Статистический бюллетень Росстат «Транспорт и связь» г. Иркутск, 2012г.
2. Электронный ресурс «Портал Иркутской области» www.irkobl.ru
3. Электронный ресурс http://ru.wikipedia.org/wiki/Транспорт_в_Иркутской_области

К вопросу о введении приоритета движения общественного транспорта

Занозина Надежда Михайловна, студентка группы ОБД-08, e-mail: nadya.zanozina@tl-istu.com

Левашев Алексей Георгиевич, доцент кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: transport@istu.edu

Лыткина Алла Александровна, старший преподаватель кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: allalytkina@yandex.ru

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

Рассмотрены проблемы введения приоритета движения общественного транспорта. Рассмотрены виды активного и пассивного приоритета, включая применение светофорной сигнализации.

Ключевые слова: приоритет движения общественного транспорта, активный и пассивный приоритет движения общественного транспорта.

Необходимость в перемещении наряду с прогрессом в технической сфере и ростом экономики привели к значительному росту уровня автомобилизации. В Иркутской области число индивидуальных автомобилей на 1000 человек возросло с 5 (в 1970 г) до 230 в наше время. Большое количество легковых автомобилей на улично-дорожной сети города ведёт к её перегрузке, что выражается в снижении скоростей движения, повышении плотности транспортных потоков, образовании заторов. В связи с этим, установленные в действующих российских строительных нормах и правилах нормативы времени на перемещение, часто не могут быть выполнены. В Иркутске, например, уже в 2006 году 45% поездок населения по рабочим целям превышали норму - 38 минут. [1]

Строительство дорог и рациональная организация дорожного движения в городе позволят значительно улучшить качество транспортного процесса. Хотя, увеличение плотности УДС возможно лишь до определённого предела, а организационные мероприятия при достижении некоторых значений насыщенности сетей не могут принести значительного результата.

Один из вариантов решения проблемы в условиях сложившейся исторической застройки – это сокращение числа индивидуальных транспортных средств за счёт развития, повышения конкурентоспособности общественного транспорта.

Отказ населения от использования личного автотранспорта в пользу общественного – реальная возможность снижения загруженности УДС. Например, при использовании полной вместимости автобуса с общим числом мест 84 за 1 час можно перевезти 10000 чел., а легковым автомобилем с 4 пассажирскими местами – 1400 чел. [2]

Для населения решающими факторами при выборе способа передвижения являются: минимальное время ожидания и поездки, безопасность, экономичность, комфортабельность. Эти параметры, кроме времени поездки, напрямую зависят от работы транспортной компании. На продолжительность поездки большое влияние оказывает общий уровень организации движения в городе. В зарубежных странах, например в Англии, США уже давно для цели сокращения длительности поездки на общественном транспорте и повышения его конкурентоспособности используют системы предоставления приоритета. В России внедрение этих систем находится на начальном этапе и является скорее исключением, чем правилом, поэтому сейчас важно изучить методы, особенности систем предоставления приоритета на примере стран, активно их использующих, а в дальнейшем адаптировать их для работы в Российских условиях.

Система приоритета городского пассажирского транспорта (далее ГПТ) должна охватывать все элементы УДС, т.е. как перегоны, так и узлы.

На перегонах обеспечить приоритет ГПТ возможно с помощью выделения специальных полос, доступ на которые ограничен для всех транспортных средств, за исключением общественного пассажирского транспорта и подвижного состава специальных служб (скорая помощь и т.п.).

Полосы для общественного транспорта должны быть заложены на одном из этапов создания комплексной схемы организации движения города, а исходными материалами должны служить результаты натурных исследований городского движения. Большое внимание нужно уделить поперечным профилям дорог со специальной полосой.

Сложность реализации этих полос заключается в полном отсутствии в российской технической документации критериев их применения. Опыт Москвы по обеспечению приоритета общественного транспорта с помощью выделенных полос явно свидетельствует о необходимости формирования вышеупомянутых критериев, а также классификационной системы, позволяющей использовать различные конструкции полос для широких условий применения.

В зарубежных странах полосы для движения общественного транспорта располагают чаще всего вдоль обочин. Такое расположение сводит к минимуму воздействие на основной транспортный поток, но ставит автобусы в конкуренцию с транспортными средствами, совершающими повороты, остановки на обочине для посадки-высадки пассажиров, для поставки материалов местным предприятиям, или для

парковки. В некоторых городах для уменьшения влияния приведённого негативного фактора смещают полосы, оставляя часть обочины (Нью-Йорк, Сан-Франциско), используют физические барьеры (Париж), рисунок 1, 2. Совершенно иной подход к решению этой проблемы применяют в Сеуле. Там полосы для движения общественного транспорта размещают в середине улиц с двухсторонним движением, рисунок 3.

Основными критериями для определения типа выделенной полосы, используемыми в зарубежных странах являются объём пассажиропотока и интенсивность движения автобусов. При этом определяющие значения этих параметров, предлагаемые специалистами разных стран, имеют определённые различия. В США и Великобритании указываются гораздо меньшие значения интенсивности движения маршрутного транспорта, чем в Южной Корее. Так, минимальное условие для выделения крайней правой полосы в направлении движения транспортного потока в США – это интенсивность автобусов 30-40 авт./ч и пассажиропоток – 1200-1600 пасс./ч, а в Южной Корее – 60 и 1800 соответственно.[3]

Ширина выделенной полосы также имеет большое значение, так как от этого зависит безопасность пассажиров. Стандартные автобусы в Северной Америке имеют ширину от 2,6 м и до 3,2 м с боковыми зеркалами. Поэтому минимальная рекомендуемая ширина обособленной полосы в США составляет 3,4 м. В центрах городов ширина полосы как правило значительно уже. В Сиднее минимальная ширина полосы для общественного транспорта составляет 2,8 м, в Лондоне и Париже – 3 м, а в Нью-Йорке - 3,05 м. При этом ширина полосы зависит также от организованного на ней направления движения, которое может быть попутным или встречным основному потоку. Так при движении во встречном направлении минимальная ширина полосы – 3,75 м. [4]

Полосы для приоритета ГПТ существуют в сложных условиях, где мероприятия по улучшению мобильности общественного транспорта должны быть сбалансированы с потребностями в доступе и мобильности других пользователей транспортной системы. Этот баланс, может быть достигнут различными способами, например, предоставлением при определённых условиях доступа к выделенной полосе или планированием способов использования полосы в различное время суток, таблица 1.



Рисунок 1 – Смещённая полоса для движения общественного транспорта [4]



Рисунок 2 – Полоса общественного транспорта, отделённая от общего потока бордюром и клумбой [4]



Рисунок 3 – Срединное размещение [4]

Таблица 1 – Использование режимов работы выделенных полос в % [4]

Часы работы	Лондон	Лос-Анджелес	Нью-Йорк	Париж	Сан-Франциско	Сеул	Сидней
24 часа, 7 дней в неделю	29	-	<2	100	66	44	12
дневные часы, обычно в будни	25	-	40	-	11	32	18
только в пиковые периоды	46	100	58	-	13	24	70

Почти везде разрешено общее использование выделенных полос ГПТ для осуществления поворотов направо (или налево в странах с левосторонним движением), а также для доступа к отрезанным подъездным путям. При этом расстояние, которое можно преодолеть на личном транспорте до осуществления поворота по выделенной полосе различается в разных городах. Так в Лондоне предельными считаются 66 метров, а в Сиднее – 328. Такси также допускается использовать полосу общественного транспорта для посадки-высадки пассажиров.

На регулируемых пересечениях предоставление приоритета ГПТ сводится к изменению режима регулирования на светофорном объекте с целью минимизации задержки общественного транспорта. Рациональная организация движения на подходах позволяет сократить задержки, как для общественного транспорта, так и для общего потока. Некоторые возможные варианты организации движения на подходах к перекрёстку:

- добавление полосы для движения ГПТ на подходе, рисунок 4 (а);
- запрещение движения общего потока на одной из полос подхода, рисунок 4 (б);
- использование разнесённых стоп-линий, рисунок 4 (в).

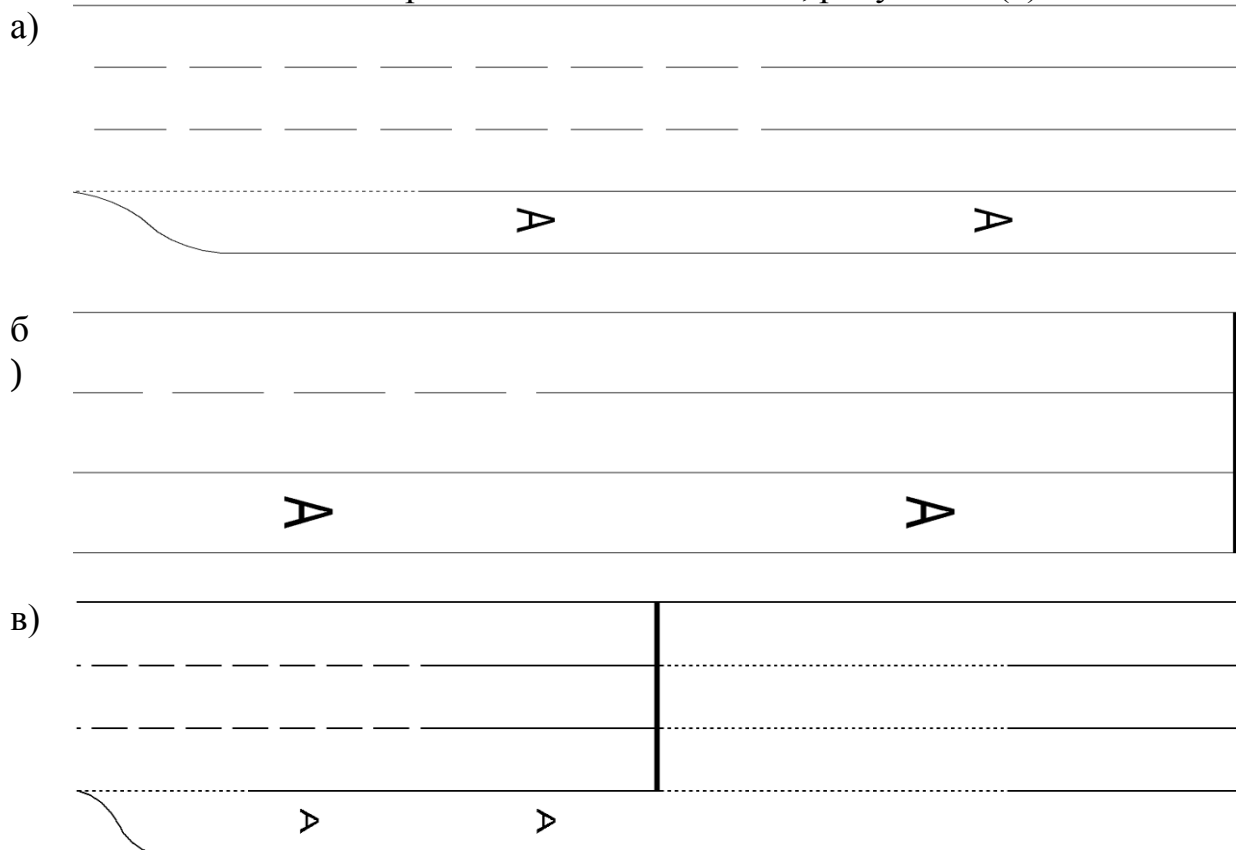


Рисунок 4 – Организация движения на подходах

По каждому из приведённых выше вариантов должны быть разработаны критерии наиболее эффективного применения.

Приоритет проезда регулируемого пересечения разделяют на пассивный и активный.

Технология обеспечения пассивного приоритета не учитывает в явном виде фактическое местонахождение транспортного средства. Исходными данными здесь являются предварительно составленные циклы работы сигналов светофоров, которые получены на основе статистически надежных измерений режима движения автобусов.[5] Использование пассивного приоритета повышает вероятность безостановочного проезда через пересечение общественного транспорта.

Пути предоставления:

- укорочение продолжительности цикла может уменьшить задержку проезжающих транспортных средств;

- деление фаз: фаза, в течение которой могут проехать транспортные средства общественного транспорта, вводится до/между другими фазами;
- расчёт графиков движения и временной сдвиг для координированного управления с учетом скорости ГПТ на перегоне;

Под активным приоритетом подразумевают метод регулирования движения, основанный на применении специальных детекторов транспорта, которые регистрируют проезд транспортного средства. Сигналы от детектора поступают в систему регулирования движения на перекрестке и включают сигнал светофора, который обеспечивает проезд перекрестка с малой задержкой или даже без задержки. [5]

Пути предоставления приоритета:

- увеличение продолжительности зеленого времени, в случае прибытия автобуса к окончанию разрешающего сигнала;
- раннее включение зелёного сигнала, в случае прибытия автобуса к стоп-линии во время горения красного сигнала;
- введение специальной фазы для движения ГПТ;
- исключение сигнальных групп, для ускорения перехода в фазу с приоритетным транспортом.

Приоритет общественного транспорта может быть установлен отдельно или как часть комплекса мер по всей линии маршрута, поэтому очень важно, что технологические и физические меры призваны дополнять друг друга.

Основными компонентами системы являются:

- устройства определения местоположения транспортного средства;
- линии связи;
- данные процессора (местного или центрального);
- устройства управления дорожным движением.

Для определения местоположения единиц общественного транспорта, не использующих контакты, используются такие технологии как:

- петлевой детектор;
- придорожный маяк;
- индуктивный детектор с функцией распознавания профиля автомобиля;
- система глобального позиционирования.

Петлевой детектор, установленный под дорожное полотно, взаимодействует с приёмо-передатчиками, которыми должен быть оборудован весь подвижной состав городского пассажирского транспорта. Информация, полученная детектором, передаётся в центр управления, где определяется необходимость предоставления приоритета. Управляющее решение передаётся на локальное устройство управления.

Придорожные маяки выполняют ту же функцию, что и детекторы, получая информацию при взаимодействии с приёмо-передатчиками транспортных средств.

Обе указанные выше технологии требуют обязательного оснащения транспортных средств эмиттерами.

Детектор с функцией распознавания типа транспортного средства – технология, не требующая установки дополнительного оборудования на транспортные средства.

Все вышеперечисленные технологии основаны на работе устройств, стационарно установленных на маршрутной сети. При изменении отдельных маршрутов или расширении всей сети необходимо оперативно установить дополнительную аппаратуру в контрольных точках, иначе система предоставления приоритета будет работать не везде.

Более гибкие системы используют GPS для определения положения и блоки связи, установленные на транспортных средствах, которые передают посредством радиосети и в регулярных интервалах данные о местонахождении транспортного средства от центра, из которого обеспечена коммуникационная связь с устройством управления.

Хорошо организованная работа общественного транспорта – составляющая благополучной работы транспортной системы в целом.

По данным зарубежных источников [4] организация приоритетного движения ГПТ значительно улучшает эффективность его работы и повышает конкурентоспособность, что выражается в росте количества перевезённых пассажиров.

Библиографический список:

1. Левашев А.Г. Об опыте организации дорожного движения в районе крупных торговых центров // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов девятой международной научно-практической конференции / СПб гос. архит.-строит. ун-т. СПб., 2010. – 325 с.
2. Организация и безопасность движения: Учеб. пособие /И. Н. Пугачёв. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2004. –232 с.
3. Критерии выделения полос приоритетного движения маршрутного пассажирского транспорта/ А.Ю. Михайлов, А.А. Антонова// Проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: сб. статей. – Екатеринбург, 2006. – 254 с.
4. Asha Weinstein Agrawal. Shared-Use Bus Priority Lanes on City Streets: Case Studies in Design and Management/Asha Weinstein Agrawal, Todd Goldman, Nancy Hannaford// Mineta Transportation Institute. - 2012.-211.
5. Пржибыл П. Телематика на транспорте/ П. Пржибыл, М. Свитек; пер. с чешского В. Бузковой. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003-540с.

Измерение параметров транспортных потоков на кольцевых пересечениях

Иванченко Екатерина Сергеевна, магистрант гр. ЛМБМ-12, e-mail: ivanchenkokate@mail.ru

Мункуева ЮлияАлдаровна студент гр. ОБД-08-1, e-mail: transport@istu.edu

Шкедов Дмитрий Геннадьевич, студент гр. ОБД-08-1, e-mail: cherdak592@yandex.ru

Левашев Алексей Георгиевич, доцент кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: transport@istu.edu

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

В статье рассматривается российский и зарубежный опыт применение кольцевых пересечений как элемента улично-дорожной сети с более высокой пропускной способностью в сравнении с нерегулируемыми пересечениями. Приводятся справочные данные геометрических параметров кольцевых пересечений и формулы по оценке их пропускной способности.

Ключевые слова: нерегулируемое пересечение, кольцевое пересечение, пропускная способность, параметры транспортного потока на кольцевых пересечениях.

Одной из важнейших проблем эксплуатации автомобильного транспорта в нашей стране является состояние безопасности дорожного движения в российских городах. Концентрация ДТП отмечается, в том числе, на нерегулируемых перекрестках, составляющих значительную долю всех пересечений городских улично-дорожных сетей (УДС). В соответствии с данными международной статистики переоборудование нерегулируемых пересечений в кольцевые пересечения малого и среднего диаметра позволяет снизить аварийность на 40-80% (таблица 1), что обусловило широкое распространение «современных кольцевых пересечений» (modernroundabouts). Этим термином обозначаются кольцевые пересечения малого и среднего диаметра, имеющие приоритет движения по кольцевой проезжей части и целый ряд особенностей проектирования геометрических элементов, обеспечивающих проезд длинномерных транспортных средств и безопасное движение пешеходов. Такие кольцевые пересечения получили широкое применение в США, Канаде, большинстве стран Западной Европы, Израиле и англоязычных странах Австралии, Новой Зеландии, Южной Африке. Масштабы применения современных кольцевых пересечений характеризуются

следующими цифрами: по данным английской прессы в Великобритании насчитывается 5000 таких пересечений; во Франции в конце 1994 г. насчитывалось около 12080 современных кольцевых пересечений, а в 2005 г. их уже было более 27000. В российской практике организации дорожного движения (ОДД) кольцевые пересечения еще не получили должного применения. Поэтому важны исследования, доказывающие, что компактные кольцевые пересечения, признанные в мировой практике одним из самых эффективных средств снижения аварийности, позволяют повысить качество ОДД и по другим показателям.

Анализ мировой практики ОДД[1-4] убедительно свидетельствует о существовании эффективных методов повышения безопасности движения, применимых для пересечений местной УДС. Самым эффективным мероприятием является переоборудование нерегулируемых пересечений в современные кольцевые пересечения (таблица 1). Одной из составляющих такой эффективности является высокая безопасность движения пешеходов на этих пересечениях.

Таблица 1 – Изменение аварийности при применении компактных колец и мини-колец.

страна	Среднее количество ДТП за год на пересечении		Изменение показателя, %
	До переоборудования	После переоборудования в кольцевое пересечение	
Австралия	1,045	0,57	-45
Бельгия	1,352	0,789	-42
Великобритания	-	1,77	-
Нидерланды	4,9	2,4	-51
США	5,9	1,43	-75
Франция	1,42	0,31	-78

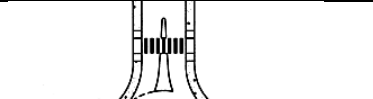
Современному кольцевому пересечению - ModernRoundabouts (таблица 2) соответствуют кольцевые пересечения малого и среднего диаметра (по классификации В.В. Сильянова).

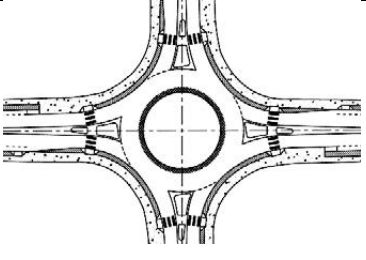
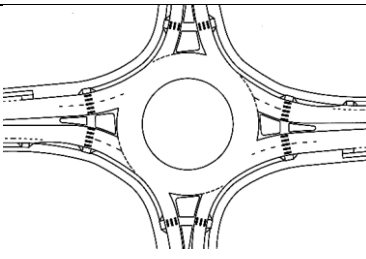
В силу своих геометрических параметров все пересечения, представленные в табл. 2, не требуют значительной территории. Поскольку в Российской Федерации нет опыта эксплуатации колец мини-колец, центральные островки которых выделяются разметкой или выполняются пологими и приподнятыми на 10-12 см, внедрение этого типа пересечений может сопровождаться нарушениями правил движения. Поэтому представляется, что для российской практики пока более

актуальны компактные кольцевые пересечения:

- компактные кольца могут размещаться в габаритах красных линий на магистральных улицах районного значения, имеющих две полосы движения, и на местных улицах;
- в отличие от мини-колец, компактные кольца имеют выделенный бортовым камнем центральный островок, что важно в условиях низкой дисциплины водителей;
- применяемые конструкции центральных островков компактных колец (Англия, Германия, США, Франция) предусматривают движение длинномерных транспортных средств (центральный островок включает наклонную краевую полосу шириной 1-2 м, на которую заезжают длинномерные грузовые автомобили и автобусы). Поскольку эффективность современных кольцевых пересечений как средства снижения аварийности убедительно доказана мировой статистикой, оценке подлежит применимость таких пересечений с позиций обеспечения пропускной способности и приемлемых уровней задержек. В этой связи данное исследование посвящено сравнительному анализу компактных кольцевых пересечений и нерегулируемых пересечений с использованием показателей суммарная пропускная способность и суммарные задержки транспортных средств. На этом основании сформулированы цель и задачи исследования.

Таблица 2- Классификация кольцевых пересечений малого и среднего диаметра.

Тип кольцевого пересечения	Расчетная скорость, км/ч	Внешний диаметр кольцевой проезжей части, м
Мини-кольцо Mini-Roundabout Центральный островок выделяется разметкой или выполняется приподнятым на 10-12 см		25 13 – 25

Городское компактное кольцо UrbanCompactRoundabout Центральный островок выделяется бортовым камнем		25	25 – 30
Городское кольцо (по одной полосе на входе) Urban Single Lane Roundabout Центральный островок выделяется бортовым камнем		35	30 – 40

В настоящее время в расчетах пропускной способности нерегулируемых кольцевых пересечений применяются модели, строго соответствующие только определенным типам распределения интервалов в главном потоке.

В случае использования **экспоненциального распределения** плотность распределения интервалов в потоке имеет вид:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1)$$

где λ - параметр распределения, авт./с; $3600q = \lambda$; q - интенсивность движения, авт./ч.

Несколько точнее транспортный поток описывает **смещенное экспоненциальное распределение**. Предполагается, что интервалы в потоке имеют величину более t_m , но при этом подчиняются экспоненциальному распределению. Соответственно рассматривается как

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t < t_m, \\ \lambda e^{-\lambda(t-t_m)}, & \text{если } t \geq t_m, \end{cases}$$

(2)

где λ - параметр распределения, $\lambda = q/(1 - t_m q)$; t_m ; t_m - параметр смещения (величина минимального интервала в потоке), с.

В городских условиях часто в потоке имеются пачки (например, влияет светофорное регулирование) и поэтому поток следует рассматривать состоящим из двух частей – связанной и свободной. В этой связи используется **дихотомическое распределение**, которое предложил R.J. Covan (распределение получило название Covan's M3)

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t < t_m, \\ \alpha \lambda e^{-\lambda(t-t_m)}, & \text{если } t \geq t_m, \end{cases} \quad (3)$$

где α – доля свободной части транспортного потока; λ – параметр распределения, определяемый формулой (3).

С целью использования распределения Кована (Covan's M3) R.J. Troutbeck модифицировал модель оценки пропускной способности Таннера

$$Q_e = \frac{3600(1-\theta)q_p e^{-\lambda(t_c-t_m)}}{1-e^{-\lambda t_f}} = \frac{3600 \alpha q_p e^{-\lambda(t_c-t_m)}}{1-e^{-\lambda t_f}}, \quad (4)$$

где Q_e – пропускная способность второстепенного направления на пересечении,

авт./ч; θ – доля связанной части потока главного направления (доля транспортных

средств в пачках); q_p – интенсивность движения на главном направлении, авт./с; t_c – критический интервал, с; λ – параметр распределения интервалов в главном потоке;

t_m – минимальный интервал между транспортными средствами главного потока, с;

t_f – интервал следования из очереди второстепенного потока, с.

Библиографический список:

1. <http://www.ukmotorists.com/Using UK Roundabouts Safely.mht>
2. TD 16/07. Geometric Design of Roundabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Volume 6, Section 2, Junctions 2007, 51 p.
3. TD 16/93. Geometric Design of Roundabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Volume 6, Section 2, Junctions, 1993, 61 p.
4. TD 54/07. Design of Mini-roundabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Volume 6, Section 2, Junctions, 2007. 31 p.

Измерение задержек транспорта

Долгопольская Алена Николаевна, студентка гр. ОБДз-07, e-mail: dolgopolskaya68@mail.ru

Иосифова Александра Юрьевна, студентка гр. ОБДз-07, e-mail: aliy.iosifova@inbox.ru

Пинюга Дарья Андреевна, студентка гр. ОБДз-07, e-mail: darya.pinyuga@mail.ru

Левашев Алексей Георгиевич, доцент кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: transport@istu.edu

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

Рассмотрены проблемы измерения транспортной задержки на регулируемом пересечении. Представлена технология проведения измерений с применением специальных бланков.

Ключевые слова: транспортная задержка, измерение транспортной задержки.

Рост автомобильного парка в городе Иркутске и повышение интенсивности дорожного движения привели к снижению скорости движения, возникновению задержек в транспортных узлах, ухудшению условий движения, повышению загазованности и уровня шума в городской застройке, росту аварийности на улично-дорожной сети. Все это вызывает необходимость разработки эффективных мероприятий по устранению подобных негативных последствий. Поэтому проблема организации и безопасности движения ставит важнейшую градостроительную задачу, от правильного решения которой зависят надежность и качество функционирования всей городской транспортной системы и возможности реализации необходимых инженерно-технических решений. При определении характеристик дорожного движения в первую очередь необходимы данные, характеризующие транспортный поток. Наиболее характерными показателями транспортного потока являются интенсивность движения, состав потока, задержки движения. Все показатели определяются путем натуральных измерений. Исследования лучше всего проводить в рабочие дни в период наибольшей интенсивности движения автомобилей.

Основным критерием, по которому осуществляется оценка эффективности на пересечении, а также от которого зависит уровень обслуживания на пересечении является задержка транспорта.

Задержки автомобилей на перекрестках можно исследовать различными методами. Наиболее точные результаты могут быть получены при регистрации продолжительности остановки непосредственно каждого остановившегося транспортного средства. Однако такое наблюдение очень трудоемко. В качестве альтернативы определению величины задержки регулирования с помощью специальных формул, можно применять непосредственное ее измерение на местности. Существует ряд различных методик измерения величины задержки регулирования, основанных на наблюдениях за специально отмеченными транспортными средствами, на изучении траектории движения транспортных средств, а также основанных на подсчете числа прибывающих и убывающих с перекрестка транспортных средств от цикла к циклу. Метод, описанный ниже, основан на непосредственном измерении количества транспортных средств в очереди у перекрестка, и, как правило, требует по два человека на одну обследуемую полосу движения. Также требуется цифровой таймер, обладающий функцией суммирования, повторного отсчета с единицей шкалы деления равной 1 с. Также необходим планшет подсчета количества транспортных средств с, как минимум, двумя счетчиками. В качестве альтернативы можно использовать ноутбук, настроенный на произведение звуковых сигналах через специально заданные интервалы, а затем по данным значениям объемов транспортных средств подсчитывать задержку регулирования, тем самым, упрощая обработку данных.

В целом, этот метод пригоден для всех регулируемых перекрестков, интенсивность движения на которых не превышает их пропускной способности. Для перекрестков, на которых имеет место перенасыщение, такой метод неприменим. В условиях перенасыщения требуется большее количество обследующего персонала, при этом могут быть использованы такие методы, как: техника “вход-выход” или техника обследования “по зонам”.

При использовании техники входа-выхода, разные наблюдатели считают прибытие транспортных средств отдельно от их убытия, а затем количество автомобилей в очереди подсчитывается, как среднее значение разности подсчитанных значений. При использовании техники обследования по зонам, необходимо разделить подход по отдельным участкам обследования, в которых будут подсчитываться транспортные средства, относящиеся к очереди. Обе перечисленные техники обследования требуют большего количества наблюдателей и являются более сложными.

Описываемый в этом разделе метод может быть применим для случаев, когда средний максимум длины очереди транспортных средств, имеющей место на данном перекрестке не превышает 20 – 25 автомобилей на полосу движения за цикл. В случае, если очередь является достаточно длинной, или отношение интенсивности движения к пропускной

способности приблизительно равно 1,0, то необходимо продолжать подсчет прибывающих автомобилей после основного периода наблюдения, как это описано ниже.

БЛАНК ИЗМЕРЕНИЯ ЗАДЕРЖКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НА МЕСТНОСТИ											
Общая информация				Частная информация							
Исследователь _____				Перекресток _____							
Организация _____				Юрисдикция _____							
Дата _____				Тип района _____							
Период обследования _____				Год обслед-я _____							
Исходные данные											
Количество полос, N _____				Общее кол-во прибывш. авто, V_{tot} _____							
Скорость своб. движ-я, FFS (км/ч) _____				Остановившиеся автомобили, V_{stop} _____							
Интервал измерения, I_s (с) _____				Цикл регулирования, C (с) _____							
Исходные данные измерений											
Время на часах	Номер цикла	Количество транспортных средств в очереди									
		Интервал наблюдения									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее значение											
Вычисления											
Общее кол-во автом. в очереди, $\sum V_{iq} =$ _____											
Время в очереди на автомобиль,				Количество обследованных циклов, $N_c =$ _____							
$d_{vq} = (I_s * \frac{\sum V_{iq}}{V_{tot}}) * 0,9$ _____ с				Доля остановившихся автомоб., $FVS = \frac{V_{STOP}}{V_{TOT}}$ _____							
Количество остановившихся автомобилей за цикл				Задержка от ускор-я / замедл-я, $d_{ad} = FVS * CF$ _____ с							
на полосе = $\frac{V_{STOP}}{(N_c \times N)}$ _____				Задержка регулирования на автомобиль, $d_{vq} + d_{ad}$ _____ с							
Фактор, учитывающий ускорение / замедление, CF (табл. 2.15) _____											

Рисунок 1 – Бланк измерения величины задержки регулирования на местности

Этот метод не дает возможности непосредственно подсчитывать задержку в период ускорения и замедления движения транспортных средств, что сделать достаточно трудно без специального оборудования. Однако он позволяет измерять достаточно точное значение задержки. В

этом методе используются факторы, корректирующие ошибки, связанные с использованием такой достаточно простой методики, и в частности ошибки, связанные с ускорением и замедлением движения. Фактор, учитывающий ускорение и замедление, является функцией среднего значения транспортных средств в очереди в каждом цикле от скорости свободного движения транспортных средств (при движении беспрепятственно).

На рисунке 1 показан рабочий лист, который может быть использовать при измерении средней задержки транспортных средств в очереди. Перед проведением детализированного обследования наблюдателю необходимо провести измерение величины скорости свободного движения в течение обследуемого периода.

Скорость свободного движения, это такая скорость движения, с которой транспортные средства пересекают регулируемый перекресток, при условии, что зеленый сигнал для данного движения горит в течение всего цикла. Данную скорость движения можно измерить, проехав на автомобиле данный перекресток несколько раз в течение зеленого сигнала при отсутствии очереди. При этом измерение необходимо проводить в той части перекрестка, где имеет место наименьшее влияние на транспортное средство от светофора. Как правило, такой участок выбирается в средней части перекрестка.

Обследование должно начинаться в начале красного сигнала для рассматриваемой группы движения, при этом желательно, чтобы в начале обследования отсутствовала остаточная очередь транспортных средств, не успевших разъехаться в течение предыдущего цикла регулирования. В противном случае количество автомобилей, не успевших разъехаться в течение предыдущего цикла, должно быть исключено из последующих измерений.

Первый исследователь должен выполнять следующие действия:

1. Необходимо постоянно следить за последним остановившимся автомобилем в очереди в каждой полосе в течение всего периода обследования для каждого цикла регулирования. Здесь необходимо учитывать те транспортные средства, которые прибыли в течение зеленого сигнала, но вынуждены были остановиться из-за того, что впереди стоящее транспортное средство еще не успело проехать перекресток. Остановившимся транспортным средством считается такое, которое приблизилось к последнему автомобилю в очереди на расстояние равное длине легкового автомобиля и само при этом находится на грани остановки.

2. Через постоянные интервалы от 10 до 20 с необходимо записывать количество транспортных средств в очереди (используя цифровой таймер). В качестве постоянного интервала не должно выбираться число, на которое делилась бы без остатка длительность цикла

регулирования (т.е. если цикл = 120 с, то интервал измерения может быть равен 14 с или 16 с, а не 15 с). При этом в очередь включаются все автомобили, не спевшие проехать стоп-линию, включая последний автомобиль в очереди, определение которого описано в пункте 1. За пересечение стоп-линии автомобилем, движущимся прямо, принимается момент проезда над стоп-линией его заднего бампера. За пересечение стоп-линии автомобилем, движущимся налево или направо, принимается момент проезда его заднего бампера конфликтной зоны с противоположным транспортным потоком или с пешеходным потоком, которым он должен уступать движение, когда она вновь начинает ускоряться до скорости свободного движения. Необходимо отметить, что в состав очереди часто включаются автомобили, которые успели разогнаться до скорости свободного движения, но еще не проехали стоп-линию.

3. Необходимо вносить количество автомобилей в очереди в соответствующую ячейку бланка. Для того, чтобы упростить процесс подсчета, необходимо выбирать длительность периода обследования выбирать кратной длительности цикла регулирования.

4. В конце периода обследования необходимо продолжать подсчет автомобилей в очереди до тех пор, пока выбранные в качестве последних автомобили не проедут стоп-линию. При этом учитываются лишь те автомобили, которые находятся перед последним транспортным средством в очереди, включая само последнее транспортное средство.

Второй исследователь должен выполнять следующие действия:

1. В течение всего периода обследования необходимо подсчитывать отдельно общее количество прибывающих транспортных средств и общее количество прибывающих транспортных средств, которые испытали остановку один или более раз. При этом автомобили, остановившиеся более чем один раз, необходимо учитывать лишь единожды.

Обработку экспериментальных данных следует осуществлять следующим образом:

1. Необходимо суммировать все значения в столбцах, а суммировать получившиеся значения. Значением этой суммы будет общее количество автомобилей в очереди за весь период обследования.

2. Общее значение задержки в очереди на одно прибывающее транспортное средство рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Средняя задержка в очереди} = \left(I_s * \frac{\sum V_{iq}}{V_{tot}} \right) * 0,9, \quad (5)$$

где I_s - длительность интервала измерения (часто принимается равным около 15 с), с;

$\sum V_{iq}$ - сумма автомобилей в очереди за весь период обследования, прив.ед.;

V_{tot} - сумма автомобилей прибывших к перекрестку в течение всего периода обследования, прив.ед;

0,9 – эмпирический коэффициент приведения.

Коэффициент приведения 0,9 используется для того, чтобы учесть возможные ошибки, связанные с использованием такой достаточно простой техники измерения задержки, при которой оцененное значение задержки, как правило, бывает завышенным, по сравнению с действительным значением задержки регулирования на данном элементе перекрестка.

3. Далее необходимо вычислить долю остановок автомобилей, а также общее количество остановок автомобилей на полосу для каждого цикла, как показано на бланке.

4. Используя табл.1, необходимо определить корректирующий коэффициент в соответствии со скоростью свободного движения в данной области и количеством остановок автомобилей на полосу за один цикл регулирования. Этот коэффициент учитывает задержку, связанную с ускорением и замедлением автомобилей, которую невозможно учесть, при проведении измерений вручную.

Коэффициенты, корректирующие измерения показателей, используемых при расчетах задержек

Скорость свободного движения	≤ 7 автомобилей	8 – 19 автомобилей	20-30 автомобилей ^а
≤ 60 км/ч	+ 5	+ 2	- 1
$> 60 - 71$ км/ч	+ 7	+ 4	+ 2
> 71 км/ч	+ 9	+ 7	+ 5

Примечания:

а. – Количество автомобилей в очереди более 30, как правило, является не реальным.

1. Затем необходимо перемножить корректирующий фактор и количество остановок автомобилей и прибавить полученное произведение к величине задержки в очереди, полученной в пункте 2. Полученной значение и будет величина задержки регулирования для данного элемента перекрестка.

БЛАНК ИЗМЕРЕНИЯ ЗАДЕРЖКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НА МЕСТНОСТИ											
Общая информация						Частная информация					
Исследователь _____						Перекресток _____					
Организация _____						Юрисдикция _____					
Дата _____						Тип района _____					
Период обследования <u>вечерний час пик</u>						Год обслед-я _____					
Исходные данные											
Количество полос, N <u>2</u>						Общее кол-во прибывш. авто, V_{tot} <u>530</u>					
Скорость своб. движ-я, FFS (км/ч) <u>65</u>						Остановившиеся автомобили, V_{stop} <u>223</u>					
Интервал измерения, I_s (с) <u>15</u>						Цикл регулирования, C (с) _____					
Исходные данные измерений											
Время на часах	Номер цикла	Количество транспортных средств в очереди									
		Интервал наблюдения									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4:34	1	3	8	11	15	12	2	0	2		
	2	6	12	15	16	6	0	0	2		
	3	7	11	14	14	2	0	0			
	4	5	7	10	13	13	2	0	1		
4:24	5	4	6	10	12	3	0	0	1		
	6	5	7	9	13	4	0	0			
	7	3	6	8	12	12	0	0	0		
4:47	8	4	7	11	16	9	0				
Общее значение		37	64	88	111	61	4	0	6		
Вычисления											
Общее кол-во автом. в очереди, $\sum V_{iq} =$ <u>371</u>						Количество обследованных циклов, $N_c =$ <u>7,8</u>					
Время в очереди на автомобиль, $d_{vq} = (I_s * \frac{\sum V_{iq}}{V_{tot}}) * 0,9$ <u>9,5</u> с						Доля остановившихся автомоб., $FVS = \frac{V_{STOP}}{V_{TOT}}$ <u>0,42</u>					
Количество остановившихся автомобилей за цикл на полосе $= \frac{V_{STOP}}{(N_c \times N)}$ <u>14</u>						Задержка от ускорения / замедления, $d_{ad} = FVS * CF$ <u>1,7</u> с					
Фактор, учитывающий ускорение / замедление, CF (табл. 2.15) <u>4</u>						Задержка регулирования на автомобиль, $d_{vq} + d_{ad}$ <u>11,2</u> с					

Рисунок 2 –Пример вычисления задержки регулирования.

БЛАНК ИЗМЕРЕНИЯ ЗАДЕРЖКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ НА МЕСТНОСТИ											
Общая информация						Частная информация					
Исследователь _____						Перекресток _____					
Организация _____						Юрисдикция _____					
Дата _____						Тип района _____					
Период обследования _____						Год обслед-я _____					
Исходные данные											
Количество полос, N _____ 2 _____						Общее кол-во прибывш. авто, V_{tot} _____					
Скорость своб. движ-я, FFS (км/ч) _____ 65 _____						Остановившиеся автомобили, V_{stop} _____					
Интервал измерения, I_s (с) _____ 15 _____						Цикл регулирования, C (с) _____					
Исходные данные измерений											
Время на часах	Номер цикла	Количество транспортных средств в очереди									
		Интервал наблюдения									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4:47	8	4	7	11	16	9	0	Расчеты из предыдущего примера			
4:47	8	4	4*	4*	4*	0	Первые четыре уже разъехались				
Допустим, период обследований заканчивается здесь											
4* - последние автомобили в обследуемом периоде; считать только до момента пока они не пересекут стоп-линию											
Общее значение		37	61	81	99	52	4	0	6		
Вычисления											
Общее кол-во автом. в очереди, $\sum V_{iq} =$ _____						Количество обследованных циклов, $N_c =$ _____					
Время в очереди на автомобиль, $d_{vq} = (I_s * \frac{\sum V_{iq}}{V_{tot}}) * 0,9$ _____ с						Доля остановившихся автомоб., $FVS = \frac{V_{STOP}}{V_{TOT}}$ _____					
Количество остановившихся автомобилей за цикл на полосе = $\frac{V_{STOP}}{(N_c \times N)}$ _____						Задержка от ускорения / замедления, $d_{ad} = FVS * CF$ _____ с					
Фактор, учитывающий ускорение / замедление, CF (табл. 2) _____						Задержка регулирования на автомобиль, $d_{vq} + d_{ad}$ _____ с					

Рисунок 3 –Пример вычисления задержки регулирования при остаточной очереди в конце периода обследования.

Таблица 1

На рис.2 представлен пример расчета для результатов 15-минутного обследования, при цикле регулирования 115 с в течение 8 циклов. Значение временного интервала не является числом, на которое цикл регулирования делился бы без остатка.

На рис.3 показано, как обследование на местности должно заканчиваться, в случае, когда в конце 15-минутного периода обследования очередь все еще остается. При этом в расчет принимаются лишь автомобили, подъехавшие к перекрестку в течение данного 15-минутного интервала.

В случае, когда на обследуемом перекрестке имеет место адаптивное регулирование с чередованием длины цикла и фаз регулирования, в качестве интервала измерения можно выбирать наиболее удобное значение с точки зрения интенсивности движения и выбранного места проведения обследования.

На основе выполненных наблюдений определяется средняя задержка одного остановившегося автомобиля и условная задержка каждого проехавшего через пересечение автомобиля по формуле:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3,$$

где: d – задержка регулирования на один легковой автомобиль, с/прив.ед;
 d_1 – стандартная задержка, предполагающая одинаково повторяющееся прибытие автомобилей к перекрестку, с/прив.ед; PF – коэффициент прогрессии для стандартной задержки, учитывающий прогрессию регулирования; d_2 – дополнительная задержка, учитывающая случайность прибытия транспортных средств, при этом, предполагается, что величина начальной очереди автомобилей равна нулю, с/прив.ед; d_3 – начальная задержка, связанная с задержкой автомобилей, прибывших в течение анализируемого периода, образующаяся из-за очереди транспортных средств, имеющейся в начале данного периода, с/прив.ед.

Полученные результаты исследований используются для обоснования эффективности введения светофорного регулирования на перекрестке.

В наше время объекты УДС удобнее исследовать при помощи цифровой видеотехники, что дает более точный результат загруженности и задержки транспортных средств.

Библиографический список:

1. Левашев А.Г. Михайлов А.Ю. Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: Учеб. пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007.– 208 с.
2. Организация дорожного движения: Методические указания по выполнению практических работ / Составитель А.Г. Левашев А.Г. – Иркутск 2007. – 23 с.

Предложения по размещению стоянок в центре Иркутска

Пархоменко Дмитрий Адамович, студент гр. ОБД-08, e-mail: dmitrii.parkhomenko@tl-istu.com

Кольган Аггея Сергеевна, студент гр. ОБД-08, e-mail: psychozaic@mail.ru

Левашев Алексей Георгиевич, доцент кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: transport@istu.edu

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

Рассмотрены проблемы организации движения в центральной части Иркутска. Представлены результаты обследований паркующихся автомобилей на уличных стоянках, а также результаты расчетов длин очередей на подходах к пересечениям, определяющих количество исключаемых мест паркирования. На примере центральной части Иркутска рассмотрено влияние многоуровневой стоянки на загрузку УДС в центре Иркутска

Ключевые слова: *уличное паркирование, влияние стоянок на загрузку улично-дорожной сети, организация дорожного движения в зоне уличных стоянок.*

За последнее десятилетие в центре г. Иркутска проявились два одновременных процесса. Первое - все более растущее значение центров в экономической, социальной и административной сферах. Второе – доминирование третичного сектора экономики (торговли, культурно-бытовых услуг, коммерции и т.д.). Оба этих фактора служат причиной массового тяготения по трудовым и культурно-бытовым целям в центральную часть города, в том числе с использованием легкового транспорта.

В настоящее время уровень автомобилизации растет. Если в 1995 г. уровень автомобилизации в Иркутске достигал показателя 130 автомобилей на 1000 жителей, то современный уровень уже превысил 200 автомобилей на 1000 жителей. Рост автомобилизации породил возникновение проблем и различных трудностей, связанных с этим процессом. Можно выделить 4 наиболее весомые:

1. нехватка мест для движущихся и стоящих автомобилей;
2. низкая пропускная способность улично-дорожной сети;
3. повышенная аварийность на дорогах;
4. загрязнение окружающей среды.

Целью данной работы является оценка потребности в уличном паркировании в центральной части города.

Основные задачи:

- Проведение обследования интенсивности движения
- определение общего количества одновременно паркующихся транспортных средств в городском центре;
- определение соотношения транспортных средств паркующихся на уличных и внеуличных парковках.
- определение необходимых площадей для организации внеуличного паркования.

В качестве объекта проведения обследования была выбрана улично-дорожная сеть центральной части города Иркутска.

Решение поставленных задач выполнялось в несколько этапов.

Первый этап – это обследование интенсивности в центральной части. Оно охватывало пиковый период 17.00–18.00. Главной целью был сбор данных для проверки УДС на уровень перегруженности. В связи с введением нового моста наиболее значимые изменения интенсивности движения отмечаются на:

- Старом Ангарском мосту (направление из центра города: 2006 г. – 2800 авт/ч; 2008 г. – 2300 авт/ч)
- Правобережных подходах к новому мосту (ул. Ленина от пересечения с ул. Карла Маркса, ул. Тимирязева на подходе к ул. Ленина, ул. Кожова)

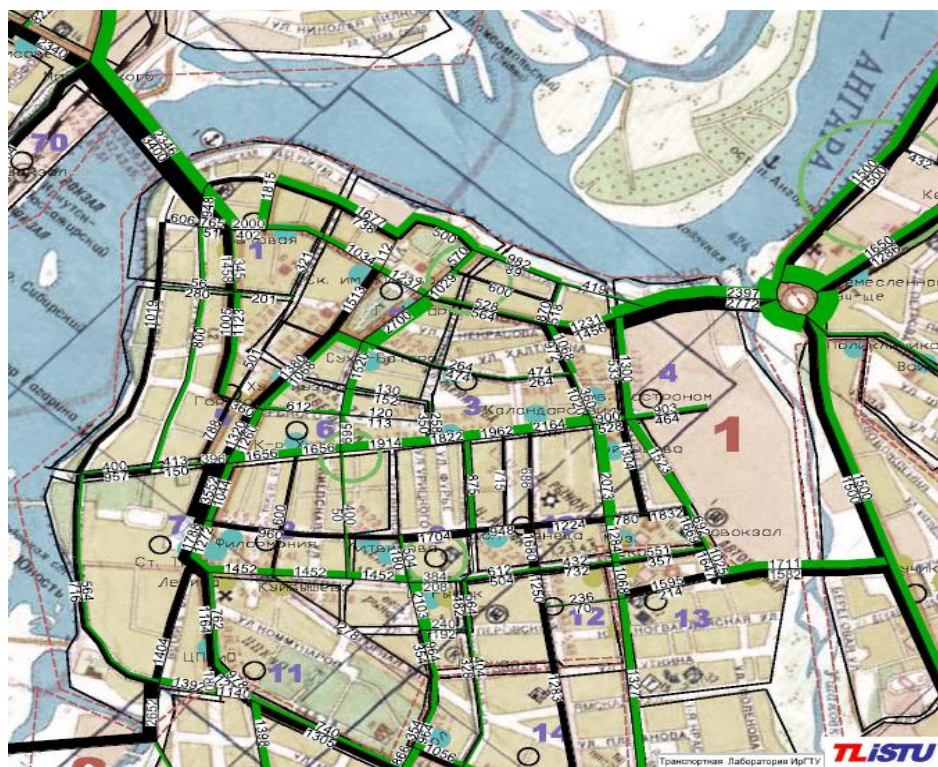


Рисунок 1 - Интенсивность движения в центральной части г. Иркутска в 2008 г.

Второй этап - это определение количества паркующихся транспортных средств. По результатам обследования одновременно в центральной зоне (включая т.ц. «Фортуна») паркуется до 7 000 автомобилей, без учета «Фортуны» около 6000 автомобилей. Из них с учетом «Фортуны» 70% на уличных стоянках, а без учета «Фортуны» 80% на уличных стоянках.

Проанализировав карту, удалось выделить ряд мест скопления автомобильного транспорта в районе Центрального рынка (Дзержинского, Литвинова, Тимирязева, Урицкого, Фурье, Чехова). На основании полученных данных были составлены графики распределения паркующихся автомобилей по часам суток и дням недели. Обследуемые участки находятся у торговых центров, а объекты торговли, как правило, начинают свою работу в 10 – 11 часов утра, загрузка стоянок также увеличивается в эти часы. Пиковый период для обследуемых участков приходится с 13⁰⁰ до 14⁰⁰. Это объясняется тем, что в центральной части города сосредоточены деловые, культурно-бытовые и другие объекты, привлекающие к себе посетителей.

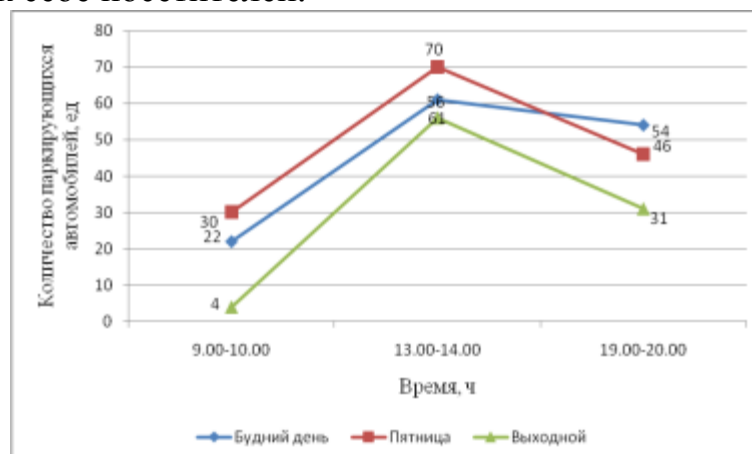


Рисунок 3 - Стоянка на улице Дзержинского (Литвинова – К. Либкнехта)

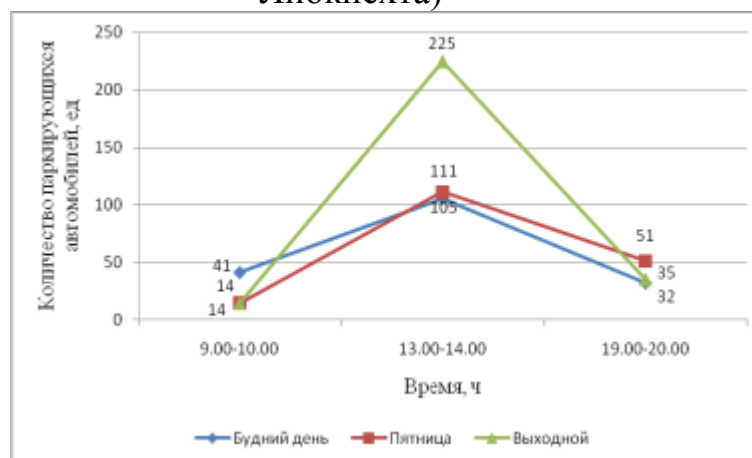


Рисунок 4 - Внеуличная стоянка у ТК

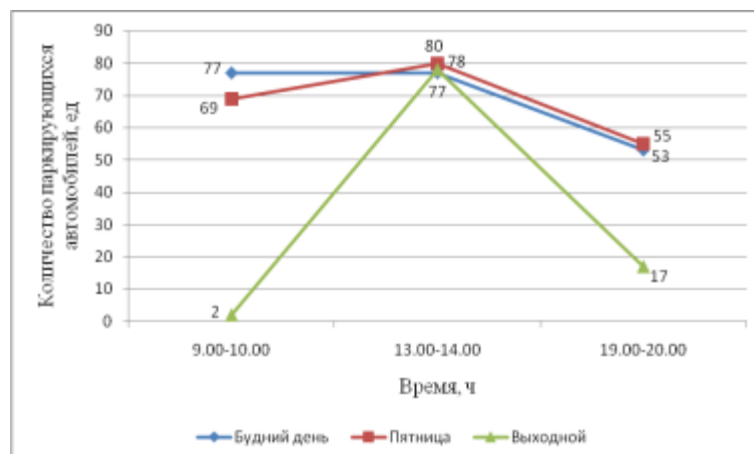


Рисунок 5 - Стоянка на улице Литвинова (Дзержинского – Тимирязева)

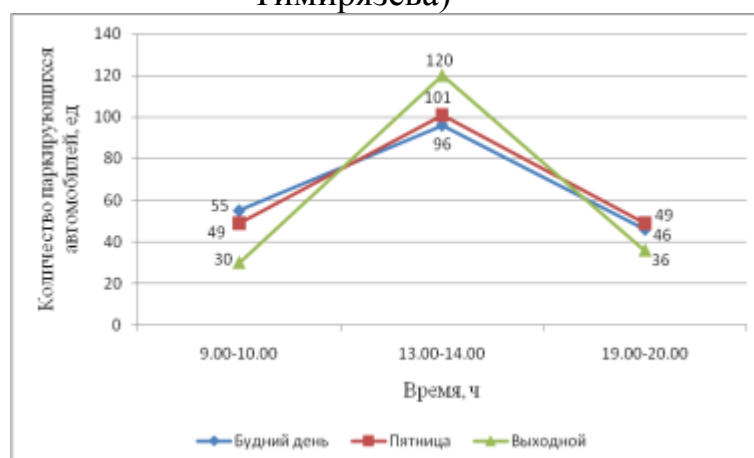


Рисунок 6 - Внеуличная стоянка у Центрального рынка (со стороны улицы Чехова)

Аналогичное обследование паркуемых автомобилей проводилось в 1995 г. Количество одновременно паркуемых автомобилей составляло около 2600 ед. Сравнивая обследование 1995 г. и 2007 г., получаем следующие показатели:

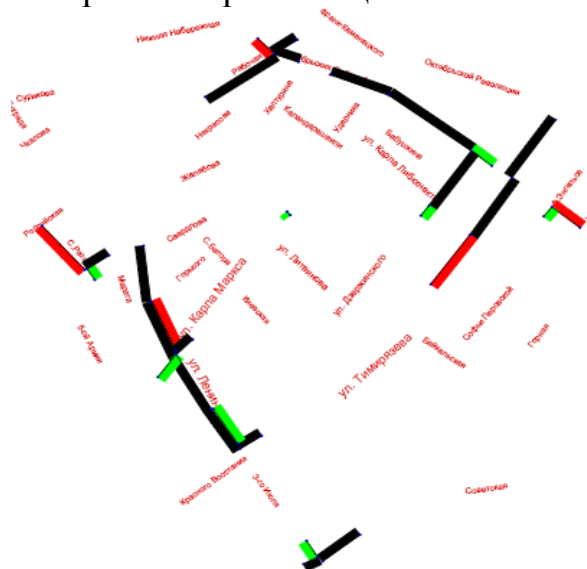
- количество паркуемых транспортных средств возросло в 2,29 раза;
- ежегодный рост количества паркуемых транспортных средств за период 1995-2007 гг. составляет 10%.

При сопоставлении результатов обследований 1995 и 2008 гг. необходимо отметить, что рост числа паркуемых автомобилей обусловлен ростом деловой активности в центре города, увеличением количества офисов. К новым местам концентрации паркуемых транспортных средств относятся: Б. Гагарина, квартал между ул. С.Разина и 5ой Армии, квартал между ул. К.Маркса и ул. Горького (БГУЭП), квартал между ул. Свердлова и ул. Горького, ул. Дек. Событий, зона у зданий Администрации Иркутской области и Иркутскэнерго, включая ул. Рабочую (от ул. Сухэ-Батора до ул. Пролетарской); зона ул. Урицкого, ул.

Третий этап включал определение наиболее загруженных участков УДС. Для этого был произведен расчет уровней загрузки участков между перекрестками (перегоны), т.е. насколько интенсивность транспортных средств превышает пропускную способность. На участках, уровень загрузки которых превышает значение 0,7, необходимо запретить паркирование. На карте эти участки окрашены в черный и красный цвет.



Четвертый этап – это проверка регулируемых пересечений на уровень перегруженности. Для этого была использована методика определения длин очередей. В результате было установлено расстояние, на котором подход к перекрестку должен быть освобожден от паркующихся автомобилей, для нормального его функционирования. На карте эти расстояния окрашены в черный и красный цвет.



283

На основании этих проверок было получено количество автомобилей, равное 798, которым необходимо предоставить парковочные места.

Пятый этап – это выбор мест размещения парковок.

Организовать парковки равномерно по всей территории центра, с учетом пешеходной доступности центров тяготения. Теоретически радиус пешеходной доступности зависит от степени привлекательности объекта. Среднее расстояние пешеходной доступности составляет 300-400м.

Парковки предлагается сделать на основе зарубежного опыта. Опыт зарубежных стран с высоким уровнем автомобилизации является ценным материалом, примером и должен быть учтен при решении вопросов организации паркирования автомобилей в г. Иркутске.

Парковки планируется сделать 3-х этажными. На первом этаже планируется разместить торговые объекты. Для удобства водителей будут приняты меры для более быстрого и удобного поиска свободных мест: навигационная система, предоставляющая информацию о количестве свободных мест и их расположении.

Чтобы понять, как строительство парковки повлияет на загрузку близлежащих улиц, в качестве примера, был рассмотрен перекресток ул. Дзержинского – ул. Богдана Хмельницкого. В результате строительства парковки возрастут потоки автомобилей, въезжающих и выезжающих с нее, и как следствие – произойдет увеличение интенсивности движения транспортных средств на перекрестке. При помощи программы AimSun транспортной лабораторией ИрГТУ была спрогнозирована будущая интенсивность движения. Для оптимизации работы перекрестков было предложено ввести светофорное регулирование.

Для перекрестка Б. Х. – Дзерж. был предложен 2-х фазный режим регулирования. Потоки были распределены таким образом, чтобы не было конфликтов при одновременном движении, т.е. все потоки являются бесконфликтными. Так как интенсивность по ул. Богдана Хмельницкого возросла практически в 2 раза, существующая смешанная полоса для движения соответственно не будет справляться с возросшей нагрузкой. Поэтому предлагается запретить поворот направо с ул. Дзержинского. Длительность цикла 60 с. В 1-ую фазу будут двигаться потоки 1 и 2-го направлений и пешеходы 6-го направления. Во 2-ую фазу будут двигаться потоки 3 и 4-го направлений, и пешеходы 5-го направления. В результате введения светофорного регулирования увеличивается пропускная способность перекрестка, уменьшаются задержки до 8с. Уровень обслуживания на перекрестке ул. Дзержинского – ул. Богдана Хмельницкого изменился с F на A.

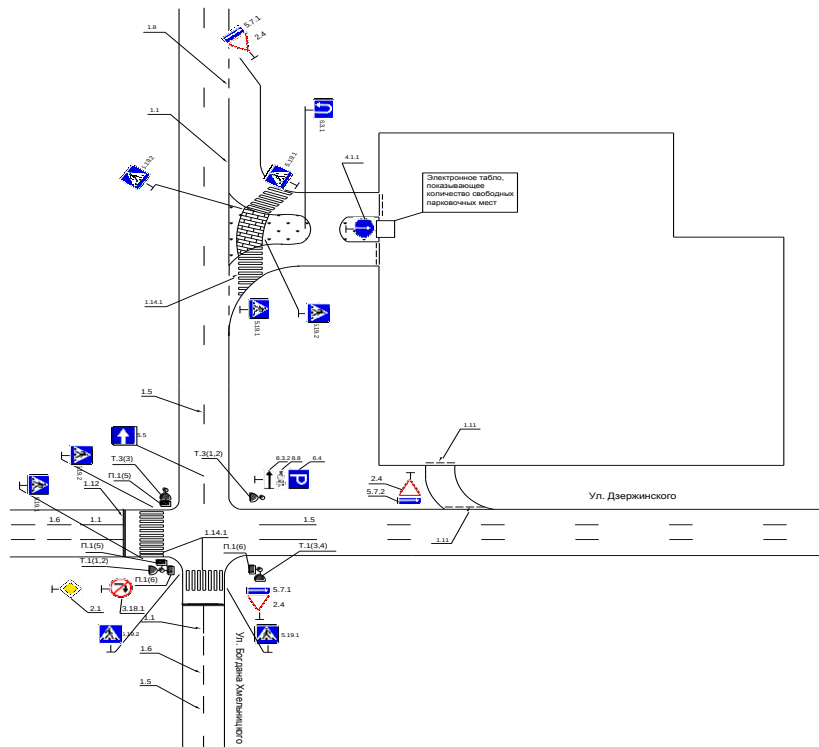


Рисунок 9 - Организация движения на ул. Богдана Хмельницкого и ул. Дзержинского в районе парковки

При рассмотрении учитывались следующие условия:

1. произойдет реконструкция улицы Фридриха Энгельса (двустороннее движение), Софьи Перовской, Подгорная;
2. произойдет обустройство (пробивка) улицы Чехова от Тимирязева до Софьи Перовской.

Данная парковка сможет вместить – 1006-1257 автомобилей на каждом этаже. На парковке въезды и выезды будут располагаться со всех четырех сторон.

В дальнейшем будет рассмотрено влияние многоуровневых стоянок, строительство которых необходимо в других частях центра Иркутска.

Библиографический список:

1. Правительство Москвы Постановление от 16 ноября 1999г. № 1050-ПП "О внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 9 декабря 1997г. № 864 "О мерах по развитию системы муниципальных парковок в городе Москве". <http://www.kpza.chat.ru/zacn/pm-1050.htm>
2. ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения». Москва, 2004 - 103 с.
3. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. М.: Транспорт, 1990, 240 с.

Проблемы организации движения в зоне ТРЦ Джем-Молл

Косилов Михаил Александрович, студент гр. ОБД-08, e-mail: mikhail.kosilov@tl-istu.com

Гузенкова Евгения Николаевна, студент гр. ОБД-08, e-mail: transport@istu.edu

Левашев Алексей Георгиевич, доцент кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: transport@istu.edu

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

Рассмотрены проблемы, связанные с отсутствием полноценной справочной информации о том, как формируются поездки посетителей к таким объектам, как ТРЦ «Джем Молл», в различные периоды, а также о том, как они делятся между общественным (ОТ) и индивидуальным транспортом (ИТ).

Ключивые слова: генерация поездок, коэффициент наполнение салона, организации дорожного движения объектов тяготения населения.

«JamМолл» в городе Иркутске позиционируется как торгово-развлекательный центр окружного значения формата «FamilyMall» с большой досугово-развлекательной зоной. Целевая аудитория комплекса – семейные пары с детьми и демократичная молодежь.

Объект находится в 5-минутной пешеходной доступности от остановки троллейбусов, автобусов, маршрутных такси. При этом обслуживание данных остаточных пунктов маршрутами общественного транспорта нельзя считать достаточным. Значительная доля пешеходных потоков посетителей ТРЦ «JamМолл» приходится на подход со стороны остановочного пункта «ПО Восток» по ул. Сергеева.

По полученным значениям прибывающих потоков посетителей, зная доли прибывающих на индивидуальном транспорте и соответствующие коэффициенты наполнения салона можно получить значения автомобильных потоков. Общая генерация автомобильных потоков к объекту и от него представлена на рисунке 1.

Анализируя результаты замера автомобильных потоков к объекту и от него, становится очевидным, что данный торговый объект генерирует значительные потоки посетителей на индивидуальном транспорте.

Действующие нормативные документы [2] не содержат подробной справочной информации о том, какой уровень генерации посетителей к объекту такого типа и от него соответствует различным дням недели,

часам суток. Кроме того отсутствуют данные о том, как разделяются посещения на индивидуальном и общественном транспорте.

При оценке влияния крупных объектов на загрузку улично-дорожной сети неотъемлемой составляющей является оценка разделения потоков посетителей между общественным и индивидуальным транспортом.

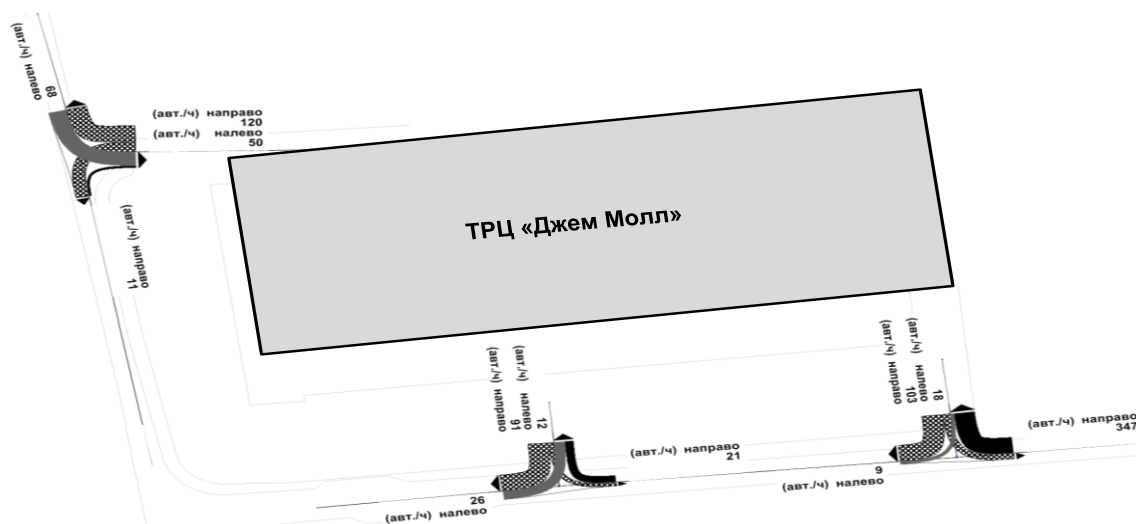
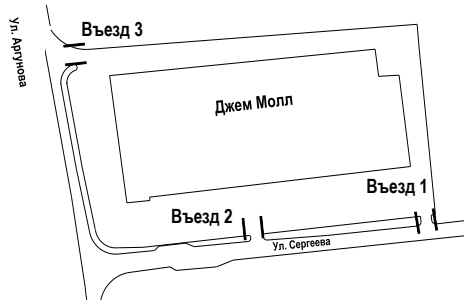
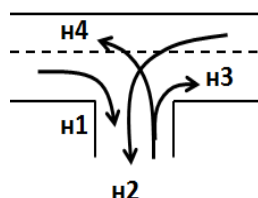


Рисунок 1- Распределение транспортных потоков к стоянке ТРЦ «Джем Молл» и от нее в вечерний час пик (дата замера - 10.07.2012 г., 17:00 – 18:00)



Время	Прибывающие			Убывающие		Въезд №
	Номер	Кол-во	направление	Номер	направление	
8:00	а215	1	1	к450	3	1
	в312	2	2			1
	к317	1	1			1
8:10	к148	2	1	р445	3	1
	н345	1	1	о515	4	1
				м323	4	1
8:20				н315	3	1
	в452	1	2	о225	3	1
	н220	1	1	к135	3	1
	м442	1		н148	4	1



Въезд		Выезд	
н1	н2	н3	н4
т134 2		к223	

Каждые 10 минут – черта с указанием новой 10-ти минутки

Рисунок 2- Схема размещения въездов к стоянке ТРЦ «Джем Молл», на которых выполнялось обследование

Для того, чтобы можно было из общего количества посетителей выделить посетителей на индивидуальном транспорте и в качестве оставшегося потока получить потоки на общественном транспорте, было выполнено обследование автомобильной стоянки, в процессе которого фиксировались не только количество и время прибытия автомобилей, но и наполнение в салоне автомобилей, рисунок 2.

Обследование выполнялось в наиболее загруженные будний и выходной дни.

По результатам обследований получены распределения прибывающих и убывающих автомобильных потоков, а также распределения величины коэффициента наполнения, по которым можно сделать основные выводы:

1. Величина коэффициента наполнения изменяется в течение дня.
2. В течение дня Величина коэффициента наполнения растет.
3. Наибольшие значения коэффициента наполнения приходятся на вечер выходного дня.

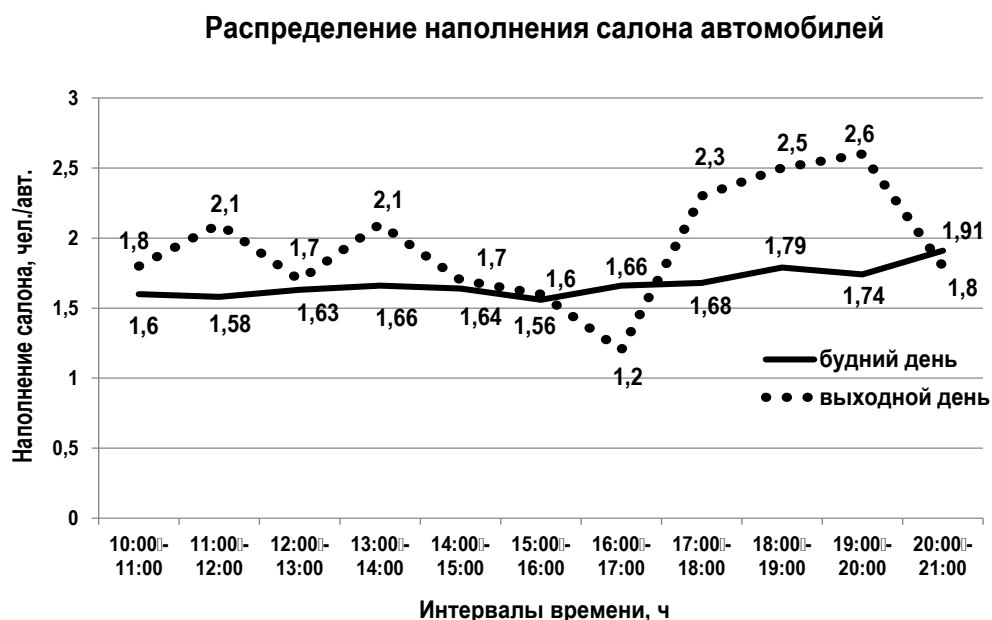


Рисунок 3- Результаты обследования стоянки ТРЦ

Для пояснения процедуры применения полученных результатов был рассмотрен существующий пример организации движения в зоне нового торгово-развлекательного центра (Рисунок 4). При этом рассматривалось два случая:

1. когда величина коэффициента наполнения салона равна значению 2,6 авт./чел., принятому в предыдущей работе;
2. когда величина коэффициента наполнения салона принимается 2,3 авт./чел., что для рассматриваемого периода времени соответствует полученным результатам исследования.

По сравнению с существующим примером организации движения при изменении расчетного значения коэффициента наполнения. Меняются

значения интенсивностей автомобильных потоков в большую сторону, что приводит к увеличению транспортных задержек.

Для снижения транспортных задержек выбирается еще другой более затратный по вложениям вариант организации дорожного движения.

При сравнении этих вариантов по технико-эксплуатационным показателям можно сделать следующие выводы:

1. Неправильно выбранное значение коэффициента наполнения привело к неточным результатам расчетов транспортного спроса и как следствие к выбору недостаточного количества мероприятий по ОДД.
2. Предложенные дополнения в ОДД позволили значительно снизить транспортные задержки.

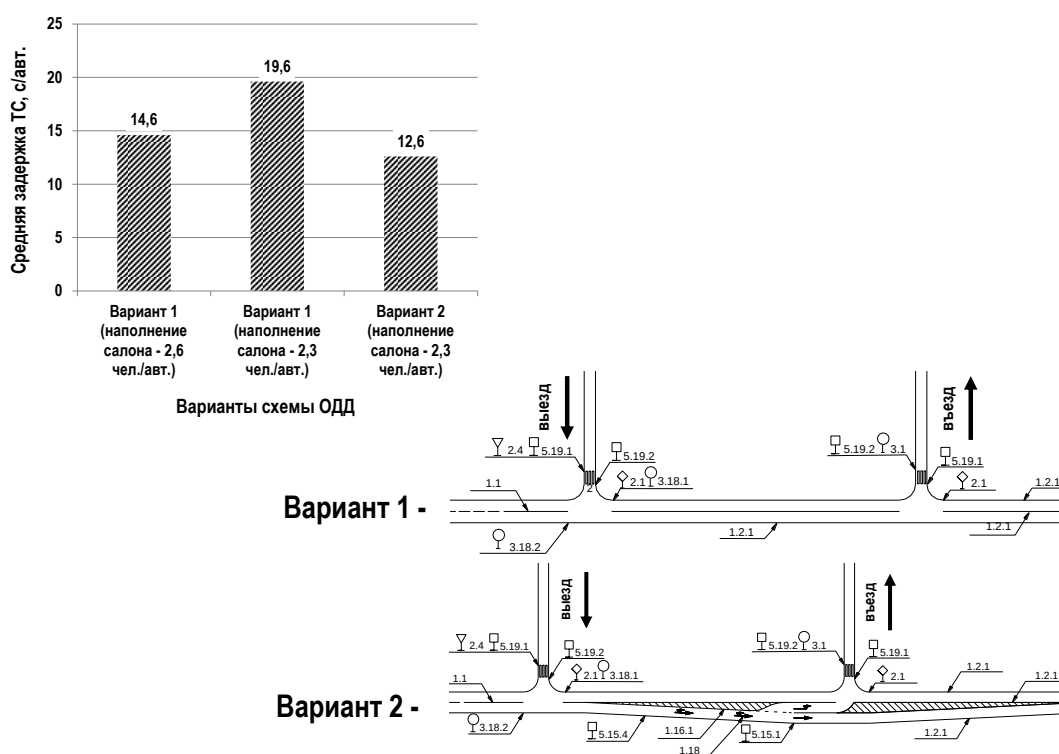


Рисунок 4- Изменение средней транспортной задержки при изменении величины коэффициента наполнения салона автомобилей

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения». Москва, 2004 - 103 с.
2. СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство»
3. Левашев А.Г. Об опыте организации дорожного движения в районе крупных торговых центров // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов девятой международной научно-практической конференции / СПб гос. архит.-строит. ун-т. СПб., 2010. – С. 178 - 182

Развитие системы общественных пространств в Иркутске

Сорокина Людмила Владимировна, студент гр. ОАП-08, e-mail: lusya.sorokina@tl-istu.com;

Иванченко Екатерина Сергеевна магистрант, e-mail: ivanchenkokate@mail.ru

Левашев Алексей Георгиевич, доцент кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: transport@istu.edu

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

Рассмотрены результаты работы команд участников 14 сессии Международного Байкальского Градостроительного Зимнего Университета. Предлагается концепция создания «зеленого пути», который объединит большинство существующих и потенциальных рекреационных территорий города.

Ключевые слова: концепция развития общественных пространств в Иркутске.

В данной статье представлены результаты работы одной из команд 14 сессии Международного Байкальского Градостроительного Зимнего Университета.

В последние десятилетия общественные пространства, их роль в образе города и повышении качества жизни оказались в центре профессиональных дискуссий во всем мире. Возрастает значение общественных пространств в ожесточившейся конкуренции городов в борьбе за качественный человеческий капитал - для современной Сибири это особенно важно.

Основываясь на прогрессивном опыте некоторых зарубежных и российских городов, следует, что появление нового общественного пространства, совсем малого по сравнению с общей территорией города, может кардинально изменить его имидж.

Главной целью сессии была разработка структуры и системы общественно-рекреационных пространств, учитывая особенности городской структуры Иркутска, направления существующих пешеходных потоков, специфику обживания россиянами придомовых и уличных территорий.

Участникам предлагалось разработать типологию общественных пространств применительно к городу Иркутску разного масштаба – от двора до центрального сквера, разной «вместимости» – от нескольких человек до нескольких десятков тысяч, разных функций групп населения,

различных типов городского оборудования, ранее неописанную в имеющихся нормативных документах [1]. А также участникам необходимо определить предназначение общественных и рекреационных пространств, как для летнего, так и для зимнего периода, принимая во внимание, прежде всего, исключительные климатические условия обоих сезонов и позволяя населению принимать участие в создании данных общественных пространств.

После изучения существующих проблем и потенциала на уровне города и на уровне районов, которые были предоставлены (центральная часть города и микрорайон Ново-Ленино) стало интересно, а какие именно проблемы можно решить? На какие общественные территории обращать особое внимание? Как можно управлять и следить за общественными местами? Почему необходимо развивать те или иные территории? Как можно связать существующую хаотичную городскую структуру логичной системой? И как можно создать успешные, работающие общественные территории?

Понятие общественного пространства тесно связано с концепцией общественной жизни. Эти пространства, как правило, рассматриваются как территории для встреч, общения и взаимодействия людей, которое необходимо для социальной жизни современного общества. Общественные пространства позволяют горожанам создать свой позитивный образ города, вкладывая свое понимание в репутацию города, делая его привлекательным для жизни.

Поэтому неграмотное развитие общественных пространств приведет к неблагоприятному развитию общественной жизни города, что будет негативно влиять на репутацию города.

Потребности современного человека:

- Стремление к здоровому образу жизни: физическая деятельность.
- Привлекательность уникальных общественных пространств.
- Стремление к природе и свежему воздуху: современный человек большую часть времени проводит в помещении и ему просто необходим свежий воздух.
- Стремление к культуре: людям нужна причина, чтобы выйти, встретить новых людей, принять участие в жизни города.
- Территории для всех: учитывать желания и потребности различных групп населения.
- Стремление к общественной жизни.

Если современный город хочет, чтобы его улицы жили общественной жизнью, то фундаментальным условием является обеспечение качественных общественных пространств. Так как граждане сегодня имеют больше возможностей для времяпрепровождения, публичные пространства должны быть высокого качества и лег-

кодоступны. Развивая качественные общественные пространства, улучшится качество жизни в городе.

Общественные места, которые способствуют развитию общественной жизни должны быть:

- привлекательными, жизнеспособными, устойчивыми, безопасными и здоровыми. Вот почему мы должны всегда в первую очередь думать о пешеходе, создавая удобства для человека, а не для машин. Городская структура Иркутска имеет большой потенциал для развития общественных пространств.

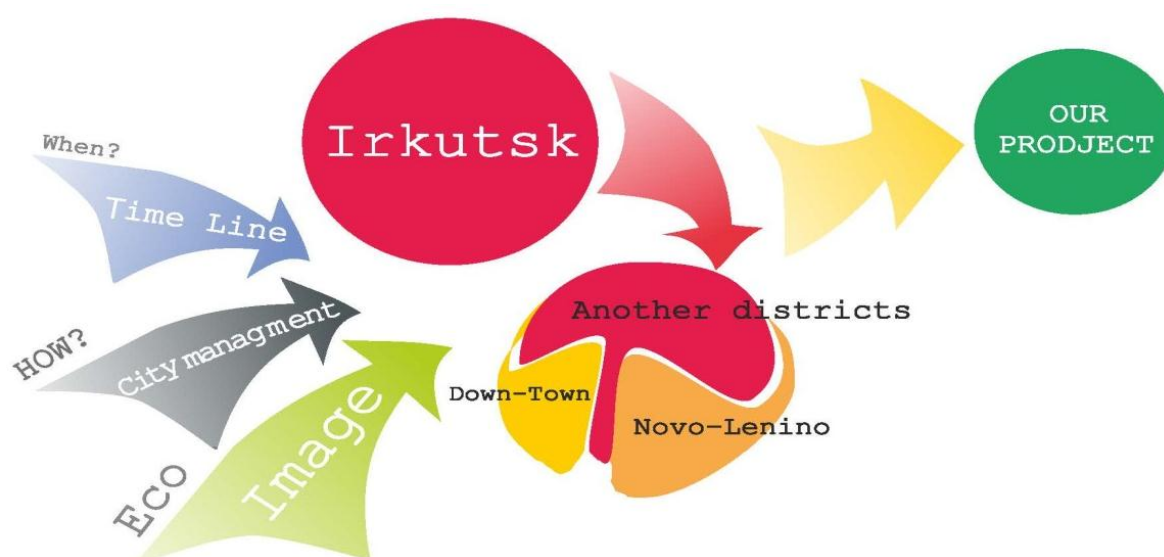


Рисунок 1 –Факторы, влияющие на качество общественной жизни в Иркутске



Рисунок 2–Взаимодействие различных видов активности населения Иркутска



Рисунок 3—Концепция объединения зеленых пространств в Иркутске

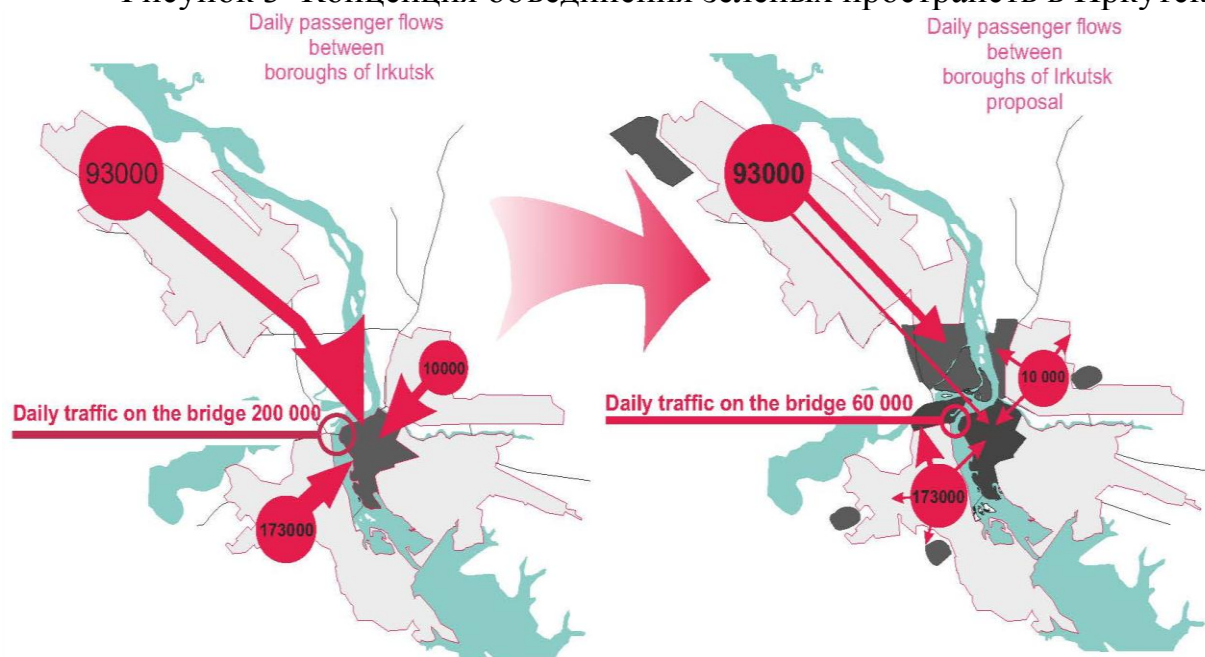


Рисунок 4—Предложения по решению транспортных проблем Иркутска

Одним из путей решения транспортного вопроса является функциональная разгрузка центральной зоны, создавая альтернативные подцентры в других районах.

Так как рассматривались улицы как первичное общественное пространство, то особое внимание было уделено транспортной схеме города.



Рисунок 5—Предлагаемая транспортная схема Иркутска

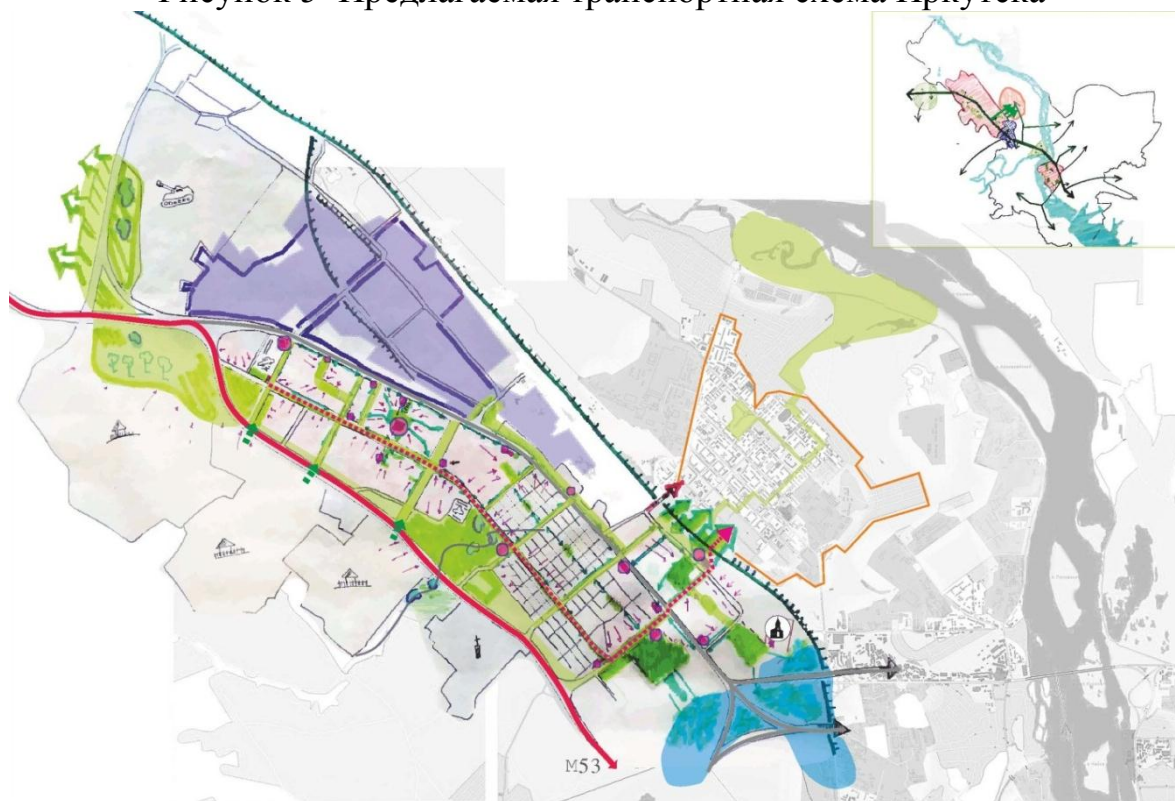


Рисунок 6—Предлагаемая схема планировки общественных пространств района Ново-Ленино в Иркутске

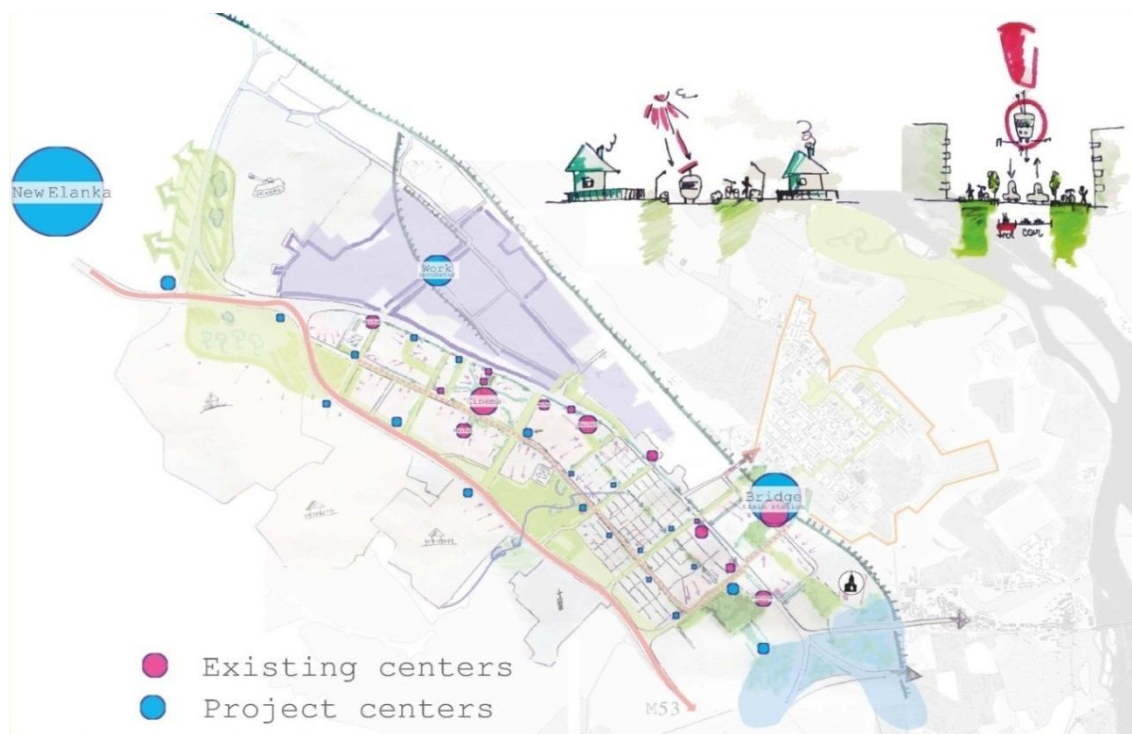


Рисунок 7—Схема размещения объектов массового обслуживания населения района Ново-Ленино в Иркутске

Предлагаются различные возможности разгрузки проблемных участков:

- Уменьшить количество машин в центральной зоне может только функциональная разгрузка центра, например, через создание альтернативных центров в городских районах. При этом исторический центр сохраняет культурную функцию.

- Создать транспортное кольцо, что позволит перемещаться из района в район, не заезжая в центральную часть.

- Развивать альтернативный транспорт с акцентом на электрический (от трамвая и троллейбуса до фуникулера и велосипеда).

Предлагается объединить районы города друг с другом системой «зеленых улиц» и детально проработать внутрирайонные связи.

Основой концепции является создание «зеленого пути», который объединит большинство существующих и потенциальных рекреационных территорий города. Предлагается модернизировать пути, обращая внимание на транспорт (как общественный, так и частный), на тротуары и велосипедные дорожки. Второй шаг - реабилитация уже существующих общественных пространств. Необходимо сделать эти пространства привлекательными, как зимой, так и летом. Применяя эти наработки к площадкам, использовалась эта система. Также учитывалась специфика и проблемы территорий.

Библиографический список:

1. СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство»

Вопрос о введении платы за паркирование

Борисова Виктория Вадимовна, студент гр. ОБД-08, e-mail: viktoriia.borisova@tl-istu.com

Левашев Алексей Георгиевич, доцент кафедры Менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-50-84, e-mail: transport@istu.edu

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

Рассмотрены проблемы недостатка мест для паркирования легкового автотранспорта. В городе Иркутске, а особенно в центральном районе, что порождает ряд острых проблем: снижение пропускной способности улично-дорожной сети города, ухудшение условий безопасности движения транспорта, осложнение проезда общественного транспорта и экстренных служб (аварийных, спасательных, медицинских, пожарных), трудности в проведении механизированной уборки улиц, дискомфорт и повышенная опасность движения пешеходов, ухудшение экологической обстановки, а также рост недовольства жителей.

Ключевые слова: уличное паркирование, влияние стоянок на загрузку улично-дорожной сети, организация дорожного движения в зоне уличных стоянок.

Одним из способов управления транспортным спросом является введение ограничений на паркирование.

Основные виды ограничений на паркирование:

- Плата за паркирование
- Ограничение времени
- Комбинированное

Поскольку для принятия решений по развитию транспортной системы [1] города требуется создание транспортной модели возникает проблема: как учитывать ограничение при моделировании.

Основной характеристикой элементов транспортной модели являются затраты времени на передвижение. Необходимо оценить размер взимаемой платы за паркирование во временном эквиваленте.

Выполнить обследование наплатной стоянки с применением анкетного опроса посетителей стоянки.

В качестве объекта исследования в центральной части Иркутска была выбрана наплатная стоянка при ТЦ «Торговый Комплекс» со стороны ул. Литвинова. Обследования выполнялись 07.02.2013 г. (четверг) и 09.02.2013 г. (суббота).

Обследования проводились с помощью заполнения анкеты, представленной на рисунки 1.

Пример обработки данных анкетного исследования предоставлены в таблицы 1.

Результаты приведены в виде графиков на рисунках 2-4.

1.Проведение анкетного опроса :

Уважаемые посетители!

В связи с транспортным обследованием на автостоянке, Администрация Торгового Комплекса просит Вас заполнить **анонимную анкету** и вернуть при выезде со стоянки

Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос 3
Укажите, пожалуйста, сколько времени в минутах Вы ехали в центр города ☐ 5 ☐ 40 ☐ 70 ☐ 10 ☐ 45 ☐ 75 ☐ 15 ☐ 50 ☐ 80 ☐ 25 ☐ 55 ☐ 85 ☐ 30 ☐ 60 ☐ 90 ☐ 35 ☐ 65 ☐ более	Укажите, пожалуйста, цель Вашей поездки в центр города ☐ Работа / Учеба ☐ Служебная (по работе) ☐ Деловая (бизнес) ☐ Покупки / Отдых ☐ Прочее (вписать): 	Вы ехали сюда и потратили свое личное время. Сколько еще (сверх времени, указанного в Вопросе 1) Вы могли бы максимально проехать минут ради такой же официальной, но БЕСПЛАТНОЙ стоянки, если предположить, что там Вы тоже смогли бы реализовать указанную Вами цель поездки. ☐ Нисколько. Время дороже. ☐ 3 минуты сверх ☐ 30 минут сверх ☐ 5 минут сверх ☐ 40 минут сверх ☐ 10 минут сверх ☐ Ради бесплатной стоянки готов ехать еще плюс 50 минут ☐ 15 минут сверх ☐ 20 минут сверх

Рисунок 1- Анкета

2.Получение данных таблица 1:

Таблица 1- Анкетные данные

Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос 3	Кол - во человек	Прибыли	Убыли
3	4	6	1	12:05	12:07
3	4	3	2	11:43	12:06
4	4	1	2	11:18	12:06
7	4	1	3	11:38	12:04
2	4	4	2	10:15	12:04
5	4	7	2	10:38	12:07
3	4	3	2	10:30	12:08
3	4	2	4	11:05	

7	4	1	2	11:42	
4	4	5	2	11:27	12:02
4	4	6	2	10:29	12:01
4	4	3	2	11:09	12:01
3	4	4	2	11:13	12:01
5	4	3	2	10:44	11:42

3. После обработки данных получаем результаты представленные на рисунках 1-3.

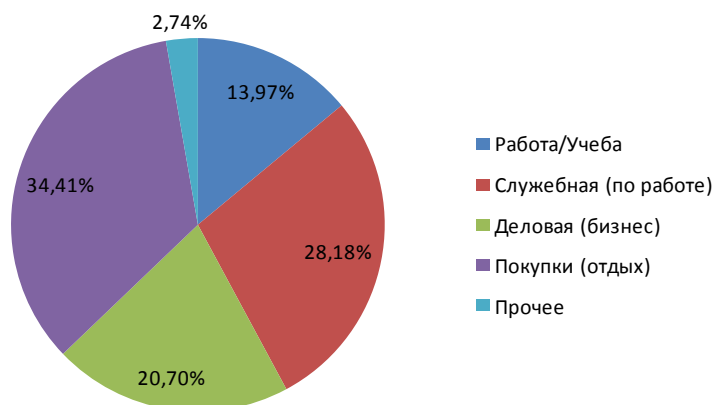


Рисунок 2 – Распределение посетителей стоянки по целям их поездок в будний день (четверг)

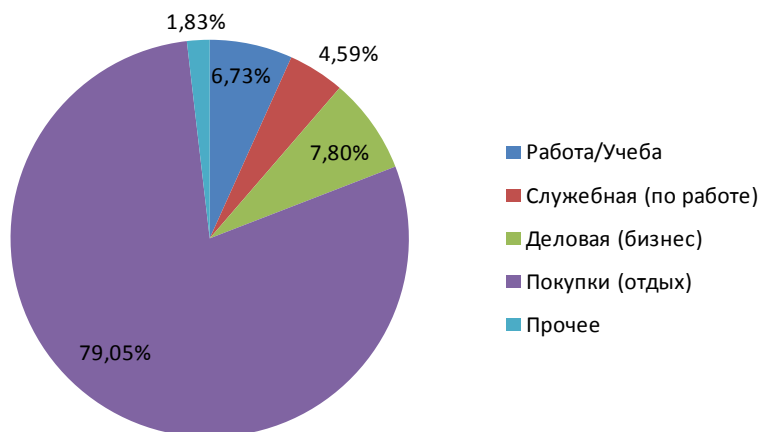


Рисунок 3 – Распределение посетителей стоянки по целям их поездок в выходной день (суббота)

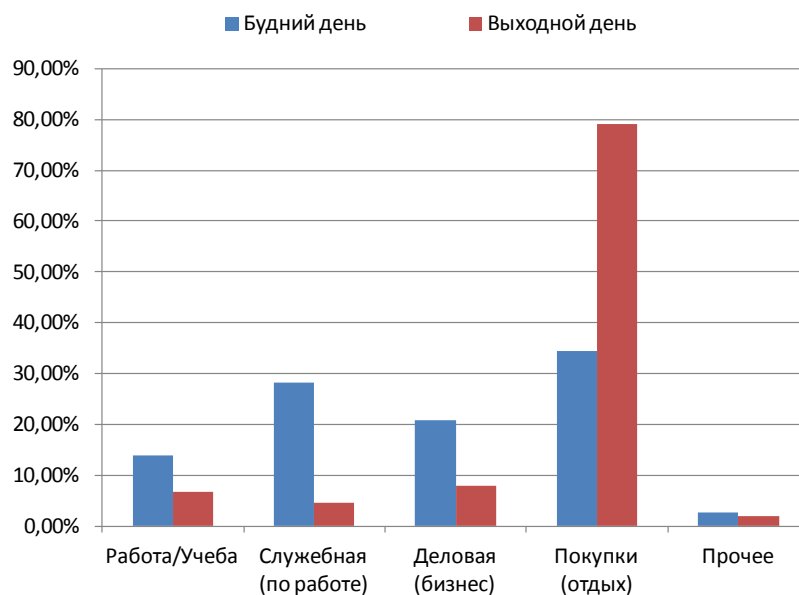


Рисунок 4 – Сравнение распределений посетителей стоянки по целям их поездок в будний и выходной дни (четверг и суббота).

По результатам исследования можно сделать вывод, что следующим шагом настоящего исследования будет определение временного эквивалента размера взимаемой платы за паркирование.

Библиографический список:

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. М.: Транспорт, 1990, 240 с.

УДК 623

**Зарубежный опыт эксплуатации городского электрического
рельсового транспорта**

**Р.Ю. Лагереv, С.Ю. Лагереv, Е.С. Немчинова, О.С.
Немчинова**

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

В статье приведен анализ работы городского электрического рельсового
транспорта г. Карлсруэ (Германия), приведены особенности работы
трамвайных систем Германии, возможные варианты улучшения работы
трамвайных сообщений в российских городах.

Ключевые слова: городской рельсовый электрический транспорт, S-tram,
качество транспортного обслуживания, транспортная телематика.

Лагереv Роман Юрьевич, магистрант кафедры «Электропривод и
электрический транспорт» Энергетического факультета, тел. 79500697698,
E-mail: lagerev.roman@gmail.com

Лагереv Сергей Юрьевич, магистрант кафедры «Менеджмент и
логистика на транспорте», тел. 79500697565, E-mail:
lagerev.sergey@gmail.com

Немчинова Евгения Сергеевна, магистрант кафедры «Менеджмент
и логистика на транспорте», тел. 89027619454, E-mail: ventima82@mail.ru

Немчинова Ольга Сергеевна, магистрант кафедры «Электропривод
и электрический транспорт», тел. 89027619453, E-mail:
olganem2012@gmail.com

Карлсруэ (Karlsruhe) - немецкий городок с населением около 300
тысяч человек, второй по значению город федеральной земли Баден-
Вюртемберг. Гостям этого города, как и одному из авторов этой статьи,
Карлсруэ запомнился спокойным европейским городком с великолепной
европейской архитектурой, с развитой сетью трамвайных путей, по
настоящему чистыми улицами, великолепными прогулочными
велосипедными трассами, проложенным по самым живописным местам
пригорода Карлсруэ.

Город представляет собой небольшую и довольно рассредоточенную
по площади агломерацию. В нее входит несколько сопоставимых по
размеру городов, тяготеющих к Карлсруэ, а также множество мелких
городков и деревенских селений.

Весь регион обслуживается единой системой городского общественного транспорта, включающая автобусы большой вместимости, трамваи городские (рисунок 1) и S-трамваи (городские электрички) (рисунок 2), о которых пойдет речь ниже, как возможный вариант решения проблемы транспортного обслуживания городов-спутников.



Рисунок 1 – Общий вид городского трамвая (не S-tram)

S-трамваи (рисунок 2) это четко продуманная система взаимодействия работы служб пригородных железных дорог и городского электрического рельсового транспорта, позволяющая организовывать движение трамваев по железнодорожным путям общего пользования, и обеспечивающая беспересадочное движение пассажиров между центрами городов-спутников, например, «центр г. Ангарска – центр г. Иркутска – Студгородок».



Рисунок 2 – Пример S-трамвая (трамвай движется по ЖД пути)

Внутри города такая «электричка» передвигается по обычным трамвайным путям, а в пригороде, переключаясь на другое напряжение 15кВ, 16,7 Гц (рисунок 3) выходит на железную линию, достигая скорости на прямых участках до 150 км/час.



Рисунок 3 – Место перехода с 750 В на 15 000 В
(переход с трамвайной на железнодорожную контактную линию)

Подвижной состав S-трамваев внешне также очень похож на городской-трамвайный (рисунок 6), однако составы S-трамваев обычно чуть длиннее с повышенной платформой, имеют сквозной проход между вагонами (рисунок 4) и понижающий трансформатор.



Рисунок 4 – Интерьер S-трамваев

Подвижной состав немецких трамваев комфортный, в некоторых вагонах есть кондиционеры. В межпиковые периоды чтобы открыть дверь, нужно нажать специальную кнопку, если эту кнопку не нажать, машинист может проехать остановку, экономя электроэнергию. В Германии энергосберегающим технологиям уделяется особое внимание!

На остановочном пункте у S-трамвая автоматически выдвигается подножка, обеспечивающая удобную посадку и высадку пассажиров без устройства специальной платформы на остановочном пункте (Рисунок 5).



Рисунок 5 – «Электричка» в самом центре города – обычное явление

Городской рельсовый транспорт начинает работу в 5 часов утра, а заканчивает после полуночи. Ночью, обычно, выполняется обслуживание контактных сетей, шлифовка трамвайных рельсов. Надо отметить очень

плавный, бесшумный ход трамваев, обеспечивающийся за счет использования звукоизоляционных резиновых материалов, закладываемых внутрь трамвайной колеи и за счет отсутствия рельсовых стыков.



Рисунок 6 - Городской трамвай на местном проезде

Сами трамвайные линии проложены по-разному: в центральной части города - по узким центральным улочкам, при этом по этим же путям разрешается движение автобусам, при этом, используется один и тот же остановочный пункт. На магистральных улицах - по разделительной полосе, с отделением от проезжей части газоном и бордюриком, напоминающие российские скоростные трамваи, аналогичные трамвайным линиям в г. Волгоград (рисунок 7).

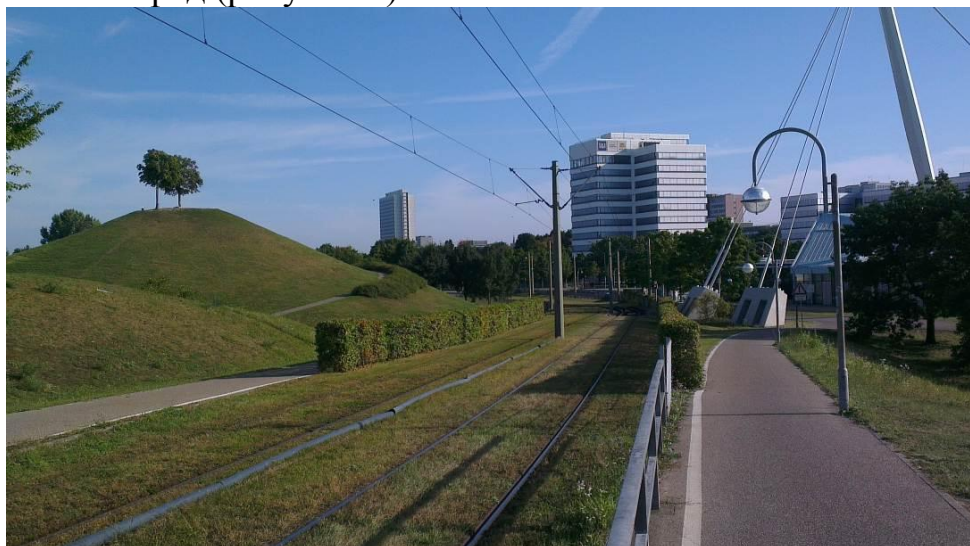


Рисунок 7 – Изолированные бесстыковые трамвайные пути (контактная сеть закрепляется на 1 столбе вместо 4)



Рисунок 8 – Трамваи-ветераны (немцы очень бережно и уважительно относятся к раритету – первые трамваи на улицах Карлсруэ 1957-1960 г.)

Информационное обеспечение работы трамваев в Карлсруэ на высшем уровне. На каждой остановке точное расписание, схема линий, на некоторых билетные автоматы. На крупных пересадочных узлах информационное табло, показывающее ближайшие трамваи, количество вагонов состава и оставшееся время до их прибытия.

На сайте транспортных компаний (например, <http://www.kvv.de/>) можно интерактивно сформировать запрос и получить: перечень вариантов проезда между двумя точками, в том числе с пересадками, а также PDF-файл с полной персональной схемой проезда, нанесенной на карту местности, персональным расписанием (где, куда и во сколько сесть, во сколько пересесть, сколько минут займет пересадка, сколько метров идти пешком и т.п.) и прочую информацию.

Приведенный анализ работы городского электрического рельсового транспорта на примере г. Карлсруэ, может быть положен в основу разработки программ развития городского электрического рельсового транспорта во многих Российских городах на основании приказа Министерства транспорта РФ от 18.11.2010 №259, чему и будет посвящены выпускные квалификационные работы авторов.

Библиографический список

1. <http://lsnrctl.livejournal.com/16744.html>
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Avg-898-00.jpg>
3. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Karlsruhe_Hauptbahnhof_20070521_Ausschnitt.jpg

Причины образования транспортных заторов

Е.А. Пилишникова, Р.Ю. Лагерев

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

В статье рассмотрено влияние автомобильные транспортных заторов на экологию города, а также возможные решения по их устранению.

Ключевые слова: транспорт, общественный транспорт, транспортные потоки, велосипедный транспорт, транспортная экология, транспортные заторы, насыщенные сети.

Пилишникова Екатерина Анатольевна, студент Института Авиамашиностроения и транспорта, кафедра менеджмента и логистики на транспорте, тел. 89025460312, E-mail: ekaterina.pilishnikova@tl-istu.com

Лагерев Роман Юрьевич, доцент Института Авиамашиностроения и транспорта, кафедра менеджмента и логистики на транспорте, тел. 83952405694, E-mail: v01@istu.edu

Во многих крупных российских городах количество автомобильного транспорта за последние десятилетия выросло в несколько раз. Показатели уровня автомобилизации превысили прогнозные, предусматриваемые генеральными планами развития городов. В пиковые периоды нагрузки улично-дорожные сети не справляются с большим количеством индивидуального автотранспорта: ежедневно возникают транспортные заторы, «пробки», ухудшающие транспортное обслуживание и экологию городов. По данным аналитиков в 2012 году Россия являлась второй страной в Европе, уступая Германии, по показателям насыщения населения автомобилями.

Именно в транспортных заторах, автомобили в большей степени воздействует на городскую среду, загрязняя атмосферу, изменяя климат, повышают бытовой шум. *Транспортный затор*, или автомобильная пробка, это скопление на дороге транспортных средств, движущихся со средней скоростью, значительно меньшей, чем нормативная скорость для данного участка дороги. При образовании транспортного затора (до 20 раз и более) снижается пропускная способность участка дороги. Если прибывающий поток транспорта превышает пропускную способность

участка сети, затор – как длина очереди транспортных средств, приобретает сетевой характер.

Инженеры устали, что есть еще один немаловажный фактор, который является причиной многих пробок, названный “эффектом бабочки”. Смысл его в том, что пробки на дорогах создаются и при нормальном движении на свободных дорогах. Тогда же в чем причина возникновения автомобильных пробок?

Для этого предлагается рассмотреть следующий пример. Предположим, что на свободной дороге автомобиль, движущийся со скоростью в 60 км/ч, притормозил, чтобы объехать препятствие или перестроиться в другой ряд. Теперь его скорость составляет 50 км/ч. Движущиеся за ним автомобили тоже будут сбрасывать скорость. Установлено, что примерно за 2 километра, автомобилисты будут снижать скорость выполняя вынужденную. Тем самым, снизив скорость всего на 10 км/ч, создает скопление автомобилей. С данным фактором сталкивался, чуть ли не каждый владелец автотранспорта, который попадал в затор. Ведь попав в затор, случается, что он образуется на пустом месте, в чем приходится убеждаться, добравшись до места его образования.



Рисунок 1- Принцип возникновения транспортного затора на дороге

Причиной заторов на дорогах является повышение плотности потока автомобилей в результате поступления потока машин, превышающего их

пропускную способность из-за увеличения потока или снижения пропускной способности участка сети. Увеличение плотности транспортных средств может быть вызвано:

- Массовыми сезонными миграциями населения к местам отдыха и обратно.
- Ежедневными поездками на работу и обратно.
- Скоплением машин в результате перекрытия дорог для проезда кортежей или для проведения массовых мероприятий без своевременного предупреждения населения.

Среди причин сокращения пропускной способности:

- Несоответствующая требованиям нормативных параметров геометрия дороги:
 - наличие резких сужений и изломов, вынуждающих водителей снижать скорость для совершения манёвра;
 - отсутствие дополнительных полос разгона и торможения транспортных средств, совершающих повороты и въезд на дорогу;
 - отсутствие «карманов» для остановок общественного транспорта;
 - наличие нерегулируемых перекрёстков, въездов и пешеходных переходов;
 - наличие перекрестков с круговым движением;
- Стоянка автомобилей на правой полосе проезжей части.
- Дорожно-транспортные происшествия.
- Неблагоприятные условия для движения, принуждающие водителей снижать скорость:
 - погодные условия;
 - проблемы техногенного характера;
 - ремонт или уборка дороги в часы пик;
- Наличие светофоров с большим количеством фаз работы и малой длительностью фаз.

Следует также отметить факторы, усугубляющие уже образовавшийся затор и препятствующие его разрешению:

- выезд на перекрёсток, за которым уже образовался затор, что приводит к распространению затора на пересекающую дорогу;
- попытки объезда затора отдельными участниками движения по полосам, не предназначенным для движения в данном направлении.

Вследствие перечислимых причин образуются негативные последствия заторов, такие как:

- Резкое снижение пропускной способности дороги.
- Нарушение работы экстренных и оперативных служб.
- Общее увеличение времени в пути, приносящее экономический ущерб из-за потери времени, опозданий;
- Непредсказуемость времени в пути;

- Увеличение расхода топлива, выброса вредных веществ;
- Увеличение износа автомобилей;
- Увеличение шума;
- Стресс водителей и пассажиров;
- Увеличение аварийности.

В связи с этими последствиями растет беспокойство по поводу воздействия транспорта на окружающую среду и здоровье населения. Чтобы оценить важность проблемы, рассмотрим ряд факторов, неблагоприятно влияющих на здоровье.

Загрязнение атмосферы. Выбросы в воздух черного дыма и газообразных загрязняющих веществ (диоксид азота (NO_2), диоксид серы (SO_2) и озон (O_3)) приводят к множеству вредных проявлений для здоровья, особенно к респираторным аллергическим заболеваниям.

Воздействие шума. В России транспорт (автомобильный, железнодорожный и воздушный) служит самым главным источником бытового шума. Приблизительно 30 % населения России подвергается воздействию шума от автомобильного транспорта с уровнем выше 55 дБ. Это приводит к росту риска сердечнососудистых и эндокринных заболеваний. Воздействие шума влияет на познавательные способности людей, мотивацию, вызывает раздражительность.

Связанная с транспортом двигательная активность. Исследования европейских учёных показывают тенденцию к снижению уровня активности у людей, в связи с тем, что все больше людей предпочитают передвигаться при помощи автотранспорта. Недостаточность двигательной активности приводит к таким проблемам со здоровьем как сердечнососудистые заболевания, инсульт, диабет типа II, ожирение, некоторые типы рака, остеопороз и вызывают депрессию.

Психологическое и социальное воздействие. Психологическое и социальное воздействие транспорта часто не учитывают или недооценивают, несмотря на то, что оно может влиять на поведение при передвижении. Например, страх перед опасностью в связи с угрозой жизни, которую создает интенсивное движение транспорта, привел к тому, что все большее число родителей отвозит своих детей в школу на автомобиле. Одни лишь психологические и социальные механизмы, которые включаются ожидаемым воздействием транспорта, могут приводить к заболеваниям. Каждое заболевание может повлечь за собой изменение ментального и социального статуса человека или действовать на группу людей. То есть психологическое состояние и социальное положение могут непосредственно влиять на воздействие на человека факторов стресса в окружающей среде.

Возникающий риск для здоровья требует все более срочных действий для снижения негативного воздействия и связанного с ним риска. Включение вопросов защиты окружающей среды и охраны здоровья в

политику для транспорта совершенно необходимо для обеспечения устойчивости развития и снижения заболеваемости.

Именно поэтому меры предотвращения заторов можно свести к следующим категориям: увеличение пропускной способности, регулирование доступа к дорогам, и предотвращению ситуаций, приводящих к возникновению и развитию заторов. Не все меры предотвращения заторов подходят для любых ситуаций: те или иные меры в некоторых случаях могут быть не только неэффективны, но и давать противоположный эффект.

Альтернативным решением проблемы может стать снижение привлекательности автомобиля. Автомобиль должен использоваться гораздо реже, неповседневно, т.е. когда в условиях города автомобиль используется только для того, чтобы ездить на дачу и на закупки в магазины в выходные. Нет необходимости ездить на машине на работу. Чтобы это было так, необходимо одновременно повышать привлекательность общественного транспорта и снижать привлекательность автомобильного движения по городу. Это делается практически во всех городах Европы. Кроме того, необходимо расширять использование альтернативных способов передвижения, к каким относятся пешеходное и велосипедное.

Для этого необходимо усовершенствовать использование свободного пространства между машинами или сбоку от них для движения на велосипеде или мотоцикле.

Так как для двухколёсного транспорта требуется значительно меньшая ширина на дороге, такой метод может создать дополнительные «виртуальные» полосы движения. Недостатками данного метода является то, что в российских условиях сезон езды на велосипедах и мотоциклах очень короткий, а также российские правила дорожного движения содержат раздел «правила расположения транспортных средств на проезжей части», соблюдение которого делает невозможным использование данного метода.

В странах Европы интенсивность потока регулируют с помощью экономических рычагов – повышением налогов на транспорт, ценами на бензин и парковки. Интересен пример Нидерланд, где сумма налога на авто высчитывается, исходя из показаний одометра. Можно предположить, что в России такая схема экономического регулирования вызовет большое количество протестов, в виду более низкого уровня благосостояния граждан. Поэтому изменения, в первую очередь, нужно вносить в градостроительную политику – установить приоритет развития альтернативных видов транспорта, а не строительства магистралей.

Налаживание работы [общественного транспорта](#), в особенности внеуличного. Общественный транспорт имеет большую провозную способность, чем личный. Но для того, чтобы жители чаще пользовались

общественным транспортом, необходимо обеспечить достаточное удобство пользования, включая, комфортные условия поездки, оптимальное расписание, достаточную скорость движения и стабильность работы.

Показательным примером успешной реализации этой политики служит Гётеборг с развитой системой трамвайного движения, его даже называют «город трамваев». Удобство для пассажиров достигается тем, что трамвайные пути огорожены забором от автомобилей, имеют приоритет на светофорах, все остановки тоже огорожены — люди не выходят в поток машин, трамваи ходят быстро. В Бостоне, например, трамвайные пути ближе к центру города уходят под землю.

Ограничение доступа к дороге — обратный способ, призванный пересадить часть водителей на другие виды транспорта.

- Регулирование поступления автомобилей с прилегающих дорог на магистральные при помощи светофоров.

- Ограничение стоянки позволяет уменьшить привлекательность личного транспорта. К тому же, даже поставленные с интервалом 200 м по крайней полосе автомобили делают её недоступной для движения, поэтому запретить стоянку по краю проезжей части может серьезно разгрузить улицу.

- Взимание дорожной платы. Может применяться в ограниченные часы или к отдельным категориям автомобилей.

- «Квоты на вождение» — выдача ограниченного количества лицензий на вождение автомобиля в стране, автомобили без таких лицензий не могут использоваться вообще.

При таком способе гарантируется, что их количество не превысит расчётной ёмкости дорог, но цена таких лицензий возрастает с ростом спроса, что делает ограничение социально неприемлемым.

- «Городские квоты» — продажа определённого количества лицензий на въезд в город. Проверка лицензий осуществляется на контрольных постах или просто в виде точечных проверок на городских улицах.

- Также, возможно установление платного въезда в отдельные районы города, например, в центр. Это практикуется в Лондоне.

- Ограничение въезда - запрещают движение определённых типов машин в определённые часы или в определённом районе.

- Зачастую помогает запрет на проезд транзитных грузовиков. Требуется создания объездных дорог для транзитного транспорта.

- Многие города мира ограничивают движение в зависимости от дня недели, а для контроля используют несколько типов номерных знаков. Такая система используется, например, в Афинах, Мехико и Сан-Пауло. Слабое место такой схемы заключается в том, что более обеспеченные

граждане в состоянии купить несколько автомобилей с разными номерами и тем самым обойти ограничение.

- Введение одностороннего движения. По двум параллельным улицам организуют одностороннее движение в разные стороны. Эта мера помогает в старых районах с узкими улицами. Иногда движение в одну сторону организуется по магистральной улице, а в другую — по второстепенной.

- Смещённое время работы. Время работы некоторых организаций может быть спланировано таким образом, чтобы их сотрудники могли добираться до места работы в часы более спокойного движения. Также распространено смещение времени работы школ и университетов. Такой способ позволяет избежать резких колебаний потоков транспортных средств. Недостаток: если работник поздно освобождается, вечер оказывается недоступным для встреч и общения. Впрочем, торговые и развлекательные центры часто, понимая эту проблему, работают до поздней ночи.

- Ограждение мест аварии, чтобы предотвратить скопление любопытных водителей и предотвратить вызванные ими новые аварии;

- Оптимизация скоростного режима — иногда снижение максимальной разрешённой скорости помогает увеличить пропускную способность дороги за счёт уменьшения дистанции между автомобилями, а также за счёт снижения аварийности.

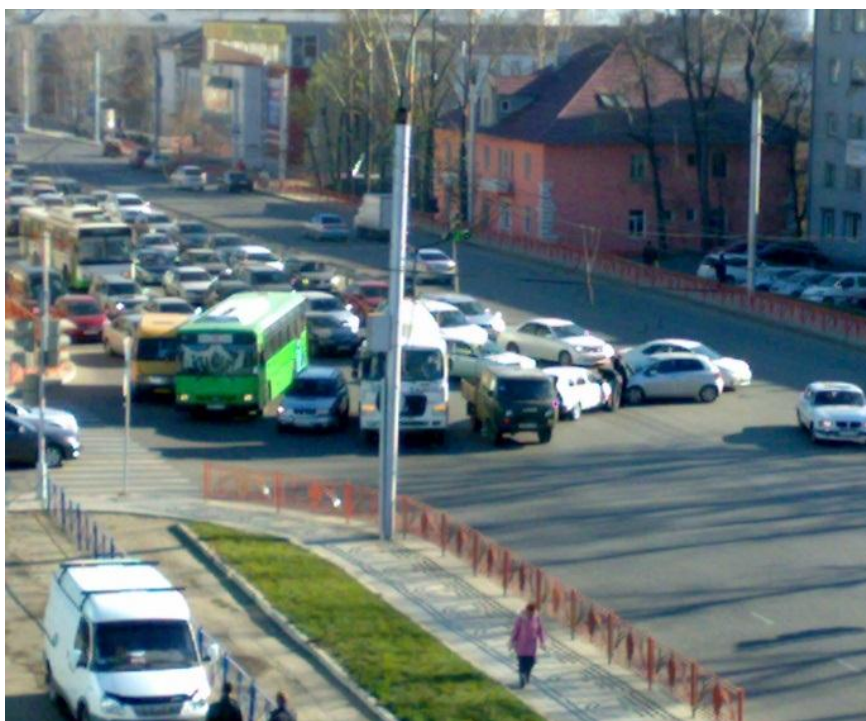


Рисунок 2 – Пример транспортного затора в г. Иркутске

- Облегчение метода «перехватывающие парковки»: жители пригородов и спальных районов оставляют свои машины на так называемых перехватывающих парковках за пределами города и дальше добираются городским транспортом, специальным челночным автобусом или вместе с коллегой на его машине.

Недостатком является то, что такие поездки необходимо организовывать заранее, к тому же у одного из участников дела могут измениться в последний момент, а также не решается проблема пробок на подъездных дорогах.

- Своевременное оповещение граждан о возможных препятствиях на дороге: перекрытии дорог, ремонтных работах, авариях и существующих заторах. Однако при отсутствии достаточного количества альтернативных направлений движения возможно распространение затора на другие улицы.

- Для водителей способом избеганием пробок может служить использование в автомобиле GPS-Навигаторов с функцией обновления дорожной ситуации.

Таким образом, комплекс альтернативных мер может помочь решить транспортные проблемы, улучшить качество жизни и вместе с тем повысить экономическую привлекательность городов. Градостроительная политика должна быть дальновидной: учитывать интересы людей в будущем, изменения окружающего мира, заботиться не только о настоящих, но и о будущих поколениях.

Библиографический список

1. Вучик В. Транспорт в городах, удобных для жизни / Вукан Вучик. – М.: Территория будущего, 2011. – 576 с.
2. Тарасова Е. Общественный транспорт - правильный выбор в деле обеспечения мобильности: тексты выступлений 58-го по счету Конгресса Международного Союза общественного транспорта [Электронный ресурс] / Е. Тарасова, В. Тихонов // Электрон. газета. – СПб.: Политроника, 2009. – Режим доступа: <http://www.omnibus.ru>
3. ru.wikipedia.org/wiki/Дорожный_затор

УДК 656.13.08

Исследование условий движения пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах города Иркутска

С.А. Гусевская, К.А. Наumenко, С.Л. Чикалина

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

Приведены результаты экспериментальных исследований организации дорожного движения пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах г. Иркутска. Установлено, что одним из факторов, влияющих на количество дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов, являются большие задержки пешеходных потоков при переходе проезжей части.

Ключевые слова: *пешеходные переходы; дорожно-транспортные происшествия; задержка; обследование пешеходных потоков.*

Гусевская Светлана Андреевна, студент специальности «Организация и безопасность движения» кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 89501291843, e-mail: svetlana91.10@mail.ru

Наumenко Ксения Андреевна, студент специальности «Организация и безопасность движения» кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 89500624711, e-mail: ksu-shka09@mail.ru

Чикалина Светлана Леонидовна, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, e-mail: Chikalinasveta@gmail.ru

Автомобильный транспорт является самым небезопасным из всех доступных человеку видов транспорта. По статистическим данным [2] именно дорожно-транспортные происшествия (ДТП) ставят на первое место по числу погибших и пострадавших. По этим параметрам автомобили значительно обгоняют железнодорожный, авиационный и водный транспорт.

Ежегодно в России каждое третье ДТП происходит с участием пешеходов. Каждое седьмое из них - по вине пешехода. Каждый четвертый наезд на пешехода совершен на пешеходных переходах и этот показатель растет [1]. Подавляющее большинство (95,5%) таких происшествий зарегистрировано на территории городов и населенных пунктов.

Дорожно-транспортные происшествия являются основной причиной гибели людей. Они происходят по многим причинам, среди которых есть как технологические, так и человеческие факторы. Авария может случиться по вине уставшего водителя, из-за обледенения дорожного покрытия или неисправности тормозной системы.

Поэтому целью настоящей работы является выявление степени влияния условий дорожного движения на количество ДТП с участием пешеходов. К факторам, влияющим на количество ДТП, относят:

- конструкция дороги;
- техническое состояние автомобиля;
- система регулирования транспортного движения;
- концентрация автомобилей на улично-дорожной сети;
- факторы окружающей среды;
- временные факторы.

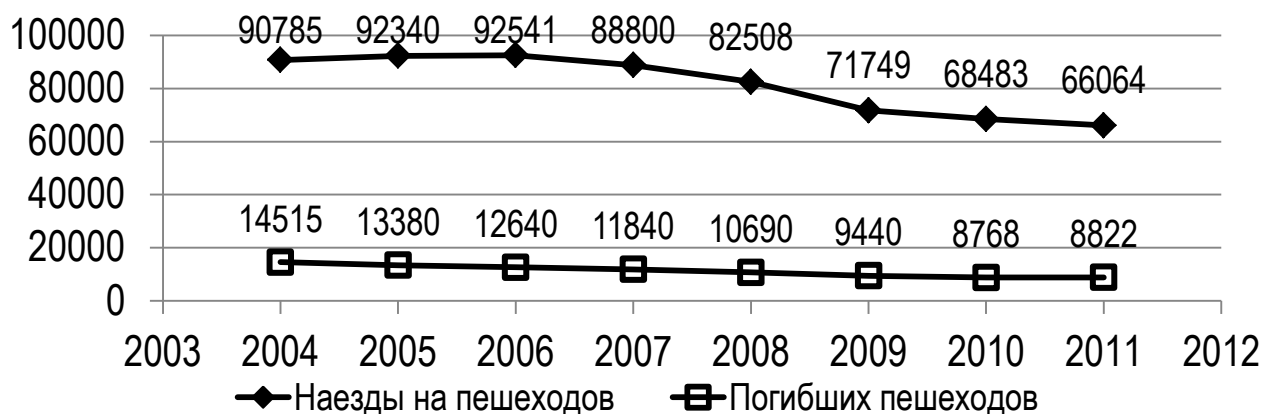


Рис. 1 Статистика ДТП с участием пешеходов в России[1]

Обследование пешеходного движения является составной частью общего обследования городского движения и предусматривает натурное определение основных параметров пешеходных потоков и пешеходных путей сообщения, а также анализ дорожно - транспортных происшествий с пешеходами. Обследование в целом по городу или отдельному его району осуществляется на ключевых пунктах улично - дорожной сети.

Интенсивность движения пешеходных и транспортных потоков замерялась на перекрестках натурным образом. Замер данных проводился на нерегулируемых пешеходных переходах, при этом учитывались переходы с наибольшим числом ДТП за 2012 год. Статистические данные об аварийности улично-дорожной сети города Иркутска были взяты в ГУ МВД ОБДПС г. Иркутска.

Пешеходный переход — специальная область на проезжей части, предназначенная для перехода пешеходов на другую сторону улицы. Пешеходные переходы на уровне проезжей части обычно устраивают на перекрестках улиц и дороги в местах интенсивных пешеходных потоков.

Интенсивность транспортного потока является одним из наиболее широко используемых параметров и характеризуется количеством транспортных средства проходящих по данному участку дороги за определенный промежуток времени и обычно выражается количеством транспортных средств в час.

Интенсивность движения пешеходного потока - это количество пешеходов, проходящих через поперечное сечение(j) пешеходного

перехода (суммарное в двух направлениях) за единицу времени i -й период суток (N_{ij}), в том числе в «час-пик», чел/ч.

Таблица 1

Количественные характеристики нерегулируемых пешеходных переходов

Нерегулируемый пешеходный переход	Интенсивность транспорта, N_t (авт./час)	Интенсивность пешеходов, $N_{пеш}$ (пеш./час)	Задержка пешеходов, $d_{пеш}$ (с)	Количество ДТП с участием пешеходов	Длина пешеходного перехода	Количество полос движения проезжей части
Байкальская – Седова	1446	240	2,6	2	15	4
Депутатская – Волжская	1324	300	2,1	2	19	4
Депутатская – Лыткина	1920	54	4,7	4	19	4
К. Либкнехта – Ф. Энгельса	1718	78	3,7	3	8	2
Партизанская - Лыткина	1128	306	0,5	1	11	2
Байкальская-Волжская	1618	162	2,87	2	15	4
Ленина-Сурикова	2226	18	10,1	4	15	4
Ленина, 3	1434	252	2,5	1	50	2
Сухэ-Батора, 1	1860	60	4,3	3	8	2
Сухэ-Батора, 3	1670	138	2,9	2	19	4
К. Маркса – б. Гагарина	1674	114	3,08	2	15	4
Депутатская-4я Советская	1956	48	5,2	3	19	4
Партизанская-Кр. Мадьяр	1596	198	2,8	2	19	4
Чкалова, 8	720	306	0,5	1	15	4
Ширямого, 8	1700	96	3,6	4	19	4

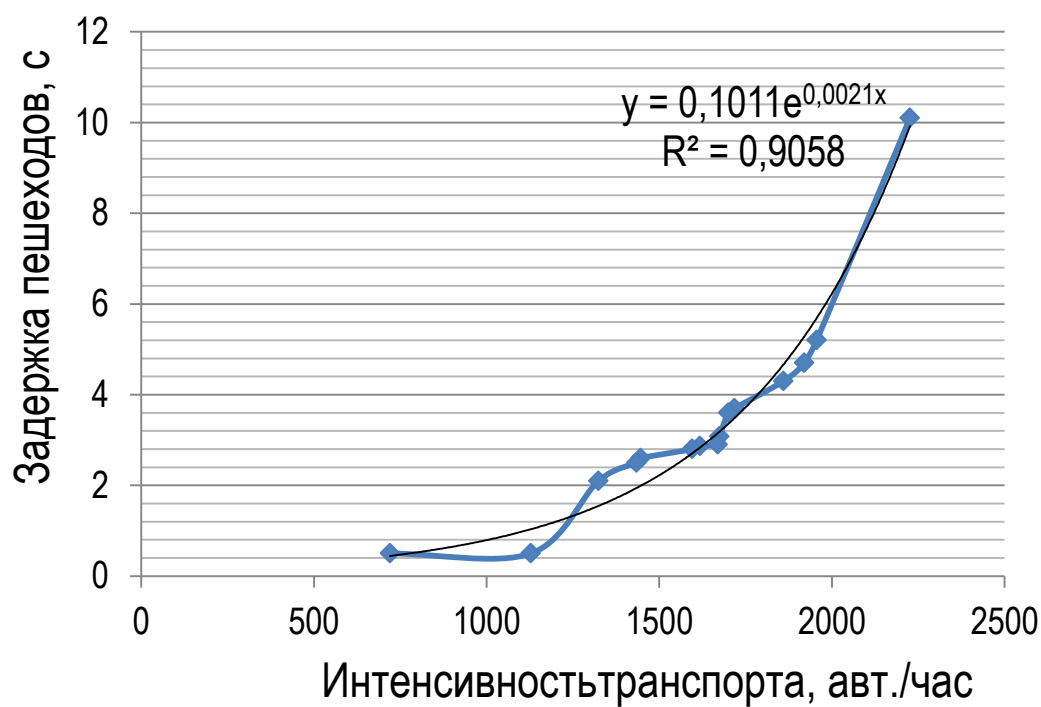


Рис. 2 Влияние интенсивности транспортных потоков на задержку пешеходов

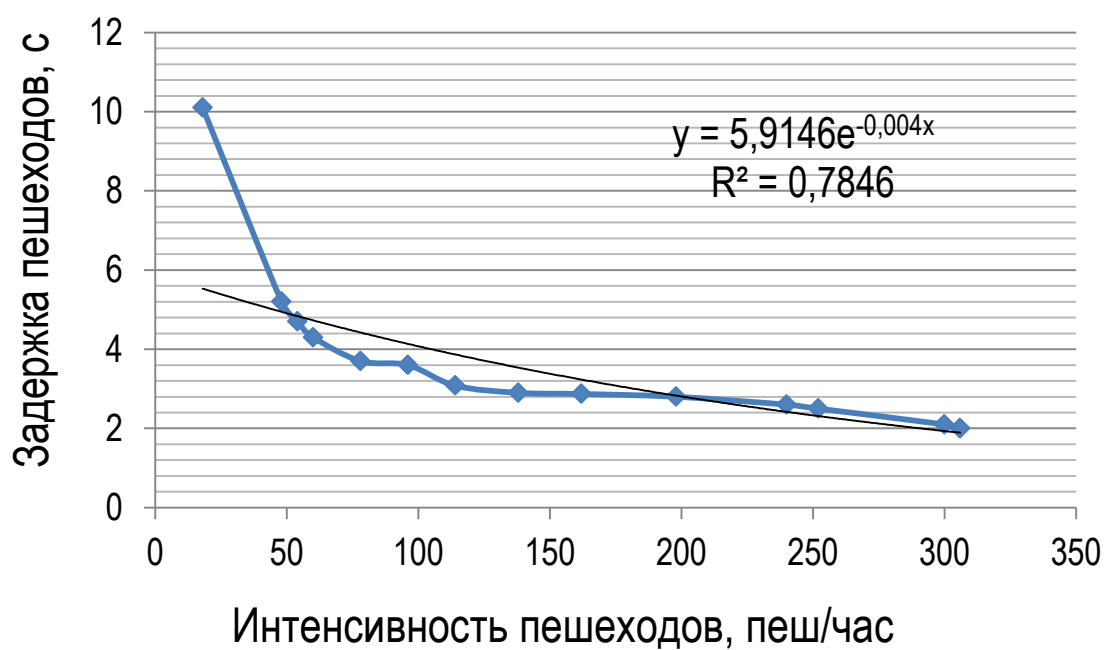


Рис. 3 Влияние интенсивности пешеходных потоков на задержку пешеходов

По данным таблицы 1 получены графики влияния интенсивностей транспортных и пешеходных потоков на задержку пешеходов (рис. 2, 3).

Так же по данным таблицы 1 получены графики влияния интенсивностей транспортных и пешеходных потоков на количество ДТП (рис.4, 5).

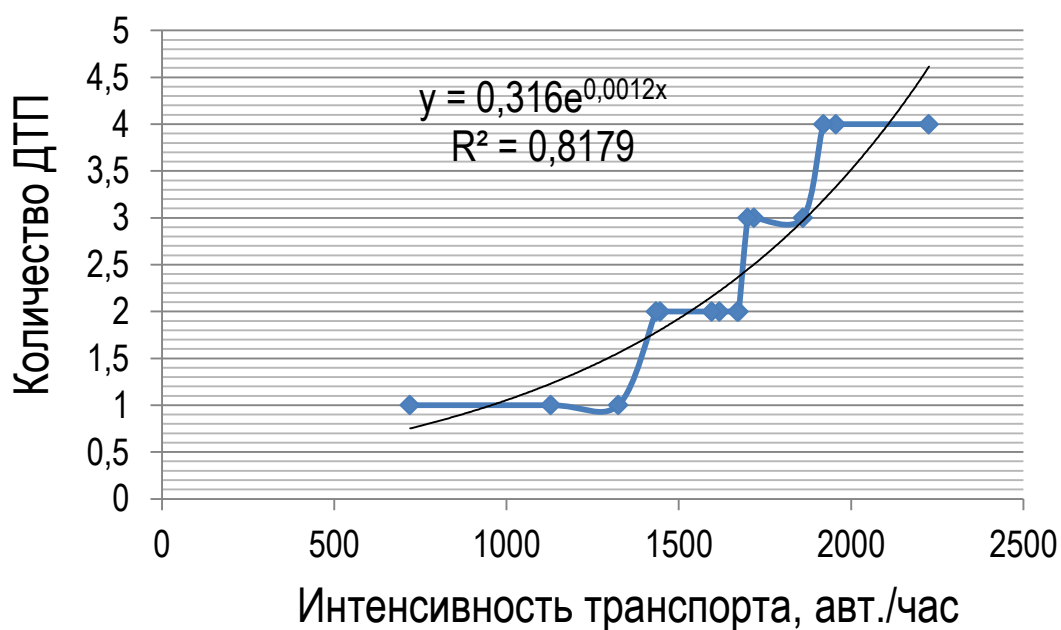


Рис. 4 Влияние интенсивности транспортных потоков на количество ДТП с участием пешеходов

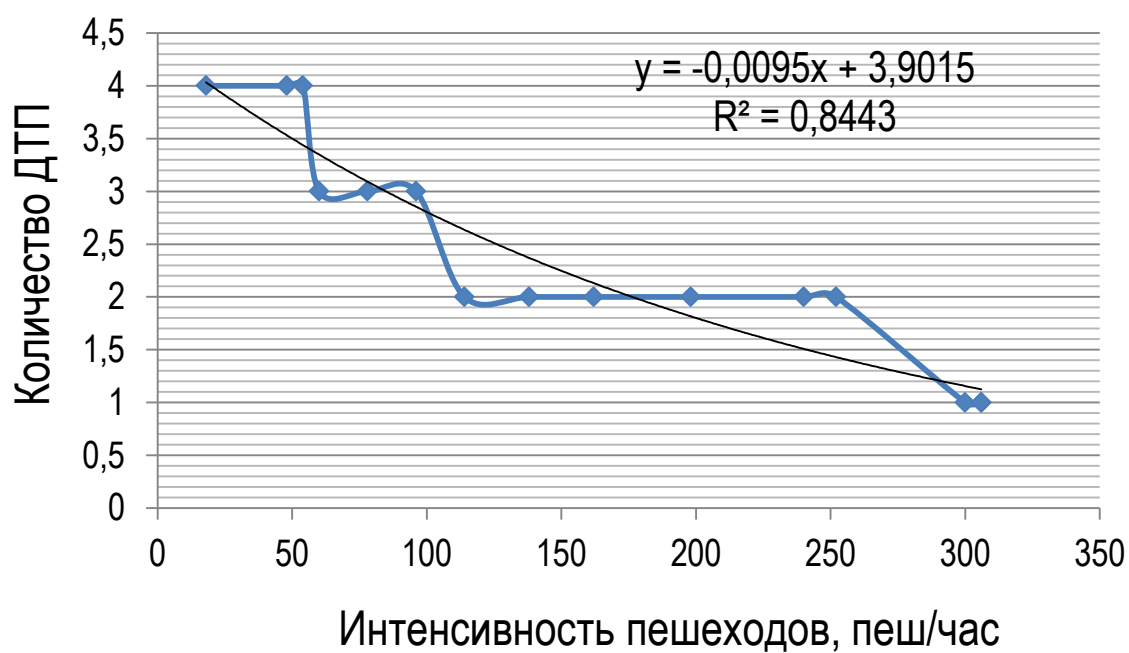


Рис. 5 Влияние интенсивности пешеходов на количество ДТП с их участием

Приоритетной задачей в области повышения безопасности движения является выявление факторов, значительно влияющих на риск возникновения дорожно-транспортного происшествия. Это помогает принимать решения, которые позволят устранить сторонние причины аварий.

Настоящая работа посвящена анализу и изучению причин возникновения ДТП с участием пешеходов. В ходе проведенного обследования было выявлено, что при увеличении интенсивности пешеходов, задержка пешеходов снижается и соответственно уменьшается количество ДТП. С увеличением интенсивности транспортных потоков, задержка пешеходов увеличивается и соответственно увеличивается количество ДТП с участием пешеходов. Результаты и выводы, сделанные в процессе обследования нерегулируемых пешеходных переходов, могут быть полезны для повышения безопасного движения на дорогах.

Список использованной литературы:

1. <http://www.road-safety.ru/fourth/statistics>
2. <http://www.statistica.ru>

Оценка объема генерации корреспонденций к объектам сервиса на примере гаражных кооперативов города Иркутска

Д.Г. Бурков, А.В. Зедгенизов

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

В статье рассматривается режим функционирования 4-х гаражных кооперативов индивидуального пользования в течение суток. Рассматривается методика проведения экспериментальной части и обработки полученных результатов исследования. Рассмотрены объемы генерации рассматриваемых территорий, активность гаражных кооперативов и распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств. Загрузка обследуемых гаражных кооперативов не равномерно распределена в течение суток. Пиковые значения выезда транспортных средств из гаражных кооперативов совпадают с пиком входа людей в гаражный кооператив в утренние часы и, наоборот, в вечерние. Соотношение числа выходящих и числа входящих человек в гаражные кооперативы примерно одинаково и лежит в пределах 0,95.

Ключевые слова: *транспортная нагрузка, генерация корреспонденций, активность гаражных кооперативов.*

Бурков Дмитрий Германович, студент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 89041100583, e-mail: dimichherman@mail.ru

Зедгенизов Антон Викторович, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел./факс: (3952)-40-53-53, e-mail: azedgen@gmail.com.

Уровень автомобилизации крупных городов России растет стремительными темпами, не исключением оказался и Иркутск, в котором на настоящее время на 1000 человек приходится в среднем 240-250 автомобилей, хотя всего десять лет назад приходилось всего 130 автомобилей. Такому количеству автомобилей необходимы значительнее площади под хранение. Автомобили ставят на хранение на уличных и внеуличных парковках, в индивидуальных гаражах, но большинство автомобилей сосредоточено в гаражных кооперативах индивидуального пользования.

Были проведены обследования 4-х гаражных кооперативов с целью определения степени генерации поездок в зоне данных гаражных кооперативов. Обследование примечательно тем, что исследуемые

гаражные кооперативы находятся в разных частях города. 1 кооператив на окраине города и 3 в относительной близости к центральной части города.

В ходе эксперимента и последующей обработке данных были выявлены характеристики функционирования гаражных кооперативов. Число транспортных средств въезжающих и выезжающих с рассматриваемой территории дали представление о распределении транспортной нагрузки, которая приходится на прилегающую к гаражным кооперативам улично-дорожную сеть (рис.1,2).

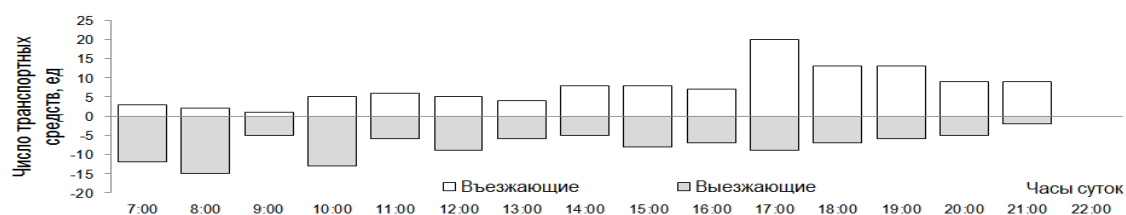


Рисунок 1 – Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств в/из гаражного кооператива находящегося за городской чертой

Из представленного рисунка видно, что активность выезда из гаражного кооператива с 7:00 до 8:30 и въезда в вечерние часы «пик» примерно с 17:00 до 19:00. Всплеск активности в утренние часы связан с необходимостью передвижений по рабочим целям, а активность в вечерние часы связана с окончанием рабочего дня. Кроме того, на рисунке видна повторная послеппиковая активность, начинающаяся с 10:00, на которую приходится поездки по культурно-бытовым целям.

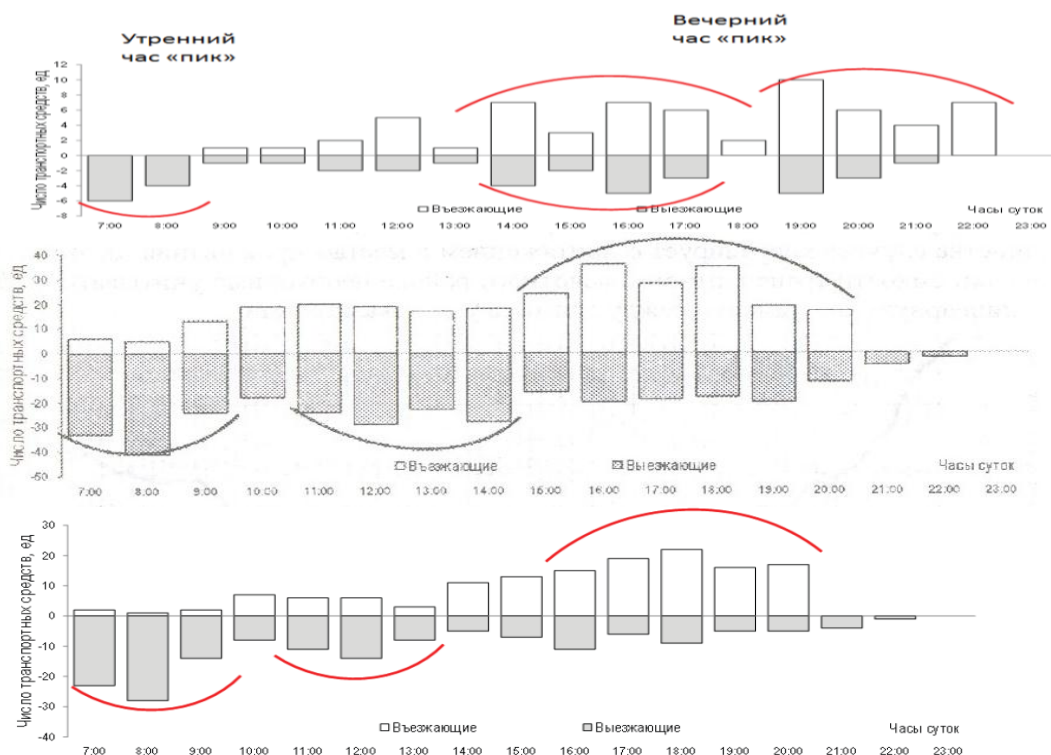


Рисунок 2 – Распределение числа въезжающих и выезжающих транспортных средств в/из гаражных кооперативов находящихся в городской черте

На данном рисунке показано, что активность выезда из гаражных кооперативов находящихся в черте города в утренние часы «пик» совпадает и находится в интервале с 7:00 до 9:00, так же совпадает повторный послепиковый рост, начинающийся с 11:00. Активность въезда в кооперативы несколько разница, но в среднем с 16:00 до 20:00.

По времени выезда и въезда в гаражные кооперативы было сопоставлено общее число отсутствующих транспортных средств по часам суток (рис. 3,4).Этот показатель отражает степень нагрузки на УДС по часам суток, выявляя при этом пиковые часы для данного типа использования городской территории и соответственно при оценке уровня обслуживания этой территории (LOS).

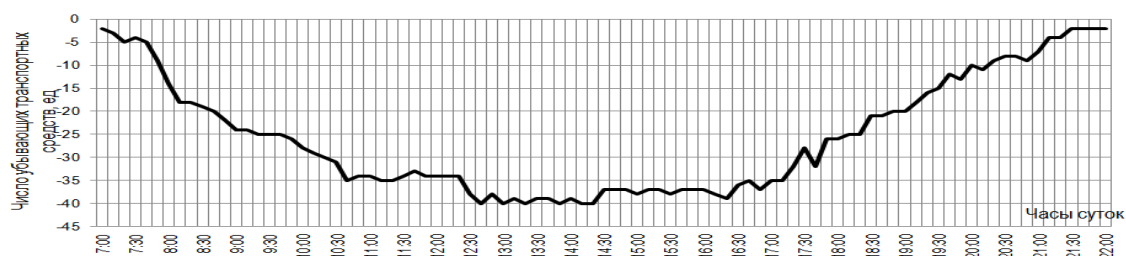


Рисунок 3 – Общее число отсутствующих транспортных средств по гаражному кооперативу, находящемуся за городской чертой

Из рисунка можно заключить, что активность гаражного кооператива будет минимальной в период с 12:30 до 16:30.

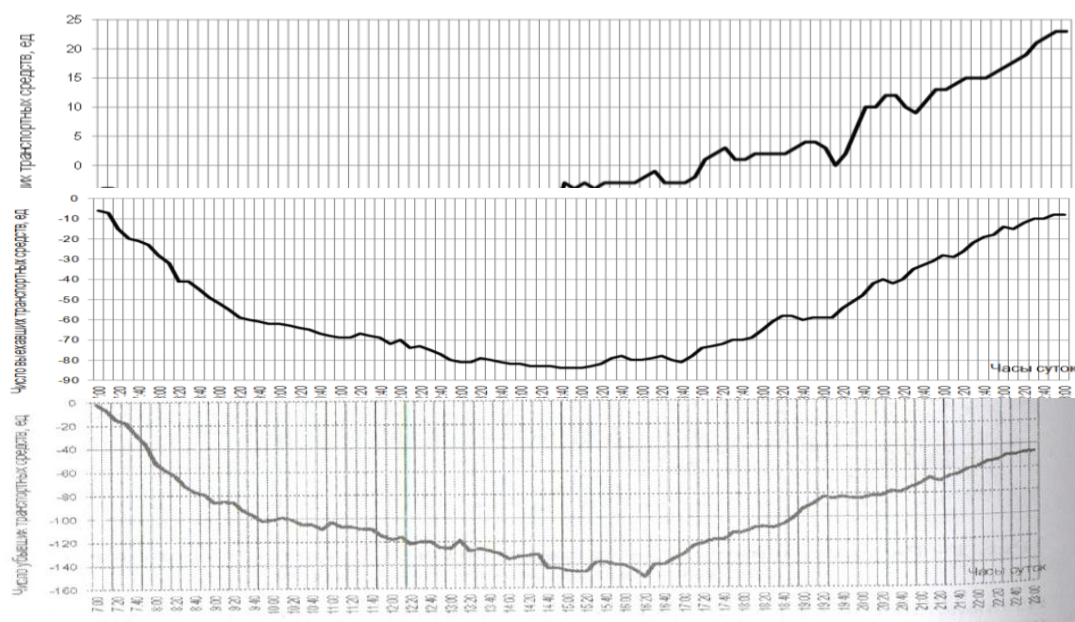


Рисунок 4 – Общее число отсутствующих транспортных средств по гаражным кооперативам находящихся в городской черте

Минимальная активность гаражных кооперативов в черте города неравномерна, но в среднем лежит в интервале времени с 13:00 до 15:00.

По данным обследований так же были получены распределения числа входящих и выходящих людей по часам суток для кооперативов (рис. 5,6).

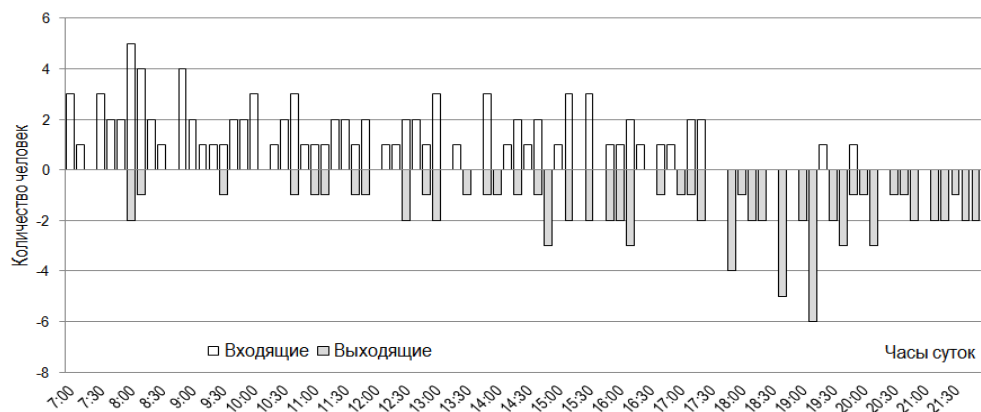


Рисунок 5 – Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток для кооператива на окраине города

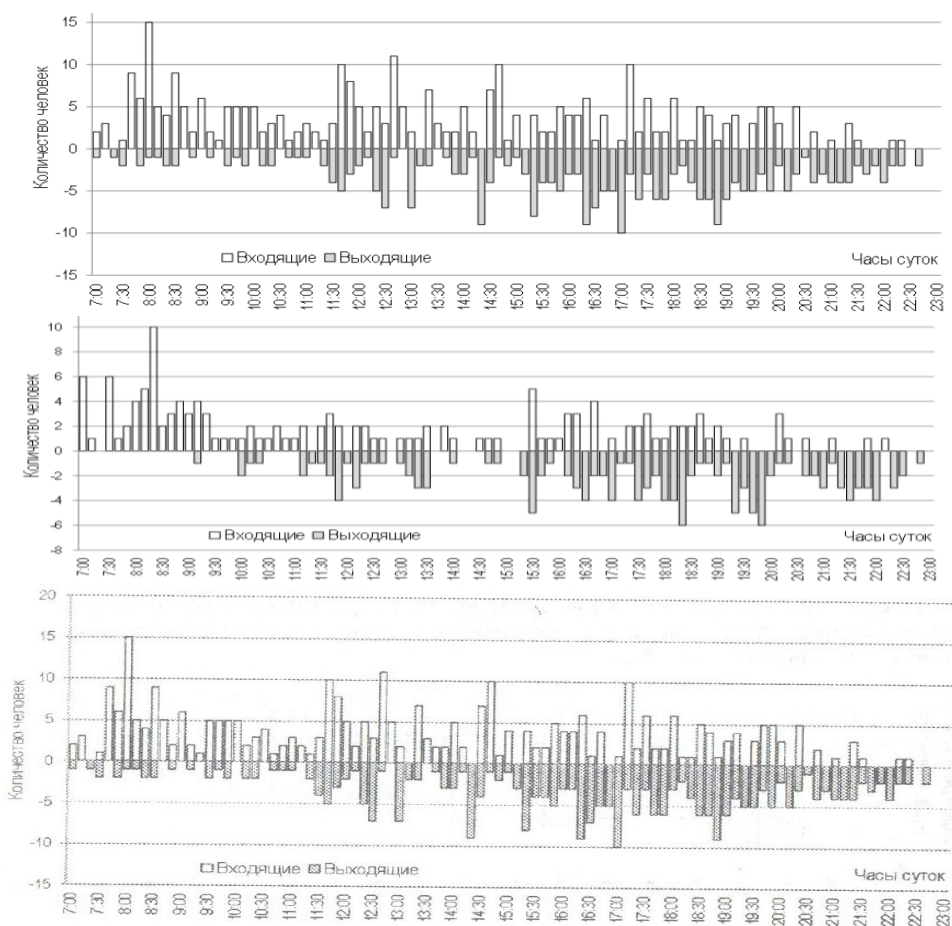


Рисунок 6 – Распределение числа входящих и выходящих людей по часам суток для кооперативов в черте города

Общее число входящих на территорию людей приблизительно для всех обследованных гаражных кооперативов равно числу выезжающих автомобилей. Из этого можно заключить, что генерация к гаражным кооперативам в подавляющем большинстве заключается в необходимости использования индивидуального транспортного средства. Пиковые значения выезда транспортных средств из гаражных кооперативов совпадают с пиком входа людей в гаражный кооператив в утренние часы и, наоборот, в вечерние. Соотношение числа выходящих и числа входящих человек в гаражные кооперативы примерно одинаковой и лежит в пределах 0,95.

Основным итогом проделанной работы можно считать полученные распределения основных показателей по часам суток и выявленный объем генерации, создаваемый рассматриваемыми гаражными кооперативами.

Таблица 1 – Основные показатели кооперативов

№ строения	Площадь основания, м ²	Число этажей	Общая площадь, м ²	Объем генерации, чел/сут.		Удельный объем генерации, чел/м ²	Удельный объем генерации, м ² /чел
				На инд. тр.	Без инд. тр.		
Кооператив 11 (загородом)	21639	1	21639	115	0	0,005	188,16
Кооператив 4	22150	1	22150	161	0	0,00725	137,82
Кооператив 163	17762	1	17762	392	0	0,022	45,31
Кооператив 54	35718	1	35718	389	0	0,0112	89,26

Тематика дальнейших исследований может быть направлена на выявление основных характеристик других гаражных кооперативов, платных стоянок в будние и праздничные дни, одновременно с этим, важно выявить зависимость между числом гаражных боксов и удельной генерацией корреспонденций.

Список использованной литературы

1. 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». - Часть 38 -

Технические науки: Пшемысль. Польша. Издательский дом «Образование и наука» 96 стр., 2012. – С. 3 – 7.

2. Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г., Зедгенизова А.Н. Оценка объема генерации к гаражным кооперативам индивидуального пользования на примере кооператива №4 г. Иркутска. // Материалы VIII Международной научно - практической конференции «Передовые научные разработки - 2012». - Часть 13 - Технические науки: Прага. Издательский дом «Образование и наука» 112 стр., 2012. – С. 44 – 51.

3. Бурков Д.Г., Зедгенизова А.Н., Зедгенизов А.В. Оценка объема генерации к гаражным кооперативам индивидуального пользования на примере кооператива №163 г. Иркутска. // Материалы VIII Международной научно - практической конференции «Новости научного прогресса - 2012». - Часть 10 – Технологии Физика: София. Болгария. «Бял ГРАД-БГ» ООД - 72 стр., 2012. – С. 21 – 26.

4. Зедгенизова А.Н., Зедгенизов А.В., Бурков Д.Г. Оценка объема генерации к гаражным кооперативам индивидуального пользования на примере кооператива №54 г. Иркутска. // Материалы VIII Международной научно - практической конференции «Наука: теория и практика - 2012». - Часть 12 – Технические науки: Пшемысль. - 104 С. 34 – 38.

5. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.

6. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения: Учеб. Пособие для вузов.- 2 изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа1980.-296 с., ил.

УДК 656.13.072

**Анализ современного состояния и проблем развития
пассажирских перевозок в городах России**

С.А. Яценко, А.Н. Новикова

Проведен анализ рынка пассажирских перевозок в некоторых городах России. Выявлены основные проблемы транспортного обслуживания населения Российских городов влияющих на уровень качества. В большинстве городов произошло перераспределение парка подвижного состава в сторону автобусов особо малого и малого класса, появилось большое количество иностранных автобусов. Рассмотрены пути решения данной проблемы.

Ключевые слова: пассажирский транспорт управление перевозками городской маршрут обслуживание пассажиров подвижной состав.

Яценко Светлана Анатольевна, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел. 8-39-52-40-51-35, e-mail: s.a.yatcenko@gmail.com

Новикова Анна Николаевна, студентка группы ОАП-10, e-mail: anna.novikova@tl-istu.com

В настоящее время городской пассажирский транспорт общего пользования (ГПТОП) является одной из наиболее общественно значимых отраслей городского хозяйства. Работа ГПТОП и меры по ее обеспечению должны рассматриваться государством как имеющие особую социальную значимость. Степень участия различных видов транспорта в пассажирских перевозках города зависит от многих факторов, к которым относятся: исторические особенности, рельеф местности, организация дорожного движения, уровень управления перевозочным процессом, и т.п.

Существующие проблемы транспортного обслуживания населения городов России можно разделить на следующие группы: качество обслуживания; безопасность перевозок; организация дорожного движения; тарифная политика; инфраструктура системы пассажирского транспорта.

1. Недостаточное качество обслуживания в первую очередь обусловлено наличием в транспортной системе: подвижного состава, не предназначенного для городских перевозок пассажиров транспортом общего пользования (МЗ класс I); несоответствующего санитарного состояния салонов транспортных средств; недостаточного уровня квалификации экипажей; отсутствием дополнительных информационных услуг, предоставление которых практикуется в общественном транспорте

развитых стран;неприемлемого в некоторых случаях интервала движения транспортных средств по маршрутам (зачастую время ожидания пассажирского транспорта значительно превышает определенное расписанием вследствие транспортных заторов на улично-дорожной сети);низкого технического и санитарного состояния остановочных пунктов (конечных и промежуточных).

2. Имеющиеся проблемы безопасности перевозок транспортом общего пользования проявляются:

- в систематическом нарушении правил дорожного движения водителями транспорта общего пользования;
- в необеспечении безопасной высадки и посадки пассажиров в значительном числе случаев;
- в несоблюдении режимов движения подвижного состава (резкие ускорения и торможения, которые могут привести к травмированию пассажиров);
- в отсутствии системы реагирования на возможные инциденты в салонах транспортных средств.

3. Проблема организации дорожного движения в настоящее время приобрела особую актуальность. В связи с несоответствием ресурсов улично-дорожной сети и транспортных потоков регулярно возникают транспортные заторы, которые приводят к снижению скорости сообщения (увеличению интервалов движения подвижного состава). В некоторые периоды (как правило, в пиковые периоды) время рейса транспортного средства увеличивается более чем в два раза по сравнению с расписанием. В результате в пиковые периоды транспортные средства в значительной степени переполнены;существенно увеличивается время ожидания пассажиров на остановочных пунктах;возрастает время доставки пассажиров, не обеспечивается максимальное регламентированное время поездки;провоцируется рост частного транспорта на улично-дорожной сети, что еще более осложняет сложившуюся ситуацию;усугубляется влияние транспорта на окружающую среду.

4. Проблемы тарифной политики. В результате недостаточного уровня пассажирского тарифа и нерегулярного его корректировки:

- снижается качество транспортного обслуживания (перевозчики увеличивают интервал движения транспортных средств для повышения уровня использования вместимости);
- не обеспечивается приемлемый уровень обновления подвижного состава;
- применяются «серые» схемы заработной платы, в результате существует проблема социальной защиты персонала транспортных организаций;

- нарушается режим труда и отдыха водителей с целью обеспечения приемлемого уровня заработной платы, что оказывает значительное отрицательное влияние на безопасность дорожного движения;
- вследствие недостаточного уровня оплаты труда, сложных условий работы в настоящее время имеется острейший дефицит водительских кадров.

5. Инфраструктура пассажирского транспорта – автобусные парки и парки электрического транспорта; маршрутная сеть; система диспетчерского управления пассажирским транспортом.

Оборудование маршрутной сети в большинстве городов России не отвечает существующим требованиям. В частности на конечных пунктах отсутствуют условия отдыха экипажей, большое количество промежуточных остановочных пунктов не обеспечивают удобную и безопасную посадку-высадку пассажиров и комфортное ожидание транспортного средства.

Город Красноярск это крупный промышленный центр в Восточной Сибири, ежегодно наращивающий свой демографический и экономический потенциал. Поэтому на сегодняшний день город нуждается в эффективности функционирования пассажирского общественного транспорта.

В настоящее время основной объем перевозок (88,8%) пассажиров по регулярным маршрутам города Красноярска осуществляется автобусом. Электрический транспорт обслуживает порядка 11,2% пассажиров, причем удельный вес электрического транспорта снижается. За последние годы объем перевозок пассажиров электрическим транспортом уменьшился с 26-28% до 11,2%. Общественный транспорт в городе нуждается в обновлении по срокам службы, порядка 30% автобусов малого класса и 20% среднего класса. В муниципальных пассажирских предприятиях, в основном, преобладает новый подвижной состав. Предприятия и индивидуальные предприниматели, осуществляющие автобусные перевозки на маршрутах города Красноярска преобладают над муниципальными транспортными организациями по количеству предприятий в городе. В Красноярске числится 5 транспортных муниципальных предприятий, в то время как в городе зарегистрировано 107 индивидуальных предпринимателей и коммерческих предприятий, специализирующихся на пассажирских перевозках. За последние пять лет город приобрёл 355 автобусов большой вместимости, но в автопарке города Красноярска имеется подвижной состав, не предназначенный для городских перевозок пассажиров транспортом общего пользования [1].

В целом, сегодняшнее состояние пассажирского транспорта города Красноярска не в полной мере соответствует современной городской инфраструктуре, оборудование маршрутной сети города Красноярска не отвечает существующим требованиям.

Широкое распространение личного транспорта является основной причиной возникновения заторов на дорогах, поэтому отказ от него в пользу общественного важен не только для перевозчиков, но и для всех жителей города. Сложившийся непривлекательный образ общественного транспорта представляет опасность того, что потребитель, имеющий возможность выбора в средствах передвижения, может не предпочесть общественный транспорт перед автомобилем. Проведённое в Красноярске анкетирование показало, что половина владельцев личных автомобилей готова пересесть на общественный транспорт. Но только при соблюдении трёх условий: комфорт, безопасность и скорость.

Одна из актуальных проблем ГПТОП г. Красноярска – недостаточный уровень обновления парка частных перевозчиков. Ежегодное обновление парка сегодня составляет порядка 0,5% при нормативе 10 – 12% в год. Требуется замена порядка 30% автобусов малого класса и 20% среднего класса по сроку службы.

В муниципальных автобусных предприятиях в настоящее время эксплуатируется в основном новый подвижной состав (срок службы до 4-х лет).

Парк электрического транспорта имеет существенный моральный и физический износ. Физический износ подвижного состава обуславливает низкий уровень комфортабельности перевозок и повышенный расход электрической энергии (на 30 – 50% по сравнению с современными моделями подвижного состава).

В соответствии с прогнозом развития пассажирского парка общего пользования в г. Красноярске приняты следующие меры. К 2015 году необходимо снизить количество автобусов малого класса на 300 единиц, приобрести автобусы большого класса в количестве 269 единиц, обновить 125 единиц троллейбусов и 78 трамваев. Прогнозные параметры развития парка подвижного состава определены для уровня обслуживания 8 пассажиров на 1 кв. м салона в часы пик.

В федеральных нормативных документах рекомендуется уровень 5 пассажиров на 1 кв. м салона в часы пик. Однако расчеты показывают, что реализация данного уровня качества транспортного обслуживания населения в условиях города Красноярска затруднительна вследствие ограниченных ресурсов улично-дорожной сети. В этой связи для кардинального решения проблемы приемлемого качества транспортного обслуживания населения предлагается обеспечить за счет развития сети скоростного трамвая [2].

Сферу пассажирских перевозок г. Томска, например нельзя назвать прозрачной. Точных данных о числе единиц привлеченного транспорта, а также количестве частных предпринимателей и юридических лиц, занимающихся частным извозом, нет. По неофициальным данным, по городским маршрутам распределено около 850 частных автобусов.

Можно говорить о том, что 99,9% из них - ПАЗы. Около 100 автобусов работают на частной основе, будучи приписанными к муниципальному автотранспортному предприятию. При этом, если не брать во внимание электрический транспорт, принадлежащий трамвайно-троллейбусному управлению (ТТУ), доля частных перевозок составляет 94%. Подавляющее число маршрутных автобусов принадлежит частным предпринимателям. Юридических лиц на этом рынке не более 5-6. Как правило, фирма лишь управляет активами собственников транспорта на условиях аренды и одновременно владеет одним-двумя автобусами, зарегистрированными на это же юридическое лицо. Доля пассажирских перевозок, приходящаяся на муниципальный транспорт составляет - 10%. Между частниками практически нет конкуренции - в первую очередь потому, что на рынке нет крупных игроков. Сплачивает их борьба с административными барьерами.

Сегодня в Томске маршруты распределяются на основе открытого конкурса. Положение о правилах пассажирских перевозок, в том числе о проведении конкурсов, принято на собрании Томской городской Думы. Можно говорить о том, что до момента одобрения этого документа городскими законодателями маршруты заполнялись стихийно. Сегодня они перенасыщены, поэтому новые единицы транспорта появляются на маршрутах очень редко.

"Если несколько лет назад частные пассажирские перевозки считались стабильным и доходным бизнесом, то сегодня это очень рискованный сектор предпринимательства, - считает Александр Остроушко. - Косвенное тому подтверждение - значительное сокращение темпов обновления парка маршрутных такси в городе. Сегодня банки весьма неохотно идут на предоставление кредитов частным предпринимателям, работающим в этой сфере. Кредиты коммерческих банков на обновление подвижного состава сегодня можно получить лишь под огромный залог". В прошлом году в Томске была предпринята попытка передела рынка частных пассажирских перевозок: крупная московская компания намеревалась стать акционером ОАО "Горавтотранс". В эту структуру муниципалитет предполагал преобразовать муниципальные ПАТП-1 и ПАТП-2, объединив их активы, а затем акционировать. Однако городские депутаты не одобрили проект. Владельцы автобусов высказывают предположение: если тарифы на перевозки останутся неизменными в ближайшее время, то часть игроков уйдет с рынка. В этой ситуации рынок могут поделить несколько юридических лиц.

Ежегодный оборот рынка пассажирских перевозок в г. Новосибирске, по оценке Управления пассажирских перевозок (УПП) мэрии, составляет около 700 млн рублей. В городе, по данным муниципального учреждения "Центр управления горавтоэлектротранспортом" (МУ "ЦУГАЭТ") 2288

единиц частного транспорта (из них 1100 маршрутных такси) и около 1500 - муниципального (из них 179 трамваев, 343 троллейбуса, 978 автобусов).

Конкуренция на рынке частных перевозок Новосибирска очень велика. Это доказывает хотя бы тот факт, что ни один из частных перевозчиков не занимает заметной доли рынка. Крупные перевозчики (владеющие 50-100 транспортными единицами) осуществляют около 10% перевозок. Но ситуация на рынке в ближайшее время может кардинально измениться: крупные игроки, вероятно, существенно увеличат свою долю услуг. Дело в том, что у многих частных истек срок договора с муниципалитетом, а участвовать в конкурсе на право выезжать на городской маршрут им придется уже на других условиях - согласно "Положению о конкурсе на право выполнения пассажирских перевозок по муниципальной маршрутной сети города Новосибирска". Чтобы понять, как этот документ может изменить расстановку сил, надо знать, как же предприниматель, купив автобус и решив заняться легальным частным извозом, получает право выйти на маршрут. Прежде всего, будущие перевозчики должны обратиться в транспортную инспекцию для прохождения процедуры лицензирования. Дальнейший их путь лежит в ЦУГАЭТ - именно это предприятие заключает договоры с частниками. В документе прописаны правила, нарушение которых может привести к разрыву договорных отношений. Эти пункты касаются соблюдения водителями расписания, правил дорожного движения, безопасности перевозок и обслуживания пассажиров. Однако не все так просто: ЦУГАЭТ может заключить договор с перевозчиком только при условии прохождения им конкурса на право предоставления услуг. Именно эти конкурсы были и остаются источником бесконечных конфликтов частных с муниципалитетом. Согласно новым правилам, к примеру, приоритет в конкурсе на право перевозок будет у тех частных перевозчиков, которые располагают сертифицированной ремонтной базой (или договором на обслуживание на одной из таких баз) и большими автобусами городского типа.

Отметим, что на сегодняшний день основная доля частных пассажирских перевозок в Новосибирске осуществляется автобусами марки "ПАЗ", относящимися, согласно классификации Минтранса, ко второй категории. Лишь 170 автобусов (марок MAN, Volvo и Mercedes), принадлежащих частным перевозчикам, относятся к городским автобусам первой категории.

Управление Федеральной антимонопольной службы (ФАС) по Новосибирской области признало новое положение о конкурсе не соответствующим законодательству - а именно те пункты, в которых говорится о приоритете в отношении частных, располагающих сертифицированной ремонтной базой и автобусами первой категории.

ФАС оспаривает и требование к частным перевозчикам обязательно заключать договоры с мэрией. Все это, как считают в антимонопольной службе, "противоречит антимонопольному законодательству и создает дополнительный барьер для работы на рынке".

Рынок пассажирских перевозок России считается очень перспективным. Его емкость, по разным оценкам, составляет 1-1,5 млрд долларов в год. Неслучайно в последнее время так обострились отношения властей и частных перевозчиков. Чиновники убеждены, что нужно создать одинаковые условия для развития частных структур и муниципальных предприятий, в первую очередь, решив проблему льготников. Однако перевозчики сомневаются, что муниципальным предприятиям удастся составить полноценную конкуренцию частным, слишком много потеряли городские структуры за последние годы, восстановление парков потребует гораздо больше средств, нежели могут дать меры по снижению убытков за счет замены удостоверений пассажиров-льготников билетами.

Именно поэтому среди частных перевозчиков распространено мнение о двусмысленной природе настойчивости муниципалитетов на проведении конкурсного распределения маршрутов. По мнению частников, городские власти настаивают на своих условиях для создания неких преференций избранным структурам, в том числе и муниципальным. Особые условия для владельцев крупногабаритных автобусов приведут к тому, что 30-50% частных перевозчиков будут вынуждены уйти с рынка.

Частникам, которые захотят следовать новым правилам, придется понести достаточно серьезные затраты. К примеру, превратить обычный гараж в сертифицированную базу невозможно без современного оборудования, которое стоит не одну сотню тысяч рублей. В круглую сумму обойдется и покупка новых крупногабаритных автобусов: МАЗ, НефАЗ стоят до 2,5 млн рублей, ЛиАЗ - 2,3 млн рублей, импортный Scania - около 155 тыс. евро (для сравнения: автобус ПАЗ стоит от 430 тыс. рублей, срок окупаемости в условиях областного центра - 1-1,5 года). Правда, частник всегда может воспользоваться лизингом. Для подтверждения окупаемости затрат на покупку автобуса нужно предъявить договор с муниципалитетом, где будут расписаны маршрут, срок и условия работы автобуса. Круг замкнулся. Если частник хочет остаться на рынке пассажирских перевозок, он должен заключить договор с муниципалитетом и обновлять свой парк, переходя на крупногабаритные автобусы. Заметим: это условие будет непрямым лишь в том случае, если антимонопольные органы не будут оспаривать подобные действия муниципалитетов. Или если право регулировать рынок частных перевозок будет закреплено за муниципалитетами на федеральном уровне в законодательном порядке.

Список использованной литературы:

1. Яценко С.А. Колганов С.А. Исследование эффективности использования автобусов разных классов на городских маршрутах// В сб. Политранспортные системы Сибири: Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции (Новосибирск, 21-23 апр.2009г.): В 2-х ч.- Новосибирск Издательство СГУПСа, 2009с. - Ч.1.с 354-360.
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат России) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.gks.ru>

УДК 656.13.072

Применение логистического менеджмента в области развития городского пассажирского транспорта общего пользования на примере г. Иркутска

С.А. Яценко, Ю.И. Адамович, Н.В. Тарханова

К первоочередным задачам в области пассажирских перевозок в г. Иркутске относят развитие муниципального автобусного транспорта, наведение порядка в лицензировании, диспетчеризация, замена маршрутных такси на автобусы большой вместимости. Применение логистического менеджмента в области развития городского муниципального транспорта, существенно поможет навести порядок во внутригородских перевозках и улучшить экологию в городе.

Ключевые слова: пассажирский транспорт управление перевозками городской маршрут обслуживание пассажиров подвижной состав, логистический менеджмент

Яценко Светлана Анатольевна, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел. 8-39-52-40-51-35, e-mail: s.a.yatcenko@gmail.com

Адамович Юлия Ивановна, студентка группы ОАП-10, e-mail: adamovich_yuliya@mail.ru

Тарханова Наталья Владимировна, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел. 8-39-52-40-51-35, e-mail: tarnato@yandex.ru

В современных условиях рост числа легковых автомобилей и интенсивности их использования привел к снижению скорости и соответственно увеличению затрат времени населения на поездки. Как показывает практика, увеличение протяженности улично-дорожной сети и числа полос движения лишь на короткое время приводят к улучшению ситуации на дорогах. Есть примеры перехода муниципальных властей к политике стимулирования своих жителей к преимущественному использованию городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП). Для населения общественный транспорт станет привлекательным только тогда, когда сможет составить достойную конкуренцию автомобилям, находящимся в личном пользовании, прежде всего, с точки зрения качества предоставляемых услуг.

На практике город часто сталкивается со следующими проблемами:

- отсутствие единых систем контроля и оперативного управления всем автобусным парком, работающим на линии в г. Иркутске;
- отсутствие единых целевых критериев работы перевозчиков, когда частный перевозчик не участвует в выполнении муниципального заказа, а исходит только из цели получить максимальную прибыль;
- отсутствие единой скоординированной маршрутной сети.
- непомерная кредитная нагрузка при покупке автотранспорта, приводящая к дефициту бюджета;
- эксплуатация списанных за рубежом автобусов, бывших в употреблении, часто ломающихся и не отвечающих требованиям Госстандарта РФ;
- неравномерная нагрузка на перевозчиков по обслуживанию льготных категорий пассажиров, когда эта "обязанность" ложится на государственных перевозчиков, а частные перевозчики обслуживают платежеспособных пассажиров.

Для любого крупного города РФ, в том числе и для Иркутска, в целях повышения эффективности работы общественного транспорта необходимо разработать индивидуальную логистическую транспортную программу, в зависимости от особенностей функционирования видов транспорта общего пользования, а также существующей в каждом городе структуры пассажиропотоков и их изменения во времени.

Разработанная логистическая транспортная программа позволит удовлетворить предпринимательский интерес, обеспечить надлежащее развитие пассажирского транспорта общего пользования, стимулирует внедрение новейших технологий перевозок, применение современных образцов автомобильных транспортных средств, обеспечит баланс между платежеспособным спросом на услуги и объемом затрат на их предоставление, установит стабильность, прозрачность и прогнозируемость тарифов.

Логистическая программа поможет сформировать рынок услуг автомобильного транспорта путем реализации единой экономической, инвестиционной, научно-технической и социальной политики.

Программой определяется сеть автобусных маршрутов общего пользования в городе, создаются постоянные и безопасные условия работы автомобильного транспорта общего пользования. Разрабатывается и реализуется государственный заказ на социально значимые услуги автомобильного транспорта общего пользования или система адресных дотаций пассажирам, которые пользуются льготами

Проводится логистика транспортного обслуживания пассажиров, что позволяет в несколько раз сократить количество подвижного состава на маршрутах, уменьшить интервал движения транспорта, увеличить сбор оплаты за проезд на одну единицу транспортного средства при низкой цене билета.

Цель логистической транспортной программы - предоставить пользователям транспорта общего пользования качественно новую услугу, а именно:

- уменьшение времени на проезд пассажиров на городских маршрутах;
- создание удобной маршрутной сети;
- уменьшение давления на местный бюджет благодаря уменьшению или отсутствия дотаций;
- улучшение экологической обстановки в городе;
- развитие маршрутной сети и его инфраструктуры

Задача логистической транспортной программы - создать систему, которая позволит предприятиям общественного транспорта работать рентабельно и постоянно наращивать необходимое количество и улучшать качество общественного транспорта за счет получения прибыли. Эта система может состоять из 3 составляющих:

1. Эффективный логистический менеджмент.

2. Сбалансированная транспортная сеть.

3. Замена подвижного состава на современные, надежные, комфортабельные, динамические и экономические машины с небольшими затратами из расчета на 1 пассажирокилометр.

1. Эффективный логистический менеджмент. Его основная задача - обеспечить при низких затратах эффективную и бесперебойную работу транспорта на линии и эффективную его предрейсовую подготовку, 100% билечивание пассажиров и сбор выручки.

Высшее руководство предприятия – *директор*. Его основные функции: координация работы отдельных подразделов, совершенствование системы их управления; развитие предприятия; организация мониторинга и обработка полученных данных; снижение затрат на операционную деятельность предприятия; инвестирование прибыли; управление финансовыми потоками.

Оперативное руководство предприятия - *исполнительный директор, главные специалисты*. Основные функции: обеспечение бесперебойной работы транспортных средств и высокой исполнительной дисциплины; организация и контроль за операционной деятельностью; готовность к изменениям и совершенствованию работы предприятия; обеспечение мониторинга; снижение нормативных запасов; дисциплина и профессионализм исполнителей; оптимизация заработной платы и улучшение условий труда; внутренний контроль и обнародование его результатов; рейтинг водителей и кондукторов; повышение престижа; чистота транспортных средств; униформа; проездные магнитные карточки (билеты); информационная поддержка (реклама); компенсационные пакеты для персонала, своевременная выплата заработной платы.

2. Сбалансированная транспортная сеть

Транспортная сеть города может планироваться и изменяться по таким принципам:

1. Выделяется главный(е) маршрут(ы), а все другие маршруты определяются (функционируют) как второстепенные. Задача главного маршрута - направить наиболее коротким путем главные пассажиропотоки. Задача второстепенного маршрута – доставить пассажира к главному маршруту. По главному маршруту пассажирский транспорт движется с минимальным интервалом (1-3 минуты), по второстепенным маршрутам транспорт движется по сбалансированным графикам.

2. После сдачи в эксплуатацию главного маршрута при условии непрерывной работы на нем транспорта вводится проездной билет в виде магнитной карточки с возможностью ее пополнения. Подвижный состав оборудуется терминалами получения оплаты за проезд.

3. На главных маршрутах работают автобусы большой и особо большой вместимости, на второстепенных маршрутах - автобусы класса "миди" и "мини". Сбалансированная маршрутная сеть разрешает сократить (оптимизировать) количество подвижного состава в соответствии с его потребностями на маршрутах и увеличить уровень суточной выручки на единицу транспортного средства.

Маршрутная сеть оборудуется всеми необходимыми атрибутами и устройствами. Организовывается "зеленая волна" для автобусов. Выделяются полосы движения пассажирского транспорта. Павильоны ожидания обустраиваются информационными табло отсчета реального времени до прихода автобуса, наличие сидячих мест. Пассажиры информируются про наиболее рациональные пути движения к желательным пунктам назначения по времени и цене. Для гостей и жителей города устраиваются удобные терминалы для стоянки их транспорта за чертой города на время пользования общественным транспортом, для передвижения в границах города и прочее.

3. Замена подвижного состава на более современные, надежные, комфортабельные, динамические и экономические машины

На первом этапе можно применить 12-15-летние автобусы "сэконд хенд" японских и корейских производителей с большим запасом ресурса и небольшой ценой. Эти автобусы отличаются от других аналогов мощным двигателем и автоматической КПП, надежной подвеской и тормозами. Такие машины имеют большую динамичность и маневренность, которая разрешает максимально увеличить эксплуатационную скорость, т.е. их производительность. При этом их комфортабельность салона очень привлекательна для пассажиров.

На втором этапе автобусы "сэконд хенд" подлежат замене на новые автобусы. При использовании автобусов особо большой вместимости прибыль увеличивается на 15-20%, но при условии решения проблемы

адресной дотации льготным категориям пассажиров. Этих показателей достаточно для окупаемости автобуса стоимостью 30 000 \$ за 1-1,5 года или нового автобуса стоимостью 130 000 \$ за 4-5 лет, что в целом сравнимо с экономикой работы транспортных предприятий в странах Европы.

Возможные принципы реализации логистической транспортной программы.

1 ЭТАП – необходимо реструктуризировать системы маршрутов, и частично заменить подвижной состав на современные автобусы.

Реализация задач заключается в следующем:

1) Распределить маршруты на главные и второстепенные.

Мировой опыт работы общественного транспорта доказал, что наиболее эффективна система эксплуатации общественного транспорта, при которой маршруты распределяются на главные и вспомогательные. По главным маршрутам общественный транспорт движется с минимальным интервалом. Вспомогательные маршруты соединяют менее загруженные пассажиропотоки с главным маршрутом; движение по вспомогательным маршрутам выполняется по установленным графикам. Принципиально исключается дублирование маршрутов, пассажир садится в первый приехавший к остановке автобус. Транспортная сеть становится информативно понятной и максимально эффективной.

2) Введение централизованной диспетчеризации и предрейсового контроля всего транспорта общего пользования.

Управляемость всего общественного транспорта единой диспетчерской системой разрешает оперативно реагировать на возможные отклонения в работе транспорта, проводить замену подвижного состава в случаях выявления неисправностей на линии или изменения интенсивности пассажиропотоков на отдельных маршрутах на протяжении некоторого времени. Единая система предрейсового контроля исключает выход на линию неисправного транспорта и не допускает к управлению водителей, которые не прошли медицинский контроль.

3) Замена морально и физически устаревшего подвижного состава на более новые и эффективные образцы.

Эксплуатация современных автобусов обеспечит качественное обслуживание пассажиров и уменьшит экологическую нагрузку на город, будет отвечать санитарным нормам по допустимому уровню шума, вибрации, вредным выбросам и прочее. Современные автобусы имеют высокую динамичность, которая позволит увеличить их эксплуатационную скорость при условии обеспечения безопасности движения.

2 ЭТАП - усовершенствование системы маршрутов и ее инфраструктуры.

Реализация задач в следующем:

1) Внедрение единого проездного билета в городском транспорте. Внедрение электронного учета и оплаты за проезд.

Введение единого проездного билета позволяет снизить реальную цену одной поездки пассажира на 10-20%, при этом выполняется принцип "больше едешь - меньше платишь". Введение электронной системы оплаты проезда позволит осуществлять эффективный мониторинг деятельности транспортной сети, приведет к реальному учету проезда льготных категорий пассажиров, исключит возможность проезда без оплаты и повысит общую культуру работы транспорта.

2) Внедрение радиосвязи с каждой единицей транспорта и электронного мониторинга работы транспортной сети.

Развитие современных средств связи и компьютеризация производственных процессов разрешает эффективно ввести мониторинг работы транспортной сети, что в свою очередь разрешает перейти к решению вопросов более высокого уровня, чем те вопросы, которые ставит перед нами настоящее. Безупречная работа транспортной сети основывается на своевременно полученной и обработанной информации. Кроме того, радиосвязь обеспечит соблюдение правопорядка в салонах автобусов благодаря возможности своевременного контакта с милицией.

3) Организация "зеленой волны" и полос движения общественного транспорта.

Вводится принцип: автобус должен останавливаться на автобусной остановке для посадки-высадки пассажиров и беспрепятственно двигаться через перекрестки улиц и не быть заблокированным в автомобильных пробках. Эти мероприятия позволяют повысить скорость общественного транспорта, что позволит пассажирам высвободить свое время от использования транспорта.

4) Внедрение на остановках табло реального времени (обратного отсчета времени до отправления автобуса).

Эта дополнительная услуга пассажирам будет иметь реальность после внедрения радиосвязи и электронного мониторинга.

5) Современное оформление автобусных остановок.

Малые архитектурные формы всегда украшали город. Они должны отвечать требованиям времени, быть удобными для пассажиров, безопасными в использовании и всегда опрятными.

6) Окончательная замена подвижного состава на более современные модели.

Каждый год ведущими производителями обновляются модели автобусов, троллейбусов, легковых такси. Недостаток средств и низкий уровень оплаты за проезд, высокие процентные ставки за кредит не разрешают сегодня закупать новые модели автобусов. Однако производство автобусов из капитально отремонтированных комплектующих разрешает удовлетворить спрос на современные машины

на первом этапе и перейти к производству и эксплуатации новых автобусов на втором этапе освоения транспортной программы.

Список использованной литературы:

1. *Яценко С.А.* Анализ современного состояния и перспективы развития городских автобусных перевозок (на примере г. Иркутска) / *С.А. Яценко* // Вестник ИрГТУ. 2010. №5 (45). С. 171–176.
2. *Яценко С.А.* Классификация автобусных транспортных средств в системе городского пассажирского транспорта / *С.А. Яценко* // Вестник ИрГТУ. 2011. №10 (57). С. 138–143.
3. *Яценко С.А.* Маркетинговые исследования спроса на рынке пассажирских транспортных услуг в г. Иркутске / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Вестник ИрГТУ. 2012. №5 (64). С. 122–128.
4. *Яценко С.А.* Проблемы организации перевозок пассажиров маршрутными такси в г. Иркутске / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: АМБ. 2007. С. 222–226.
5. 9. *Яценко С.А.* Исследование эффективности использования автобусов разных классов на городских маршрутах / *С.А. Яценко, С.В. Колганов* // Политранспортные системы Сибири. Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. Новосибирск: СГУПС. 2009. С. 423–427.
6. *Яценко С.А.* Обследование пассажиропотоков в современных условиях / *С.А. Яценко, Н.В. Тарханова* // Устойчивое развитие городов. Управление проектами и программами городского и регионального развития. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Харьков: Харьковская национальная академия городского хозяйства. 2010. С. 19–21

Придорожное озеленение транспортных магистралей г. Иркутска

Е.В. Потапова, М.А. Иванова, С.Б. Клименкова

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

Приведены результаты по исследованию древесных насаждений нескольких крупных транспортных магистралей г. Иркутска, улицы Байкальская, Лермонтова, Розы Люксембург, Марата и Рабочего штаба на соответствие качества существующих полос придорожного озеленения требованиям стандартов, например СНиП 2.07.01-89 «Планировка и застройка городских и сельских поселений» для защиты застройки от шума и выхлопных газов автомобилей.

Ключевые слова: *зелёные насаждения, элементы ландшафта, город, оценка состояния, шумо-газо-пылезащитное озеленение.*

Иванова Маргарита Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения ИрГТУ, тел. 40-51-52, г. Иркутск, e-mail: rita-iva@yandex.ru

Потапова Елена Владимировна, магистрант гр. ЭКОМ-10, института недропользования ИрГТУ, г. Иркутск

Клименкова Светлана Богдановна, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения ИрГТУ, тел. 40-51-52, г. Иркутск, e-mail: ksbsaqa@yandex.ru

Одним из главных источников загрязнения воздуха городов является автомобильный транспорт [1], количество которого ежегодно увеличивается, увеличивая и негативное воздействие на качество среды обитания человека. Эта проблема приводит к необходимости разработки соответствующих оздоровительных мероприятий. Многочисленные исследования в России и за рубежом показали, что именно зеленые насаждения должны образовывать новые элементы ландшафта городов и улучшать существующие, гармонично сочетая дорогу с окружающей местностью, оптически направлять водителя транспорта, обеспечивать защиту проезжей части дороги от снежных заносов, ветра и пыли и предотвращать эрозию почв в условиях пересеченного рельефа, а также очищать атмосферный воздух.

Озеленение дороги осуществляется комплексно путем посадки деревьев и кустарников, в том числе и плодовых пород. Размещение

насаждений зависит от климатической зоны, рельефа местности, профиля проезжей части и характера полосы отчуждения.

Придорожное озеленение согласно ОДМ 218.011-98 подразделяется на два основных вида: защитное (противоэрозионное; снегозащитное; пескозащитное; шумо-газо-пылезащитное) и декоративное [2]. Для населённых пунктов наиболее актуальным является, помимо последнего, шумо-газо-пылезащитное озеленение, т.к. служит эффективным препятствием на пути распространения шума, выхлопных газов и скапливающейся на дорожном покрытии пыли. Все виды озеленения обеспечивают безопасность движения, защищают от бокового ветра, размыва полотна и усиливают эстетическую связь дороги с окружающей природой.

Несмотря на то, что основным нормативным документом по теме данного исследования является Федеральный закон N 257-ФЗ от 8.11.2007 "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации", в нём нет информации о структуре и механизме озеленения дорог. Согласно СНиП 2.05.02-85 при проектировании автомобильных дорог необходимо предусматривать мероприятия по охране окружающей природной среды, обеспечивающие минимальное нарушение сложившихся экологических, геологических, гидрогеологических и других естественных условий. «Руководство по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов дорожного хозяйства» от 22.11.2001, классифицирует дорожные объекты в соответствии с международными требованиями на три "экологических класса", в зависимости от интенсивности движения транспорта и рекомендует лишь в случае дорог I и II категории (8-ми и 6-ти полосные, с интенсивностью более 3000 транспортных единиц в сутки) и дорог вблизи пунктов и объектов, устройство защитных зеленых насаждений и экранов. «Руководство...» ссылается на ВСН 8-89 «Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог», где регламент касается именно защитного озеленения, но не является обязательным к исполнению. По СНиП 2.07.01-89 «Планировка и застройка городских и сельских поселений» для защиты застройки от шума и выхлопных газов автомобилей следует предусматривать вдоль дороги полосу зеленых насаждений шириной не менее 10 м [2], которая и была принята к рассмотрению в этой статье.

Согласно ОДМ 218.011-98 основными задачами озеленения являются: защита дорог и их конструктивных элементов от воздействия неблагоприятных погодно-климатических факторов, защита прилегающих к дороге территорий от транспортных загрязнений, создание элементов благоустройства и архитектурно-художественного оформления дороги, а также обеспечения зрительного ориентирования водителей. Все эти три

задачи служат единой цели - созданию и поддержанию благоприятных и комфортных условий для пользователей автомобильных дорог и жителей, прилегающих к дороге территорий. Размещение всех видов озеленения на вновь строящихся (реконструируемых) федеральных автомобильных дорогах общего пользования может осуществляться в пределах придорожной полосы шириной не менее 50 м от границы полосы отвода. Полоса озеленения должна быть шириной не менее 8 м, посадки лучше располагать в три полосы в шахматном порядке для лучшего поглощения шума.

По данным инвентаризационного анализа древесных насаждений нескольких крупных транспортных магистралей г. Иркутска (улицы Байкальская, Лермонтова, Розы Люксембург, Марата и Рабочего штаба), проведенного летом 2012 г регламент их озеленения не соблюдается. Так, лишь небольшие участки по ул. Лермонтова имеют три полосы насаждений шириной около 10 м. Установлено, что на ул. Розы Люксембург возможно исполнение рекомендаций по озеленению автомагистралей. По ул. Байкальской после реконструкции были заложены несколько линий озеленения, но одно- двуполосного и многие высаженные деревья в течение трёх лет уже погибли.

В общем, обследованные улицы озеленены чрезвычайно слабо: ул. Байкальская – менее 25 % от общей протяжённости; ул. Баррикад – менее 15 %, ул. Рабочего Штаба – менее 30 %; ул. Лермонтова – менее 50 %; ул. Розы Люксембург – менее 60 %.

От транспорта страдают и сами растения городов, следовательно, необходимы превентивные меры и по их защите, которые в основном касаются своевременной замены древесных и кустарниковых форм. Согласно имеющимся данным наибольший урон насаждениям наносят наезды автотранспорта. Решение этой задачи сводится к установке ограждений и предупредительных знаков.

Проблема неисполнения регламентирующих документов по содержанию зеленых насаждений вдоль дорожного полотна населенных пунктов имеет несколько причин: недостаток места для размещения насаждений (большая часть дорог города даже не в красных линиях не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям по ширине), низкая выживаемость древесных пород в городах и невыполнение нормативов дорожного строительства.

1. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология Москва, Издательский центр "Академия", 2004. - 384 с.

2. <http://www.opengost.ru>

УДК 658.7

Алгоритм проектирования современного склада

Прокофьева О.С., Бутакова Н.Г.

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

Создание современного складского хозяйства – это достаточно сложный комплексный процесс, который требует системного подхода. В данной статье дано описание алгоритма проектирования склада, представлены рекомендации по осуществлению складской деятельности на предприятиях.

Ключевые слова: современный крупный склад предприятия; интегрированная часть логистической цепи; складское хозяйство; алгоритм по созданию склада.

Прокофьева Оксана Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и логистики на транспорте, тел.: 8-908-6-460-247, e-mail: oksana.prok2701@gmail.com

Бутакова Наталья Георгиевна, студентка группы ОАП-08-1, тел.: 8-904-1-230-889, e-mail: Natali-2506@yandex.ru

Основное назначение склада – концентрация запасов, их хранение и обеспечение бесперебойного и ритмичного снабжения заказов потребителей.

Современный крупный склад – это сложное техническое сооружение, которое состоит из многочисленных взаимосвязанных элементов, имеет определенную структуру и выполняет ряд функций по преобразованию материальных потоков, а также накоплению, переработке и распределению грузов между потребителями. При этом возможное многообразие параметров, технологических и объемно-планировочных решений, конструкций оборудования и характеристик разнообразной номенклатуры грузов, перерабатываемых на складах, относит склады к сложным системам. В то же время склад сам является всего лишь элементом системы более высокого уровня – логистической цепи, которая и формирует основные и технические требования к складской системе, устанавливает цели и критерии ее оптимального функционирования, диктует условия переработки груза.

Поэтому склад должен рассматриваться не изолированно, а как интегрированная составная часть логистической цепи. Только такой

подход позволит обеспечить успешное выполнение основных функций склада и достижение высокого уровня рентабельности.

Создание современного складского хозяйства – это достаточно сложный комплексный процесс, который требует системного подхода, привлечения квалифицированных специалистов и учета многих факторов, влияющих на:

- планирование территории;
- определение параметров территории и склада;
- строительство объекта;
- подбора оборудования и программного обеспечения;
- разработку и внедрение технологии;
- обеспечение жизнедеятельности объекта.

Для максимального учета различных факторов необходимо определить:

- основную задачу склада – его предназначение;
- какие виды ТМЦ, в каких количествах и в каком ассортименте будут обрабатываться на складе и какие операции будут с ними производиться;
- какие транспортные средства (ТС) и в каких количествах будут обслуживаться складом;
- потребность в территории;
- параметры производственных помещений склада;
- какое складское оборудование будет использоваться на складе;
- какой программный продукт позволит обеспечить необходимое управление складскими операциями и ведение учета ТМЦ;
- какой режим работы и какое количество персонала необходимо для выполнения поставленных перед складом задач.

Если некоторые вопросы (назначение склада, определение видов ТМЦ, ТС и требуемых операций и некоторые другие) можно решить в рамках компании, то вопросы разработки технологии, определения необходимых для работы объекта параметров и условий могут решить только специалисты, не говоря уже о внедрении программного продукта и осуществлении строительства объекта. Таким образом, для реализации проекта требуется привлечение сторонних организаций.

Проект по созданию современного склада можно разделить на следующие этапы (рис. 1):

- создание рабочей группы проекта под руководством не ниже заместителя руководителя компании;
- разработка основных требований к создаваемому складу;
- решение вопроса о финансовом обеспечении проекта;
- создание технологического проекта склада;
- выбор автоматизированной системы управления складом;

- согласование и утверждение технологического и строительного проектов;
- строительство склада;
- оснащение склада внешним оборудованием;
- выбор и закупка складского оборудования (стеллажное, транспортное и погрузо-разгрузочное);
- оснащение склада оборудованием;
- внедрение автоматизированной системы управления и отработка технологического процесса



Рисунок 1 - Этапы реализации проекта по созданию склада

С момента принятия решения о строительстве склада до начала его полноценного функционирования в рабочем режиме, принадлежащей организации всего этого процесса может пройти от 1 до 3 лет в зависимости от величины строящегося склада и некоторых других факторов.

Для оптимизации временных затрат при ведении проекта следует учитывать следующие моменты:

- подготовка и обработка данных для формирования основных требований может занять от нескольких дней до нескольких недель в

зависимости от глубины технологического, управленческого и экономического анализа деятельности компании;

- разработка и создание технологического проекта занимает от 1,5 до 2 месяцев;

- разработка строительного проекта занимает от 1 до 3 месяцев в зависимости от уникальности сооружения;

- различные согласования строительного проекта в соответствующих инстанциях занимают от 2 до 4 месяцев;

- строительство склада может занимать от 6 до 24 месяцев в зависимости от сложности объекта и возможностей по его финансированию;

- поставка складского оборудования после подписания контракта купли-продажи может занимать от 2 до 3 месяцев;

- внедрение автоматизированной системы управления может занимать от 5 до 9 месяцев в зависимости от программного продукта и компании, внедряющей этот продукт.

Некоторые процессы могут осуществляться параллельно, поэтому для экономии времени (денег) необходимо разработать график реализации проекта с учетом временного фактора и выполняемых объемов работ. В этом графике необходимо указать не только временные рамки по отдельным операциям, но и ответственных исполнителей и виды выполняемых операций. В реализации проекта будут участвовать практически все основные подразделения компании: коммерческий отдел, отдел по складским операциям, финансовый отдел, бухгалтерия, экономический и юридический отделы, а также подрядные организации.

Перед проектированием склада в первую очередь необходимо определить цель, т.е. что будет представлять собой данный проект. Перечень возможных при этом вариантов приведен на рисунке 2.

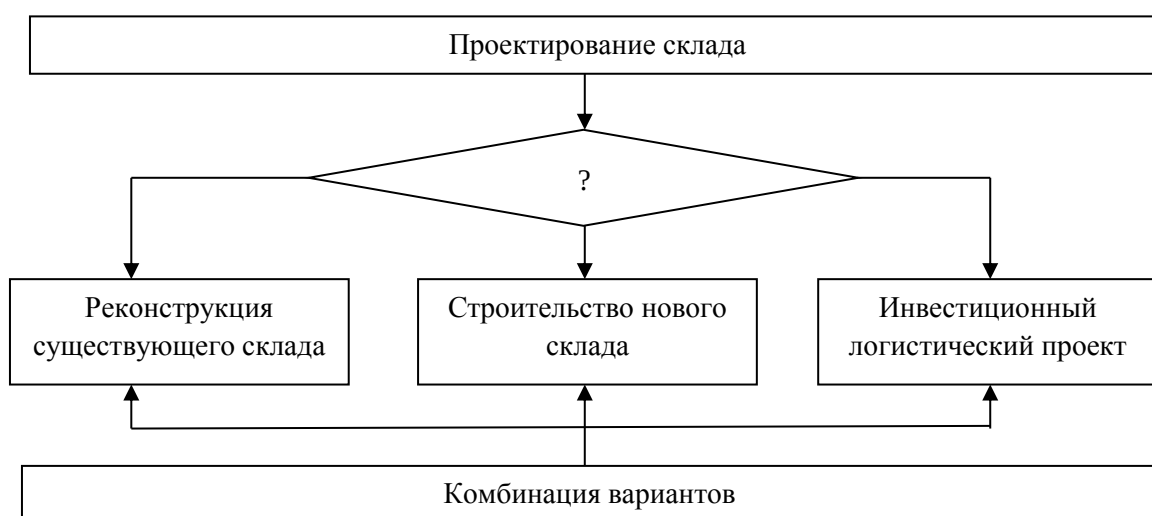


Рисунок 2 – Определение типа проектирования склада

При строительстве нового склада или при инвестиционном логистическом проекте рекомендуется определение его местоположения. Для определения местоположения склада необходимо знание и анализ грузопотоков компании.

В зависимости от определения типа проектирования склада (реконструкция существующего склада, строительство нового склада, инвестиционный логистический проект) для определения исходных данных имеются следующие стратегии (рис. 3).

Поскольку, как правило, количество наименований товаров весьма велико, имеет смысл разбить их на характерные товарные группы.

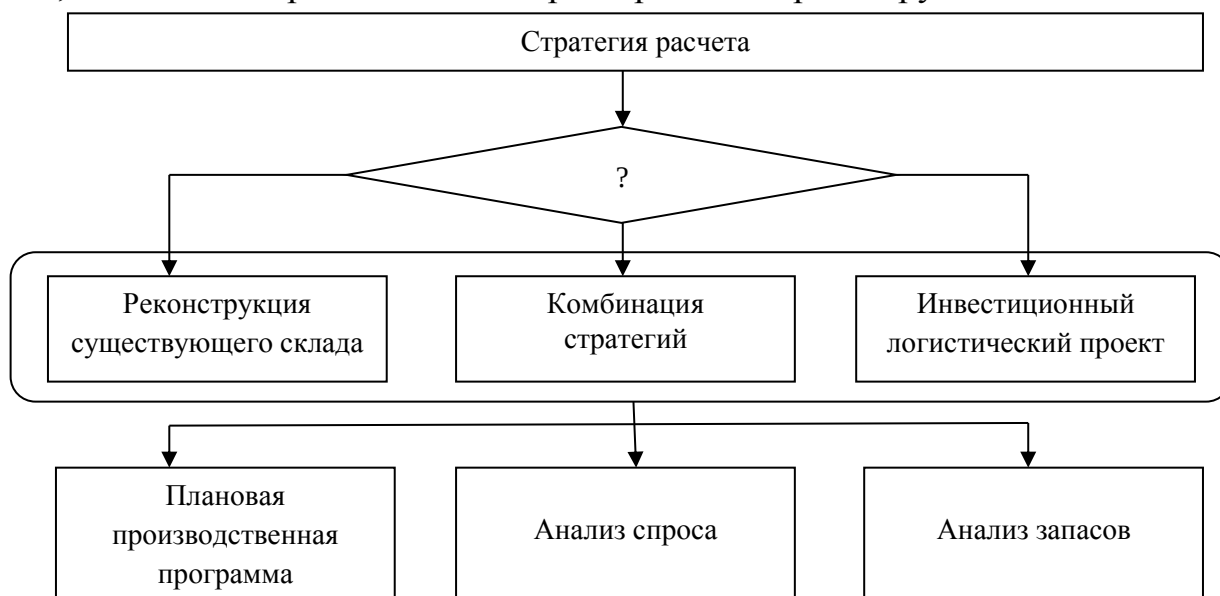


Рисунок 3 – Определение нового склада исходных данных строительства

Специфика поведения основных товарных групп за анализируемый период позволяет выбрать метод расчета необходимого для обеспечения бизнеса запаса каждого товара и определить необходимое для этого товара количество наиболее подходящих мест хранения из выбранного ранее списка.

Необходимо рассчитать не только количество потребных мест хранения, но и период времени, на который эти места нужны. Рекомендуется воспользоваться следующим алгоритмом, представленным на рисунке 4.

Существует следующая процедура создания склада.

1. Анализ имеющихся потоков и их планирование на будущее.
2. Создание предположений в отношении технологии и конструкции.
3. Концепция склада.
4. Техническая проработка концепций.

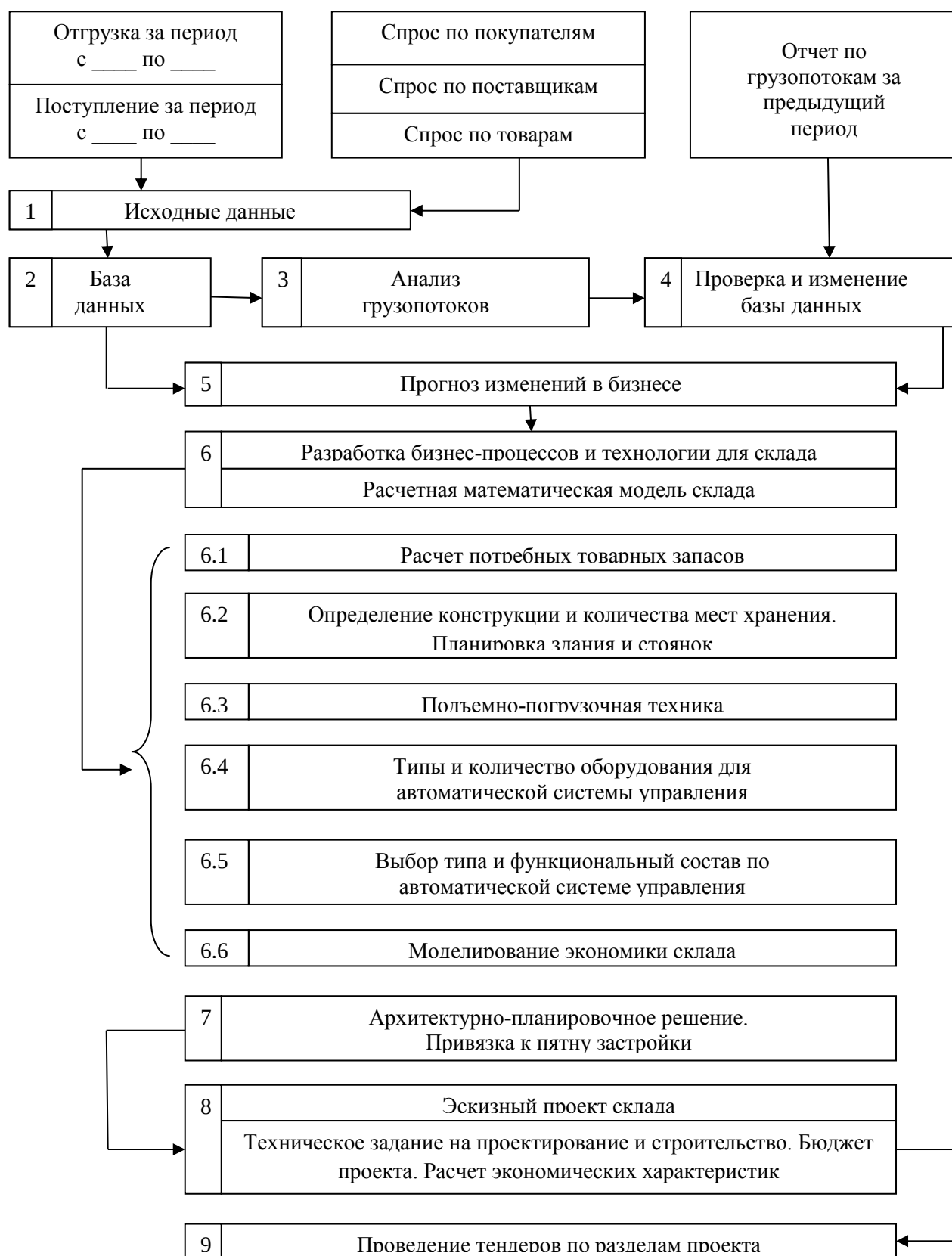


Рисунок 4 – Алгоритм проектирования склада

5. Бюджетный анализ предположений.

6. Технология и управление.

7. Архитектурное проектирование.

8. Рабочее проектирование.

9. Строительство и запуск.

Разработана типовая методология проектирования:

1. Анализ потоков за прошедший период.

2. Прогноз бизнеса на будущее.

3. Конструирование мест хранения.

4. Расчет потребных запасов.

5. Расчет количества мест хранения по типам.

6. Создание предположений по складу (объемно-конструктивное решение, планировка, базовая технология, погрузочно-разгрузочная и транспортная техника, механизация и спецтехника, персонал).

7. Моделирование склада.

8. Оптимизация параметров склада.

9. Автоматизированная система управления склада.

10. Система управления бизнес-процессами.

11. Экономика склада.

Список использованной литературы:

1. Бауэрсокс Д. Логистика. Интегрированная цепь поставок / Д. Бауэрсокс, Д. Клосс: Пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес, 2001г.

2. Гаджинский А.М. Современный склад. Организация, технологии, управление и логистика: учеб. – практическое пособие. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005г.

3. Миротин Л.Б. Логистика, технология, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов / Л.Б. Миротин, А.В. Бульба, В.А. Демин. – Ростов н/Д: Феникс, 2009г.

4. Прокофьева О.С., Бутакова Н.Г. Проблемы развития грузоперерабатывающих терминалов и складских комплексов в России. Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2012: сборник научных трудов студентов и преподавателей института авиамашиностроения и транспорта эл. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012г.

5. Прокофьева О.С., Бутакова Н.Г., Дурицына Е.А. Создание складской инфраструктуры: расчет необходимого количества складов, критерии принятия решения о собственности склада. Авиамашиностроение и транспорт Сибири – 2012: сборник научных трудов студентов и преподавателей института авиамашиностроения и транспорта эл. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012г.

**Оценка генерации к жилым объектам на примере микрорайона
«Юбилейный»**

В.Е. Муковкина, Е.А. Соболева, Б.А. Павлов

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

В статье рассмотрена транспортная подвижность населения микрорайона средней этажности застройки. Выявлены зависимости подвижности населения от часов суток и площади застройки. Получено распределение числа жителей рассматриваемого микрорайона, пользующихся личным автомобилями и общественным городским пассажирским транспортом. Выявлена продолжительность паркирования в зависимости от часов суток.

Ключевые слова: *транспортная подвижность населения; генерация поездок; паркирование.*

Муковкина Валентина Евгеньевна, студент кафедры менеджмента и логистики на автомобильном транспорте, тел.: 89500566586, e-mail: mukovkina_91@mail.ru

Соболева Екатерина Алексеевна, студент кафедры менеджмента и логистики на автомобильном транспорте, тел.: 89501024181, e-mail: sobol005@yandex.ru

Павлов Борис Александрович, студент Ар-12-1 igranom@yandex.ru

На рациональную организацию дорожного движения, а именно на организацию движения городского пассажирского транспорта, влияет большое количество факторов, косновными из них, можно отнести транспортную подвижность населения, уровень автомобилизации, а так же проблемы паркирования транспортных средств возле крупных центров массового тяготения.

На транспортную подвижность оказывают влияние многие факторы, одними из них являются размер города, особенности его планировки уровень автомобилизации и другие. Согласно данным статистики, динамика изменения подвижности населения в целом по всей стране не высокая. Значимость легкового автомобильного транспорта возрастает, что не может не отразиться на городском пассажирском транспорте. Легковой транспорт привлекает своей скоростью, комфортом и не привязанностью к маршруту, но по средней наполняемости салона он сильно уступает автобусу. Это преимущество играет для автобусов

огромную роль, по этому, транспортная политика городов считает своей важнейшей целью увеличение привлекательности городского пассажирского транспорта.

В настоящее время большое внимание уделяется транспортной планировке города, актуальность данной проблемы связана с ростом уровня автомобилизации. Уровень автомобилизации в нашей стране хоть и отстает от экономически развитых стран Европы, Северной Америки и Азии, но, тем не менее, автомобилизация идет быстрыми темпами. Уровень автомобилизации в регионах России также не однороден, это связано в первую очередь с уровнем жизни населения и экономикой региона. Повышение уровня автомобилизации ведет к экономическому улучшению региона, а как следствие и к повышению уровня жизни. Но процесс автомобилизации приносит и негативные черты: в первую очередь это связано с низким уровнем развития улично-дорожной сети, низкой пропускной способностью дорог и ограниченным количеством стояночных мест для автомобилей, которые проектировались по устаревшим нормативам.

Проблема организации парковок касается всех жителей города и тем самым является предметом критических споров среди общественности, эта проблема будет становиться с каждым годом все острее. Проблемы парковки перед домами связаны с прилегающими к территории коммуникациями и при формальном проектировании парковки, необходимо учитывать требования коммунальных служб. Стихийные стоянки вдоль края проезжей части резко и существенно снижают и без того малую пропускную способность дороги в часы пик. А в ночное время стоянки во дворах катастрофически переполняются, это заставляет владельцев ставить свой автомобиль на газоны либо на детскую площадку, что ухудшает экологические показатели жилой среды, её эстетический облик и создает угрозу безопасности движения. Основным фактором, сдерживающим развитие системы хранения автомобилей, является дефицит резерва территории, необходимого для размещения гаражей и автомобильных стоянок. В центральных районах с плотной застройкой выход видится только в развитии многоэтажных подземных гаражей и стоянок.

Россия серьезно отстает в системах направленных на эффективную организацию дорожного движения, вследствие этого возникают заторы, а рост автомобилизации лишь усугубляет их. Стоит упомянуть, что рост уровня автомобилизации способствует увеличению аварийных ситуаций на дороге, а значит и росту жертв в дорожно-транспортных происшествиях.

В данной статье на примере микрорайона «Юбилейный» города Иркутска оценивается емкость по прибытию жилого района. Исследование производится с целью получения данных транспортной нагрузки

микрорайона на город в целом, а также получения данных о подвижности населения.

Микрорайон Юбилейный был основан в 1967 году. Микрорайон относится к селитебной зоне, поскольку в нем преобладают жилые застройки, кроме того, на территории микрорайона расположена областная больница, которую можно отнести к месту массового тяготения, притягивающая за сутки большое количество автомобилей и жителей. Организация движения подвижного состава к местам массового тяготения сводится к расчету времени рейса, определению потребной вместимости транспортных единиц и определению требуемого количества подвижного состава. Застройка микрорайона проводилась по стандартному шаблону, в котором заранее проектировался весь район с минимальной инфраструктурой для поддержания жизнедеятельности на должном уровне. При формировании планировочной структуры селитебной территории, большое значение предавалось расположению городских магистралей, обеспечивающих перевозку пассажиров и грузов. На территории микрорайона расположены преимущественно пяти и четырехэтажные жилые дома. Район обслуживается тринадцатью автобусными маршрутами, (из которых маршрут 378 является междугородним, соединяющим Иркутск и Ангарск) и двумя троллейбусными маршрутами. Микрорайон содержит 15 остановочных пунктов.

22 сентября 2011 года в промежутке времени от 06:00 до 23:00 были проведены исследования подвижности населения данного микрорайона. Обследование проводилось пятью группами, прикрепленными к объектам, по пять человек в каждой. Учетчики сменялись через установленные промежутки времени. Обследовалось четыре дома средней этажности, включая сечение дороги, обеспечивающее единственный выезд и въезд транспорта со двора. Было выявлено, что в течение всего периода обследования количество вошедших в жилые дома составляло 814 человек, а вышедших 926 человек. Исходя из числа вошедших и вышедших человек, определяется среднее число равное 870. Сделав гистограмму, выяснили, что наибольшее число вышедших людей приходится на промежутки времени с 07:00 до 10:00, а вошедших с 17:00 до 21:00. (рис 1).

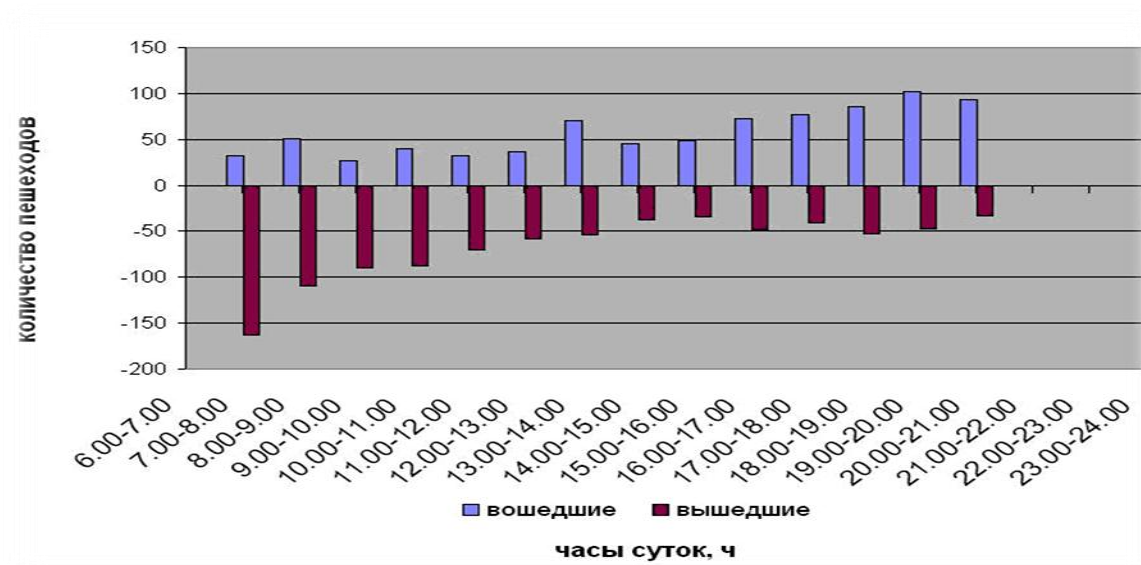


Рисунок 1 – Распределение числа вошедших и вышедших человек по часам суток

Одновременно с этим, было проведено обследование сечения проезда транспорта во двор между домами 74 и 67 (рис.3), был установлен пост по учету въезжающих и выезжающих автомобилей. За сутки через сечение проехало 464 автомобиля в обоих направлениях.

По данным вошедших и вышедших человек, а также приехавших на личных автомобилях удалось установить генерацию поездок приходящихся на жителей двора. Согласно данным анализа личным транспортом пользовались 577 человек из 814 вошедших человек. Из процентного содержания можно определить, что 70,88% жителей использовали для поездок личный транспорт, 29,12% жителей пользовались общественным транспортом (рис. 2).

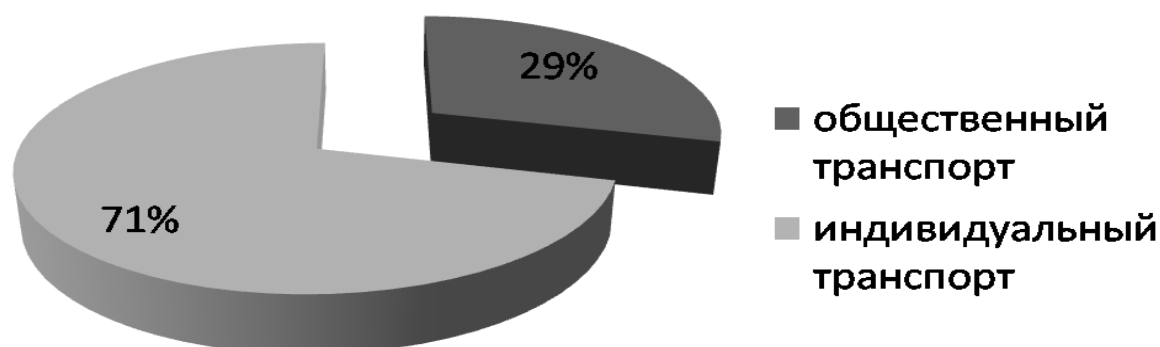


Рисунок 2 – Распределение числа поездок, совершенных жителями на общественном и индивидуальном транспорте

В ходе анализа данных было установлено, что в утренние часы суток – с 07:00 до 10:00 двор притягивает автомобилей на много больше, чем в остальные часы. В вечернее время – с 19:00 до 21:00 автомобилей во двор приезжает на столько мало, что жильцы в ночное время оставляют автомобили на стоянках вне двора, либо в гаражах (рис. 4).

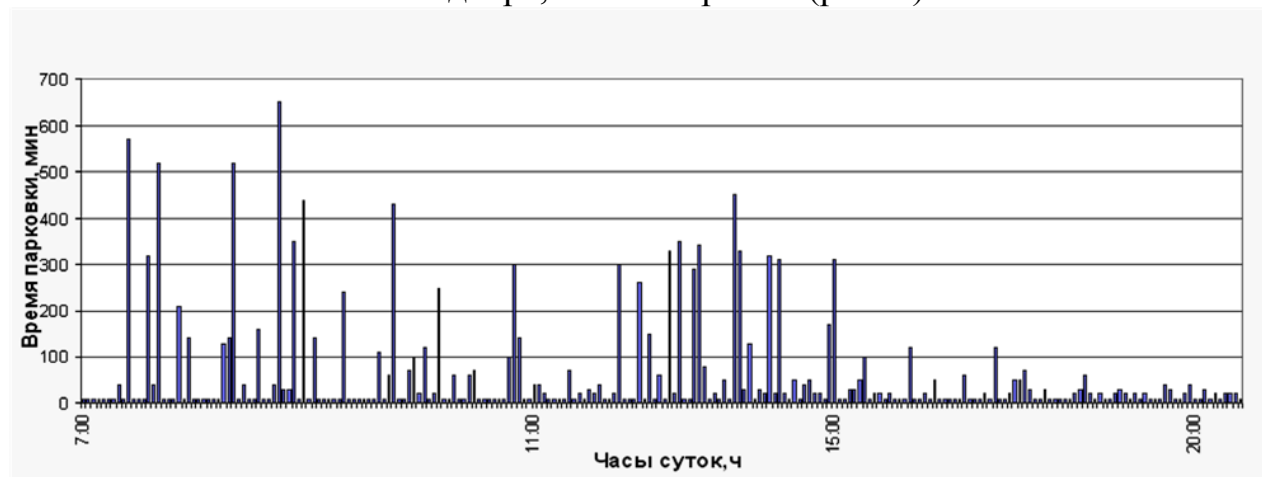


Рисунок 4 – Гистограмма, показывающая время парковки автомобилей во дворе за часы суток



Рисунок 3 –Общая схема эксперимента

Площадь рассматриваемых домов позволяет оценить количество человек приходящихся на 1 м^2 , а так же количество м^2 притягивающих одного человека. Таким образом, площадь всех домов составляет 15994 тыс. м^2 , удельное тяготение на 1 м^2 определяется отношением среднего числа вошедших и вышедших человек на площадь всех домов:

$$S = \frac{870}{15994},$$

$$S = 0,054,$$

на одного человека, согласно обратной формуле:

$$\frac{15994}{870} = 18,384$$

Необходимо учесть, что по нормативу на 1 человека приходится 20 м^2 . Этот факт указывает на то, что расчеты проведены правильно и данные можно считать достоверными.

На основе полученных данных можно определить загруженность улично-дорожной сети микрорайона, то есть процент людей пользующихся городским общественным транспортом и личным транспортом. Исходя из этих данных, можно установить какое количество подвижного состава потребуется, какой вместимости и в какое время суток следует ожидать максимальной загрузки улично-дорожной сети. Такие обследования необходимо проводить регулярно, поскольку выявленные данные позволяют прогнозировать развитие и направление пассажиропотоков, это, в свою очередь, позволит учесть потребности населения при организации работы общественного городского транспорта.

Список использованной литературы:

1. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М.: Высш. Школа, 1980. – 535 с.
2. Комплексные транспортные схемы городов: в помощь проектировщику, киев. 1974.
3. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов. М.: Транспорт, 1990. – 240с.

**Прогнозирование необходимого количества гаражных стоянок
на территориях с многоэтажной жилой застройкой**

Н.А. Тамразян, М.Н. Поздняков

Ростовский государственный строительный университет, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.

Представлены результаты исследований потребности количества мест для хранения автомобилей, владельцами которых являются жители многоэтажных жилых массивов. Определены закономерности изменения потребного количества от характеристик территории (гаражной зоны). Приведены математические критерии достоверности результатов исследований.

Ключевые слова: жилой массив, жилая застройка, гаражная зона, пешеходная доступность, селитебная территория, транспортное планирование городов, парковочное пространство.

Тамразян Нарек Артемович, аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения», тел.: (863)201-90-20, e-mail: narek-17art@mail.ru

Поздняков Михаил Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения», тел.: (863)201-90-20, e-mail: mipoz@mail.ru

Анализируя проблемы отсутствия мест стоянок индивидуальных транспортных средств, а именно сложившуюся обстановку во дворах многоэтажной жилой застройки можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день в городе Ростове-на-Дону наблюдается колоссальный дефицит специально организованных мест (гаражных стоянок) для хранения транспортных средств. Решение данной проблемы, в некоторых случаях, осложняется «сложной» исторически сложившейся застройкой, отсутствием совершенной нормативной базы для проектирования мест хранения автомобилей, соответствующей существующему уровню автомобилизации, отсутствием методики определения потребного количества мест для хранения и расположения гаражей. Все это приводит к тому, что во дворах многоэтажной жилой застройки возникает большое скопление автотранспорта занимающего все свободные территории (в т.ч. тротуары, детские площадки, места для зеленых насаждений), что противоречит существующим санитарно-гигиеническим нормам, отрицательно сказывается на экологической обстановке микрорайона.

Проведена работа по определению зависимости количества стоящих автомобилей в гаражной зоне от различных параметров гаражной зоны (от числа жителей, площади гаражной зоны).

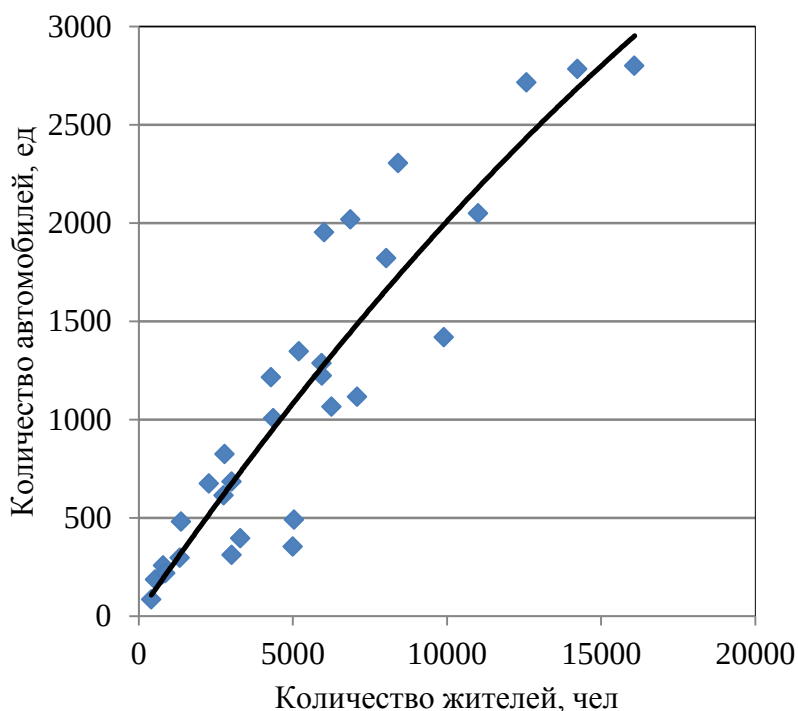


Рисунок 3. Зависимость количества автомобилей от числа жителей, проживающих на территории гаражной зоны (утро)

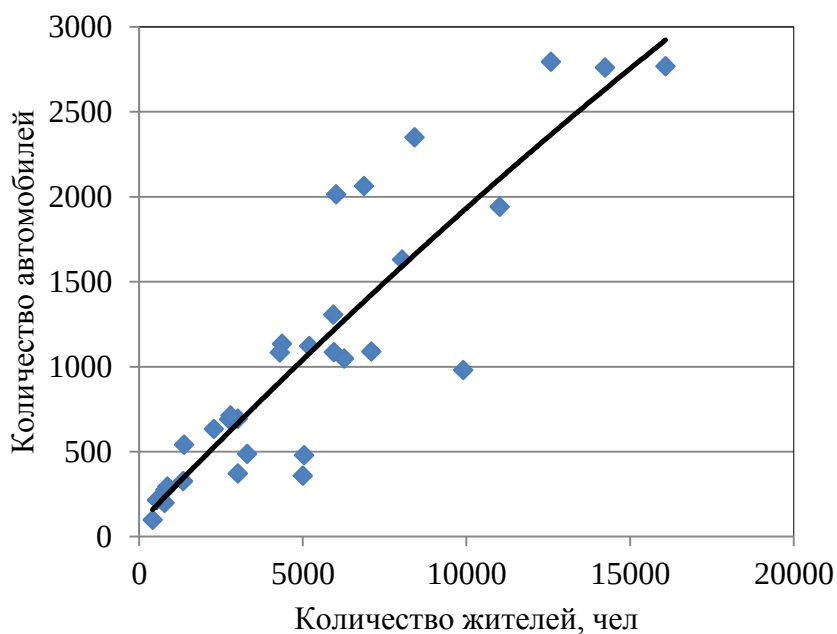


Рисунок 4. График зависимости количества автомобилей от числа жителей, проживающих на территории гаражной зоны (вечер)

Таблица 1

Аналитические зависимости количества автомобилей от числа жителей, проживающих на территории гаражной зоны

Время замера	Аналитическое выражение
Утро	$y = -3E - 06x^2 + 0,227x + 13,43$
Вечер	$y = -1E - 06x^2 + 0,199x + 77,43$

Показатели множественной корреляционной связи аналитических зависимостей, сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Показатели множественной корреляционной связи

Показатели	Время замера	
	утро	вечер
Множественный коэффициент корреляции	0,921	0,897
Коэффициент детерминации	0,849	0,804
Скорректированный коэффициент детерминации	0,818	0,79

Оценка значимости коэффициента детерминации определяется с помощью критерия Фишера. Расчётное и теоретическое значение критерия представлено в таблице 3.

Таблица 3

Расчётное и теоретическое значение критерия Фишера

Время замера	$F_{набл.}$	$F_{0,05;df1,df2}$
Утро	$F(2;28) = 78,651$	3,34
Вечер	$F(2;28) = 57,443$	3,34

Так как $F_{набл.} > F_{теорет.}$, то коэффициент детерминации является значимым и полученные зависимости (таблица 4) можно применять при прогнозе изменения количества автомобилей от числа жителей, проживающих на территории гаражной зоны.

На основе полученных зависимостей и величины достоверности аппроксимации принято решение для расчетов применять аналитическую зависимость количества автомобилей от числа жителей, проживающих на территории гаражной зоны, среднюю между утренним и вечерним «часами-пик».

Накопление данных о потребности в местах хранения транспортных средств необходимо для выполнения многих видов градостроительного и транспортного планирования, что позволит повысить обоснованность принимаемых решений, в том числе прогнозировать эффект от введения мер воздействия на транспортное поведение в границах зоны.

Полученные зависимости позволяют более обоснованно подходить к вопросам расчёта потребного количества мест для хранения автомобилей в

существующей и перспективных застройках, при обосновании инвестиционных проектов и др.

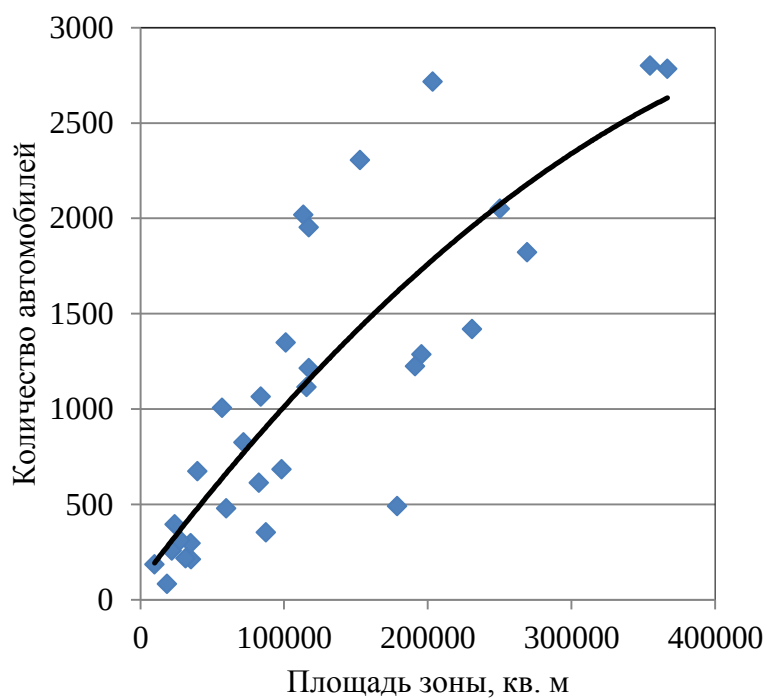


Рисунок 5. Зависимость количества автомобилей от площади гаражной зоны (утро)

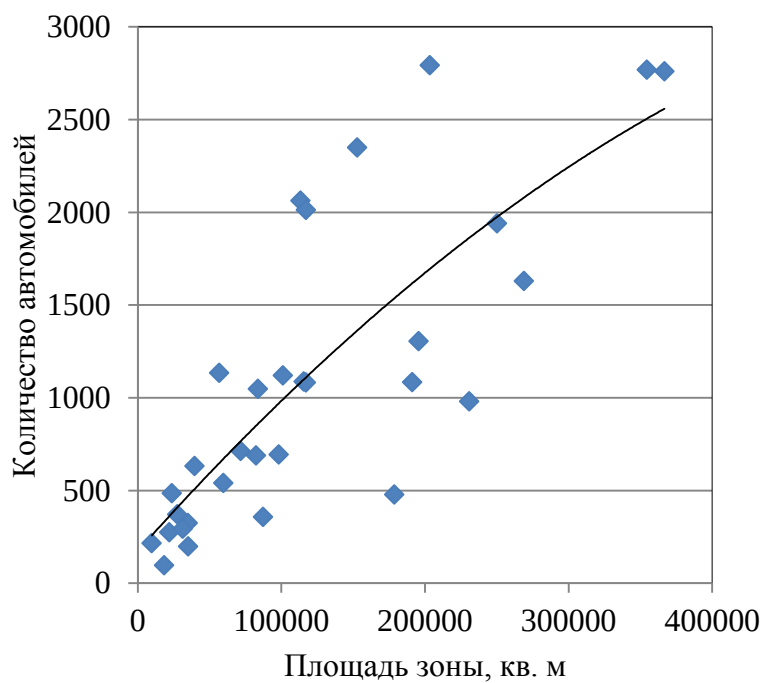


Рисунок 6. Зависимость количества автомобилей от площади гаражной зоны (вечер)

Таблица 4

Аналитические зависимости количества автомобилей от числа жителей, проживающих в жилой зоне

Время замера	Аналитическое выражение
Утро	$y = -3E - 06x^2 + 0,227x + 13,43$
Вечер	$y = -1E - 06x^2 + 0,199x + 77,43$

Таблица 5

Показатели множественной корреляционной связи

Показатели	Время замера	
	утро	вечер
Множественный коэффициент корреляции	0,921	0,897
Коэффициент детерминации	0,849	0,804
Скорректированный коэффициент детерминации	0,818	0,79

Таблица 6

Расчётное и теоретическое значение критерия Фишера

Время замера	$F_{набл.}$	$F_{0,05;df1,df2}$
Утро	$F(2;28) = 78,651$	3,34
Вечер	$F(2;28) = 57,443$	3,34

Так как $F_{набл.} > F_{теорет.}$, то коэффициент детерминации является значимым и полученные зависимости (таблица 4) можно применять при прогнозе изменения количества автомобилей от площади гаражной зоны.

Список использованной литературы

- Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. М.: Транспорт, 2001. 247 с.
- СНиП 2.07.01-89* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». М.: Изд-во стандартов, 1994.
- СНиП 21-02-99 «Стоянки автомобилей. PARKINGS».
- Решение Ростовской-на-Дону городской думы от 26.02.2008 г. №353 «Об установлении состава, порядка подготовки и утверждения местных нормативов градостроительного проектирования»
- Тамразян Н.А. Проблемы хранения и отстоя частного автотранспорта на территории г.Ростова-на-Дону // «Строительство -2011» материалы Международной научно-практической конференции. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 56 С.
- Тамразян Н.А. Методика расчета потребного количества мест для хранения личных автомобилей на территориях с многоэтажной жилой застройкой // Известия РГСУ. – 2011. – № 15. – С. 380.

Строительно-дорожные машины и оборудование

УДК 625.768.1

Обзор конструкций малогабаритной подметально-уборочной техники для коммунального хозяйства

М.П. Куксов

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

Приведен обзор конструкций малогабаритных подметально-уборочных машин. Предоставлена периодичность и порядок проведения работ по очистке тротуаров. Показаны существующие модели отечественной и иностранной техники. Сформулированы требования, которым должна удовлетворять малогабаритная подметально-уборочная машина.

Ключевые слова: *уборка ограниченных территорий; малогабаритная коммунальная техника; конструкции.*

Куксов Максим Петрович, аспирант кафедры строительных, дорожных машин и гидравлических систем, тел.: 89041188122, e-mail: venom18@yandex.ru

Жилищно-коммунальная реформа и развитие городского хозяйства предполагают широкое использование современной техники для уборки и содержания территорий общественного пользования. При этом необходимо выделить ограниченные территории: тротуары, детские площадки, дворовые и др. территории, где можно применять только малогабаритные коммунальные машины.

Комплекс мероприятий по содержанию ограниченных территорий общественного пользования делится: на зимнее и летнее содержание. Основной задачей летнего содержания является удаление загрязнений, накапливающихся на городских территориях и приводящих к возникновению скользкости, запыленности воздуха, ухудшению чистоты атмосферы и эстетичного вида района.

При летнем содержании проводят комплекс мероприятий, включающий уборку мусора и грязи с покрытия, увлажнение, обеспыливание покрытия. Современные модификации подметально-уборочных машин снабжаются полным комплектом сменного

оборудования, что существенно увеличивает экономическую выгоду использования подметально-уборочных машин.

Малогабаритные подметально-уборочные машины обладают компактностью и маневренностью, способны выполнять свои функции в условиях садово-парковой зоны, плотной жилищной застройки, на тротуарах, на остановках общественного транспорта и других пространствах, ограниченных по размерам. Подметально-уборочная машина способна обеспечить полный цикл уборки: забор пыли и мусора с поверхности, перемещение их в накопительный бункер, транспортировку до места разгрузки и, непосредственно, саму разгрузку.

Согласно требованиям нормативных документов [1, 2] периодичность уборки тротуаров следует принимать в зависимости от интенсивности движения пешеходов (таблица 1).

Таблица 1

Деление тротуаров на классы

Интенсивность движения пешеходов*	Класс тротуара
до 50 чел. в час	1 класс
от 51 до 100 чел. в час	2 класс
от 101 и более чел в час	3 класс, класс «ВК»

*Интенсивность пешеходного движения определяется по полосе тротуара, шириной 0,75 м по пиковой нагрузке утром и вечером [1].

Тротуары шириной более 3,5 м следует убирать, как правило, машинами, предназначенными для проезжей части дорог (при удовлетворительной несущей способности покрытий). На тротуарах 1 класса допускается механизированная уборка на повышенных скоростях (7-8 км/час) при условии безопасности движения пешеходов.

Подметание тротуаров производится ежедневно до 7 часов утра и далее по мере накопления загрязнений. Допускаются небольшие отдельные загрязнения песком и мелким мусором, которые могут появиться в промежутках между циклами работ. Общий объем таких загрязнений не должен превышать 30 г/м² [10].

Таблица 2.

Периодичность подметания тротуаров

Наименование операции	Периодичность			
	1 класс	2 класс	3 класс	«ВК»
Подметание «закрытых» тротуаров	1 раз в 2 суток	1 раз в сутки	2 раза в сутки	3 раза в сутки
Подметание «открытых» тротуаров				

В местах, где использование малогабаритной машины невозможно (урны, узкие пространства между стоящими рядом строениями и т.д.) применяется всасывающий рукав. При уборке территории составляется маршрутная карта.

Рабочий процесс подметально-уборочной машины складывается из подметания поверхности, сбора смета в накопитель, транспортирования к месту сброса отходов и опорожнения накопителя.

По типу рабочих органов подметально-уборочные машины делятся на бесщеточные (вакуумные, пневматические), щеточные и комбинированные (щеточно-вакуумные, щеточно-пневматические).

Главным рабочим органом подметально-уборочной машины является щетка. Конические щетки используют для подметания прилотовой зоны, а транспортные - для транспортирования смета в бункер. В качестве материала для ворса щеток используют металлическую (стальную) проволоку и синтетическое моноволокно. Наиболее распространены щетки цилиндрические с горизонтальной осью вращения и размещением ворса на цилиндрической поверхности, и торцевые, с осью, круто наклоненной к земной поверхности, и ворсом на нижнем торце (рис. 1). Существуют, но встречаются гораздо реже, щетки конические, с углом при вершине до 60° и расположением ворса на конической поверхности, и ленточные, у которых ворс закреплен на внешней стороне цепи, огибающей натяжное колесо и ведущую звездочку (наименее распространены вследствие малой надежности и эффективности).

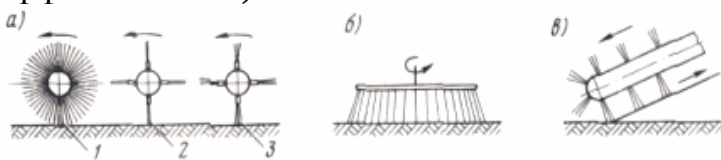


Рисунок 1 - Типы щеток

а - цилиндрическая, б - коническая, в - ленточная, 1 - сплошная навивка ворса. 2 - ворс - метелкой. 3 - ворс - пучком

Торцевые и конические щетки применяют для очистки придорожных лотков, отличающихся небольшими поперечными размерами и сложной формой очищаемой поверхности.

Лотковые щетки устанавливаются с одной или двух сторон машины и наклоняются таким образом, чтобы ворс очищал покрытие, отбрасывая смет от края лотка под машину (рис. 2). Линейная скорость ворса щеток может совпадать со скоростью поступательного движения машины или быть противоположной [9].

Система транспортирования смета в бункер, применяемая в большинстве малогабаритных подметально-уборочных машин и являющейся максимально оправданной — пневмо-вакуумная. Смет поступает в бункер под воздействием силы втягивания, создаваемой

вентилятором внутри вакуумной системы. Такое устройство работает по принципу пылесоса, к всасывающему соплу которого смет подается непосредственно щеткой.

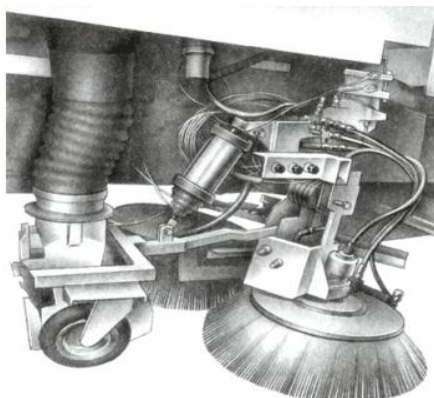


Рисунок 2 - Торцевая лотковая щетка

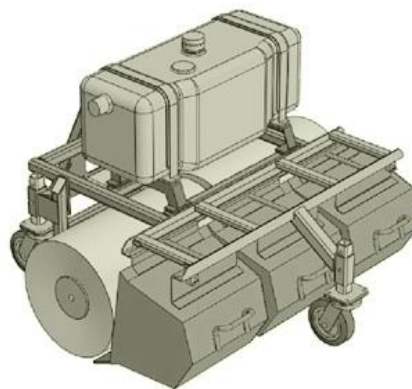
По методу обеспыливания щеточные подметально-уборочные машины делятся на машины с мокрым (с помощью воды) и сухим обеспыливанием (за счет отсасывания пыли воздушной струей).

В современных машинах привод щеток, конвейеров и вакуумных насосов осуществляется гидрообъемной трансмиссией.

Из российских производителей малогабаритной коммунальной техники наиболее выделяется столичный ВНИИСтройдормаш со своей многофункциональной двухосной машиной КО-728 (рис. 4). Ее передний суппорт изготовлен в соответствии с международным стандартом DIN, что позволяет монтировать на машину свыше двух десятков видов отечественного и импортного оборудования. Высокую маневренность КО-728 (минимальный радиус поворота не более 2,26 м) обеспечивает шарнирно-сочлененная рама [8]. На рис. 4,б показано основное летнее рабочее оборудование: ширина захвата – 1200 мм, система обеспыливания – водяная.



а



б

Рисунок 4 – а - малогабаритная подметально-уборочная машина КО-728; б - летняя щетка с мусоросборщиком

Представителями иностранных малогабаритных подметально-уборочных машин, известных на российском рынке, являются машины шведской фирмы Broadway, английской Johnston, немецкой Hako и многие другие. На рисунке 5 представлена малогабаритная подметально-уборочная машина Hako Citymaster 1200.



Рисунок 5 – малогабаритная подметально-уборочная машина Hako Citymaster 1200

Подметальное устройство: быстросменное фронтальное вакуумное, установлено в зоне видимости оператора. Защищенный от наезда всасывающий раструб, две тарельчатые щетки 900 мм с гидравлическим приводом, регулируемая скорость вращения щетки 0 - 200 об/мин.

Двигатель: 4-х цилиндровый дизель, с жидкостным охлаждением и непосредственным впрыскиванием топлива. Рабочий объем – 2,189 см³, мощность – 35,4 кВт при 3000 об/мин.

Привод: гидростатический, 4 мотор-колеса с гидравлическим изменением передаточного числа в рабочем режиме.

Шасси и управление: 4х-колесное, шарнирно-сочлененная рама с интегрированным выравниванием и амортизатором с резиновой подушкой для преодоления бордюров. Управление – полностью гидравлическое [7].

На основе проведенного обзора можно сформулировать требования для современной малогабаритной подметально-уборочной техники:

- 1) Рабочий орган: цилиндрические, торцевые, лотковые щетки для сметания мусора в зону транспортировки в бункер.
- 2) Транспортировка смета в бункер: вакуумно-пневматическая, всасывающее сопло должно быть шириной не менее 800 мм.
- 3) Обеспыливание: водяное или вакуумное.
- 4) Рулевое управление: шарнирно-сочлененная рама.
- 5) Габариты: колесная база – не более 1400 мм, ширина - не более 1400 мм.
- 6) Кабина: хороший обзор, возможность сквозного прохода кабины для безопасности оператора, регулируемая рулевая колонка.

Список использованной литературы:

1. Постановление Госстроя РФ от 27 сентября 2003 г. № 170 «Об утверждении правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда». Зарегистрировано в Минюсте РФ 15 октября 2003 г. Регистрационный № 5176. // Российская газета. – 2003. – 23 октября. № 214.

2. Решение Думы города Иркутска от 25 декабря 2008 года № 004-20-560950/8 «О порядке организации благоустройства и содержания территории города Иркутска». Принято на 56 заседании городской Думы 4-го созыва 25 декабря 2008 г. // Ведомости органов местного самоуправления г. Иркутска. 2008. – IV квартал – часть 3.

3. http://www.os1.ru/article/communal/2006_09_A_2007_03_02-15_24_32/ (дата обращения: 28.02.2013).

4. http://www.os1.ru/article/communal/2008_10_A_2009_05_20-14_44_48/ (дата обращения: 28.02.2013).

5. http://www.os1.ru/article/communal/2010_04_A_2010_04_27-18_52_28/ (дата обращения: 1.03.2013).

6. http://www.os1.ru/article/communal/2012_06_A_2012_06_09-13_36_27/ (дата обращения: 1.03.2013).

7. http://primex.narod.ru/obhako_kommunal.htm (дата обращения 1.03.2012)

8. Васильев В. Мал золотник, да дорог // Автомобильные дороги. 2011. № 7. С. 170–172.

9. Шестопалов К. К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. - 2-е изд., испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 320 с.

10. Руководство для мэров по организации и управлению городским хозяйством; под общ. ред. проф. П. Г. Грабового и проф. Л. Н. Чернышева. М.: «Реадпроект», 2004. – 528 с.

Анализ очистных устройств ленточных конвейеров при транспортировании влажных, липких и мерзлых грузов

Спивак О.Н.- к.т.н., доцент, Днепропетровский В.А-студент гр. СДМ-08-1

В статье описан анализ очистных устройств ленточного конвейера наиболее эффективных при транспортировании влажных, липких и мерзлых грузов и предлагается новая конструкция очистного устройства.

Ключевые слова: очистное устройство, ленточный конвейер.

Очистка ленты от налипшего и примерзшего груза имеет важное значение для обеспечения нормальной эксплуатации конвейера и повышения срока службы ленты. К средствам очистки ленты предъявляются требования не только полноты очистки, но и сохранности обкладки ленты, длительных сроков работы самих устройств без большого износа и загрязнения, простоты и надежности конструкции. Очистка от сыпучих и нелипких материалов (уголь, песок) производится относительно легко. Существенные затруднения представляет очистка от влажных сильно-налипающих грузов (суглинков, глина, мел) и намерзающих материалов в зимний период.

Для очистки грузонесущей поверхности ленты при сухих и влажных, но не липких грузах применяют одинарные или двойные скребки (рис. 1, а); при влажных и липких – вращающиеся щетки (рис. 1, б) или барабаны с вращающимися лопастями.

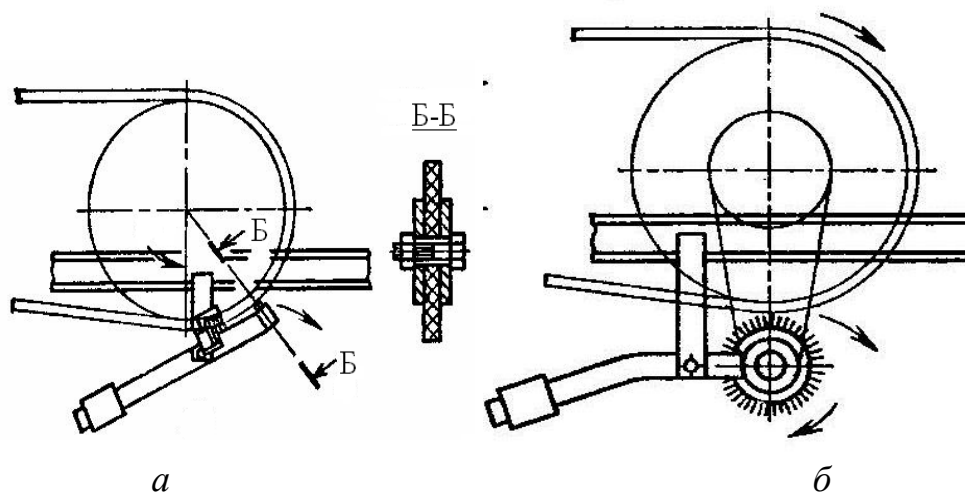


Рис. 1. Очистные устройства: а – очистной скребок; б – вращающаяся щетка

Рабочие элементы скребков и щеток выполняют из износостойкой резины, пластмассы, капроновых нитей. Очистные устройства устанавливают у концевых барабанов, счищаемый груз падает в воронку. Применяют гидроочистку ленты при обеспечении ее просушки. Для

очистки внутренней поверхности ленты у концевых барабанов устанавливают плужковый очиститель.

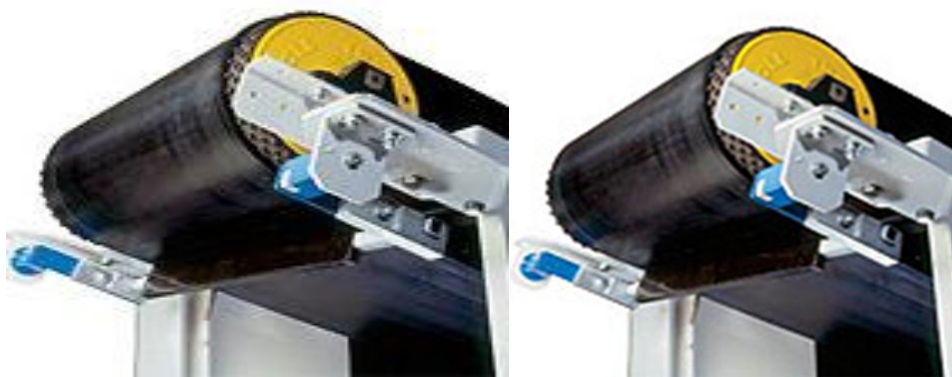


Рис. 2. виды скребков: а-поворотный крестообразный скребок; б-полиуретановый очиститель конвейерной ленты

Поворотный крестообразный скребок состоит из трех элементов очистки, применяемых в очередном порядке по мере износа скребка очистителя. Крестообразный скребок представляет устройство с высокой производительностью труда, удобен и прост в обслуживании (рис.2.а). Элемент очистителя конвейерной ленты имеет три грани и используется в трех разных положениях, что дает возможность увеличить в три раза ресурс очистительного устройства. Скребок очиститель изготавливается из абразивостойкой резины и имеет повышенные качества к истиранию.

Полиуретановый очиститель конвейерной ленты отличается от скребка расположением к конвейеру и состоит из двух типов фронтальных и горизонтального сегментов скребка (рис.2.б). Наличие двух типов очистительных элементов, используемых горизонтально и вертикально по отношению к приводному или натяжному барабану, применяются как один или два полиуретановых очистителя. Высокий срок службы обеспечивается за счет применения марки полиуретана с высокой износостойкостью на истирание и абразивоустойчивостью. Маслостойкость скребка очистителя позволяет использовать его на конвейерах с повышенной агрессивной средой транспортирующих грузов, содержащих технические, растительные масла и животные жиры. Прочная и жесткая конструкция стойки с очистительным элементом обеспечивает надежность эксплуатации и быстрый монтаж.

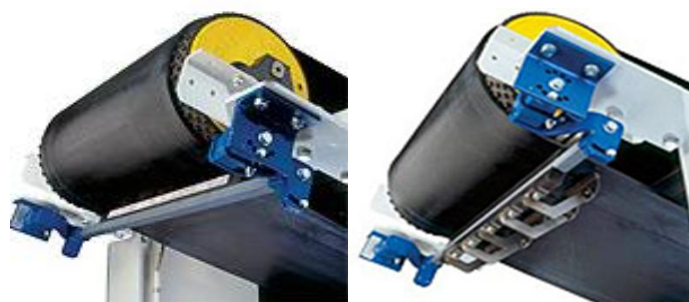


Рис. 3. Виды скребков: а-керамический очиститель конвейерной ленты; б-сегментный очиститель конвейерной ленты.

Керамический очиститель конвейерной ленты обеспечивает при работе высокую износостойкость благодаря применению керамики (Al_2O_3), посаженной способом вулканизации в резиновое основание (рис.3.а). Закругленные керамические вставки позволяют в щадящем режиме очищать ленту, уменьшая вибрацию за счет эластичности крепления. Надежность и прочность обеспечивается жесткой стальной конструкцией. Скребок с твердосплавными вставками зарекомендовал себя с хорошей стороны: высокой износостойкостью, отличной абразивоустойчивостью, простотой в установке и замене очистительного элемента.

Скребок очиститель с твердосплавными вставками является одной из новейших разработок. Основными причинами некачественной очистки ленты считается износ передней кромки скребков очистителей, при котором в образовавшийся зазор попадает абразивный материал, что приводит к износу и плохой очистке ленты. Благодаря применению специальных твердосплавных вставок обеспечивается идеальная очистка ленты и увеличивает срок службы ленты в три раза. Очистка ленты стала проще и лучше, так как края твердосплавных вставок стали закругленными, что позволяет предохранять конвейерную ленту от задиrow и порезов.

Сегментный очиститель конвейерной ленты (рис.3.б) представляет барабанный скребок с сегментами из нержавеющей стали. С помощью сегментных очистителей разного рода перемещаемый материал очищается с ленты в 2 этапа: 1-предварительной очистке; 2- тонкой очистке. Реальное сочетание отдельных твердосплавных сегментов за счет эластичности торсионов на каждый сегмент скребка, крепления позволяет равномерно и качественно очищать поверхность ленты от налипания перемещаемых материалов.

Твердосплавный скребок с фронтальным расположением сегментов (рис. 4) показал оптимальную очистку транспортерной ленты, за счет эффективного прижатия крепежа устройства скребка из твердосплавных сегментов к поверхности барабана. Свободная конструкция твердосплавного скребка и торсионных элементов позволяет обеспечить свободный ход барабана и удобное удаление материалов. Учитывая недостатки предыдущих очистных устройств, а также для увеличения эффективности предлагается устройство для очистки конвейерной ленты, включающее в себя расположенные на раме в шахматном порядке наклонные скребки с подпорными элементами, отличающееся тем, что скребки и подпорные элементы выполнены в виде П-образных проволочных рамок.



Рис. 4. Твердосплавный скребок с фронтальным расположением сегментов

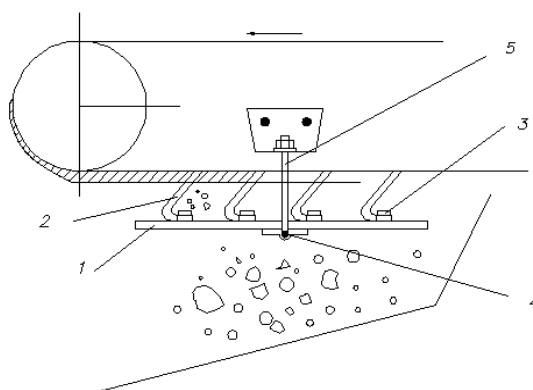


Рис. 5. скребки в виде П-образных проволоочных рамок

Устройство состоит из расположенных на раме 1 в шахматном порядке наклонных скребков 2 с подпорными элементами. Скребки и подпорные элементы выполнены в виде П-образных проволоочных рамок и закреплены на ней планками и болтами 3. Рама через шарнир 4 и стяжные болты 5 монтируется на раме конвейера. Шарниры служат для равномерного прижатия скребков к ленте. Скребки наклонены под углом, примерно 60° . Форма скребков и подпорных элементов обеспечат упругое контактирование скребков с лентой, эффективную очистку ленты, за счет подрезания слоя налипшего материала, и хорошую самоочистку устройства.

Библиографический список

1. Конвейеры: справ. / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков и др.; ред. Ю. А. Пертен. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 367 с.: ил.
2. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроительных вузов / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.: ил.
3. Катрюк, И.С. Машины непрерывного транспорта. Конструкции, проектирование и эксплуатация: учеб. пособие / И.С. Катрюк, Е.В. Мусияченко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 266 с.
4. <http://www.buildernet.ru>

УДК 629.113.001

**Реконструкция ДСУ (дробильно-сортировочной установки) АБЗ
«Карлук» Иркутского филиала Дорожной службы Иркутской
области**

Ю.И. Чеботарев, З.Р. Пушмина

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

Предложена реконструкция первой и второй линии дробильно-сортировочной установки. Которая позволит увеличить производительность установки с одновременным повышением качества готового продукта.

Ключевые слова: щековая дробилка; грохот; конусная дробилка; дробильно-сортировочная установка; пластинчатый питатель; бункер.

Чеботарев Юрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительно-дорожных машин и гидравлических систем тел 721001.

Пушмина Зинаида Романовна, студентка гр.СДМ-08-1.

На Асфальтобетонном заводе (АБЗ) «Карлук» располагается три линии по производству инертных строительных материалов (ИСМ). Две линии однотипны и представлены дробильно-сортировочными комплексами СМД-186 (состоящими из: питателя пластинчатого ТК-15, приемного бункера и щековой дробилки СМД-109) и СМД-187 (состоящими из самобалансного грохота ГСС-32 и конусных дробилок КСД-600). Третья линия представлена агрегатом грануляции ДРО-630, вибрационным питателем БПВ-06 и двумя инерционными грохотами типа ГИЛ-52.

Исходным материалом является песчано-гравийная смесь (ПГС), крупностью менее 80 мм, а также песчано-гравийно-галечная смесь, их литологическими разновидностями и песками. По результатам испытаний гравийно-песчано-галечные смеси по дробимости, содержанию глины и слабым зернам, морозостойкости и др. пригодны для устройства дополнительных слоев оснований и заполнителя асфальтобетонных смесей, (ГОСТ 9128-2009; ГОСТ 8267-93).

На рисунке 1 представлена качественно-количественная схема первой и второй линии ДСУ. Подача исходного материала в приемный бункер осуществляется бульдозером Б-120. Далее из приемного бункера ПГС поступает, с помощью пластинчатого питателя ТК-15, в щековую дробилку СМД-109 на первичное дробление. Продуктом дробления в щековой дробилке СМД-109 является щебеночно-песчанная смесь (ЩПС) фракции 0 – 40 мм.

Далее ЩПС 0-40, с помощью ленточного конвейера, поступает в самобалансный грохот ГСС-32 на сортировку.

В грохоте ГСС-32 происходит фракционирование и вывод из линии песка из отсева фр.0-10, а также щебня фр. 10-15 мм. Фракции, крупностью более 15 мм, направляются в конусную дробилку КСД-600 для вторичного дробления. После вторичного дробления фракции, крупностью менее 15 мм направляются в грохот ГСС-32. Производительность комплекса находится в пределах 12-15 м³/ч.

Готовая продукция отгружается погрузчиком LW-300F с емкостью ковша 1,7 м³ и используется для приготовления асфальтобетонных смесей и противогололедной отсыпки автодорог (соответствует ГОСТу 8267-93). Недостатком данной технологической схемы является то, что весь исходный материал фракции 0 – 80мм (включая 37,4% отсева фракции 0 – 10мм) поступает в щековую дробилку. Это приводит к повышению энергозатрат, снижению пропускной способности дробилки и снижению качества готового продукта из за наличия в карьерной мелочи илистых и глинистых частиц.

Исходный материал 100% (песчано-гравийная смесь)

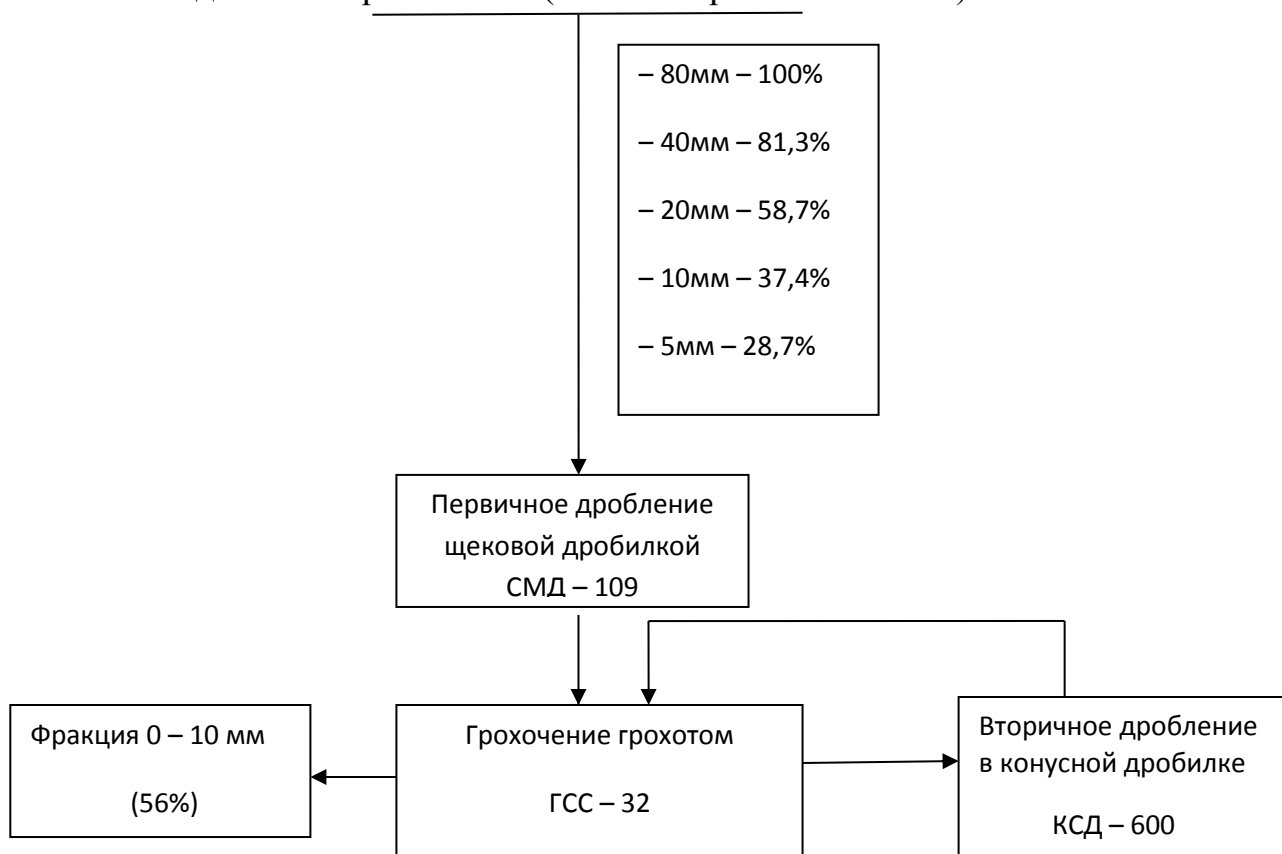


Рисунок 1 Качественно–количественная схема первой и второй линии ДСУ.

При реконструкции по проекту ДСУ (рис.2), за счет введения предварительного грохочения материал делится на три

потока. Верхний класс фракции 40 – 80мм (18,7%) направляется в щековую дробилку, поток фракции 5 – 40мм (52,6%) в конусную дробилку, а поток фракции 0 – 5мм – естественный песок (28,7%) на склад готового продукта. Таким образом появляется возможность увеличить производительность дробильно-сортировочной установки как минимум на 80% по готовому продукту. Кроме того повысится и качество щебня за счет снижения наличия кусков лещадной формы.

сходный материал 100% (песчано-гравийная смесь)

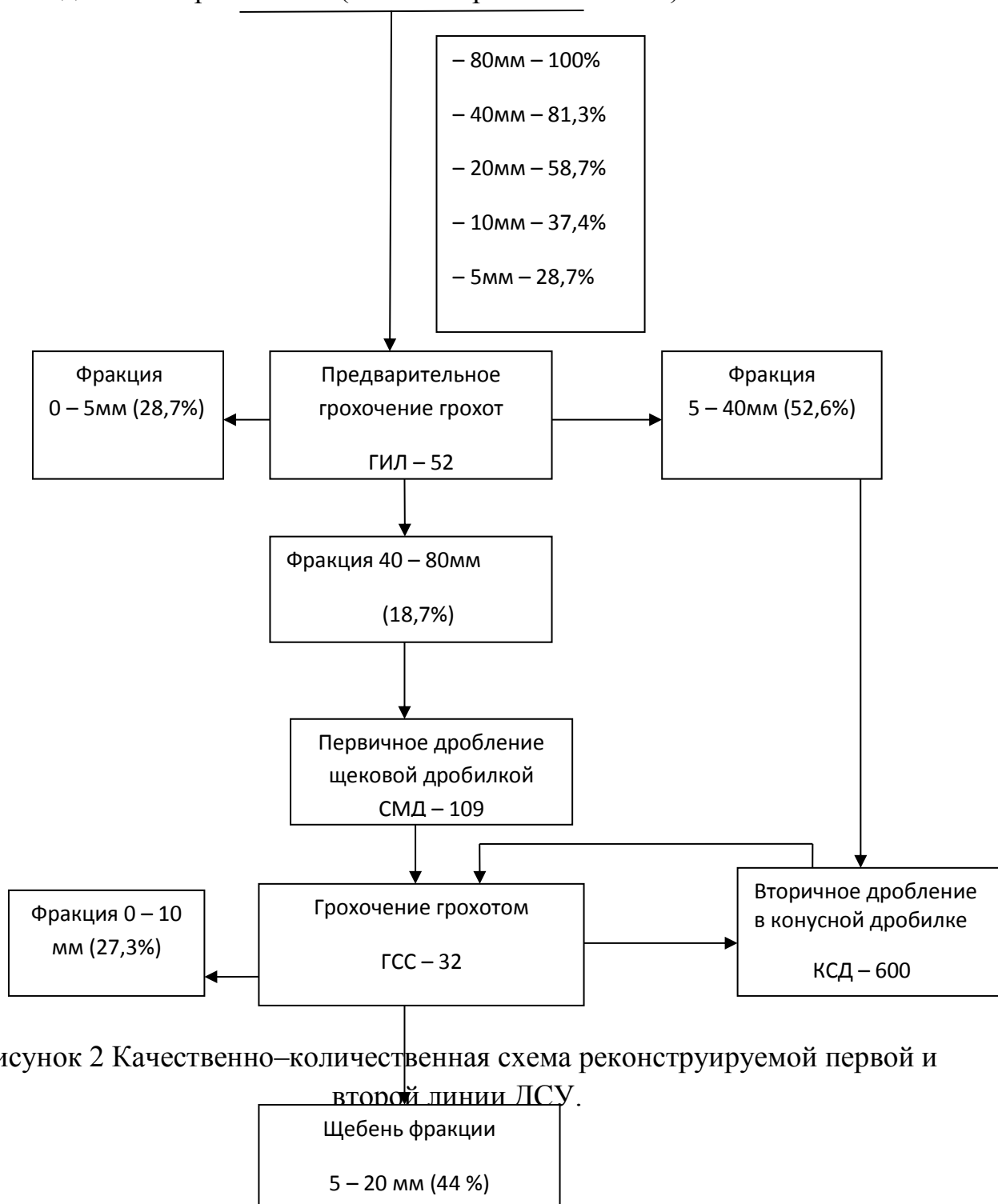


Рисунок 2 Качественно–количественная схема реконструируемой первой и второй линии ЛСУ.

Список используемой литературы:

- 1 Валюженич В.Я. и др. Основы технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов. –Л.: Стройиздат, 1965.
- 2 Клушанцев Б.В., Ермолов П.С., Дудко А.А. Машины и оборудование для производства щебня, песка, гравия. –М.: Машиностроение, 1976.
- 3 Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. Строительные машины. –М.: Высшая школа, 1980.

Обзор существующих теорий разрушения прочных материалов

Д.Н.Афанасьев

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

Проведен обзор существующих теорий разрушения прочных материалов.

Ключевые слова: Дробление горных пород, негабарит, механизм разрушения.

Афанасьев Дмитрий Николаевич, аспирант кафедры «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы», тел. 89086485480.

Очень важной и актуальной проблемой на сегодняшний день является дробление негабаритов. Для эффективного дробления необходим расчет процесса, протекающего в дробимом элементе [1]. В настоящий момент не существует единой теории, согласно которой мы смогли бы увидеть все процессы, которые протекают внутри объекта дробления. Есть только ряд гипотез (Риттингера, Кирпичева—Кика, Бонда, Ребиндера, Буссинеска и др. [2]), описывающих основы теории механического дробления негабаритов горных пород.

Гипотеза, согласно которой расход энергии на дробление пропорционален величине вновь образованной поверхности, учитывает энергию AS , необходимую для разделения дробимого материала по одной плоскости, и выражается Риттингером следующей зависимостью:

$$AS = KSS = KSD_0^2 \quad (1)$$

где Ks — коэффициент пропорциональности, устанавливаемый опытным путем;

S — величина вновь образованной поверхности.

В противоположность гипотезе Риттингера, гипотеза Кирпичева — Кика предполагает, что энергия A_v , необходимая для одинакового изменения формы геометрически подобных и однородных тел, изменяется пропорционально объемам или весам этих тел:

$$A_v = K_v V = K_v D_0^3, \quad (2)$$

где K_v — эмпирический коэффициент пропорциональности;

V — объем дробленого материала.

По гипотезе Бонда элементарная энергия разрушения A_δ пропорциональна элементарному приращению среднегеометрического между объемом V и вновь образованной (обнаженной) поверхностью S :

$$A_{\delta} = K_{\sigma} \sqrt{VS} = K_{\sigma} D^{2.5} \quad (3)$$

где K_{σ} — коэффициент пропорциональности, определяемый экспериментально.

Акад. П. А. Ребиндер в противоположность Бонду считает, что энергия дробления (AP) складывается из энергии, затрачиваемой на деформацию дробимого тела (Av), которая определяется по закону Кирпичева — Кика, и энергии, расходуемой на образование новой поверхности (AS), определяемой по закону Риттингера. Согласно его гипотезе, величина суммарной затраченной работы выражается зависимостью:

$$A_{\Sigma} = K_{PS}S + K_{PV} = \sigma D^2 + K_P D^3 \quad (4)$$

где K_{PS} — коэффициент, учитывающий поверхностную энергию, приходящуюся на единицу поверхности;

K_{PV} — коэффициент, учитывающий свойства дробимого тела;

K_P — обобщенный коэффициент, учитывающий величину энергии (AS) и свойства дробимого тела.

В свою очередь А. К. Рундтвист, анализируя процесс дробления горных пород, считает, что элементарная работа дробления одного куска пропорциональна элементарному изменению некоторой степени его размера D . Согласно его данным полная работа, затрачиваемая на дробление некоторого объема, может быть определена по формуле

$$A_{\Sigma} = \frac{CV}{(K_P - 1)D^{K-1}} (i^{K_P-1} - 1) \quad (5)$$

где C — некоторая постоянная дробления;

$i=D/d$ — степень дробления; D и d — начальный и конечный диаметры дробимого куска.

Проф. С. Е. Андреев в своих исследованиях рассматривал всю работу, затрачиваемую на механическое дробление материала от диаметра D до диаметра d , как сумму работ по последовательным приемам: после каждого дробления часть куска затем снова дробится пополам и так последовательно до конечного диаметра.

Согласно теории упругости под действием силы, приложенной к дробимому элементу возникают напряжения, значения которых определяются в задаче Буссинеска. С помощью этой задачи можно найти положение поверхностей, по которым будет происходить разрушение дробимого элемента, когда напряжения достигнут критического значения.[3]

Если к упругому полупространству приложить сосредоточенную силу P в точке O перпендикулярно к поверхности, то в твердом теле возникает напряженное состояние в объеме сферы (рис.1).

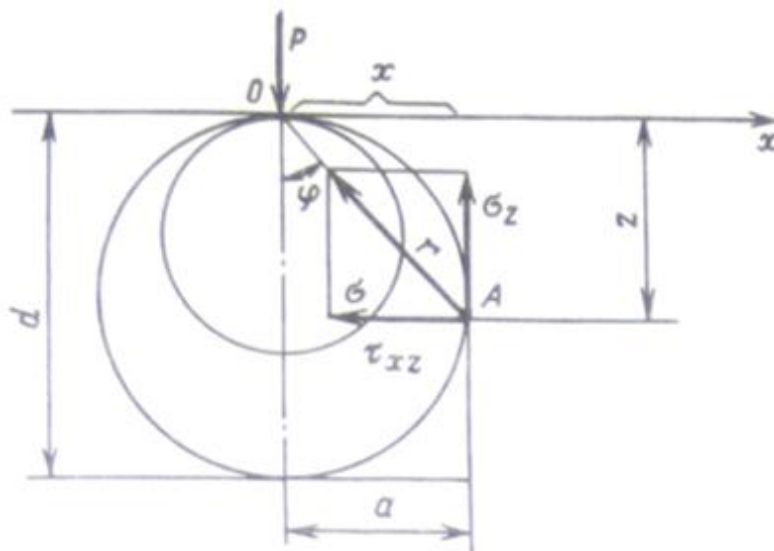


Рис. 1. Схема формирования напряжений в образце горной породы под действием силы P :

a - радиус сферы; x - расстояние от оси симметрии, на котором действует сила P , r — расстояние от точки A до точки приложения силы P ; d - диаметр сферы.

Данная теория показывает, что при приложении силы к какому - либо прочному негабариту, имеем распределение энергии внутри этого негабарита в форме сферы.

При вдавливании в горную породу цилиндрического штампа с плоским основанием вертикальное давление P , действующее на штамп и заменяющее сосредоточенную P в задаче Буссинеска, распределяется по кругу (рис. 2).

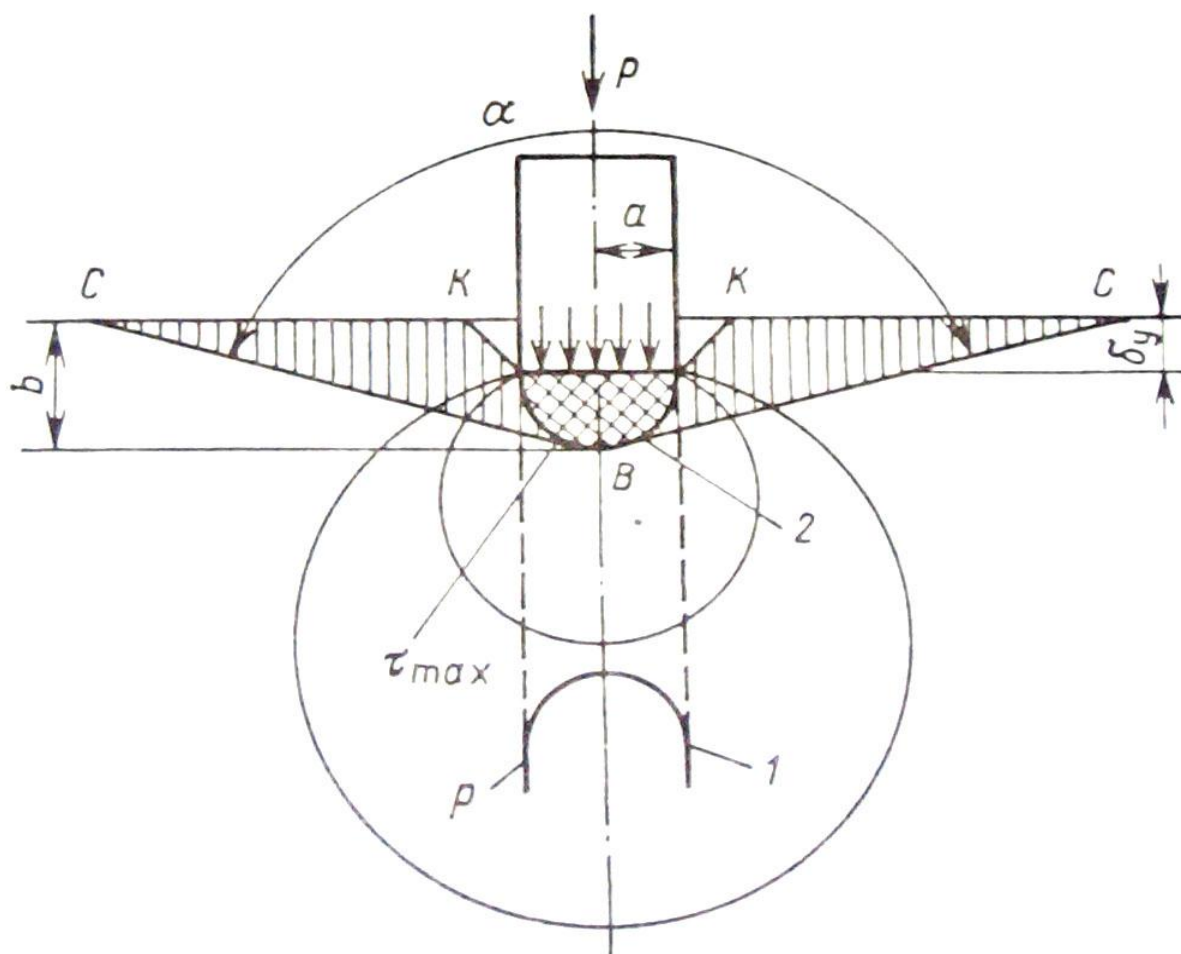


Рис. 2. Деформация хрупкой горной породы при вдавливании цилиндрического штампа с плоским основанием (по Л.А. Шрейнеру):

1 - распределение давления под штампом; 2 - распределение максимальных касательных напряжений (по изохроме).

Выводы:

1. Данные исследования не могут дать нам полноценной картины процессов, которые протекают внутри дробимого элемента.

2. Заложенные основы дробления являются мощной базой для дальнейших исследований в этой области.

Список использованной литературы:

1. Механическое разрушение горных пород комбинированным способом. Авторы.; Кичигин А.Ф., Игнатов С.Н., Лазуткин А.Г., Янцен И.А. М; "Недра", 1972

2. Лобанов Д.П., Горовиц В.Б., Фонберштейн Е.Г. и др. Машины ударного действия для разрушения горных пород. - М.: Недра, 1983. - 152 с.

3. Разведочное бурение / А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский, Н.В. Соловьев, "Недра" М 2000

Типоразмерный ряд ударников для разрушения негабаритов горных пород

Аль-саккаф Халед Саед Таха

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

Предложена конструкция ударника на базе одноковшового гидравлического экскаватора, выявлены ограничения, накладываемые на параметры ударника со стороны базовой машины, разработан типоразмерный ряд для одноковшовых экскаваторов 3-5 размерных групп, определены области рационального использования.

Ключевые слова: ударник, базовая машина, ограничения, типоразмерный ряд, области рационального использования.

Аль-саккаф Халед Саед Таха – аспирант кафедры «Строительные, дорожные машины и гидравлические системы», тел.: 89246325556

Ударник для разрушения негабаритов горных пород представляет собой сменное рабочее оборудование для одноковшового гидравлического экскаватора, который обладает автономностью, относительной мобильностью и высокой степенью свободы рабочего оборудования. Кроме того, при замене ударника на ковш экскаватора, последний способен производить отгрузку готового продукта.

Ударник (рис. 2) состоит из гидроцилиндра подъема 1, захвата 2, ударной части 4, рабочего инструмента 5 и пружины 3. Взвод ударника осуществляется от гидропривода базовой машины [1].

В исходном положении ударная часть 4 с рабочим инструментом 5 опирается на негабарит. Шток гидроцилиндра подъема 1 выдвинут, захват 2 находится в разомкнутом состоянии. При подаче рабочей жидкости в штоковую полость гидроцилиндра 1 захват 2 замыкается и совместно с ударной частью 4, рабочим инструментом 5 начинает движение вверх, при этом пружина 3 сжимается. В крайнем верхнем положении подача рабочей жидкости в штоковую полость прекращается, захват 2 размыкается, и ударная часть 4 под действием собственного веса и реакции пружины 3, разгоняясь, наносят удар по разрушаемой поверхности. Одновременно рабочая жидкость подается в поршневую полость гидроцилиндра 1, и шток с захватом 2 перемещается вниз до встречи с ударной частью 4. Рабочая жидкость вновь подается в штоковую полость гидроцилиндра 1, захват 2 замыкается и далее процесс повторяется.

При разработке ударника в качестве сменного рабочего оборудования необходимо учитывать характеристики базовой машины, которые накладывают на его параметры определенные ограничения

Ограничения по массово-габаритным характеристикам ударника. Общая масса ударника не должна нарушать устойчивость экскаватора в транспортном положении: экскаватор движется по ровной поверхности под уклон, рабочее оборудование имеет максимальный вылет, ударная масса находится в крайнем нижнем положении (рис. 1).

Из условия равновесия общая масса ударника:

$$m_3 \leq \frac{mL - m_1L_1 - m_2L_2}{L_3k_1}$$

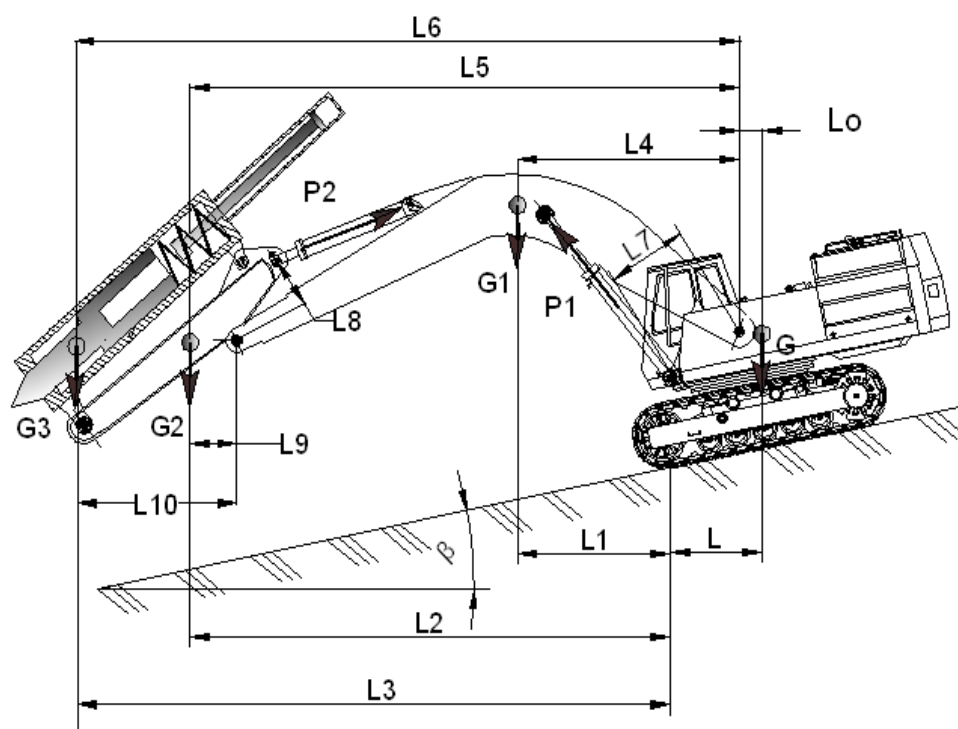


Рис. 1 Расчетная схема ударника в транспортном положении

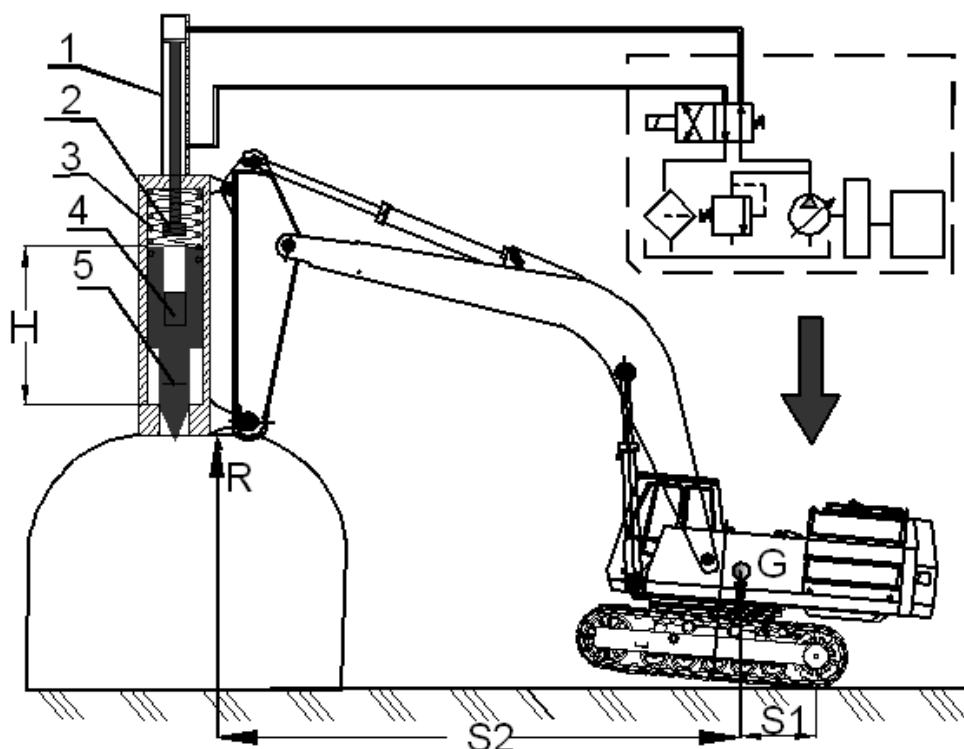


Рис. 2 Расчетная схема ударника в рабочем положении

где m

соответственно, кг;

L , L_1 , L_2 и L_3 – расстояние от ребра опрокидывания до центра тяжести базовой машины, стрелы, рукояти и ударника соответственно, м;

k_1 – коэффициент запаса статической устойчивости.

Масса ударника должна быть учтена при проверочном силовом расчете гидроцилиндров стрелы и рукояти в указанном расчетном положении:

$$m_3 \leq \frac{P_1 L_7 - g m_1 L_4 - g m_2 L_5}{g L_6}$$

$$m_3 \leq \frac{P_2 L_8 - g m_2 L_9}{g L_{10}}$$

где: P_1 и P_2 – усилие на штоке гидроцилиндра стрелы и рукояти соответственно, Н;

L_4 , L_5 и L_6 – расстояние от шарнира крепления стрелы до центра тяжести стрелы, рукояти и ударника соответственно, м;

L_7 и L_8 – плечо действия силы P_1 и P_2 соответственно, м;

L_9 и L_{10} – расстояние от шарнира крепления рукояти до центра тяжести рукояти и ударника соответственно, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Ограничение высоты подъема ударной части в принятой кинематической схеме ударника зависит от длины рукояти и хода штока гидроцилиндра подъема ударной части.

Ограничение жесткости пружины вводится для обеспечения устойчивости экскаватора в рабочем режиме: стрела имеет максимальный вылет, ударник установлен в вертикальное положение, экскаватор вывешен на стойке ударника (рис. 2).

Реакция на стойке ударника:

$$R = \frac{S_1}{S_2} G$$

где: S_1 , S_2 – расстояние от центра тяжести базовой машины до ребра опрокидывания и стойки ударника соответственно, м;

G – вес экскаватора, Н.

Жесткость пружины определяется из условия динамической устойчивости:

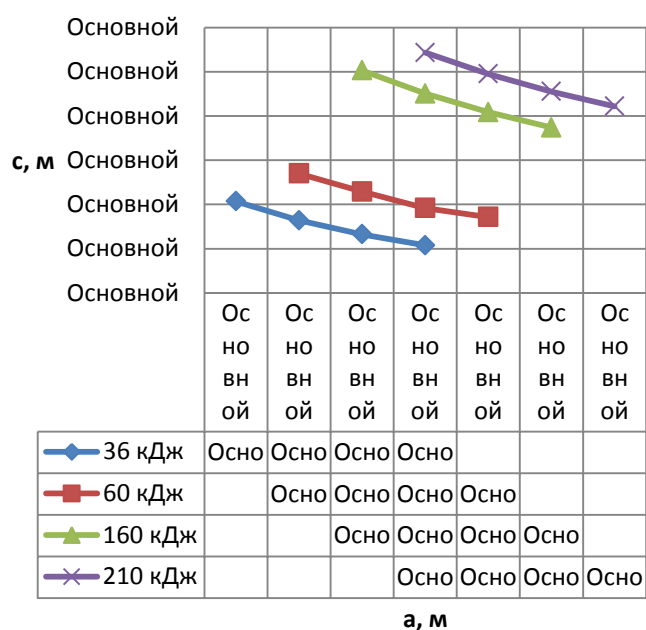
$$c \leq \frac{R}{Hk_2} G$$

где: H – высота подъема ударной части, м;

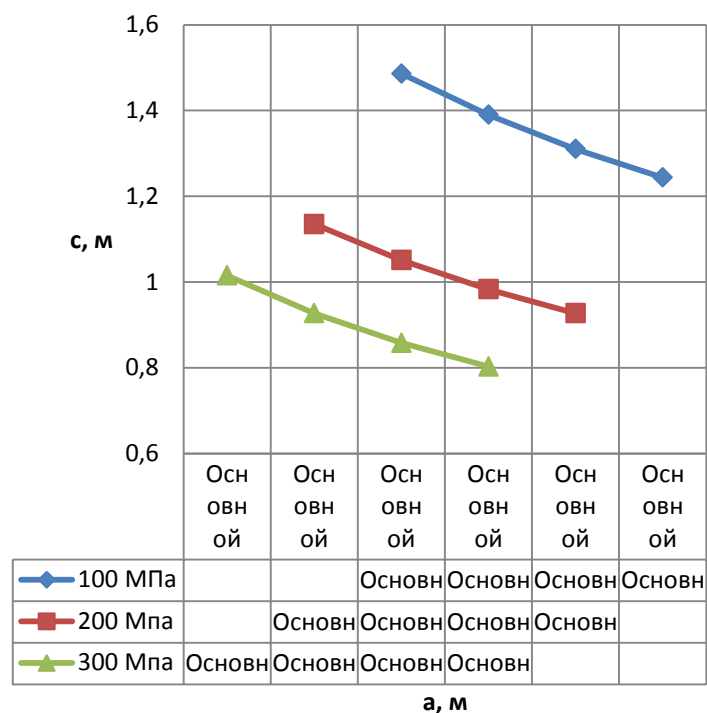
k_2 – коэффициент запаса динамической устойчивости.

Ограничения, накладываемые характеристиками энергетической установки и гидропривода базовой машины, рассмотрены в [2].

На основе полученных результатов разработан типоразмерный ряд ударников для одноковшовых экскаваторов 3-5 размерных групп, основные параметры которого представлены в таблице.



а)



б)

Рис. 3 Области рационального использования ударников в зависимости от:

а) – энергии единичного удара: б) – прочности материала негабарита

Таблица

Основные параметры типоразмерного ряда ударников

Параметр	Марка экскаватора			
	ЕК-14	ЕК-18	CAT 329DLN	CAT 340DL
Масса экскаватора, т	13	18	28	38
Мощность двигателя, кВт	77	77	140	213
Общая масса ударника, кг	2000	2200	4500	6000
Масса ударной части, кг	1500	1500	3500	4500
Жесткость пружины, кН/м	40	26	45	60
Высота подъема ударной части, м	1	1,5	2	2
Площадь поперечного сечения штоковой полости гидроцилиндра подъема ударной части, м ²	0,003	0,003	0,01	0,01
Скорость подъема ударной части, м/с	1,4	1,4	0,8	1
Максимальное давление в напорной магистральной, МПа	20	20	15	20

Скорость удара, м/с	6,8	8,2	9,5	9,6
Частота ударов, уд/мин	15	10	10	12
Энергия удара, кДж	35	55	155	205

Исследованиями на математической модели [3] получены области рационального использования типоразмерного ряда ударников. На рис. 3(а) представлена зависимость высоты негабарита от его ширины, при которых происходит раскол для различных ударников. Для ударников на базе экскаватора 3-й размерной группы (энергия удара 36 кДж) на породах с пределом прочности 100 МПа площадь поперечного сечения негабарита не превышает 0,87 м². Для ударников с энергией удара 210 кДж размер негабарита в поперечнике может достигать 2,5 м². При этом следует отметить, что процесс разрушения протекает эффективней при условии $a \geq c$.

На рис. 3(б) представлена зависимость высоты негабарита от его ширины для пород с различным пределом прочности. С увеличением предела прочности в 3 раза размер поперечника негабарита уменьшается в 1,9 раза.

Выводы.

1. Результаты исследований показали, что при разработке типоразмерного ряда ударников необходимо учитывать габаритно-весовые характеристики базовой машины, которые определяют ее устойчивость в рабочем и транспортном положениях.
2. Области рационального использования ударников определяют прочностные свойства и размер негабарита в поперечнике.

Библиографический список

1. Патент РФ №2291298, опубл. 10.01.2007, БИ №1
2. Зедгенизов В.Г., Мельников А.В. Моделирование рабочего процесса ударника для разрушения горных пород и прочных строительных материалов. – Горное оборудование и электромеханика», №2, 2008. С. 39-43.
3. Зедгенизов В.Г., Аль-саккаф Халед Саед Таха. Некоторые закономерности разрушения горных пород при ударном взаимодействии клиновидного инструмента с негабаритом. – Горное оборудование и электромеханика», №8, 2012. С.28-31

Проблемы механики современных машин

УДК – 007

Управление риском сложных технических комплексов методами информационных технологий по критериям физической надежности

А.Ф. Берман

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

Предлагается концепция управления риском Сложных Технических Комплексов (СТК) по критериям физической надежности и безопасности, обеспечивающая интегральную автоматизированную оценку риска, рассчитываемого каждый раз после принятия того или иного конструктивного, производственного и эксплуатационного решения на локальном, минимальном или глобальном уровне управления. В результате обеспечивается согласованная интеграция знаний, повышение эффективности и качества принимаемых управленческих решений, направленных на снижение риска аварий и техногенных катастроф на всех стадиях и этапах жизненного цикла СТК. Предложен информационный подход и использованы методы искусственного интеллекта для управления риском СТК.

Ключевые слова: управление, техногенный риск, надежность, безопасность, технический комплекс, техническое состояние, информационные технологии, искусственный интеллект

Берман Александр Фишелевич, д.т.н., профессор кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении НИ ИрГТУ, заведующий лабораторией информационных технологий исследования техногенной безопасности ИДСТУ СО РАН, berman@icc.ru

Динамика риска Сложных Технических Комплексов (СТК), например, авиационных или железнодорожных, связана со всеми стадиями жизненного цикла рассматриваемых комплексов и предполагает необходимость выделения этапов возникновения опасных состояний. Подобный подход обеспечивает выявление всего комплекса взаимосвязанных задач и необходимых решений, что может существенно понизить уровень неопределенности, возникающий в процессе создания и эксплуатации СТК [1-4].

СТК – это динамические системы, техническое состояние которых изменяется во времени. В их компонентах и элементах в процессе эксплуатации (применения) протекают, как медленные, так и быстрые деградационные процессы. Динамическая система описывает (в целом) динамику некоторого процесса, а именно: процесса перехода системы из

одного технического состояния в другое. В данном случае, рассматриваемые состояния характеризуются изменяемыми во времени параметрами. Фазовое пространство системы — совокупность всех допустимых состояний динамической системы. Таким образом, динамическая система характеризуется своим начальным состоянием и законом, по которому система переходит из начального состояния в следующее.

Процесс управления риском по критериям техногенной безопасности включает задачи:

✓ определения возможных состояний технического комплекса во времени и пространстве, оценка риска каждого состояния, принятие решений и реализация управляющих воздействий по обеспечению приемлемого риска (стадия создания);

✓ получения информации о возможном или текущем состоянии объекта и воздействующих на него факторах посредством контроля, мониторинга и диагностирования, оценка риска, принятие решений и реализация управляющих воздействий по восстановлению приемлемого риска (стадия применения-эксплуатации).

На основании законов изменения состояний, представленных причинно-следственным комплексом [5-8], разработана модель управления созданием и применением СТК, позволяющая оценивать риск, принимать и реализовывать управленческие решения по обеспечению приемлемого риска на основе параметров и признаков, характеризующих свойства СТК на всех стадиях и этапах жизненного цикла.

Совмещение процесса управления риском с причинно-следственным изменением состояний всех элементов, компонентов и технического комплекса в целом позволяет учитывать все конструктивные, технологические и эксплуатационные особенности СТК, влияющие на уровень риска, и эффективно использовать информационные технологии и методы искусственного интеллекта.

В качестве основных критериев принятия управленческих решений, направленных на обеспечение безопасности предлагается следующее сочетание обобщающих (системных, эмерджентных) свойств надежности и безопасности СТК:

- Свойства предупреждения критических отказов;
- Свойства локализации критических отказов и возвращения параметров объекта к безопасным значениям;
- Свойства минимизации последствий аварий и техногенных катастроф.

Свойства предупреждения критических отказов обеспечиваются прочностной надежностью и включают обоснование рациональных свойств материала, функциональных и конструктивных свойств СТК и их элементов, воспринимающих механо-физико-химические воздействия.

Свойства обеспечиваются исследованиями, входящими в такие отрасли науки, как физика прочности и разрушения материалов, материаловедение, сопротивление материалов и механика разрушения, физико-химическая механика материалов, диагностика и прогностика свойств материалов и конструкций, надежность и безопасность СТК и другие.

Свойства локализации критических отказов и возвращения параметров объекта к безопасным значениям могут обеспечиваться как конструктивными свойствами СТК (предохранительные устройства), так и структурными свойствами СТК (отключение отказавшего компонента и включение резерва).

Свойства минимизации последствий аварий и техногенных катастроф, если авария развивается и существует возможность её перерастания в техногенную катастрофу, обеспечиваются обоснованием рациональных структурных свойств СТС, таких как системная надежность и безопасность, базирующихся на структурном резервировании, использовании мониторинга параметров и иерархической (эшелонированной) систем химической, физической, радиационной и других видов защиты. Данные свойства обеспечиваются исследованиями в таких отраслях науки как вероятностно-статистическая и логико-вероятностная надежность и безопасность, теория риска и подобия, гидро- и газодинамика, теория горения и взрыва.

Понятия «критические отказы», «локализация и минимизация отказов» ранее не относили к свойствам, обычно их классифицировали как требования к объекту. Это затрудняло понимание и постановку задач математиками, специалистами по системному анализу и информационным технологиям.

Управленческие решения имеют первостепенное значение в процессе управления динамикой риска. Принятие решения на каждом этапе и стадии существования СТК осуществляется системой управления в соответствии с ее определенными функциями. Завершая каждый этап принятия решений, мы предполагаем, что реальная система надежности/безопасности СТК не всегда может обеспечить приемлемый риск, вследствие ограниченности наших знаний, осознанных и неосознанных нарушений на всех стадиях, а также вследствие отказов самой системы надежности/безопасности. Исходя из этих предположений, принимаются управленческие решения по обеспечению приемлемого риска на всех стадиях и этапах.

Например, если возможен пропуск дефектов в материалах из-за неэффективности методов дефектоскопии, то оценивается последствия пропуска того или иного вида дефекта и принимается решение выбрать ту технология изготовления, при которой пропуск недопустимого дефекта имеет минимальную вероятность. В этом случае, при расчете риска можно принять меньшую величину частоты или вероятности возникновения (пропуска) недопустимого дефекта.

Если окажется, что величина допустимого дефекта задана больше, чем возможный разброс воздействующих нагрузок и сред или интенсивность их влияния выше, чем предполагалось, то оценивается характер возможного разрушения (хрупкий или вязкий), последствия разрушения. Затем принимается решение о выборе материала, у которого критическая длина трещины больше или разрыв при вязком разрушении меньше. В этом случае, при расчете риска можно принять меньшую величину частоты или вероятности разброса воздействующих факторов.

Управляющие воздействия, отражающие условия, критерии и последовательность принятия управляющих решений, осуществляются для всех этапов и стадий, уровней и задач создания и применения (эксплуатации) СТК.

Процесс принятия и реализации управляющих решений включает следующие функции:

- ✓ получение информации о состоянии объекта и воздействующих на него факторов внешних и внутренних факторов посредством непрерывного или дискретного наблюдения и контроля (мониторинг и диагностирование);
- ✓ определение возможного изменения состояния объекта во времени и пространстве (прогнозирование);
- ✓ принятие решений о принудительном изменении (обоснование управляющих воздействий) состояния объекта для предотвращения отказа/аварии (управление);
- ✓ реализация управляющих воздействий для снижения риска и смягчения последствий техногенных ЧС (собственно управление).

За главный критерий состояния опасных объектов принимаем уровень (степень) риска ЧС, характеризуемый в большинстве случаев произведением частоты (или вероятности) события на его последствия.

На рисунках 1 и 2 показаны модели управления риском СТК по физическим критериям надежности и безопасности.

Постановка проблемы информатизации управления риском СТК. Информатические науки - совокупность наук, изучающих применение вычислительных машин в данной конкретной науке для получения нового знания в этой науке. Предметом изучения являются понятия и знания в данной науке. Знания представляются главным образом терминами, понятиями и их отношениями, которые также представляются терминами. К информатическим наукам относятся, например, информатика геологии, информатика филологии, информатика конструирования техники и др. науки. В большинстве своем эти науки не оформились в самостоятельные дисциплины [9].

Для эффективного анализа и синтеза знаний, получаемых специалистами различных научных направлений и необходимых для снижения риска катастроф, предлагается рассматривать исследование

закономерностей катастроф и необходимые для этого модели, методы, информационные технологии и системы для принятия решений, как новое научное направление информатической науки названное «Информатикой катастроф». Сокращенное название этого направления, можно составить из первых букв слов: **катастрофы, математика, информатика – катаматика** (рис.3).

- **Информатика катастроф** (катаматика) – это научное направление о методах, моделях, информационных технологиях и системах, необходимых для подготовки и принятия решений по управлению риском катастроф.

- **Цель информатики катастроф** – получение новых знаний о закономерностях катастроф и принципах обоснования управляющих решений, направленных на снижение риска, на основе интеграции методов, моделей и средств информатики и математики.

- **Объект информатики катастроф** – природные и техногенные процессы, объекты, явления и события, представляющие катастрофическую опасность для людей и окружающей среды.

- **Предмет информатики катастроф** - информационные технологии и системы, а также математические методы и модели, обеспечивающие мультидисциплинарное исследование и принятие решений направленных на снижение риска природных и техногенных катастроф. При этом обеспечивается возможность интеграции данных и знаний в единой информационной системе и совместная работа специалистов посредством локальной и глобальной сетей.

- Информатика катастроф относится к мультидисциплинарным научным направлениям в области исследования безопасности сложных уникальных природных и искусственных объектов, представленных в качестве систем. Проблема рассматривается в аспекте формирования приоритетных задач исследования, обоснования необходимых математических и информационных моделей, методов и систем исследования катастроф.

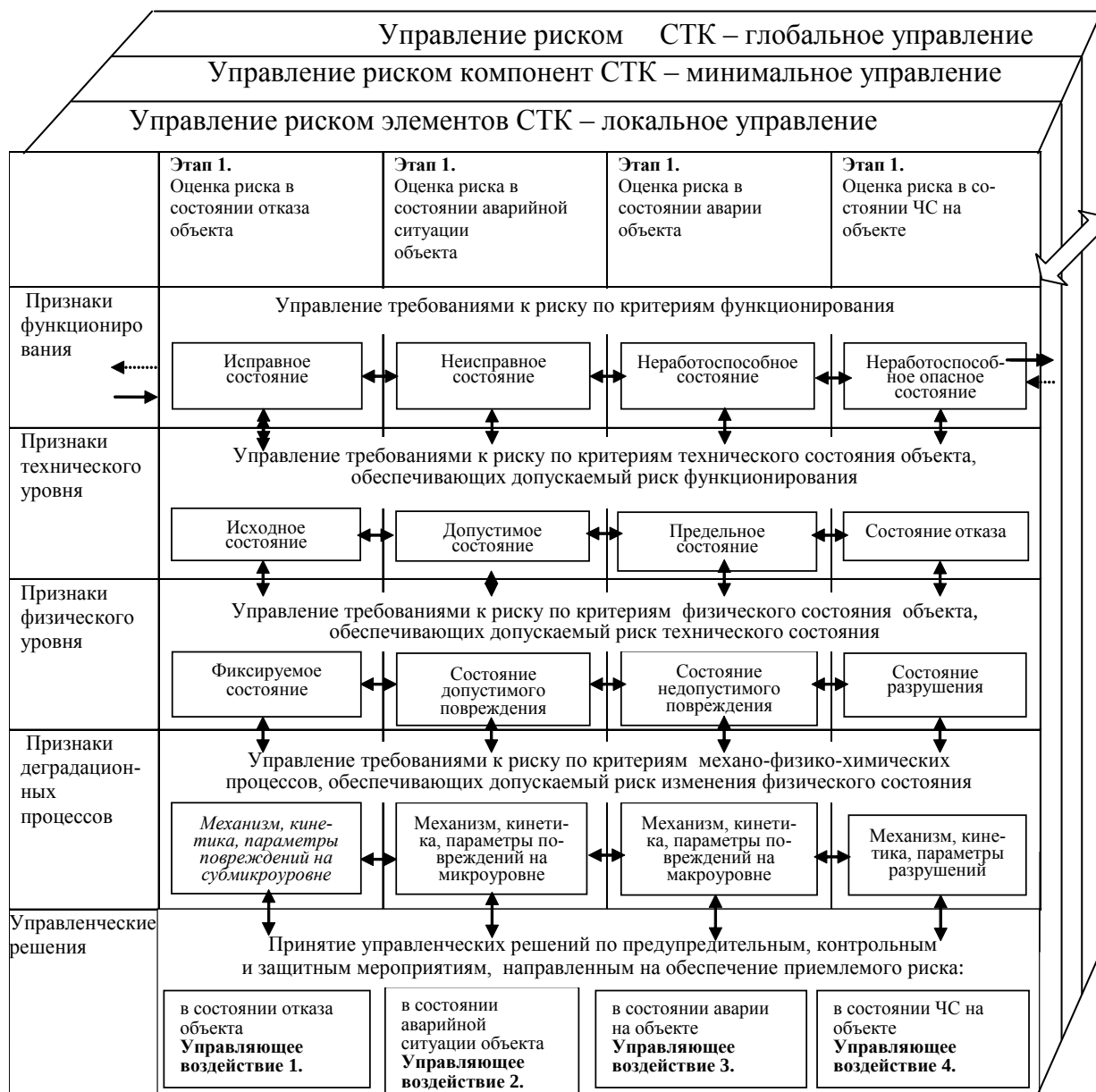


Рис.1. Модель управления риском СТК по физическим критериям надежности

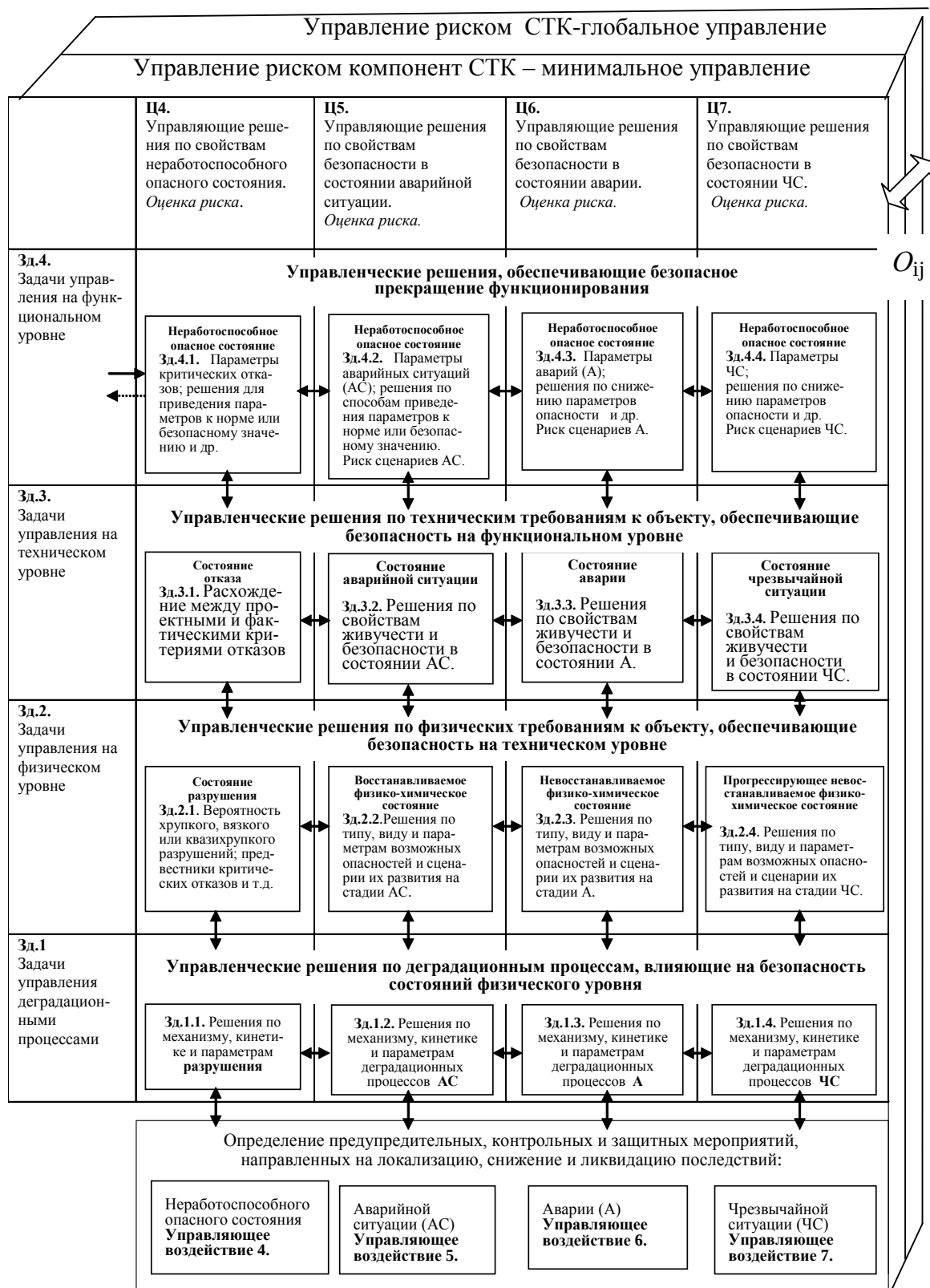


Рис.2. Модель управления риском СТК по физическим критериям безопасности

АС - аварийная ситуация; А - авария; ЧС – чрезвычайная ситуация



Рис.3. Информатические науки

Литература

1. Махутов Н.А. Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования / Новосибирск: Наука. - 2008. – 528 с.
2. Берман А.Ф., Васильев С.Н. Технология обеспечения приемлемого риска аварий сложных механических систем // Проблемы человеческого риска. - 2006 - №1. - С.61-69.
3. Берман А.Ф., Николайчук О.А. Пространство технических состояний уникальных механических систем // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2007. №1. С.14-22.
4. Николайчук О.А. Автоматизация исследований технического состояния опасных механических систем // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2008, №6, с. 72-78.
5. Берман А.Ф., Николайчук О.А. Модели, знания и опыт для управления техногенной безопасностью // Проблемы управления. - 2010. - №2. - С.53-60
6. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Юрин А. Автоматизация прогнозирования технического состояния и остаточного ресурса деталей уникальных машин и аппаратуры // Заводская лаборатория. – 2009. - №3. - С.48-57.
7. Берман А.Ф. Николайчук О.А., Юрин А.Ю. Интеллектуальная информационная система анализа отказов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2012. - №4. - С.88-96.
8. Красилов А.А. Информатика в 7 томах. - Интеллсист. - 2011 г. <http://www.intellsyst.ru/>.

**Выборочный приемочный контроль по альтернативному признаку –
современное средство управления качеством продукции**

В.Г. Грудинин, И.Н. Михайлова

В статье приведены основные положения по выборочному приемочному контролю по альтернативному признаку. Выборочный контроль по альтернативному признаку является одним из методов статистического анализа и управления качеством продукции. Выборочный контроль – контроль партии по выборке, обладает рядом преимуществ по сравнению со сплошным контролем (контролем каждой единицы продукции). Проведен анализ современных стандартов по процедурам выборочного контроля по альтернативному признаку. В ряде случаев сплошной контроль невозможен (если контроль является разрушающим). Применение статистических методов управления качеством продукции позволяет обнаружить отклонения от технологического процесса изготовления продукции и своевременно скорректировать процесс.

Илл. 0. Библ. 7 назв.

Ключевые слова: статистический приемочный контроль, план выборочного контроля, контроль по альтернативному признаку, выборка, партия, приемлемый уровень качества, единица продукции, несоответствие, несоответствующая единица продукции

Грудинин Владимир Гарриевич, старший преподаватель кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, 89041371795, e-mail: grudinin1960@rambler.ru.

Михайлова Ирина Николаевна, студентка гр. УКБ 11-1, 89041214777, e-mail: irinka_zolushka@mail.ru.

В современной экономике конкурентоспособность выпускаемой продукции определяет жизнеспособность данного предприятия. Одним из главных факторов, влияющих на конкурентоспособность продукции, работ и услуг, является их качество [1].

Международная организации по стандартизации (ИСО) определяет качество (стандарт ИСО – 8402) как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности [2].

Управление качеством – это методы и виды деятельности оперативного характера, которые используют для выполнения требований к качеству.

Управление качеством процесса – часть управления качеством, которая направлена на поддержание показателей качества продукции, процесса или услуги в установленных пределах.

Статистическое управление качеством – часть управления качеством, в которой применяют статистические методы. Эти методы включают в себя использование частотного распределения, мер центрирования процесса, рассеивания, контрольных карт, выборочного контроля, регрессионного анализа, критериев значимости и т.п. Когда статистическое управление качеством применяют для управления ходом процесса, а не управления качеством поставляемых материалов, то часто применяют термин «статистическое управление процессом».

Статистический приемочный контроль – это выборочный контроль, после проведения которого принимают решение о приемке или отклонении партии (или другой совокупности продукции, материала или услуги) на основании результатов контроля выборки или выборок, отобранных из этой партии. Часто альтернативой термину «приемка» для целей определения служит термин «отклонение». Однако на практике альтернативное действие приемке может иметь и другие формы, чем прямое отклонение. При отборе выборок из последовательных партий приемка и отклонение связаны с отдельными партиями. При непрерывном контроле приемка и отклонение связаны с отдельными единицами продукции или их последовательными сериями в зависимости от принятой процедуры.

Контроль – это действия, такие как измерение, обследование, испытание и калибровка одного или нескольких показателей продукции или услуги и сравнение с установленными требованиями для определения соответствия.

Приемочный контроль – это контроль для определения того, приемлема ли поставленная или предполагаемая для поставки единица или партия продукции.

Основной целью выборочного приемочного контроля является подтверждение того, что изготовитель (поставщик) представляет партию такого качества, которое соответствует (или лучше) согласованному уровню, и потребитель получает партии приемлемого качества.

Производственная партия – это определенное количество некоторой товарной продукции или услуг, произведенное в одно время и при условиях, которые можно считать однородными. Обстоятельства, при которых условия можно считать однородными, в большинстве случаев нельзя установить. Например, замена используемого материала или инструмента или прерывание процесса производства может привести к разным условиям.

Объем партии – это число единиц продукции в партии.

Выборочная единица – это:

- а) одна из конкретных единиц, из которых состоит генеральная совокупность;

б) определенное количество продукции, материала или услуг, образующее единство и взятое из одного места, в одно время для формирования части выборки.

Выборочная единица может содержать более одного изделия, допускающего испытание, например коробка с фломастерами, но при этом получают один результат испытания или наблюдения. Единицей продукции может быть одно изделие, пара или набор изделий, или ею может быть определенное количество материала, такое как отрезок латунного прутка определенной длины, определенный объем жидкой краски или заданная масса угля. Она необязательно должна быть такой же, как единица закупки, поставки, производства или отгрузки.

Выборка – набор элементов из контролируемой партии, состоящий из одной или более единиц продукции, предназначенный для получения информации о контролируемой партии.

Объем выборки – количество единиц продукции в выборке.

Отбор выборки – это процесс извлечения или составления выборки.

Процедура выборочного контроля – это пооперационные требования и (или) инструкции, связанные с реализацией конкретного плана выборочного контроля, то есть запланированный метод отбора, извлечения и подготовки выборки (выборок) из партий для получения информации о признаке (признаках) в партии.

Изготовитель может использовать эти выборочные процедуры для подтверждения того, что уровень качества будет приемлемым для потребителя.

Уровень качества – это любой относительный показатель качества, получаемый сравнением наблюдаемых значений с установленными требованиями. Обычно это числовое значение, показывающее степень соответствия или несоответствия техническим условиям или целям выборочного контроля.

Показатель качества – количественная мера одного или большего числа признаков качества. Для нормирования одного признака качества могут потребоваться два или более показателей качества. Количественные меры признаков качества могут принимать различные формы, такие как результаты физических или химических измерений, процент продукции, не соответствующий техническим условиям, показатель дефектности и т.п. Меры признаков качества применяют в технических приложениях для представления требуемой аналитической информации, пригодной для целей управления или приемки. Некоторые из них используют для оценки соответствия отдельных объектов требованиям технических условий, в то время как другие – для интерпретации качества через проценты соответствующих или несоответствующих единиц продукции в партии и т. д.

Критерий приемки – это критерий для приемки продукции или услуги по отдельному признаку или группе признаков качества, указанных в технических условиях.

Во всех этих процедурах следует учитывать, что цена изделий должна отражать затраты на контроль и производство.

В рамках планируемой системы ответственным за качество продукции должен быть изготовитель. При контроле ответственность за качество может перейти от изготовителя к контролеру. Это происходит в тех случаях, когда контролер необходим для сортировки несоответствующих изделий, и все, что происходит в производстве, будет выявляться через контроль. Такой подход приводит к излишней работе, затратам и ухудшению качества для потребителя и изготовителя. Контролер не располагает средствами для создания качественной продукции, если это не было сделано изготовителем.

Различают статистический приемочный контроль по альтернативному признаку и по количественному признаку.

Контроль по альтернативному признаку – контроль, с помощью которого каждую единицу продукции классифицируют только как соответствующую или несоответствующую или подсчитывают число несоответствий для каждой единицы продукции в соответствии с установленным требованием или группой требований. Метод контроля по альтернативному признаку предполагает проверку изделия или его характеристик и оценку его как соответствующего или нет. Необходимые действия включают подсчет числа несоответствующих единиц продукции или числа несоответствий, обнаруженных в случайной выборке.

Метод по количественному признаку предполагает измерение и запись числовых значений признака для каждой единицы продукции рассматриваемой группы, предназначенные для сопоставления с некоторой непрерывной шкалой.

Контроль по количественному признаку начинают с отбора выборки заданного числа единиц продукции и измерения размеров или характеристик для того, чтобы иметь информацию не только о нахождении размера в определенных пределах, но и о его действительном значении. Решение о приемке партии принимают на основе вычисления выборочного среднего и выборочного среднеквадратичного отклонения для выполненных измерений в соответствии с процедурами соответствующего статистического приемочного контроля.

Преимущество контроля по количественному признаку при условии, что некоторые предположения верны, заключается в том, что для обеспечения заданной степени защиты от ошибочных решений необходим меньший объем выборки. Кроме этого, он позволяет получать больше информации о негативном влиянии среднего процесса, его изменчивости или того и другого на качество продукции.

Преимущество контроля по альтернативному признаку - в большей робастности (независимости от формы распределения) и простоте применения. По этим причинам могут быть оправданы большие объемы выборок и повышенные затраты, связанные с последним методом.

Следует отметить, что оценивание на основе «да» – «нет» более оперативно и требует меньшей квалификации, чем при измерении.

Каждый из этих методов имеет характерные области применения.

Доля несоответствующих единиц (продукции) рассматривается следующим образом:

- а) в выборке: число несоответствующих единиц продукции в выборке, деленное на полное число проконтролированных единиц продукции;
- б) в генеральной совокупности или партии: число несоответствующих единиц продукции в генеральной совокупности или партии, деленное на полное число единиц продукции в генеральной совокупности или партии.

Определение термина «доля дефектных единиц продукции» аналогичное.

Доля несоответствующих единиц продукции может быть применена как к выборкам, так и для оценки аналогичной доли в генеральной совокупности или партии.

Процент несоответствующих единиц (продукции) – это доля несоответствующих единиц продукции, умноженная на сто. Определение термина «процент дефектных единиц продукции» аналогичное. Дополнительным термином служит «процент соответствующих единиц продукции»

Число несоответствий на единицу (продукции) – это число равное общему числу несоответствий, деленному на число единиц продукции в выборке или в партии. Определение термина «число дефектов на единицу продукции» аналогичное

Число несоответствий на сто единиц (продукции) – это среднее число несоответствий в единице продукции для соответствующей выборки, умноженное на сто.

Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку стандартизованы. В последние годы были приняты новые международные стандарты в этой области контроля:

ИСО 2859-1:1999 «Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL»;

ИСО 2859-2:1985 «Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе предельного качества LQ»;

ИСО 2859-3:2005 «Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Процедуры выборочного контроля с пропуском партий»;

ИСО 2859-4:2002 «Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 4. Оценка соответствия заявленным уровням качества»;

ИСО 2859-5:2005 «Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 5. Система планов последовательного выборочного контроля на основе предела приемлемого качества (AQL)».

Настоящий стандарт рассматривает основные принципы выборочного контроля по альтернативному признаку. Для полного понимания этих основных принципов и их применения необходимо использовать ИСО 2859-1, ИСО 2859-2, ИСО 2859-3, ИСО 2859-4, ИСО 2859-5 и ИСО/ТО 8550-1:2007 «Руководство по выбору и применению систем статистического приемочного контроля дискретных единиц продукции в партиях. Часть 1. Общие требования».

Отдельные части международных стандартов ИСО 2859 описывают конкретные области применения методов выборочного контроля по альтернативному признаку.

Система планов выборочного контроля по количественному признаку на основе AQL установлена в стандартах серии ИСО 3951.

Основная цель статистического приемочного контроля состоит в том, чтобы выяснить соответствие качества представленной изготовителем партии согласованному с потребителем уровню качества. Вся серия стандартов ИСО 2859 основана на параметрах AQL и QL. Параметр AQL (Acceptance Quality Limit) – предел приемлемого качества. В настоящее время термин «предел приемлемого качества» заменил ранее используемый термин «приемлемый уровень качества». При этом аббревиатура термина на английском языке (AQL) сохранена. Параметр LQ (Limited Quality) – «предельное качество». AQL устанавливает **предел приемлемого качества продукции в партии**. LQ устанавливает **предельное качество**, т. е. уровень качества отдельной партии, который в статистическом выборочном контроле ограничивают низкой вероятностью приемки.

На основе международных стандартов ИСО 2859 были разработаны и приняты национальные стандарты Российской Федерации ГОСТ Р. ИСО серии 2859.

ГОСТ Р ИСО 2859-10-2008 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 10. Введение в стандарты серии ГОСТ Р ИСО 2859 [3].

ГОСТ Р ИСО 2859-1 – 2007 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL [3]

ГОСТ Р ИСО 2859-1 – 2007 устанавливает систему статистического приемочного контроля по альтернативному признаку, индексированную по объему партии, уровню контроля и пределу приемлемого качества (AQL).

Цель стандарта – побудить изготовителя под давлением угрозы экономических и психологических последствий неприемки партии поддерживать среднее процесса хотя бы не хуже установленного предела приемлемого качества. Фактически, для обоснованной уверенности в приемке партии, среднее процесса должно быть намного меньше AQL. Приведенные в стандарте планы обеспечивают непревышение верхней границы риска потребителя (ошибочной приемки плохой партии).

ГОСТ Р ИСО 2859-3 – 2009 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Процедуры выборочного контроля с пропуском партий [5]

ГОСТ Р ИСО 2859-3 – 2009 устанавливает процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку с пропуском партий. Эти процедуры позволяют сократить затраты на контроль и предназначены для поставщиков, эффективно управляющих всеми показателями качества продукции и изготавливающих партии, отвечающие установленным требованиям. Сокращение затрат на контроль достигается путем случайного пропуска контроля партий с указанной вероятностью. Эта процедура расширяет принцип случайного выбора при контроле партий, применяемый в ИСО 2859-1.

ГОСТ Р ИСО 2859-4 – 2006 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 4. Оценка соответствия заявленным уровням качества [6]

Процедуры ГОСТ Р ИСО 2859-4 – 2006 отличаются по области применения от процедур ИСО 2859-1, ИСО 2859-2, ИСО 2859-3 и ИСО 2859-5. Процедуры статистического приемочного контроля ИСО 2859-1, ИСО 2859-2, ИСО 2859-3 и ИСО 2859-5 предназначены для использования в двусторонних соглашениях. Процедуры ИСО 2859-4 применимы при формальных систематических проверках, таких как анализ деятельности и аудит. Выполняя такую проверку, уполномоченная сторона должна рассмотреть риск неправильных выводов о качестве партии и учесть его при планировании проверки или аудита.

ГОСТ Р ИСО 2859-5 – 2009 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 5. Система планов последовательного выборочного контроля на основе предела приемлемого качества (AQL) [7]

ГОСТ Р ИСО 2859-5 – 2009 устанавливает последовательные схемы выборочного контроля, которые дополняют процедуры статистического приемочного контроля по альтернативному признаку ИСО 2859-1.

Основное преимущество последовательных планов выборочного контроля – сокращение среднего объема выборки, т. е. математического ожидания общего объема выборки, который может потребоваться при

использовании данного плана выборочного контроля для конкретной партии или процесса. И двухступенчатые, и многоступенчатые, и последовательные планы выборочного контроля приводят к меньшему среднему объему выборки, чем одноступенчатые планы с эквивалентной оперативной характеристикой. При этом средний выигрыш для последовательного плана выборочного контроля больше, чем для двухступенчатого или многоступенчатого плана.

Стандарты серии ГОСТ Р ИСО 2859 являются современным средством повышения качества продукции, позволяющим существенно сократить стоимость и время приемочного контроля. В ряде случаев (разрушающий контроль), применение процедур выборочного приемочного контроля по альтернативному признаку является единственно возможным.

Список использованной литературы

1. Димов. Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения. – СПб.: Питер, 2013 с. Ил.
2. Международный стандарт ИСО 8402: 1994 Управление качеством и обеспечение качества – Словарь.
3. ГОСТ Р ИСО 2859-10-2008 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 10. Введение в стандарты серии ГОСТ Р ИСО 2859, Москва, Стандартинформ, 2008.
4. ГОСТ Р ИСО 2859-1 – 2007 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL, Москва, Стандартинформ, 2007.
5. ГОСТ Р ИСО 2859-3 – 2009 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Процедуры выборочного контроля с пропуском партий, Москва, Стандартинформ, 2009 г.
6. ГОСТ Р ИСО 2859-4 – 2006 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 4. Оценка соответствия заявленным уровням качества, Москва, Стандартинформ, 2006.
7. ГОСТ Р ИСО 2859-5 – 2009 Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 5. Система планов последовательного выборочного контроля на основе предела приемлемого качества (AQL), Москва, Стандартинформ, 2009.

В.Г. Грудинин, А.Ю. Николаев

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

В работе исследованы динамические характеристики упругой муфты с изменяемым моментом инерции. Муфта представляет собой устройство планетарного типа, с дополнительными массами, жестко закрепленными на сателлитах. При повороте сателлитов центры дополнительных масс меняют свое положение относительно оси вращения и изменяют момент инерции муфты. Применение муфты позволяет гасить угловые вибрации. Использование динамических гасителей колебаний наиболее эффективно при точной настройке, когда частота внешнего воздействия совпадает с резонансной частотой. Частотная область работы динамического гасителя зависит от значений его конструктивных параметров.

Ключевые слова: механические колебания, динамическое гашение колебаний, упругая муфта, планетарный механизм, амплитудно-частотная характеристика.

Грудинин Владимир Гарриевич, старший преподаватель кафедры Конструирования и стандартизации в машиностроении, тел. 89041371795, e-mail: grudinin1960@rambler.ru.

Николаев Андрей Юрьевич, студент гр. АМ 10-1, сот. 89148950336, e-mail: andrnikolajev@gmail.com

Внутренняя виброактивность в машинах и способы снижения виброактивности. Причинами возникновения динамических нагрузок могут являться неравномерность вращения приводного двигателя, несинхронность и податливость передачи, переменные рабочие нагрузки, динамические воздействия системы управления [1].

Привод с карданной передачей является несинхронным. Передача вызывает кинематическое возмущение в машинном агрегате [2]. В системе с карданной передачей возникают параметрические и вынужденные колебания [3]. Задачу управления колебаниями в колебательных механических системах вращательного типа можно решить посредством введения в исходную колебательную систему дополнительных связей.

Дополнительные связи могут быть реализованы различными методами. Одним из возможных решений является способ динамического гашения крутильных колебаний, основанный на введении дополнительных связей второго порядка, взаимодействующих с полем инерционных сил [4].

Введение связи с оператором $L(p) = ap^2$ изменяет характеристику исходной системы как качественно, так и количественно. Во-первых, дополнительная связь понижает частоту резонансных колебаний и, во-вторых, на частоте $\omega = \omega_0$ реализуется антирезонансный режим или режим динамического гашения колебаний. Эти полезные локальные свойства систем с дополнительными инерционными звеньями были положены в основу разработки динамических гасителей колебаний.

Введение в расчетную модель инерционных звеньев с массой m_2 и моментом инерции J_2 (рис. 1) позволяет реализовать в колебательной механической системе вращательного типа дополнительную связь с оператором $L(p) = ap^2$. В расчетной схеме колебательной системы приняты следующие дополнительные обозначения:

J_1 — момент инерции входного звена; J_2 — момент инерции дополнительного звена;

J_3 — момент инерции выходного звена; m_2 — масса дополнительного звена;

φ_1 — входное воздействие (кинематическое возмущение);

φ_2 — выходное воздействие (обобщенная координата);

c_{12} — жесткость упругого элемента;

a — расстояние от оси вращения основных звеньев до оси относительного вращения дополнительного звена;

i — передаточное отношение между входным звеном и дополнительным звеном.

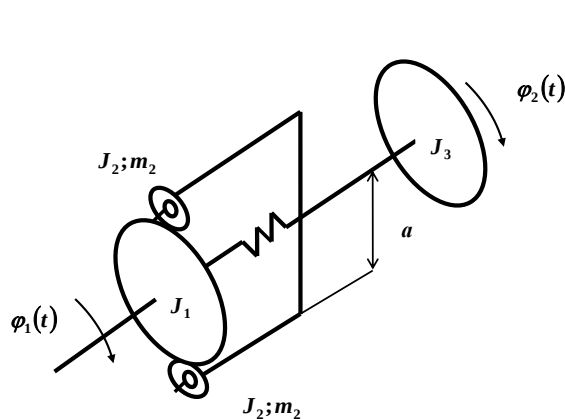


Рис. 1. Расчетная схема системы с дополнительной связью второго порядка

Передаточная функция системы

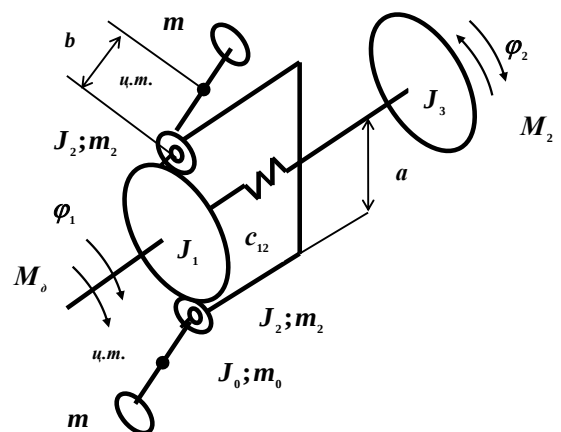


Рис. 2. Расчетная схема гасителя с дополнительными массами

$$W(p) = \frac{nJ_2 i(i+1)p^2 + c_{12}}{[J_3 + nm_2 a^2 + nJ_2(i+1)^2]p^2 + c_{12}}$$

(1)

Амплитудно-частотная характеристика

$$A(\lambda) = \left| \frac{1 - \alpha \lambda^2}{1 - (1 + \alpha) \lambda^2} \right|,$$

$$(2) \text{ где } \alpha = \frac{nJ_2 i(i+1)}{J_3 + nm_2 a^2 + nJ_2(i+1)^2}; \lambda = \frac{\omega}{\omega_p}; \omega_p = \sqrt{\frac{c_{12}}{J_3 + nm_2 a^2 + nJ_2(i+1)^2}}.$$

Предложенный гаситель имеет лишь одну строго фиксированную частоту динамического гашения. Изменение частоты гашения колебаний за счет изменения параметров гасителя приводит, по существу, к полному изменению конструкции гасителя. С целью устранения указанных недостатков на основе того же оригинального способа гашения крутильных колебаний предложен гаситель колебаний с грузами массой m , жестко закрепленных на дополнительных звеньях с массой m_2 . Схема гасителя колебаний приведена на рис. 2.

Передаточная функция системы

$$W(p) = \frac{\varphi_2(p)}{\varphi_1(p)} = \frac{k_2 p^2 + \omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2}{p^2 + \omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2},$$

(3) где k_1, k_2, ω_{12} – коэффициенты, определяемые массо-инерционными и геометрическими свойствами системы.

Амплитудно-частотная характеристика системы

$$A(\omega) = \left| \frac{\omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2 - k_2 \omega^2}{\omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2 - \omega^2} \right|.$$

(4)

Анализ амплитудно-частотных характеристик динамического гасителя с грузами. В работе [5] проведена качественная оценка режимов динамического гашения колебаний гасителем с грузами m , жестко закрепленных на дополнительных звеньях с массой m_2 .

Вместе с тем, при настройке гасителя и выборе его конструктивных элементов необходимо провести анализ влияния отдельных параметров устройства на режимы динамического гашения колебаний в рабочей области угловых скоростей привода. Такой анализ был проведен в работе [6].

Для оценки свойств гасителя рассмотрим выражение амплитудно-частотной характеристики не в функции частоты ω_* возмущающего воздействия, а в функции угловой частоты ω_0 . При этом следует учесть, что между этими частотами существует зависимость

$$\omega_* = \nu \omega_0.$$

(5)

Здесь $\omega_0 = \pi \cdot n / 30$ – угловая частота колебаний вала;

n – частота колебаний вала в минуту;

ν – порядок гармоники возмущающего воздействия (число периодов гармоники, укладывающееся в одном обороте вала).

С учетом этого соотношения амплитудно-частотная характеристика гасителя (4) будет иметь вид

$$A(\omega) = \frac{\omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2 - k_2 \nu^2 \omega_0^2}{\omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2 - \nu^2 \omega_0^2}.$$

(6)

Приравняв к нулю числитель, а затем знаменатель (6), получим значения угловой частоты привода, соответствующие режиму динамического гашения колебаний ω_{0d} и резонансному режиму ω_{0p} :

$$\omega_{0d} = \sqrt{\frac{\omega_{12}^2}{k_2 \nu^2 - k_1}},$$

(7)

$$\omega_{0p} = \sqrt{\frac{\omega_{12}^2}{\nu^2 - k_1}}.$$

(8)

Из выражений (7) и (8) следует, что при значениях $k_2 < 1$ $\omega_{0d} > \omega_{0p}$, а при $k_2 > 1$ $\omega_{0d} < \omega_{0p}$.

При угловой частоте ω_0 , стремящейся к бесконечности, амплитудно-частотные характеристики стремятся к асимптотам, уравнение которых имеет вид

$$z = (k_2 \nu^2 - k_1) / (\nu^2 - k_1).$$

(9)

Как видно из выражения (9), при $k_2 < 1$ $z < 1$, а при $k_2 > 1$ $z > 1$. Амплитудно-частотные характеристики, соответствующие этим случаям приведены на рис. 3.

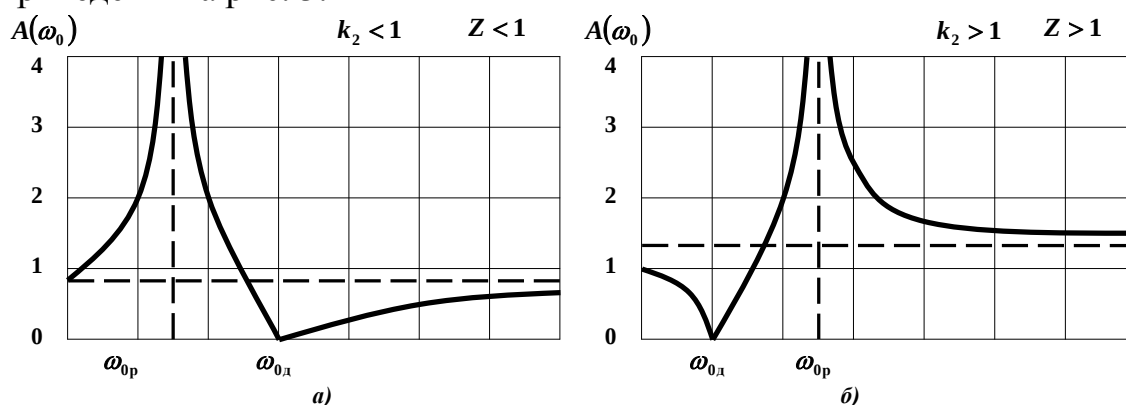


Рис. 3. Зависимость амплитудно-частотной характеристики от параметров гасителя

Условие $k_2 > 1$ можно рассматривать как формальное, так как из выражения

$$k_2 = \frac{ni[(J_0 + m_0 b^2)(i+1) + m_0 b^2(i-1) - m_0 ab \cos \alpha_0]}{n[(J_0 + m_0 b^2)(i+1)^2 + m_0[a^2 + b^2(i-1)^2 - 2ab \times (i-1) \cos \alpha_0]] + J_3}.$$

видно, что k_2 всегда меньше единицы. Таким образом, эффективно можно использовать лишь те свойства гасителя, которые определяются амплитудно-частотной характеристикой, показанной на рис. 3, а при $k_2 < 1$.

АЧХ самонастраиваемой системы, инвариантной по отношению к возмущению вида $\omega_e = \nu \omega_0$ определяется из уравнения

$$A(\lambda^*) = \sqrt{(1 - k_2 \lambda^{*2})^2 / (1 - \lambda^{*2})^2}, \quad (10)$$

где $\lambda^* = \omega / \omega_c$, $\omega_c = \sqrt{\omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2}$,

с учетом $\omega_{12} = 0$, т.к. $c_{12} = 0$ и имеет вид

$$A(\omega) = \frac{k_1 \omega_0^2 - k_2 \nu^2 \omega_0^2}{k_1 \omega_0^2 - \nu^2 \omega_0^2} \quad (11)$$

Порядок гармоник ν_δ возмущающего воздействия, на которой происходит самонастройка, и порядок гармоник ν_p , на которой возникает резонансный режим, определяются выражениями

$$\nu_\delta = \sqrt{k_1 / k_2}, \quad (12)$$

$$\nu_p = \sqrt{k_1 / k_2}. \quad (13)$$

Разнос частот динамического гашения и резонансных частот в самонастраиваемой системе характеризуется коэффициентом k_2 , т.к.

$$\nu_p \omega_0 = \sqrt{k_1 / k_2} \nu_\delta \omega_0. \quad (14)$$

Для исследования влияния конструктивных параметров гасителя на его динамические свойства запишем выражения (6) и (12) в развернутом виде

$$A(\omega_0) = \frac{c_{12} + nm_0 ab i^2 \omega_0^2 \cos \alpha_0 - ni[(J_0 + m_0 b^2)(i+1) + m_0 b^2(i-1) - m_0 ab \cos \alpha_0] \nu^2 \omega_0^2}{c_{12} + nm_0 ab i^2 \omega_0^2 \cos \alpha_0 - ni \left\{ (J_0 + m_0 b^2)(i+1)^2 + m_0 \begin{bmatrix} b^2(i-1) \\ -2ab(i-1) \cdot \\ \cdot \cos \alpha_0 \end{bmatrix} \right\} \cdot \nu^2 \omega_0^2 + J_3 \nu^2 \omega_0^2}, \quad (15)$$

$$\nu_{\partial} = \sqrt{\frac{nm_0abi^2 \cos \alpha_0}{ni[(J_0 + m_0b^2)(i+1) + m_0b^2(i-1) - m_0ab \cos \alpha_0]}}.$$

(16)

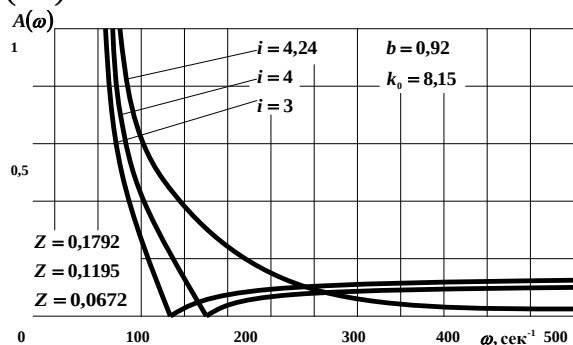


Рис. 4. Зависимость частоты динамического гашения от угловой скорости ω и параметра i

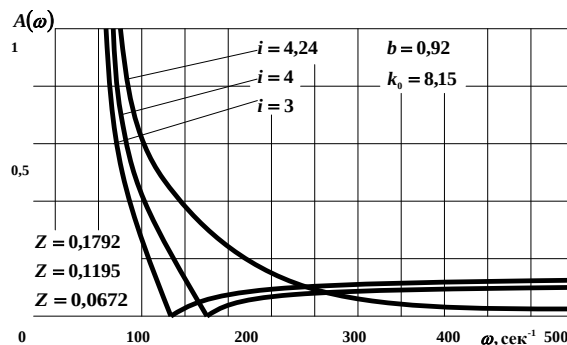


Рис. 5. Зависимость частоты динамического гашения от угловой скорости ω и параметра $k_0 = a/b$

Из выражений (15) и (16) следует, что динамические свойства системы с динамическим гасителем зависят от всех параметров (c_{12} , J_3 , J_0 , i , n , a , b , α_0 , m_0), но наибольшее влияние на динамику оказывают конструктивные параметры i , a , b . На рис. 4 и 5 приведены кривые $A(\omega)$, построенные по выражению (15).

На рис. 6 приведены зависимости значений ν , построенные по (16) и отражающие влияние параметров i и $k_0 = a/b$ на динамические свойства гасителя при следующих его конструктивных параметрах:

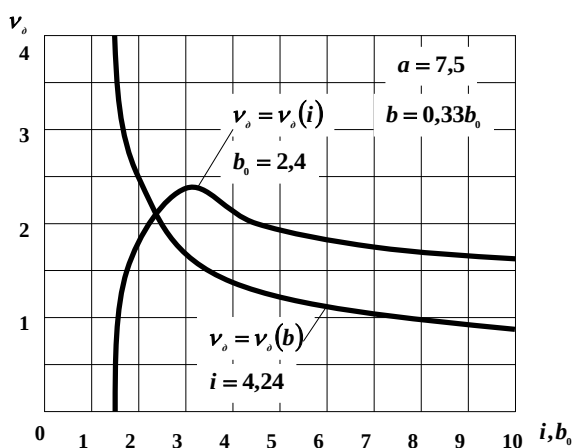


Рис. 6. Зависимость порядка ν гармоника самонастройки гасителя от значений i и b

Анализ результатов показывает, что наибольшее влияние на динамические свойства гасителя оказывает соотношение конструктивных параметров a и b . Изменение их отношения $k_0 = a/b$ в пределах $3,75 \geq k_0 \geq 0,94$ позволяет обеспечить режим динамического гашения в

диапазоне изменения ω_0 от 80 сек^{-1} до 500 сек^{-1} и режим самонастройки в инвариантных системах на 1, 2, 3 гармониках несущей круговой частоты. При $b=0$ система с динамическим гасителем, описанная уравнением

$$\ddot{\varphi}_2 + (\omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2) \ddot{\varphi}_2 = k_2 \varphi_1 + (\omega_{12}^2 + k_1 \omega_0^2) \varphi_1 \quad (17),$$

вырождается в систему, описанную уравнением

$$[J_3 + nm_2 a^2 + nJ_2(i+1) + nJ_2 i(i+1)] \ddot{\varphi}_2 - nJ_2(i+1) \ddot{\varphi}_1 = c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (18)$$

Следует заметить, что возможность эффективного воздействия на динамические свойства гасителя изменением k_0 имеет важное практическое значение, т.к. изменение k_0 конструктивно реализуется значительно проще, чем изменение других параметров, например, чем изменение передаточного отношения i .

Очевидно, что наличие сопротивления в данном гасителе приведет к тем же качественным результатам, которые были для гасителя без грузов. То есть амплитудно-частотная характеристика не будет иметь разрыва второго рода (максимум ее будет ограничен) и ярко выраженного эффекта динамического гашения.

Список использованной литературы:

1. Коловский М.З. Динамика машин. – Машиностроение, Ленингр. отделение, 1989. – 263 с.: илл.
2. Грудинин В.Г. Кинематика привода с карданной передачей, Иркутск, Вестник ИрГТУ, 2011 г., №11, с. 20-27.
3. Грудинин В.Г. Динамика привода с карданной передачей, Иркутск, Вестник ИрГТУ, 2011 г., №12.
4. Грудинин В.Г. Исследование влияния дополнительных связей в колебательных механических системах вращательного типа, Иркутск, Вестник ИрГТУ, 2011, №2, с. 34-40.
5. Грудинин В.Г. Способ динамического гашения крутильных колебаний дополнительными связями второго порядка, Вестник ИрГТУ, Иркутск, 2011, №5, с. 6-15.
6. Грудинин В.Г. Выбор частотной области эффективной работы динамического гасителя угловых колебаний, Вестник ИрГТУ, 2012, №9, с. 34-40.

УДК681.2.083

**Современные технологии контроля качества выпускаемой продукции
на базе технологий трёхмерного сканирования**

Ф.С. Малков, А.В. Высоцкая

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

Приведен обзор технологий контроля качества выпускаемой продукции на базе технологий трёхмерного сканирования (сканеры на основе лазерного и светового излучения, контрольно-измерительные модули). Описаны сферы применения данной технологии, и её возможности (контроль размеров деталей, реверс-инжиниринг). Имеется описание промышленных 3D сканеров на примере конкретных деталей.

Ключевые слова: 3D сканирование, реверс-инжиниринг, контроль размеров деталей, контрольно-измерительные модули.

Малков Фёдор Сергеевич, студент третьего курса факультета кибернетики, тел.: 89248333834, e-mail fmalkov91@gmail.com

Высоцкая Александра Васильевна, доцент кафедры конструирования и стандартизации машиностроения тел.: 405146e-mail wawa83@rambler.ru

В современном мире, а особенно в мире высокотехнологичного производства без контроля размеров не обходится ни одно производство. Кто-то делает это с использованием стандартных методов, кто-то уже с использованием современных технологий – технологий 3D сканирования объектов.

Автоматизированные технологии трёхмерного сканирования можно разделить на следующие: с использованием трёхмерного сканера; с использованием фотоаппаратуры.

Трёхмерные сканеры, соответственно, бывают следующего типа[1]:

контактный – требуется контакт с объектом посредством щупа (в исторических исследованиях практически не применяется);

бесконтактный. Бесконтактные 3D сканеры делятся на активные (излучает на объект направленные волны) и пассивные (работает по захватываемому свету).

Активный бесконтактный трёхмерный лазерный сканер по сравнению с остальными способен решить одновременно множество задач, не требуя специально оснащённых помещения и профессионального освещения предмета, кроме того, не происходит физического контакта устройства непосредственно с поверхностью сканируемого предмета. Принцип работы трёхмерного лазерного сканера основан на выявлении достаточного количества точек – трёхмерных координат по осям X, Y, и Z. Измерение размеров и особенностей геометрии объекта совершается с помощью дальномера. Дальномер совершает до нескольких сотен и тысяч

измерений в секунду, запоминая и отправляя данные по каждому измерению. Луч лазера отклоняется по вертикали при помощи шагового электромотора с зеркалом, по горизонтали же отклонение происходит при вращении самого сканера. Таким образом, становится возможным получение трёхмерных координат каждой точки. Полученные в процессе сканирования координаты точек образуют так называемые группы - «облака точек». В некоторые трёхмерные лазерные сканеры встроена цифровая фотокамера, позволяющая сделать панорамные снимки окружения предмета, причём при сканировании отображаются только нужные фрагменты и детали. Все данные об измерениях, а так же снимки переходят в портативный компьютер, данные и поверхность сканируемой детали запоминаются, анализируются и выводятся на экран в виде трёхмерного изображения. С помощью компьютера можно управлять процессом сканирования, выбирать разрешение и необходимые области для уточнения детализации, сохранять и изменять полученные с помощью трёхмерного лазерного сканера данные.

Пассивные сканеры по сути представляют собой разнообразные видеокамеры — либо обычные, которые снимают объект в условиях различной освещённости, и исходя из полученных данных, восстанавливают их в 3D, либо стереоскопические, либо так называемые «силуэтные», которые снимают силуэт вращающегося объекта на высококонтрастном фоне. Проблема силуэтных решений заключается в том, что они теряют внутренние детали — например, вогнутости, не заметные на силуэте.

Активное применение 3D сканера имеет место быть для контроля качества деталей и поверхностей. Контроль качества должен осуществляться на всех этапах производства продукции. От выпуска прототипа продукта до массового производства продукции на заводе.

Прототипы, как правило, производятся единичными количествами и должны быть проверены на соответствии с чертежами или путём сравнения с CAD - файлами [2]. С использованием современных технических средств и программного обеспечения можно определить есть ли брак или его нет.

Трёхмерное сканирование так же применимо для инспекций изделийковки и литья [3]. Трёхмерная модель измеряемого объекта позволяет выявлять все дефекты поверхности, а также параметры шероховатости, что позволяет определять находятся ли параметры шероховатости в заданных пределах и устранять выявленные дефекты до того, как продукция пойдёт к своему потребителю. Благодаря разным модификациям трёхмерных сканеров промышленность имеет широкие возможности для контроля изделий из литья иковки.

На многих производствах так же имеются старые пресс-формы. Иногда они бывают дефектные или предприятию требуется их модифицировать каким-либо образом [4]. Достаточно получить трёхмерную копию требуемой пресс-формы и в любом CAD - редакторе внести соответствующие изменения для производства новых пресс-форм. Данный метод снижает затраты на разработку пресс-форм с нуля, позволяя пользоваться результатами работы соответствующих программно-аппаратных комплексов.

Нередко возникают случаи, когда утеряна документация на то или иное изделие, утрачены программы для станков с числовым программным управлением. В таком случае необходимо пользоваться реверс - инжинирингом, используя технологии трёхмерного сканирования [4]. С помощью трёхмерного сканирования можно восстановить исходные чертежи требуемой детали с минимальной погрешностью и минимальными трудозатратами, что ведёт к существенной экономии в финансовом плане и даёт наилучшие результаты по сравнению с классическими методами решения данной задачи.

Полученные методом сканирования 3D-модели в дальнейшем могут быть обработаны средствами САПР и, в дальнейшем, могут использоваться для разработки технологии изготовления (CAM) и инженерных расчётов (CAE).

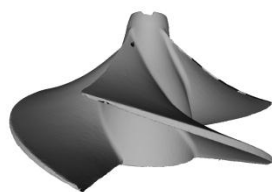
3D – сканирование разрабатывалось для промышленных приложений: когда нужно очень точно и детально отсканировать лопасть от какого-нибудь корабля или турбинную лопатку.

Например, для модернизации гребных винтов от лодок выполнялись сканы для изготовления копий этих изделий. Модель smallVint планируется доработать, добавив ещё лопастей к имеющимся, так как её надо реконструировать для последующей отливки.

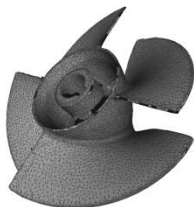


Модель smallVint

Модель BigVint после доработки может быть отправлена в производство, например, на 5-ти координатные станки с ЧПУ.



Модель BigVint



Среди наиболее перспективных направлений 3D сканеры находят применение во всевозможных музейных проектах, связанных с трехмерной визуализацией. Например, создание моделей исторических зданий перед их реконструкциях.

Также очень перспективным направлением применения 3D - сканирования является археология и археологические раскопки, а также медицина.

В медицине 3D сканеры находят применения, начиная с пластической хирургии, заканчивая задачами ортопедии и протезирования.

В настоящее время 3D сканеры уже нашли применение в разнообразных отраслях промышленности, искусстве, науке, медицине и других отраслях. Технология применения 3D сканеров развивается, упрощается работа с ними, детализация объектов увеличивается, и можно быть уверенным в том, что в скором времени 3D сканеры вытеснят из производства все классические методы измерения продукции.

Список использованной литературы

1. 3Dscanners. URL: <http://goo.gl/vyvH6> (Дата обращения: 09.03.2013)
2. First Article Inspection of Manufactured Parts. URL: <http://goo.gl/EDsfi> (Дата обращения: 09.03.2013)
3. Raw Casting / Forging Inspection. URL: <http://goo.gl/TtTCH> (Дата обращения: 09.03.2013)
4. Karol Hatzilias. 3D Scanning in Manufacturing. URL: <http://karol.hatzilias.com/manufacturing-3d-scan/> (Дата обращения: 09.03.2013)

УДК 614.841.

Изготовление опытных образцов пожарных стволов

А.Г. Осипов, Г.А. Филиппова

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

Разработана технология изготовления опытных образцов универсальных пожарных стволов, предназначенных для формирования и подачи на большое расстояние водяных, пенных и других огнетушащих струй. Эти стволы в ручном и лафетном исполнении широко используются при тушении крупных пожаров нефтепродуктов, транспортных средств, древесины, взрывчатых, ядовитых и других веществ и материалов.

Ил. 4. Табл. 5. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: *технология изготовления; опытный образец; универсальные пожарные стволы; заготовка, обработка резанием, операционная карта.*

Осипов Артур Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и стандартизация в машиностроении», тел. 89501448951.

E-mail: arthur.osipov@rambler.ru

Филиппова Галина Александровна, студентка группы ММ-10-1.

Универсальные пожарные стволы (УПС) [1] в лафетном и ручном исполнении являются номенклатурным пожарным оборудованием, комплектующим практически все пожарные машины, которые используются при тушении пожаров наземных, воздушных и водных транспортных средств, различных веществ и материалов, штабелей леса, технологического оборудования, резервуаров с нефтепродуктами, розливов последних и так далее, а также применяются в различных технологических процессах, связанных с необходимостью подачи водяных и пенных струй.

В условиях серийного и массового производства УПС отливаются из легких сплавов, например, алюминиевого сплава АЛ9-1 ГОСТ 2685-75. Однако точное литье оправдано только при промышленном выпуске хорошо отработанных конструкций пожарных стволов, поскольку технология литья связана с изготовлением специального технологического оборудования, в частности, дорогостоящих оболочковых и других форм.

Поэтому при изготовлении единичных опытных образцов УПС (рис. 1) в учебно-исследовательских целях наиболее рационально из практических и экономических соображений использовать технологию, предусматривающую механическую обработку резанием конусных

металлических заготовок, так называемых «болванок», из литейных алюминиевых сплавов. При этом заготовки можно отливать с помощью простых земляных форм.

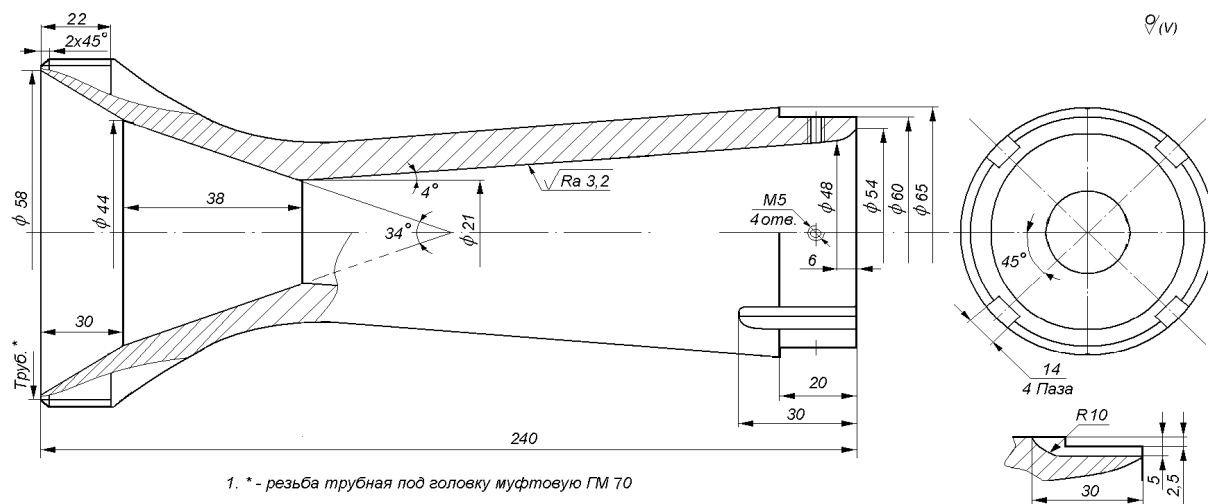


*Рис 1. Конструкция опытного образца универсального пожарного ствола
в ручном исполнении*

Ниже предлагается технологический процесс изготовления опытных образцов УПС (рис. 1) в учебно-исследовательских целях. В данном технологическом процессе механическая обработка резанием ведется на универсальном оборудовании, что увеличивает число операций. При этом применяется унифицированный инструмент и оснастка.

Заготовка из алюминиевого сплава представляет собой усеченный конус с основаниями $d_1=72,8$, $d_2=68,0$ и высотой $L=240$ мм. Шероховатость обработанной внутренней поверхности не должна превышать $R_a = 3,2$ мкм. Твердость материала $HB = 55$ МПа.

Наиболее сложной операцией в технологическом процессе является обработка конического отверстия (отверстий) [2]. Поскольку это отверстие должно быть выполнено в сплошном материале, то сначала сверлится цилиндрическое отверстие, которое затем растачивается резцом на конус или обрабатывается коническими зенкерами и развертками. Чтобы ускорить расточку или развертывание, предлагается предварительно просверлить отверстие сверлом диаметр $D=19$ мм (т.е. на 1-2 мм меньше диаметра малого основания конуса). После этого отверстие рассверливается двумя или несколькими сверлами для получения на конусной поверхности ступеней (рис. 2.а).

Для получения конуса с углом при вершине 8° целесообразно обработку конической поверхности (рис.2.б) производить непосредственно после сверления набором специальных разверток, а для получения конуса с углом 34° обработку конической поверхности следует производить

растачиванием резцом с поворотом верхней части суппорта металлорежущего станка.

Для установки верхней части суппорта на требуемый угол (в нашем случае, на половину угла при вершине, т.е. на 17°) используются деления, нанесенные на фланце поворотной части суппорта.

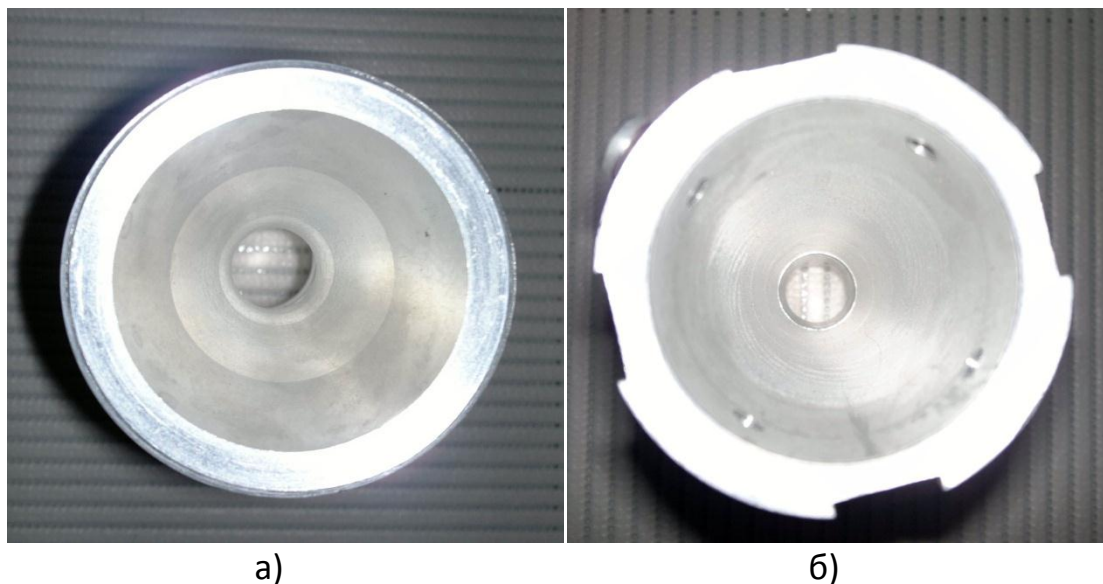


Рис. 2. Обрабатываемые конусные поверхности универсального пожарного ствола (УСО): а) конфузорная часть; б) диффузорная часть

В обоих случаях подача режущего инструмента производится вручную: при обработке отверстий коническими развертками – посредством вращения маховичка задней бабки, а при растачивании резцом – перемещением верхней части суппорта. При этом соблюдается условие, обеспечивающее равномерное перемещение пиноли задней бабки или суппорта металлорежущего станка.

Пример расчета режимов резания [3] отдельных операций изготовления опытного образца универсального пожарного ствола приводится ниже:

Операция – сверлить отверстие при обработке конических отверстий
таблица 1.

Глубина резания принимается $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 19 = 9,5$ мм.

Инструмент: сверло диаметром $D = 19$ мм, марка материала режущей части – твердый сплав ВК4. Подача $S_o = 0,6$ мм/об.

Обработка конуса с углом при вершине равным 34° : после просверливания базового отверстия диаметром $D=19$ мм, проводится рассверливание ступенчатого отверстия еще двумя сверлами диаметрами $D_2 = 29$ и $D_3=39$ мм, а затем отверстие растачивается с помощью резца.

Расчет режимов резания для рассверливания проводится по аналогичной схеме.

Операция – расточить отверстие таблица 2.

Стадии обработки: для получения требуемой шероховатости необходимо вести обработку в две стадии: получистовая и чистовая.

Глубина резания: для чистовой стадии $t = 0,9$ мм; для получистовой $t = 1,6$ мм.

Инструмент: принимаем резец расточной с диаметром сечения $d = 20$ мм и вылетом $l = 100$ мм, марка материала режущей части для чистовой и получистовой стадий – Р6М5.

Подача: для чистовой стадии $S_o = 0,22$ мм/об; для получистовой $S_o = 0,3$ мм/об.

Таблица 1.

Параметры	Расчетная формула	Коэффициенты и показатели степени *	V , м/мин P_o , Н $M_{кр}$, Н·м n , об/мин N , кВт
Скорость резания	$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v$	$C_v = 40,7; q = 0,25;$ $y = 0,4; m = 0,125;$ $T = 60; K_{mv} = 1;$ $K_{uv} = 1; K_{lv} = 0,4$	25
Осевая сила	$P_o = 10 \cdot C_p D^q S^y k_p$	$C_p = 9,8; q = 1,0;$ $y = 0,7; C_m = 0,005;$ $q=2; y = 0,8;$ $K_p = K_{mp} = 1$	1302
Крутящий момент	$M_{кр} = 10 \cdot C_m D^q S^y k_p$		12
Число оборотов	$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$		419
Мощность резания	$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$		0,52

* C_v – коэффициент, зависящий от механических свойств и структуры обрабатываемого материала, материала режущей части резца, а также от условий обработки;

q, m, y – показатели степени;

T – стойкость инструмента, мин;

$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv}$ – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий отличные от табличных условия резания;

K_{mv} – коэффициент на качество обрабатываемого материала;

K_{uv} – коэффициент на инструментальный материал;

K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину просверливаемого отверстия.

C_p, C_m – эмпирические коэффициенты;

K_p, K_{mp} – коэффициенты, учитывающие отличные от табличных механические свойства обрабатываемого материала.

Обработка конуса с углом при вершине равным 8° : после просверливания базового отверстия диаметром $D=19$ мм, проводится рассверливание ступенчатого отверстия еще двумя сверлами диаметрами $D_2 = 31$ и $D_3 = 43$ мм, а затем отверстие развертывается с помощью набора специальных разверток.

Операция – обработать отверстие таблица 3.

Стадии обработки: для получения требуемой шероховатости необходимо вести обработку в две стадии: получистовая и чистовая. Глубина резания: для чистовой стадии – $t = 0,07$ мм; для получистовой – $t = 0,10$ мм.

Инструмент: развертка коническая, марка материала режущей части для чистовой и получистовой стадий – Р6М5. Подача: для чистовой стадии – $S_o = 1,63$ мм/об; для получистовой – $S_o = 1,14$ мм/об.

Таблица 2.

Параметры	Расчетная формула	Коэффициенты и показатели степени *	V, м/мин; P_z , Н; N, кВт	
			Стадия обработки	
			Получистовая	Чистовая
Скорость резания	$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v$	$C_v=328; x=0,12; y=0,5; m=0,23; T=60; K_{mv}=1; K_{uv}=1; K_{lv}=0,4$	88	110,5
Осевая сила	$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot v^n \cdot K_p$	$C_p=40; x=1; y=0,75; n=0; K_{mp}=1; K_{fp}=0,89; K_{yp}=1,1; K_{lp}=1; K_{rp}=1$	254	113
Мощность резания	$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$		0,37	0,2

* $K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{yp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение против табличных условий резания;

K_{mp} – поправочный коэффициент на качество материала;

K_{fp} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане ϕ на составляющие силы резания;

K_{yp} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние переднего угла γ на составляющие силы резания;

K_{lp} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главного лезвия λ на составляющие силы резания;

K_{rp} – поправочный коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине r на составляющие силы резания;

Таблица 3.

Параметры	Расчетная формула	Коэффициенты и показатели степени	V, м/мин; P _z , Н; N, кВт	
			Стадия обработки	
			Полу-чистовая	Чистовая
Скорость резания	$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v$	C _v = 40,7; q = 0,25; y = 0,4; m = 0,125; T = 60; K _{mv} = 1; K _{uv} = 1; K _{lv} = 0,4	20,9	24,4
Осевая сила	$P_o = 10 \cdot C_p D^q S^y k_p$	C _p = 9,8; q = 1,0; y = 0,7; C _m = 0,005; q = 2; y = 0,8; K _p = K _{mp} = 1	6575,2	5140,8
Крутящий момент	$M_{кр} = 10 \cdot C_m D^q S^y k_p$		168	127,2
Число оборотов	$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$		140	162,4
Мощность резания	$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$		2,4	2,1

Резьбы трубные применяются для герметичного соединения труб и арматуры, а в данном случае – для соединения корпуса пожарного ствола с головкой муфтовой ГМ-70. На тонкой стенке трубы невозможно нарезать резьбу с крупным шагом без существенного снижения прочности трубы. Поэтому трубную резьбу принимаем с мелким шагом (рис. 3,а). Для лучшего уплотнения ее выполняем без зазоров и с закругленным профилем с углом 55°.



а)



б)

Рис. 3. Изготовление универсального пожарного ствола: а) резьбы; б) пазов

Операция – фрезеровать паз таблица 4.

Инструмент – фреза концевая диаметром d=14 мм, число зубьев 2.
Глубина резания – t = 2,5 мм. Подача – S_z = 0,11 мм/зуб.

Таблица 4.

Параметры	Расчетная формула	Коэффициенты и показатели степени *	V , м/мин; P , Н $M_{кр}$, Н·м; n , об/мин; N , кВт
Скорость резания	$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} \cdot K_v$	$C_v=155$; $q=0,25$; $m=0,2$; $x=0,1$; $y=0,4$; $u=0,15$; $p=0,1$; $T=180$; $K_{mv}=0,8$; $K_{uv}=1$; $K_{lv}=1$	43
Осевая сила	$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$	$C_p=82,5$; $x=0,95$; $y=0,8$; $u=1,1$; $q=1,1$; $w=0$	346
Крутящий момент	$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}$		104
Число оборотов	$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$		250
Мощность резания	$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}$		0,24
* u, p – показатели степени; $B = 14$ мм – ширина фрезерования; $Z = 2$ – количество зубьев фрезы.			

Операция – сверлить отверстие диаметром $d=5$ мм (таблица 5):
Глубина резания – $t = 2,5$ мм. Подача – $S_o = 0,6$ мм/об.

Таблица 5.

Параметры	Расчетная формула	Коэффициенты и показатели степени *	V , м/мин; P_o , Н; $M_{кр}$, Н·м; n , об/мин; N , кВт
Скорость резания	$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v$	$C_v=40,7$; $q=0,25$; $y=0,4$; $m=0,125$; $T = 60$; $K_{mv} = 1$; $K_{uv} = 1$; $K_{lv} = 0,4$	63
Осевая сила	$P_o = 10 \cdot C_p D^q s^y k_p$	$C_p = 9,8$; $q = 1,0$; $y = 0,7$; $C_m = 0,005$; $q=2$; $y = 0,8$; $K_p = K_{mp} = 1$	1302
Крутящий момент	$M_{кр} = 10 \cdot C_m D^q s^y k_p$		12
Число оборотов	$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$		1056
Мощность резания	$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$		1,3

Вышепредставленный расчет режимов резания отдельных технологических операций позволяет с наименьшими затратами сил и средств изготавливать в лабораторных условиях опытные образцы

универсальных пожарных стволов в ручном исполнении (рис. 4) и проводить учебно-исследовательские работы по дальнейшему совершенствованию их конструкции.



Рис. 4. Общий вид опытного образца универсального пожарного ствола

Список использованной литературы

1. Патент RU 79433 U1, МПК А 62 С 31/02, 31/12. Универсальный пожарный ствол / А.Г. Осипов, Ю.Н. Горнов, П.В. Королев. Заявитель и патентообладатель ГОУ ИрГТУ. - 2008130703/22; заявл. 24.07.2008; опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1.
- 2.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1995. – 656 с.
- 3.Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.: Т. 1/ А.Д. Локтев, ИФ. Гущин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.: ил.

УДК 614.841.

**Стадии проектирования конструкции универсальных пожарных
стволов**

А.Г. Осипов, С.Е. Зубаков

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

В соответствии с предложенными стадиями проектирования конструкции универсальных пожарных стволов разработана эскизная компоновка, созданы поисковые макеты внешних и внутренних форм, выполнено макетирование базы, изготовлены опытные образцы для проведения доводочных испытаний этих стволов.

Ил. 6. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: *стадии проектирования конструкции, поисковые макеты, моделирование рабочих поверхностей; опытный образец; универсальные пожарные стволы; испытания.*

Осипов Артур Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и стандартизация в машиностроении», тел. 89501448951.

E-mail: arthur.osipov@rambler.ru

Зубаков Сергей Евгеньевич, студент группы ММ-10-1.

Одним из наиболее распространенных технических средств тушения открытых и закрытых пожаров являются универсальные пожарные стволы (УПС) [1]. В настоящее время они выпускаются отечественными и зарубежными производителями для вооружения подразделений МЧС.

Поскольку УПС обеспечивают подачу огнетушащих водяных и пенных струй на значительные расстояния, эти стволы входят в комплектацию основных пожарных машин, используемых при тушении широкого спектра пожаров. В частности, УПС применяются при ликвидации пожаров различных веществ и материалов, наземных, воздушных и водных транспортных средств, технологического оборудования, предприятий лесной и нефтеперерабатывающей промышленности, а также используются для защиты от огня различных объектов и материалов.

Основными тактико-техническими показателями УПС являются их производительность по воде и пене, дальнобойность водяных и пенных струй, а также компактность водяной струи и кратность генерируемой пены. Все отмеченные показатели предопределяются конструктивными особенностями проточной части стволов, то есть спецификой их рабочей поверхности.

Большинство перечисленных показателей находятся в противоречии друг с другом, а попытка улучшить какой-либо один показатель, неизменно приводит к ухудшению другого. Найти оптимальное конструкторское решение, удовлетворяющее техническому заданию, возможно, если процесс проектирования пожарных стволов, как и более сложных машин, будет состоять из трех стадий [2]: *эскизный проект, технический проект, разработка рабочей документации.*

Известно, что **стадия эскизного проекта** включает: *эскизную компоновку, создание поисковых макетов внешних и внутренних форм.*

Эскизная компоновка является начальным этапом разработки общей компоновки. В ходе ее устанавливают предварительные размеры и относительное расположение основных узлов и деталей (рис. 1). При этом учитываются: масса, габаритные размеры, удобство управления, доступность отдельных элементов для обслуживания и ремонта, а также технологичность конструкции и себестоимость изготовления изделия.

9(1)

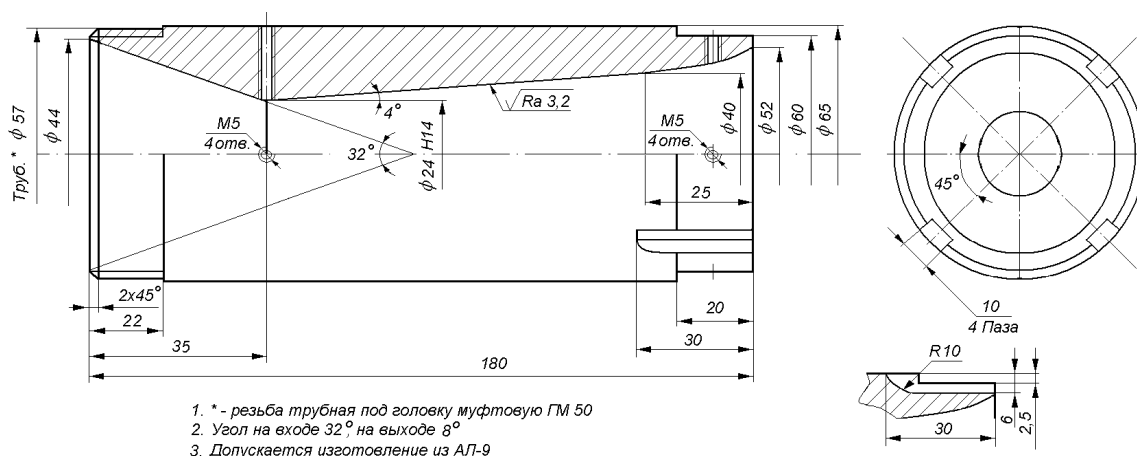


Рис. 1. Эскиз конфузорно-диффузорной вставки универсального пожарного ствола

Поисковые макеты внешних и внутренних форм создают для того, чтобы найти общую идею архитектурного решения изделия. Макет выполняют в масштабе 1:5 из пластилина (рис. 2), затем строят макет внешних форм изделия в масштабе 1:1 (рис.3). Этот макет имеет многоцелевое назначение: его используют для уточнения внешних и внутренних форм, разработки рабочих чертежей, а также для решения ряда технологических вопросов.

Стадия технического проекта включает в себя следующие этапы: *общую компоновку, макетирование базы, разработку конструкций отдельных узлов и деталей.*

После того, как в процессе эскизной компоновки установлены предварительные размеры и расположение основных частей изделия, определены архитектурные решения ее внешних и внутренних форм, работа вступает в фазу уточнения размеров и параметров.

Макет базы, выполняемый в масштабе 1:1 (рис. 4), позволяет проверить все основные параметры, которые не могут быть определены расчетным путем или графически.



Рис. 2. Макеты поисковые пластилиновые в масштабе 1:5 внешних и внутренних форм УПС

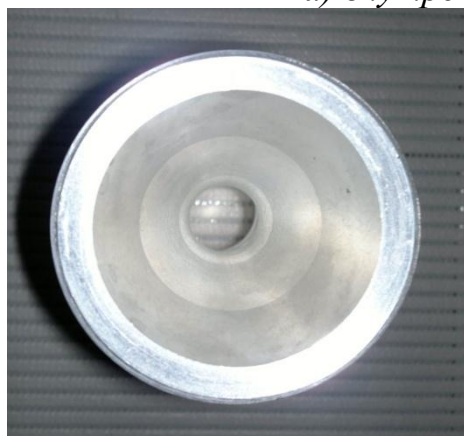


а)



б)

Рис. 3. Поисковый макет УПС в масштабе 1:1: а) внутренних форм; б) внешних форм



а)



б)

Рис. 4. Макет базы: а) внутренних форм; б) внешних форм

Стадия разработки рабочей документации изделия включает в себя следующие этапы: *разработку рабочих чертежей, технических условий и т. д., изготовление опытных образцов изделия для доводочных испытаний (рис. 5), доводочные испытания образцов (рис. 6), корректировку технической документации.*



Рис. 5. Опытный образец изделия для доводочных испытаний



Рис. 6. Доводочные испытания образцов

Рассмотренные стадии проектирования обеспечивают рациональный подход к разработке конструкции универсальных пожарных стволов и позволяют в процессе доводочных испытаний оптимизировать их основные тактико-технические показатели.

Список использованной литературы

1. Патент RU 79433 U1, МПК А 62 С 31/02, 31/12. Универсальный пожарный ствол / А.Г. Осипов, Ю.Н. Горнов, П.В. Королев. Заявитель и патентообладатель ГОУ ИрГТУ. - 2008130703/22; заявл. 24.07.2008; опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1.
2. Осипов А.Г. Основы расчета деталей и узлов транспортных машин: Учеб. пособие/А.Г. Осипов, Ю.Н. Горнов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009.-144 с. ил.

Инновационные методики изучения дисциплины «Детали машин и основы конструирования» бакалаврами на основе Дальтон-плана.

П.В. Королев, И.В. Шкабардня, Н.А. Синенков.

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

Приведены результаты применения системы организации обучения бакалавров на основе Дальтон-плана (Dalton-Plan) при проведении лабораторных работ и курсового проектирования по дисциплине «Детали машин и основы конструирования».

По результатам: итогового тестирования, тестирования на остаточные знания (через год), опроса и анкетирования студентов были установлены факторы, влияющие на успеваемость студентов и даны практические рекомендации.

Ключевые слова: *Дальтон-план, Дальтон-технологии, педагогические приемы, игровые формы занятий, методы мотивации и стимулирования, дидактические единицы.*

Королев Павел Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: 8-914-880-00-40, e-mail: tpwood@rambler.ru

Шкабардня Иван Владиславович, студент группы ЭТб-11-1, (эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов), тел.: 8-914-880-00-40, e-mail: tpwood@rambler.ru

Синенков Николай Алесандрович, студент группы НКб-11-1, (наземные транспортно-технологические комплексы), тел.: 8-914-880-00-40, e-mail: tpwood@rambler.ru

Бакалавры, приступающие к изучению дисциплины «Детали машин и основы конструирования» (ДМиОК), должны перед этим освоить такие дисциплины, как: математика, физика, теоретическая механика, инженерная графика, материаловедение, технология материалов, сопротивление материалов, теория механизмов и машин, метрология.

Однако, часть вышеназванных дисциплин, студенты изучают одновременно с дисциплиной «Детали машин и основы конструирования» (ДМиОК), что не позволяет им выполнить качественно часть расчетов по курсовому проектированию, которые базируются на дисциплинах: сопротивление материалов, метрология.

Кроме того, объем часов, выделенных на изучение теоретической части дисциплины (лекции) у бакалавров сокращены на 50%.

Изучение дисциплины «ДМиОК» завершает общетехническую и общепромышленную подготовку будущих бакалавров, которые должны в своей будущей деятельности использовать полученные знания при: конструировании узлов машин общего назначения в соответствии с техническим заданием, подборе справочной литературы, стандартов, а также прототипов конструкций при проектировании, конструировании машин с учетом требований: прочности, надежности, технологичности, экономичности, стандартизации и унификации, охраны труда, промышленной эстетики, выборе наиболее подходящих материалов для деталей машин и рационального их использования, выполнении расчетов типовых деталей и узлов машин, на основе использования справочной литературы и стандартов, оформлении графической и текстовой конструкторской документации в полном соответствии с требованиями ЕСКД.

Учитывая проблемы, с которыми приходится сталкиваться студентам и преподавателям при изучении курса «ДМиОК», на кафедре КСМ ИрГТУ была выбрана следующая тема совместного со студентами исследования: **«Инновационные методики изучения дисциплины «Детали машин и основы конструирования» бакалаврами на основе Дальтон-плана».**

Применение инновационных технологий и интерактивных методов обучения при изучении теоретической части курса дисциплины «ДМиОК» подробно рассмотрено в работе [1]. Коротко напомним, что студентам перед началом изучения курса выдается в электронном виде подробная презентация, которая включает: текстовые файлы с изложением теоретического материала всего курса, видеофильмы по каждой теме, фотографии, и т.д. Во время лекционных занятий презентации подробно изучаются студентами совместно с лектором.

В данной работе подробно рассмотрена методика использования системы организации обучения бакалавров на основе Дальтон-плана (Dalton-Plan) при проведении лабораторных работ и курсового проектирования.

На современное образование в России в настоящее время заметное влияние стали оказывать методы системы организации обучения Дальтон-плана[2].

Основная суть Дальтон-плана заключается в следующем [2]: Дальтон — это город в США, где впервые была применена данная технология. Американский педагог Хелен Паркерхерст, изучив положение дел в школах, пришла к заключению о том, что в них осуществляется насильное обучение, подавляющее естественное желание детей свободно высказывать свои мысли, задавать вопросы, играть.

Поэтому Паркерхерст поставила задачу найти новые формы организации жизнедеятельности людей в образовательном процессе. Она разработала «Лабораторный план», имеющий своей целью научить детей жить в социуме, развивать ум, тело и дух. В основе технологии «Лабораторного плана» лежала идея объединения деятельности преподавателя и учащихся по достижению индивидуализированных целей обучения.

Таким образом, основная идея этой технологии заключается в следующем: работай с кем хочешь; спрашивай кого хочешь; отвечать за выполнения задания будешь сам. Все эти исходные позиции философии рассматриваемой технологии реализуются через ДАЛЬТОН-ПЛАН.

Задания составляют содержательную основу технологии Дальтон-плана. Они должны носить творческий характер. В каждом задании определяется задача (проблема), а сами задания формулируются на уровневой основе. Могут быть задания исследовательского характера с постановкой эксперимента, разработкой проекта. Задания могут ограничиваться учебной программой или выходить за её рамки. Выполнение задания проверяется преподавателем индивидуально у каждого учащегося.

Именно через выполнение системы заданий осуществляется, прежде всего, индивидуальное развитие учащегося. Это занятие, имеющее своей целью главным образом усвоение теории и отработку умений и навыков, их закрепление.

Основными признаками коллективного урока являются: наличие проблемы, которая возникла у большинства учащихся во время практической деятельности; преподаватель — организатор и участник процесса обсуждения; учащийся — участник и субъект организационной деятельности; результатом коллективного урока является некое решение проблемы.

К признакам лабораторного занятия относятся: наличие места, где сосредоточена необходимая литература, пособия, справочники и др.; длительный промежуток времени, в течение которого лаборатория работает, чтобы учащийся мог погрузиться в выполнение своего задания; присутствие одного или нескольких консультантов (преподаватель).

Во время занятия учащийся работает индивидуально (в своём темпе), в паре или группе. Он может выступать на занятии в качестве репетитора для других. Кроме того, в ходе занятия может консультироваться с преподавателем по поводу возникающих вопросов.

Роль преподавателя заключается в том, что он консультирует учащихся, беседует с ними по результатам выполненных ими заданий, принимает

зачёты, даёт новые задания. Преподаватель в большей степени наблюдает за деятельностью учащихся.

Педагогические приемы активизации самостоятельной деятельности учащихся:

1. нестандартные формы занятий (занятия-консультации),
2. применение игровых форм занятий (ролевые, имитационные),
3. применение системы проблемных ситуаций (ситуация-выбор),
4. применение развивающих дидактических приемов («Хочу спросить» - любой учащийся может спросить преподавателя или товарища по поводу предмета разговора, «Экспертная комиссия» - выделяется группа учащихся-помощников преподавателя на текущем занятии, которая выступает в качестве экспертов в спорных моментах, «Сообщи свое Я» - перед выполнением задания учащийся сообщает свое мнение о способе выполнения чего-либо: «Я бы, пожалуй, сделал так ...», и т.д.,
5. применение методов мотивации и стимулирования деятельности учащихся (поощрение, создание ситуации успеха, свободный выбор заданий, удовлетворение желания быть значимой личностью, опора на жизненный опыт, создание проблемных ситуаций, выполнение творческих заданий, учет познавательных интересов, формирование ответственного отношения, самооценка и коррекция своей деятельности, прогнозирование результатов и будущей деятельности, развитие желания быть полезным, создание ситуаций взаимопомощи, поиск контактов и сотрудничества, заинтересованность в результатах коллективной работы, организация самопроверки).

Результатами применения Дальтон-технологии являются: развитие познавательной самостоятельности учащегося; развитие навыков сотрудничества; овладение проектными и исследовательскими навыками; личностное развитие за счет обогащения социальным опытом других учащихся и взрослых.

Поскольку в Дальтон-технологии учащимся предоставляется большая свобода выбора, то естественно, что она должна сочетаться с формированием у них ответственности. На первых порах далеко не все учащиеся, получив свободу, правильно её используют. Поэтому необходим учёт результатов работы и сочетание самоконтроля учащихся с контролем преподавателя.

Это был краткий обзор Дальтон-технологии для тех преподавателей, которые планируют в будущем их использовать в своей работе.

В совместной работе со студентами были по возможности использованы некоторые методики Дальтон-технологии при изучении дисциплины «ДМиОК».

Например, лабораторные работы проводились следующим образом:

1. Во время просмотра презентации обращалось особое внимание студентов на те вопросы и разделы, которые будут изучаться на лабораторных работах.
2. Дома студенты готовят шаблон будущей лабораторной работы.
3. В начале лабораторной работы преподаватель еще раз обращает внимание на проблемы и сложные вопросы по теме работы.
4. Далее староста группы назначает студента-репетитора, который будет выполнять работу у доски. Студент-репетитор, консультируясь при необходимости с преподавателем, подробно объясняет все этапы выполнения работы остальным студентам, делая необходимые записи и чертежи на доске. На каждом занятии назначается новый студент-репетитор. Бывают случаи, когда вся группа студентов помогает студенту-репетитору выполнить лабораторную работу, то есть помощь слабому студенту оказывают более сильные студенты.
5. Очень часто студент-репетитор поручает другим студентам выполнить техническую работу (например, произвести измерения размеров деталей редуктора, подсчитать число зубьев колес и т.д.), пока он сам дает пояснения остальным студентам.
6. На заключительном этапе работы, студент-репетитор помогает небольшой части студентов, которые не успели закончить выполнение лабораторной работы. Большая часть студентов без особых проблем выполняет лабораторную работу.
7. Если вопросов по выполнению лабораторной работы у студентов нет, преподаватель начинает принимать отчеты у каждого студента. Отчеты принимаются у 90-100% студентов. В начале семестра 10% отчетов не принимается из-за небрежного оформления, в середине семестра все 100% отчетов выполняются качественно. Таким образом, вся группа студентов сдает лабораторный практикум, отстающих студентов нет.

По аналогичной методике выполнялись расчеты по курсовому проекту. В этом случае, курсовой проект также сдавался в установленные сроки и качественно.

Результаты применения Дальтон-технологии можно оценить по данным тестирования студентов в мае 2012 года и тестирование на остаточные знания той же группы студентов в марте 2013 года.

Процент правильно выполненных заданий в 2012 году составил: 66%, в 2013 году – 53%.

В таблице 1 приведен процент студентов, освоивших ДЕ (дидактические единицы) в 2012 и 2013 годах по результатам тестирования.

Процент студентов, освоивших дидактические единицы.

Таблица 1.

№ п/п	Дидактическая единица (ДЕ)	Процент студентов, освоивших ДЕ в 2012 году	Процент студентов, освоивших ДЕ в 2013 году
1	Основы проектирования	100	100
2	Соединения	100	90
3	Передачи и корпусные детали	89	70
4	Валы, муфты и упругие элементы	89	70
5	Подшипники и уплотнения	89	60

Сравнительный анализ результатов тестирования студентов, обучающихся с применением Дальтон-технологий и обычных методов обучения, показал лучшие результаты по первому методу. А тестирование на остаточные знания являются вполне удовлетворительными.

Анкетирование студентов по факторам, влияющим на успеваемость, показало, что при проведении лабораторно-практического практикума необходимо учитывать следующие пожелания студентов:

1. Снижают успеваемость студентов методы проведения лабораторно-практического практикума в том случае, если выдается задание на самостоятельное выполнение, а помощи от преподавателя нет. Также снижается успеваемость, если преподаватель «все разжевывает, а студенту остается только проглотить».
2. Повышает успеваемость студентов так называемый современный подход, который заключается в следующем: преподаватель сбрасывает все задания и необходимую информацию на электронную почту студентов, которые могут в свою очередь задавать вопросы преподавателю также по электронной почте.
3. Повышает успеваемость и продуктивность работы студентов заранее сообщенная им тема лабораторных или практических работ с указанием, того, что им необходимо подготовить дома к выполнению этой работы.
4. Анкетирование также показало, что эффективное усвоение дисциплины на 30% зависит от теоретической части (лекции) и на 70% - от лабораторных и практических занятий.

Выводы и рекомендации:

- проблемы, связанные с переходом к обучению бакалавров, необходимо решать совместно со студентами, предлагая им новые инновационные методики изучения дисциплины, в которые необходимо вносить изменения, с учетом мнения самих студентов.

Список использованной литературы:

1. Применение инновационных технологий и интерактивных методов обучения при изучении курса «Теория машин и механизмов». Королев П.В., Фокин И.В. В кн.: Авиамашиностроение и транспорт Сибири. Сб. статей II Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной ко Дню космонавтики. Иркутск, 11-13 апреля 2012 г., с. 171-177.
2. Дальтон-технология.
<http://iso.pippkro.ru/dbfiles/sites/daltontech/index.files/Page380.htm>

Механизм выпуска крыла экранолёта**Р.А. Туранов, В.К. Еремеев**

Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83. На кафедре «Самолетостроение и эксплуатация авиационной техники» Иркутского государственного технического университета, разработан механизм для выпуска подъёмного крыла экраноплана.

Предпосылкой предложения проекта к разработке является неспособность экранопланов подниматься выше 2-3 м над поверхностью. Так как есть возможность оторваться от «экрана» и лететь на больших высотах, такой летательный аппарат называется экранолёт. Данный механизм позволит выпускать крыло и подниматься на большие высоты для преодоления препятствий. Также, складывать крыло тогда, когда экранолёт находится вблизи поверхности, тем самым уменьшать лобовое сопротивление действующее на крыло, увеличивать аэродинамическую эффективность (т.к. крыло и в убранном положении создаёт подъёмную силу) и по прежнему сохранять экономию топлива на режимах экранного полёта.

На рис.1 показана общая кинематическая схема всего механизма и взаимодействия с другими составляющими экранолёта. Вся система состоит из: гидроцилиндров (1), масляного насоса (2), гидробака (3), распределителя (4), рукавов высокого давления (5), полукрыла (6), силового каркаса (7), ДВС (8) и центрального редуктора (9)

Крыло (6) шарнирно закреплено с силовым каркасом (7), движение крылу придаёт гидроцилиндры (1). Из гидробака (3) масляным насосом (2), под высоким давлением через РВД (5) подаётся жидкость на распределитель (4) который находится в кабине пилотов (10), далее в зависимости от положения золотника, жидкость может поступать обратно в гидробак, выдвигать шток гидроцилиндров или задвигать. Гидроцилиндры, одним концом шарнирно закреплены в центроплане (11), другим с полукрылом. Работу масляного насоса (2) создаёт двигатель (8), который передаёт крутящий момент через центральный редуктор (9). Так как масляный насос нужен только для кратковременных работ, то его нужно выключать, чтобы избежать его быстрого износа и выхода из строя. Включение и выключение масляного насоса осуществляется соединительной муфтой.

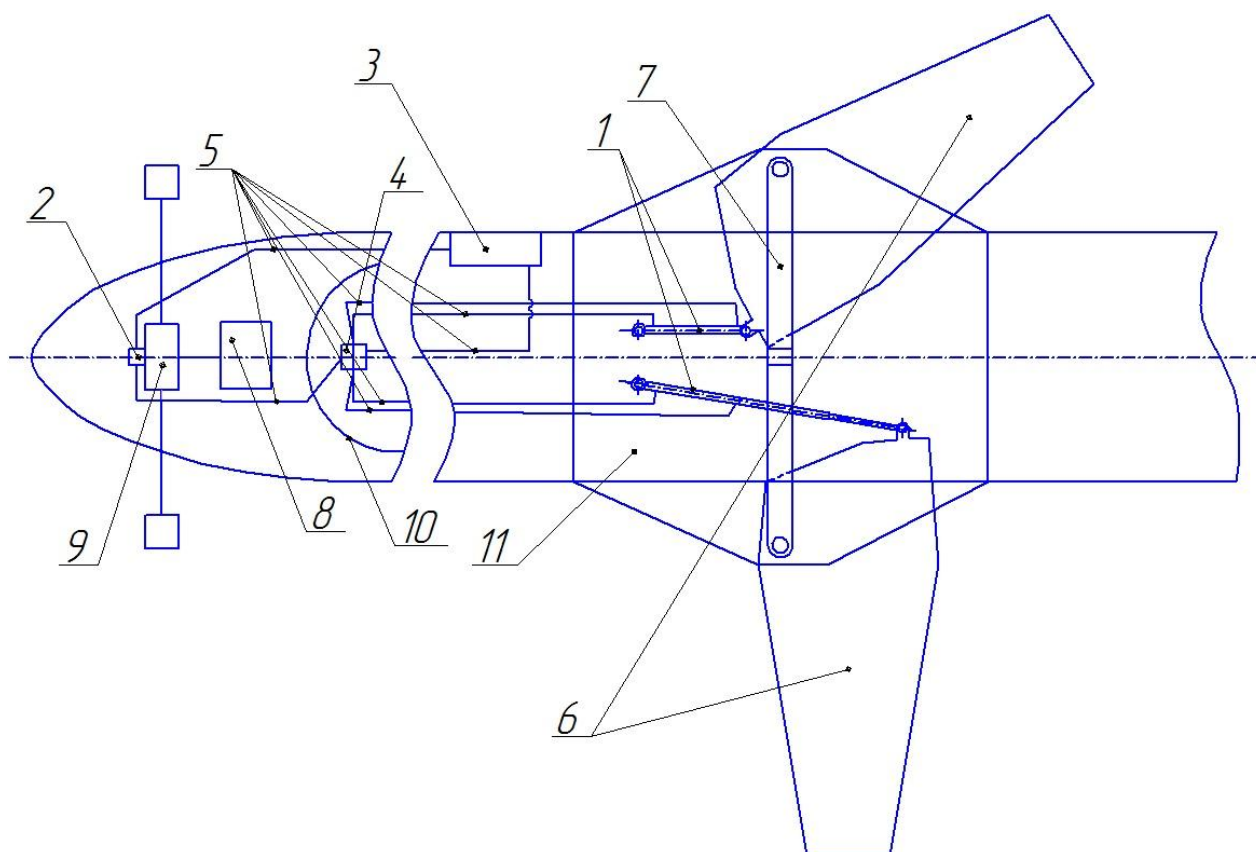


Рис.1. Кинематическая схема всего механизма и гидросистемы: 1-гидроцилиндр; 2-масляный насос; 3-гидробак; 4-распределитель; 5-рукав высокого давления (РВД); 6-полукрыло; 7-силовой каркас; 8-двигатель внутреннего сгорания (ДВС); 9-центральный редуктор; 10-кабина пилотов; 11-центроплан.

Для правильной работы всего механизма, были выполнены расчёты и, исходя из нужных нам параметров, подобраны наиболее выгодные по массе и эффективности составляющие всей гидросистемы.

Данный проект является перспективным для практической реализации. Так как является решением основной проблемы экранопланов, при этом не имеет сложности в эксплуатации.

Основным недостатком является тот факт, что для управления таким летательным аппаратом, потребуется дополнительно получить лицензию пилота малой авиации.

Библиографический список:

3. А.Ф. Крайнев. Идеология конструирования. –М. : Машиностроение-1,2003.-384с., ил.
4. В.К. Еремеев. Основы конструирования и детали механических машин : учебник /Иркут. гос. техн. ун-т, Ин-т машиностроения и трансп., Каф. конструирования и стандартизации в машиностроении . – Иркутск: Б.и., 2011. – 801 с.

Начертательная геометрия и техническое черчение

УДК 514

Реализация компетентного подхода при изучении графических дисциплин.

Н.А. Горбань, А.В. Горбань, С.С. Шестериков

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

Компетентный подход образовательных стандартов третьего поколения должен обеспечить формирование графических компетенций. Качество графической подготовки зависит от активной самостоятельной учебно-познавательной деятельности студента и педагогического профессионализма преподавателя. Одно из требований к условиям реализации основных образовательных программ бакалавриата (подготовки специалиста) является использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Ключевые слова: *Формирование компетенций, интерактивные активные методы обучения, деловые игры.*

Горбань Наталья Алексеевна, к.х.н., доцент кафедры Начертательной геометрии и технического черчения, e-mail: ann-gorban@yandex.ru

Горбань Анна Викторовна, к.х.н., доцент кафедры Начертательной геометрии и технического черчения. e-mail: ann-gorban@yandex.ru

Шестериков Сергей Сергеевич, студент гр. НБз-09.

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) представляет собой совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ бакалавриата (подготовки специалиста) по направлениям подготовки образовательными учреждениями высшего профессионального образования. ФГОС ВПО определяет компетентный подход, в связи с чем, цель высшего профессионального образования постулируется как установление соответствия между содержанием обучения и характером трудовой деятельности, между знаниями, умениями, опытом, получаемыми в результате освоения

образовательных программ, и профессиональными задачами и проблемами. При этом главной задачей вуза становится формирование у студентов мотивированного отношения к качественной образовательной деятельности.

Формирование профессиональных компетенций усложняется одновременным формированием интеллектуальных, общекультурных, методологических, коммуникативных.

Интеллектуальные компетенции – это наличие потребности учащихся (мотива) к познавательной деятельности; умение ориентироваться и пользоваться различными информационными источниками для получения новых знаний; формирование целостного представления о картине мира, выбор собственной мировоззренческой позиции, умение выявить закономерности в основе изучаемых наук.

Общекультурные компетенции - формирование ценностных оснований, умение выявлять, оценивать различные явления действительности с точки зрения ценностных оснований, формирование способности действовать в окружающем микросоциуме в соответствии с этическими и эстетическими нормами.

Методологические компетенции включают в себя как умение исследовать, анализировать, классифицировать, систематизировать, обобщать явления действительности, научные знания так и владение методами научного познания окружающего мира. Научное познание, в свою очередь, способствует формированию навыков самоопределения, умения проектировать и планировать собственную профессиональную деятельность.

Коммуникативные компетенции позволяют студенту владеть знаниями о средствах, способах, закономерностях общения, саморегуляции собственного поведения в рамках норм коммуникации.

Основу инженерно-технического образования закладывает подготовка в области геометро-графических дисциплин, от качества которой во многом зависит уровень профессиональной компетенции и конкурентоспособности выпускника технического вуза. В последние годы в данной сфере нарастают проблемы, что негативно сказывается на уровне усвоения других технических и специальных дисциплин и в итоге приводит к снижению качества инженерной подготовки.

Факторы, в наибольшей степени, влияющие на качество подготовки можно разделить на несколько групп.

1. Обусловленные уровнем подготовки абитуриентов. Сюда относятся недостаточная довузовская подготовка по черчению и геометрии, плохо развитое пространственное и логическое мышление, отсутствие навыков технического моделирования.

2. Особенности организации учебного процесса по начертательной геометрии, такие как напряжённость учебного плана, сокращение

аудиторных часов, необходимость совмещения черчения карандашом, "вручную" с компьютерной графикой.

3. Факторы, вызванные объективной сложностью предмета. Это и несбалансированность содержания курса, высокая абстрактность основных положений и новизна дисциплины для студентов по содержанию и методам.

4. Факторы, обусловленные психолого-педагогическими особенностями студентов. Студент еще только осваивается в новой образовательной среде, при этом ему необходимо повышение мотивации изучения начертательной геометрии за счёт увеличения степени восприятия и понимания материала, активизацию учебно-познавательной деятельности и интенсификацию самостоятельной работы при её более равномерном распределении в течение семестра, а также дифференцированный подход в преподавании курса начертательной геометрии и инженерной графики.

При определении затруднений, испытываемых студентами при изучении предмета и выявлении их причин, выявлено, что, начертательная геометрия является самым трудным предметом из всех изучаемых в первом семестре. Наибольшую трудность для студентов представляют темы и задачи связанные с определением относительного положения геометрических образов и конструирования геометрических параметров образов по чертежу.

Одно из требований к условиям реализации основных образовательных программ бакалавриата (подготовки специалиста) является использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Внедрение интерактивных форм обучения – одно из важнейших направлений совершенствования подготовки студентов в современном вузе. Данные многих исследований подтверждают, что использование активных подходов является наиболее эффективным путем, способствующим обучению студентов. В процессе обучения необходимо обращать внимание на методы, при которых слушатели идентифицируют свои знания с учебным материалом, включаются в изучаемую ситуацию, побуждаются к активным действиям, переживают состояние успеха и соответственно мотивируют свое поведение. Учебный процесс, опирающийся на использование интерактивных методов обучения, организуется с учетом включенности в процесс познания всех студентов группы без исключения. Совместная деятельность означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, в ходе работы идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Организуются индивидуальная, парная и групповая работа, используется проектная работа, ролевые игры, осуществляется работа с документами и различными источниками информации. Интерактивные методы основаны на принципах взаимодействия, активности обучаемых, опоре на групповой опыт,

обязательной обратной связи. Создается среда образовательного общения, которая характеризуется открытостью, взаимодействием участников, равенством их аргументов, накоплением совместного знания, возможностью взаимной оценки и контроля.

В качестве активных форм проведения занятий по геометро-графическим дисциплинам предлагается использовать деловую игру. Темы деловых игр соответствуют направлению подготовки. Тема включает в себя ряд ситуационных задач разных уровней. В зависимости от сложности деловой игры учебную группу делят на два или более конструкторских отдела во главе с ведущим конструктором. Преподаватель - начальник отдела выдает техническое задание на работы ведущему конструктору, который распределяет их между сотрудниками отдела.

Анализ решений и защита выполненных заданий осуществляется посредством применения еще одного метода активного обучения – «круглого стола». Этот метод позволяет закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы. Характерной чертой «круглого стола» является сочетание тематической дискуссии с групповой консультацией. При проведении «круглого стола» в форме дискуссии студенты воспринимают не только высказанные идеи, новую информацию, мнения, но и носителей этих идей и мнений, и, прежде всего преподавателя.

Список использованной литературы

1. Дудина М.Н. Новая образовательная парадигма: проблемы качества образования. /Дудина М.Н.//Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 5 – С. 32-34.
2. Горбань А.В. Управление качеством подготовки специалистов при заочной форме обучения / А.В. Горбань, С.С. Шестериков// Материалы НПК «Авиамашиностроение и транспорт Сибири».- Иркутск, 2012. –С. 42-46.
3. Смирнова Е.С. Виды деловых игр. / Е.С. Смирнова, Н.Т. Томашевская// Материалы НК «Социальная работа, педагогика, ювенология».- Пермь, 2011. –С. 74-76.

УДК 378.147

Разработка комплекса лабораторных работ по моделированию и черчению в трёхмерных графических редакторах

Т.Н. Литвинова, П.Е. Ефимова

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва, 152934, г. Рыбинск, ул.Пушкина, 53.

Приведены результаты разработки комплекса лабораторных работ по моделированию и черчению в трёхмерных графических редакторах а примере Unigraphics, Inventor. Обоснована последовательность подачи материала и выбор тем для изучения.

Ключевые слова: инженерная графика; трёхмерное моделирование; векторные редакторы.

Литвинова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры графики, тел.: 89108152615, e-mail: tnl.litvinova@yandex.ru

Ефимова Полина Евгеньевна, кандидат технических наук, инженер-конструктор 2 категории ОАО «НПО «Сатурн», тел.: 89159773027, e-mail: poline_e@piset.net

При обучении инженерной графике и проекционному черчению актуальным становится освоение не только традиционных способов создания чертежей с помощью «карандаша и линейки», но и разработки их в графических редакторах. Развитие мощных вычислительных средств стимулировало новые методики проектирования, которые предполагают построение объемных моделей деталей. Объемное моделирование открывает новые перспективы в работе конструктора: появились возможности не только создать модель объекта, но и изучать на модели процесс его функционирования.

Исторически сложились следующие подходы в рамках объемного конструирования:

- построение моделей путем задания поверхностей, ограничивающих детали, и их комбинаций (каркасные модели);
- построение параметрических твердотельных моделей;
- гибридные методы, сочетающие в себе первое и второе направление.

Параллельное изучение каркасных моделей в начертательной геометрии и приемов формирования компьютерных каркасных моделей способствует развитию у студентов пространственного воображения.

Опираясь на эту концепцию, на кафедре графики РГАТУ имени П.А. Соловьёва разработана методика обучения студентов современным методам конструирования на базе объемного моделирования. На начальных этапах обучение проводится на базе CAD-систем AutoCAD, Unigraphics, Inventor.

Внутри этих дисциплин разработан целый комплекс лабораторных практикумов для студентов первого и второго курсов по трехмерному компьютерному моделированию:

1. Формирование трехмерных объектов по проекционному черчению;

В задании представленном на рис. 1 на основании заданного чертежа детали, состоящей из стандартных поверхностей (конуса, сферы, блока) выполняется «листовая модель» изделия. Это базовое задание позволяет изучить основные команды по формированию трехмерных объектов, булевы операции и основные способы параметризации стандартных трехмерных моделей. Следующим этапом работы в лабораторном практикуме является работа по индивидуальным заданиям (см. рис. 2). На этом этапе работы у студентов формируются навыки расчета координат при формировании трехмерного изображения, что является основным этапом в формировании пространственного воображения.

2. Следующим этапом обучения построения трехмерных графических изображений является формирование деталей типа «вал-втулка» на базе следующего лабораторного практикума. Основной идеей этого практикума является отработка навыков по созданию пользовательских систем координат и перемещение их в точки изделия.

3. Обучение студентов авиационных специальностей неразрывно связано с изучением формирования обтекаемых поверхностей, что в дальнейшем потребуется для грамотного построения обводов двигателя. Поэтому логичным продолжением первых двух практикумов является третий по построению трехмерной модели на базе основания, использующего сопряжения (см. рис.3).



Рис. 3

На кафедре Графики РГАТУ имени П.А. Соловьева широко распространена методика завершения курса по графическим дисциплинам курсовой работой, в которую, кроме чертежей выполненных традиционными способами

4. Формирование модели простейшей сборки на базе валов необходимых для авиационной промышленности. В задании представленном на рис. 4, на основании заданного чертежа сборки выполняются модели составляющих изделие деталей, а затем выполняется модель сборочного соединения.

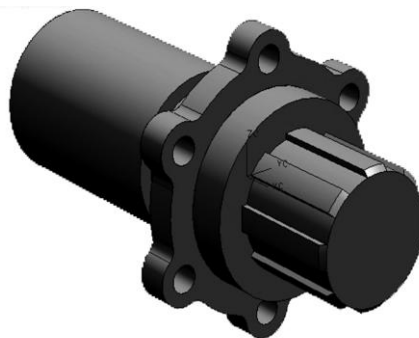


Рис.4

«карандаша и линейки», также включены элементы объемного моделирования отдельных деталей.

В то же время, если полученные знания не закреплять на старших курсах, происходит естественный процесс их утраты. В связи с этим целесообразно было бы ввести необходимую целевую подготовку для студентов в направлении САД-технологий

Список использованной литературы:

1. Норенков, И. Н. Основы автоматизации проектирования [Текст]: Учебник для вузов / И. Н. Норенков. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. – 359 с.
2. Грувер, М. САПР и автоматизация производства [Текст]: пер. с англ. / М. Грувер, Э. Зиммерс. – М.: Мир, 1987. – 528 с.
3. Сайт компании INTERMECH [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://intermech.ru>, свободный
4. Сайт компании-разработчика bCAD [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http:// www.propro.ru](http://www.propro.ru) , свободный
5. Unigraphics [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ugsolutions.ru> , свободный

АВИАМАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ СИБИРИ

Сборник статей
III Всероссийской научно-практической конференции

(Иркутск, 11–12 апреля, 2013 г.)

Печатается с оригиналов, подготовленных авторами

Подписано в печать 05.04.2012. Формат 60 х 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 28,0.
Тираж 100 экз. Зак. 13с.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83