

Сборник научных статей  
Международной научно-практической  
конференции

2014

## Актуальные вопросы транспорта в современных условиях



Саратов

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.

**Актуальные вопросы транспорта  
в современных условиях**

**Сборник научных статей  
по материалам Международной  
научно-практической конференции  
28 октября 2014 г.**

**Саратов 2014**

Сборник содержит статьи учёных, преподавателей ВУЗов, аспирантов, магистрантов и студентов из России, Беларуси, Казахстана и Украины. Тематика статей охватывает широкий круг проблем, связанный с теоретическими и практическими вопросами транспорта в современных условиях.

Издание адресовано научным работникам, преподавателям, аспирантам, магистрантам и студентам.

*Редакционная коллегия:*

Доктор технических наук, профессор И.К. Данилов (отв. редактор)

Кандидат технических наук, доцент И.Г. Иванов (зам. отв. редактора)

Актуальные вопросы транспорта в современных условиях: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 28 октября 2014 г. / Отв. ред. И.К. Данилов, зам. отв. ред. И.Г. Иванов. – Саратов: «СГТУ имени Гагарина Ю.А.», 2014. – 177 с.

**Раздел 1**  
**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И**  
**СРЕДСТВ СЕРВИСА ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

**Р.И. АЛЬМЕЕВ, к.т.н., доцент филиала СамГТУ в г. Сызрани**  
**А.В. БЫЧКОВ, студент филиала СамГТУ в г. Сызрани**

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**  
**ДВИГАТЕЛЯ ЗМЗ-4602.10 С ПОМОЩЬЮ МОТОР-ТЕСТЕРА МТ-10**

*Проведен анализ особенностей компьютерной диагностики двигателей современными средствами, на примере мотор-тестера МТ-10. Разработаны технологические карты диагностирования двигателя ЗМЗ-4062.10, с использованием которых можно эффективно выявлять неисправности в основных механизмах и системах ДВС. Представлены результаты проведенных диагностических работ.*

***Ключевые слова:** диагностирование; двигатель; мотор-тестер; сканер; диагностический блок; неисправность; цилиндровый баланс; испытание; запуск двигателя.*

**R.I. ALMEEV, Ph.D., Associate Professor SamSTU branch in Syzran**  
**A.V. BYCHKOV, student SamSTU branch in Syzran**

**TECHNICAL CONDITION DIAGNOSTICS OF THE ZMZ-4602.10**  
**ENGINE BY MEANS OF THE MT-10 MOTOR-TESTER**

The analysis of engine computer diagnostic features with modern devices is carried out, like the motor-tester MT-10 for example. Flow charts of the diagnostic process of the ZMZ-4062.10 engine were proposed, which help successfully detect malfunctions in basic mechanisms and systems of internal combustion engines. The results of the diagnostic work are presented.

**Keywords:** diagnostic; engine; motor-tester; scanner; diagnostic block; malfunction; cylinder balance; test; engine start.

В повышении эффективности использования автомобильной техники большое значение имеет совершенствование планирования и управления ее техническим обслуживанием и ремонтом на базе современных технических средств. Это обеспечивается применением технического диагностирования машин как информационной основы системы управления процессами технического обслуживания и ремонта [4].

Практика использования средств диагностирования свидетельствует о возможности сокращения эксплуатационных издержек. Это достигается за счет увеличения фактически используемого ресурса, сокращения числа ремонтов и экономии расхода запасных частей. Благодаря раннему обнаружению дефектов и неисправностей, техническая диагностика позволяет устранить отказы в процессе технического обслуживания, что повышает надежность и эффективность эксплуатации, а также дает возможность эксплуатировать технические системы по их состоянию [1].

Техническое состояние двигателя в процессе эксплуатации постоянно изменяется. В период обкатки (около 2500 км) по мере приработки трущихся поверхностей уменьшаются потери на трение, увеличивается мощность двигателя, уменьшается расход топлива, снижается угар масла [3]. Далее наступает период, при котором техническое состояние изменяется незначительно. По мере износов деталей увеличивается прорыв газов через поршневые кольца, падает компрессия в цилиндрах, увеличивается утечка масла через зазоры в соединениях и падает давление в системе. Следовательно, постепенно уменьшается мощность двигателя, увеличивается расход топлива, возрастает расход масла.

В процессе эксплуатации определение технического состояния двигателя для своевременного восстановительного ремонта имеет большое значение. Своевременное проведение диагностических операций продлит общий срок службы двигателя и предупредит аварийный выход его из строя.

Состояние двигателя оценивается по показаниям приборов (температуры охлаждающей жидкости и давления масла), характеру работы на различных режимах (равномерности, шумовым качествам), по величине компрессии в цилиндрах двигателя, реакции автомобиля на изменение подачи воздуха педалью управления дроссельной заслонкой [2,3].

Обнаружив в процессе эксплуатации какую-либо неисправность в работе двигателя, не следует торопиться разбирать двигатель, необходимо попытаться установить причину неисправности до разборки с помощью компьютерной диагностики. К разборке двигателя приступают, убедившись в действительной необходимости этой операции. Даже частичная разборка, как правило, нарушает герметичность уплотнения, приработку сопряженных деталей и увеличивает их износ при последующей эксплуатации.

Компьютерная диагностика двигателя – это комплексная проверка его систем на наличие имеющихся проблем и неполадок. Диагностика позволяет оценить реальное состояние узлов, деталей и блоков управления двигателя, а также дать оценку его техническому состоянию.

Системы диагностики на разных автомобилях могут различаться, но принцип действия всех систем аналогичный: блоком управления считываются показания датчиков на разных режимах работы в процессе эксплуатации автомобиля (запуск, прогрев, холостой ход, разгон и торможение и т.д.). Показания датчиков бывают статическими (дискретными) или динамическими (изменяющимися во времени). Статические показания датчиков обычно определяются неким пороговым значением — импульсом определенного уровня или «переключателем» (т.е. наличием или отсутствием сигнала), а динамические, как правило, передают изменения параметра и проверяются на допустимые диапазоны (верхний и/или нижний пределы). Все диагностические системы хранят и отображают статические данные – «коды ошибок» и динамические характеристики [4].

В данной работе были рассмотрены возможности проведения диагностирования с помощью современных средств автомобильной диагностики, на примере мотор-тестера МТ-10. Данное оборудование включает в себя блок автомобильной диагностики АМД-4А, позволяющий проводить диагностические работы по основным узлам и системам двигателя.

При выполнении практического комплекса работ на лабораторном стенде (рис. 1), были разработаны технологические карты диагностирования двигателя ЗМЗ-4062.10, с использованием которых можно эффективно выявлять неисправности в следующих механизмах и системах: КШМ и ГРМ, система зажигания, система топливоподачи, система пуска и электроснабжения, а также проводить испытания двигателя.

Лабораторный стенд (рис. 1) состоит из основания – подmotorной рамы, изготовленной из лонжеронов автомобильной рамы, поперечной балки, на которую опираются две передние опоры двигателя и задней балки, на которую крепится картер маховика, соединенный с двигателем и являющейся его задней опорой. Рама опирается на четыре стойки, приваренные к лонжеронам. Силовой агрегат собран из узлов и механизмов двигателя ЗМЗ-4062.10.

Для автономной работы на стенде двигатель укомплектован приборами системы охлаждения, установленными в передней части рамы (радиатор, расширительный бачок соединительные патрубки, датчики температуры).

Система пуска двигателя включает аккумуляторную батарею, опорная площадка размещена в передней части под радиатором, стартер и реле стартера. Система питания предусматривает возможность длительной работы двигателя и состоит из бензобака, бензопроводов, топливного насоса и фильтра, смонтированных на левом лонжероне рамы. Отработавшие газы отводятся за пределы помещения лаборатории, предварительно пройдя через систему выпуска, включающую установленный на стенде глушитель.

На двигателе установлен полный комплект датчиков, обеспечивающих управление системой питания и зажигания инжекторного двигателя. Для подсоединения датчиков к электронному блоку МИКАС 7.1 уложен стандартный жгут проводов.

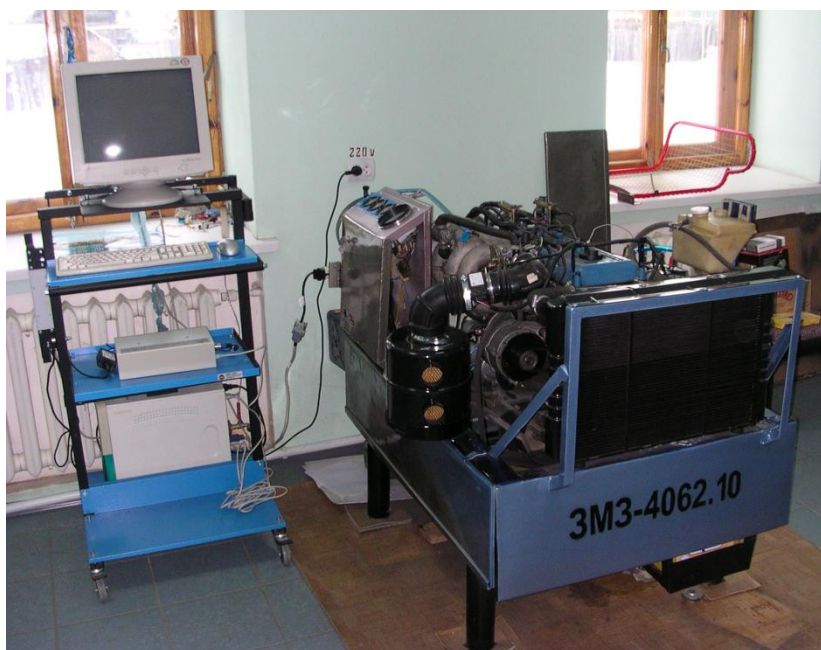


Рисунок 1 – Внешний вид лабораторного стенда с двигателем ЗМЗ-4062.10, оснащенного мотор-тестером МТ-10 с блоком диагностики АМД-4А

Управление двигателем производится с пульта, расположенного на левой стороне стенда. На пульте размещены электронные указатели температуры охлаждающей жидкости и давления масла, а также тахометр и замок зажигания. Изменение частоты вращения двигателя достигается за счет воздействия на рычаг управления положением дросселя, закрепленный на раме пульта. Диагностическая колодка, расположенная с левой стороны пульта, позволяет подключать диагностическое оборудование.

Компьютерный диагностический комплекс Мотор-Тестер МТ-10 предназначен для проверки технического состояния и поиска неисправностей в автомобильных двигателях внутреннего сгорания с искровым зажиганием, работающих как на бензине, так и на газе [5]. Мотор-тестер МТ-10 поддерживает диагностику электронных систем управления автомобилями ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, ИЖ, GM-AVTOVAZ, Сеаз/Камаз, группы VAG (Audi, VW, Skoda, Seat), Daewoo, Kia, Ford, Renault, Hyundai, Opel. Конструкция комплекса позволяет использовать его как в стационарном, так и в мобильном варианте. Питание комплекса возможно от аккумулятора тестируемого автомобиля.

Комплекс состоит из трех подсистем:

1. Сканера, предназначенного для работы с системой самодиагностики двигателей внутреннего сгорания автомобилей, оснащенных системами электронного управления впрыском топлива (автомобили ВАЗ, ГАЗ и других моделей со всеми существующими электронными системами управления двигателем (ЭСУД), включая системы ABS, SRS, климат-контроль, иммобилайзер, электроусилитель руля и т.п.).

2. Мотор-Тестера, позволяющего производить диагностику большинства существующих типов автомобилей с бензиновыми ДВС. Данная подсистема не ориентирована на какую-либо определенную марку или модель, так как все необходимые измерения проводятся путем непосредственного подключения к контролируемым точкам.

3. Базы данных для систематизации клиентов и проводимых работ.

В общем случае, методика компьютерной диагностики двигателя включает в себя следующие этапы:

- 1) подключение диагностических приборов к ДВС;
- 2) диагностика двигателя в режиме сканера: чтение и обнуление кодов неисправностей (окно «ошибки»);
- 3) контроль текущих параметров всех систем в режиме сканера (окно «переменные»);

4) проверка работоспособности механизмов, узлов, датчиков в режимах пуска, холостого хода, увеличения и сброса скорости вращения вала двигателя (окно «переменные» и режим «испытания»);

5) анализ полученных результатов и выводы о правильности работы систем, наличии и характере неисправностей;

6) при необходимости, углубленная диагностика отдельных механизмов и систем двигателя в режиме мотор-тестера;

7) по результатам диагностики представляется отчет об обнаруженных ошибках и предложения по устранению неисправностей или замене каких-либо узлов и приборов.

Приведем основные особенности работы с диагностическим оборудованием. Для начала работы необходимо подключить диагностический блок АМД-4А к сети 220 В, а сетевой кабель к мотор-тестеру и к компьютеру (рис. 2).



Рисунок 2 – Разъемы для подключения питания (снизу) и сетевого кабеля (сверху)

Затем необходимо подключить кабель АМ-4-Д12-ДИАГ к разъему «диагностика» диагностического блока АМД-4А (рис. 3).



Рисунок 3 – Разъем «диагностика» диагностического блока

В заключение, диагностический кабель АМ-4-Д12-ДИАГ необходимо соединить с переходником «кабель-адаптер АМ4-Д22-ГАЗ», а переходник подключить к диагностическому разъему двигателя.

Выбрать блок управления можно, нажав кнопку «ЭБУ» на панели инструментов или в нижней части главного окна программы МТ10. Здесь можно выбрать тип устройства, с которым предстоит работа (в данном случае блок МИКАС 7.1). Выбранный тип электронного блока управления (ЭБУ) должен соответствовать блоку, установленному на автомобиле, иначе диагностика может быть недоступна или быть некорректной.

В программе МТ10 существует возможность автоопределения ЭБУ. Его можно начать, нажав на панели инструментов или в диалоге выбора блока управления кнопку «Автоопределение» или нажав на клавиатуре сочетание клавиш (Ctrl+A) [6].

Вызвать окно кодов неисправностей можно, нажав на кнопку «Ошибки» (рис. 4) на панели инструментов или выбрав соответствующий пункт меню в главном окне: Параметры > Коды неисправностей. Также неисправности можно просмотреть в окне Параметры > Переменные.

код	текущ.	однокр.	многокр.	наименование
62		■		неисправность оперативной памяти блока управления
54	●	■	●●●	неисправность датчика положения распредвала
182		■	●●●	Обрыв или замыкание на массу цепи лампы неисправности
91		■		Короткое замыкание на бортсеть в цепи зажигания 1
94		■		Короткое замыкание на бортсеть в цепи зажигания 4

Рисунок 4 – Окно кодов неисправностей

Коды неисправностей часто являются наиболее важной информацией для диагностики. Сбрасывать ошибки необходимо только после их записи или когда становится понятно, что они не связаны с искомой неисправностью. В данном случае наличие ошибок «91» и «94» в системе зажигания, появившихся ранее, говорит о необходимости углубленной диагностики данной системы двигателя. Текущая ошибка «54» сообщает о неисправности датчика положения распредвала, что является основанием для его проверки и возможной замены. Ошибка «182» связана с особенностями конструкции стенда, в котором лампа неисправности изначально не была выведена на приборную панель.

Пункт меню Параметры > Переменные позволяет просмотреть все переменные, снимаемые с ЭБУ, а также произвести сохранение нужной последовательности данных и управлять исполнительными механизмами.

Наибольший интерес, с точки зрения простоты и универсальности диагностических операций, представляет режим «Испытания» (рис. 5).

Так, например, цилиндрический баланс показывает относительный вклад каждого цилиндра при поочередном их отключении. В программе возможны два варианта – с блокировкой зажигания и с отключением форсунок. В первом варианте при проведении испытания по очереди отключается зажигание в одном из цилиндров и измеряется падение частоты вращения коленчатого вала (рис. 6, слева), а также изменение разрежения во впускном коллекторе. После четырех циклов выводятся средние значения падения частоты каждого цилиндра (рис. 6, справа), а также график среднего значения оборотов в процессе испытания. Чем меньше получившееся число, тем ниже эффективность работы цилиндра.

Для проведения испытания необходимо подключиться к первичной цепи катушки (модуля) зажигания с помощью переходника АМ4-СС1-Б ГАЗ. Индуктивные клещи укрепить на высоковольтном проводе первого цилиндра. Датчик давления ДД-2 подключается через тройник к штуцеру на впускном коллекторе. При испытании также обязательно подключить кабель АМ4-П11-АКК к аккумулятору автомобиля.

При испытании с отключением форсунок при помощи коммутатора КФ-2 по очереди отключаются форсунки и проводятся аналогичные измерения. Полезно также использование показаний газоанализатора при проведении этих испытаний. По изменениям уровня СН можно судить об эффективности системы топливоподачи.



Рисунок 5 – Возможности режима «Испытания» в программе MT10

Для автомобилей, оснащенных каталитическим нейтрализатором, испытание с блокировкой зажигания производить не рекомендуется, т.к. несгоревшее топливо может вывести из строя катализатор. Кроме того, на многих автомобилях с нейтрализатором система распознает пропуски зажигания и переходит на аварийный алгоритм работы с отключением «неисправного» цилиндра, что приводит к неправильным измерениям.

В результате испытания «цилиндровый баланс», отклонений в работе цилиндров двигателя ЗМЗ 4062.10 не выявлено, так как падение частоты вращения коленчатого вала не имеет резких скачков, что также говорит о равномерном износе цилиндров.

Во время испытания «запуск» определяется средняя частота вращения коленчатого вала (рис. 7), среднее и минимальное напряжения бортовой сети за время запуска двигателя (табл. 1, рис. 8).

Таблица 1

Результаты испытания «запуск»

Время пуска, с	1,5
Средняя частота вращения коленчатого вала, об/мин	240
Среднее напряжение аккумуляторной батареи, В	9,45
Минимальное напряжение аккумуляторной батареи, В	9,20

Испытание показало, что частота вращения коленчатого вала и напряжение бортовой сети при запуске двигателя находятся в допустимых пределах.

Работа MT-10 в режиме мотор-тестера может включать в себя одну из нескольких проверок, с предварительным подключением соответствующих датчиков из набора, входящего в комплект оборудования:

- Диагностика АКБ и генератора.
- Измерение компрессии (используются 3 разных метода).
- Проверка работы ГРМ (в режиме динамической компрессии).
- Проверка неравномерности вращения двигателя.
- Диагностика первичных и вторичных цепей зажигания.
- Измерение угла опережения зажигания при помощи стробоскопа.
- Измерение разряжения во впускном коллекторе.
- Диагностика форсунок (и т.п.).

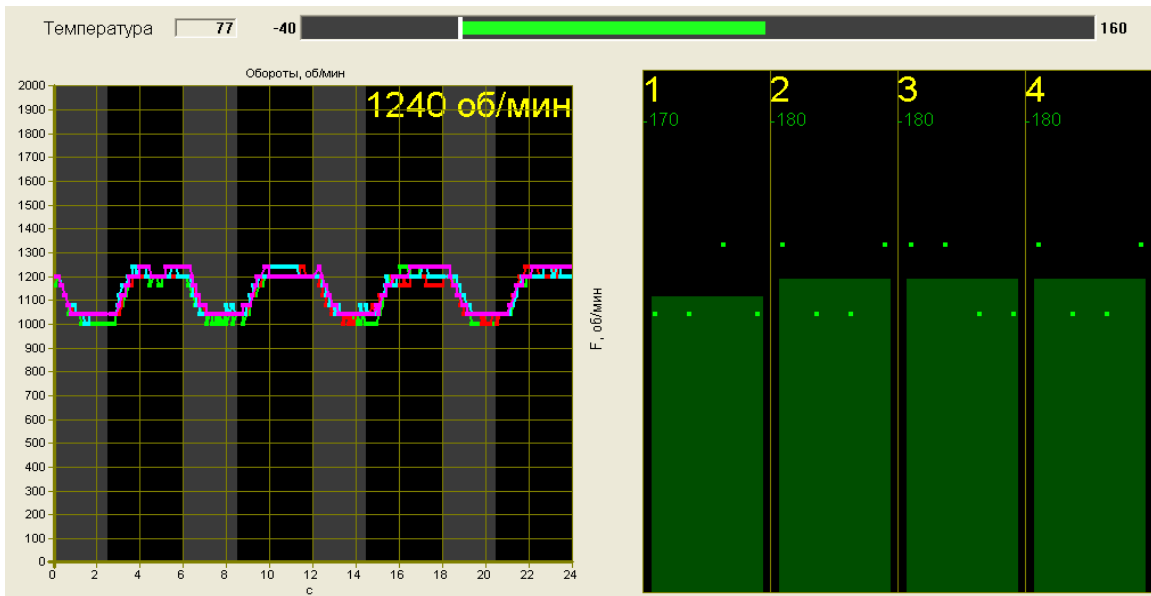


Рис. 6. Результаты испытания «цилиндровый баланс»

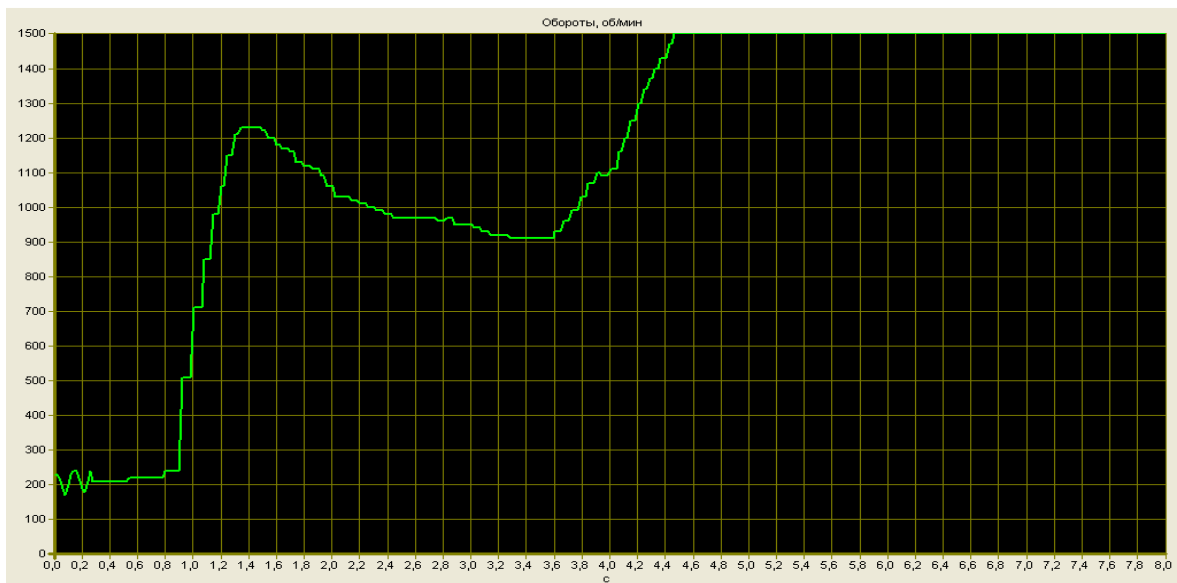


Рисунок 7 – Частота вращения коленчатого вала при пуске двигателя

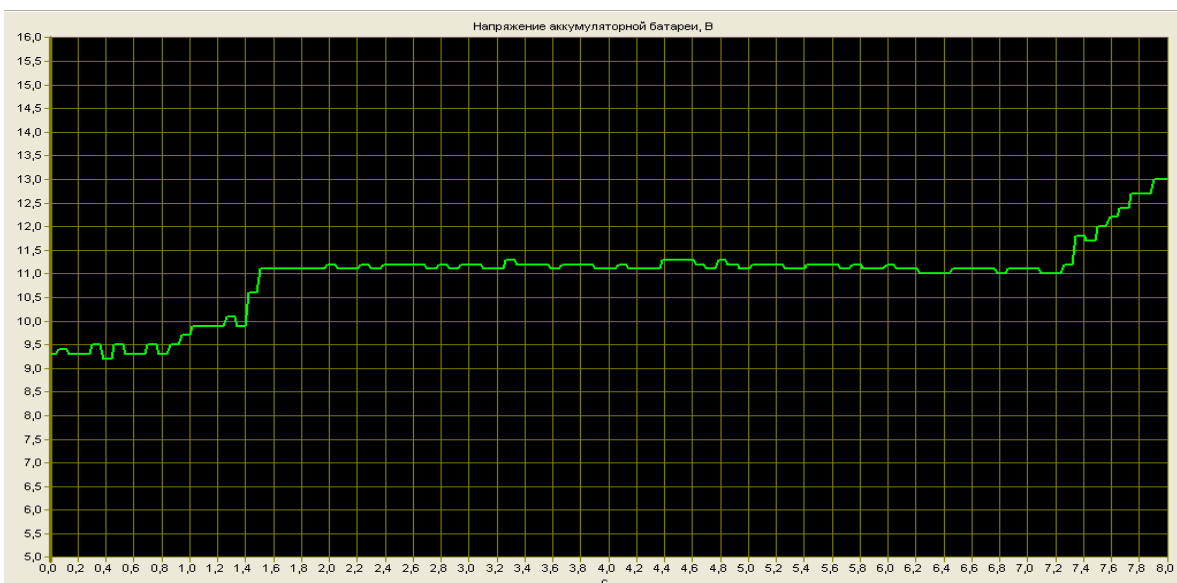


Рисунок 8 – Напряжение аккумуляторной батареи при пуске

Результаты проведенных испытаний подлежат подробному анализу, выявляется необходимость проведения разборочных работ, замены отдельных узлов, их ремонта. Таким образом, современное состояние приборостроения, электроники и вычислительной техники позволяет значительно расширить возможности, как самого диагностирования, так и прогнозирования на его основе.

Однако следует помнить, что скорость и точность технической диагностики зависит, прежде всего, от уровня квалификации диагноста, а приборы являются только средством получения информации, необходимой для анализа возможных причин неисправностей.

Эффективная диагностика автомобильных двигателей с помощью мотор-тестеров, возможна только при наличии у пользователя (диагноста) определенных знаний и навыков. К ним относятся четкое понимание принципов работы двигателей внутреннего сгорания и устройства их механической части, а также знания об устройстве и принципах работы различных систем двигателя.

В частности, это системы, отвечающие за приготовление топливовоздушной смеси, системы зажигания и элементы, обеспечивающие соблюдение норм токсичности выхлопных газов. Диагносту необходимо знать особенности устройства и принцип работы датчиков и исполнительных механизмов, применяемых в подобных системах. Только в этом случае, сочетание возможностей оборудования с профессионализмом специалиста обеспечит надежную, высокопроизводительную и экономичную работу автомобильной техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьин А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш. Учеб. Заведений / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432с.: ил.
2. «ВОЛГА» ГАЗ-3110, -310221 с двигателями 2,3i; 2,5. Устройство, обслуживание, диагностика, ремонт. Иллюстрированное руководство. – М.: ООО «Книжное издательство «Зарулем», 2010. – 264 с.: ил. – (Серия «Своими силами»).
3. Калашников А.А. Двигатель автомобилей ГАЗ-3110 «Волга» / Под ред А.А. Калашникова – М.: Издательство «Колесо», 1999. – 240 с.: ил.
4. Карташевич А.Н. Диагностирование автомобилей. Практикум: учеб. пособие / А.Н. Карташевич [и др.]: под ред. А.Н. Карташевича. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 208 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат).
5. Средства автомобильной диагностики. Программа МТ-10 Мотор-тестер с использованием блока автомобильной диагностики АМД-4А, руководство пользователя. – Самара: ООО «НПП «НТС», 2008. – 41 с.: ил.
6. Средства автомобильной диагностики. Программа МТ-10 Сканер, руководство пользователя. – Самара: ООО «НПП «НТС», 2008. – 36 с.: ил.

**Е.В. БАБЕНИН, к.т.н., доцент СГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов**  
**Н.А. ЧЕРНЦОВ, аспирант СГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов**  
**Е.В. КОРОЛЕВСКАЯ, студент СГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАПРАВКИ ГАЗООБРАЗНЫМ ТОПЛИВОМ**

*Значительную часть в себестоимости продукции занимает расходы на энергоносители. Так в производстве сельскохозяйственной продукции затраты на горюче-смазочные материалы достигают 50%. В настоящее время активно разрабатываются и внедряются технологии по использованию альтернативных видов топлива, в частности газообразного топлива.*

**Ключевые слова:** газодизель, система подачи газа в двигатель, экология ДВС.

**E.V. BABENIN, Ph.D., Associate Professor SSAU them. N.I. Vavilov, Saratov**  
**N.A. CHERNTOV, a graduate student SSAU them. N.I. Vavilov, Saratov**  
**E.V. KOROLEVSKAYA, student SSAU them. N.I. Vavilov, Saratov**

## **IMPROVING THE FILLING GASEOUS FUELS**

*A significant portion of the cost of production takes the cost of energy. So in agricultural production costs for fuel and lubricants up to 50%. There are currently actively developed and implemented technology for the use of alternative fuels, in particular gaseous fuel.*

**Keywords:** diesel engine, gas supply system of the engine, engine ecology.

В результате внедрения, в нашей стране, альтернативных видов топлива активно развивается рынок природного газа, который охватывает все большее количество автотракторной техники, данная ситуация способствует снижению себестоимости продукции в нашей стране. Но при этом перевод автотракторной техники на альтернативное (газообразное) топливо сталкивается с определенными трудностями. Данные трудности связаны с длительностью заправки данным видом топлива и отсутствием разветвленной сети заправок газообразного топлива.

В связи с необходимостью перевода техники на газомоторное топливо, природный газ (метан), особенно актуальным остается вопрос с заправками сельскохозяйственных машин, которые, как оказалось, нецелесообразно и экономически не выгодно заправлять непосредственно на автоматических газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС). Одним из основных показателей, определяющих сферы эффективного использования газомоторного топлива, является холостой пробег на заправку. Исключить полностью или частично влияние этого фактора и одновременно расширить зону действия АГНКС потенциально до 100 км, а также увеличить ее загрузку позволяет использование передвижных автомобильных газозаправщиков (ПАГЗ). Однако использование ПАГЗ не является достаточно эффективным. Целью данной статьи является экономическое обоснование комплекса средств по повышению использования газомоторного топлива. Для проведения обоснования необходимо провести анализ существующих методов заправки сельскохозяйственных машин, а также выявить их достоинства и недостатки.



Рисунок 1 – Прямая заправка сельскохозяйственных машин на АГНКС

Заправка сельскохозяйственных машин (СМ) по «прямой» (Рисунок 1) схеме производится непосредственно на автомобильных газовых наполнительных компрессорных станциях (АГНКС), куда СМ перегоняются с места работы.

Достоинствами данной схемы являются высокая производительность и пропускная способность, а недостатками – удаленность от основных мест эксплуатации с/х техники.



Рисунок 2 – Заправка с использованием ПАГЗ

Наиболее оптимальным (Рисунок 2) видом заправки СМ является применение передвижных автогазозаправщиков (ПАГЗ). ПАГЗы используются при условии, что дорога на всем участке пути имеет дорожное покрытие. Заправка СМ в этом случае производится на оборудованных площадках куда они, и перегоняются с места работы. Данная схема обладает многими достоинствами, одним из которых является близость заправки СМ к основным местам ее эксплуатации. Однако она обладает и несколькими недостатками: низкая производительность и пропускная способность, неполная заправка (в случае с использованием пассивного ПАГЗ), дополнительные затраты на заправку. Однако основным недостатком считается ожидание ПАГЗом готовности СМ к очередной заправке что приводит к простоям ПАГЗа.



Рисунок 3 – Заправка с использованием ПАГЗ и узла промежуточного хранения природного газа в виде баллонных модулей

Для устранения последнего недостатка, применяют заправку с использованием баллонных модулей (БМ), находящиеся на территории сельхозпроизводителя (Рисунок 3), в которые в природный газ перекачивается из ПАГЗа. Данный способ позволяет заправлять большее количество СМ. Недостатком данного способа является неполнота заправки СМ, так как заправка осуществляется только за счет давления в баллонах модуля.



Рисунок 4 – Заправка с использованием компрессорной установки (КУ)

Некоторые сельхозпроизводители приобретают компрессорные установки (КУ), которые позволяют заправлять СМ от системы центрального газоснабжения (Рисунок 4). Достоинством данного способа можно считать в отсутствие приобретения ПАГЗов и полнота заправки СМ. К недостаткам можно отнести низкая производительность и пропускная способность.



Рисунок 5 – Съемная кассета с баллонами

Результатом решения данных недостатков может служить отход от концепции использования трудноремной конструкции баллонов, как и на с/х технике, так и на транспорте, доставляющем топливо данной с/х технике. А именно разработка быстроремной конструкции крепления баллонов кассетного типа (Рисунок 5), так называемых кассетных модулей (КМ) с возможностью крепления к раме с/х техники при помощи крепежных приспособлений. На основании конструкции кассет была разработана схема заправки СМ.



Рисунок 6 – Заправка с использованием кассетных модулей (КМ)

Данная система заправки является комбинированной, она обеспечивает возможность заправки КМ как от АГНКС, так и от ПАГЗов и КС, также они могут переводиться любыми грузовыми транспортными средствами, имеющимися в наличии у сельхозпроизводителя. К недостаткам можно отнести: малый объем газа, устанавливаемый на СМ, данный недостаток компенсируется за счет быстроты смены КМ.

Для определения затрат по доставке газообразного топлива была принята формула:

$$C_{ц} = \frac{Z_{пер}}{V_{газ}}, \quad (1)$$

где  $C_{ц}$  – себестоимость затрат по доставке газообразного топлива, руб/м<sup>3</sup>,  
 $Z_{пер}$  – затраты на перевозку топлива, руб;  
 $V_{газ}$  – объем перевозимого топлива.

В результате были получены данные по заправке трактора МТЗ-82.1, оснащенного кассетным модулем и трактора К-700А, представленные на рисунке 7.

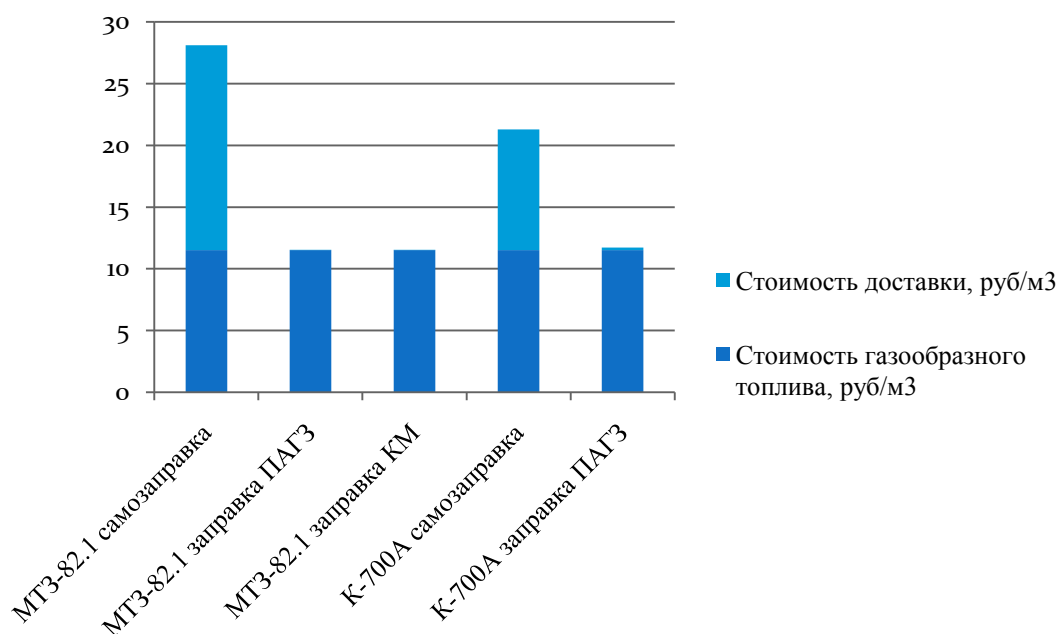


Рисунок 7 – Графическое отображение затрат на доставку  $1\text{ м}^3$  газообразного топлива

Таким образом, в ходе данного исследования установлено, что при применении всех трех способов заправки сельскохозяйственной техники газообразным топливом суммарные удельные затраты на использование газообразного топлива не превышают удельные затраты на использование дизельного топлива. При этом разработан способ заправки сельскохозяйственной техники при помощи кассетных модулей, который позволяет снизить затраты на заправку на 12,5% по сравнению со способом заправки от ПАГЗа.

**А.Н. ВИНОГРАДОВ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Д.К. КУШАЛИЕВ, магистр, ст. преподаватель ЗКАТУ им. Жангир-хана,**  
**г. Уральск, Казахстан**

## **ПРИМЕНЕНИЕ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОДШИПНИКАХ ДЛЯ РЕВЕРСИВНОГО ДВИЖЕНИЯ КОНИЧЕСКОГО ПРУЖИННОГО ВКЛАДЫША**

*В статье теоретически обосновывается изменение диаметра пружинного вкладыша подшипника скольжения под действием осевой нагрузки, влияющее на работоспособность подшипника.*

***Ключевые слова:** детали подшипников, пружинный вкладыш, эффект храповика, изменение диаметра вкладыша, упругий натяг вместо зазора.*

**A.N. Vinogradov, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**D.K. Kushal, Master of Art. teacher WKATU Zhangir-khan, Uralsk, Khazahstan**

## **APPLICATION OF BEARINGS FOR THE REVERSE MOVEMENT OF THE CONICAL SPRING LINER**

*The paper theoretically substantiated change in the diameter of spring bearing sliding under the influence of the axial load, which affects the efficiency of the bearing.*

***Keywords:** details of bearings, spring inserts, ratchet effect, changing the diameter of the liner, instead of spring preload gap.*

Энергетической основой НОТ (нормального окислительного трения), как было показано Б.И. Костецким [1, 2, 3] и развито в наших работах [4, 5, 6,10], является энергия пластической деформации (активация металла), которая частично реализуется скачкообразным возникновением пленки оксида металла. Другая ее часть переходит в потенциальную энергию пленки оксида в виде ее внутренних напряжений и ускоряет разрушение очередной пленки. Энергетической основой ИП(избирательный перенос), как оказалось, также является микропластическая деформация, которая локализована при нормальном трении в поверхностном слое (1-2 мкм) и может реализоваться как возникновением защитной структуры в виде пленки оксида (при НОТ), так и мягкого металла (Cu, Ag, Au) при ИП. В средах, содержащих кислород и влагу ИП и НОТ конкурируют в захвате поверхности и могут вытеснять друг друга, что зависит от режима и условий. В компрессоре холодильника, где окислительные процессы подавлены, а пластические деформации микрошероховатостей (на мягкой стали) возникают при естественном режиме нагружения, условия благоприятны для ИП. В двигателях внутреннего сгорания, где окисление поддерживается горением топлива и неограниченным запасом кислорода и влаги, условия благоприятны для НОТ и поэтому ИП дает временный эффект, а при продолжении эксплуатации интенсивность окислительного износа повышается за счет диспергирующего действия ПАВ (поверхностно-активных веществ). Из опыта исследований механизмов НОТ, ИП и явления фрикционной непроводимости (ФН) следуют два совместно действующих условия повышения устойчивости эффекта безызносности:

1. Активация рабочих поверхностей пластической деформацией.
2. Подавление (ограничение) окислительных процессов на рабочих поверхностях подшипников.

В традиционных подшипниках, работающих с зазором, эти условия не выполняются. В связи с этим предложена конструкция подшипника скольжения для возвратно-вращательного движения, который состоит из вала 1, наружного кольца 2 и размещенного между ними спирального вкладыша 3 в виде винтовой пружины. Спиральный вкладыш выполнен подвижным, коническим с углом конуса от  $1^\circ$  до  $5^\circ$  при этом диаметр проволоки пружины  $d$  равен половине зазора между диаметром вала  $D$  и диаметром отверстия вкладыша  $D+2d$ . При этом он установлен с натягом по торцам, а также с натягом по внутренней и наружной поверхностям для обеспечения постоянства «эффекта храповика».

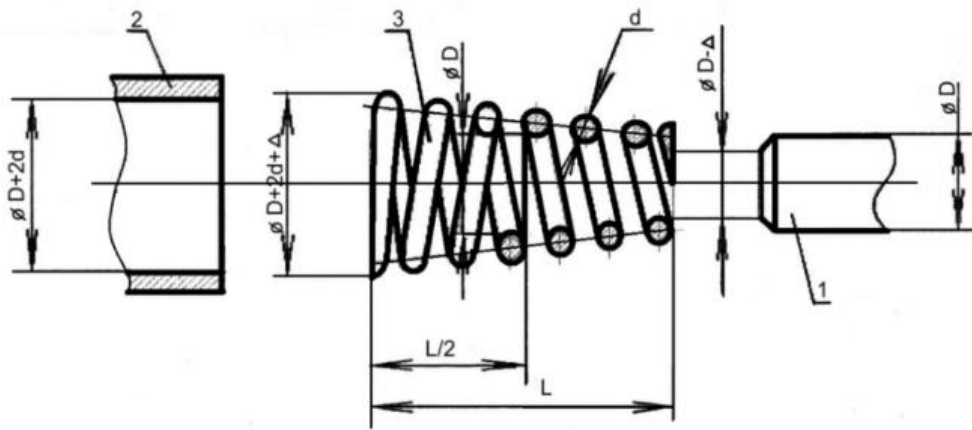


Рисунок 1 – Конический подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения

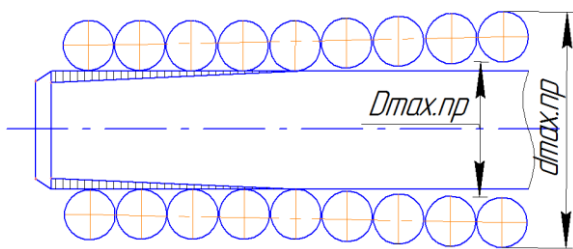


Рисунок 2 – Расположение пружины, надетой на вал с натягом на половине ее длины

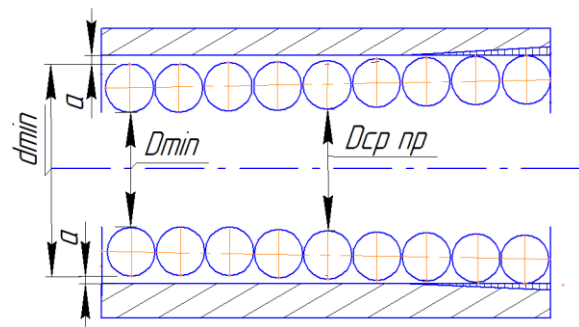


Рисунок 3 – Расположение пружины, вставленной во втулку с натягом на половине ее длины

Вкладыш находится между втулкой 1 и валом 2 (рис. 4). Изготавливаем коническую пружину, навивая проволоку на вал с образованием среднего диаметра  $d_{ср. пр}$ . Если коническая пружина надета на вал и находится во втулке, то обозначим ее диаметр на валу как  $d_{ср. пр}$  на отверстие  $D_{ср. пр}$ .

$$a = (d_{вал} - d_{мин. пр}) / 2$$

$$a' = (d_{max. пр} - D_{вн}) / 2$$

(1)

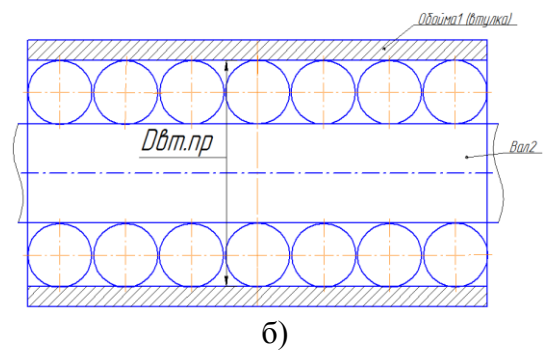
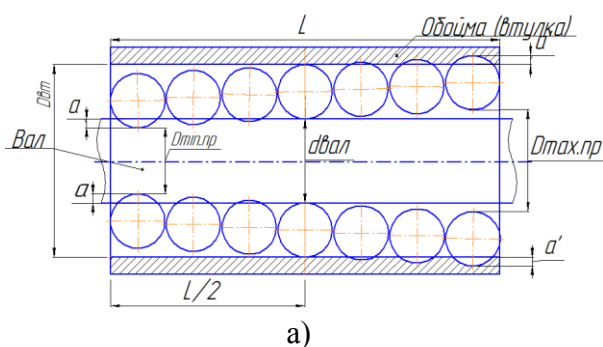


Рисунок 4 – Схемы расположение пружины:  
 А) – расположение пружины, если считать ее жесткой, а вал и втулку пластически деформируемыми;  
 Б) – пружина жестко зажата между валом и втулкой (считаем детали не деформируемыми)

Изготовим коническую пружину, и разместим ее между валом и втулкой, при этом будем считать, что материал вала и втулки не имеют возможности деформирования. При

этом пружина займет на валу и втулке положение с неравномерным натягом по рабочим поверхностям. При этом диаметр проволоки равен половине зазора между диаметром вала и диаметром отверстия втулки, но, поскольку пружина изготовлена конической, то один из крайних диаметров пружины будет меньше чем у вала на 0,5 мм, а с другой стороны диаметр будет больше на 0,5 мм, чем у втулки (рис. 6). Тем самым создается упругий натяг, который распределяется не как обычно, по всей поверхности, а убывает под углом  $3^0$  и к середине втулки и вала достигнет 0-го значения. С одной стороны на валу натяг, а с другой стороны натяг на втулке. Величина упругого натяга зависит от угла, с которым пружина изготовлена.

В данном случае натяг не постоянен по длине и поле допуска будет изображаться не прямоугольником, как обычно, а треугольником, и натяг будет переменным, как показано на (рис. 5).

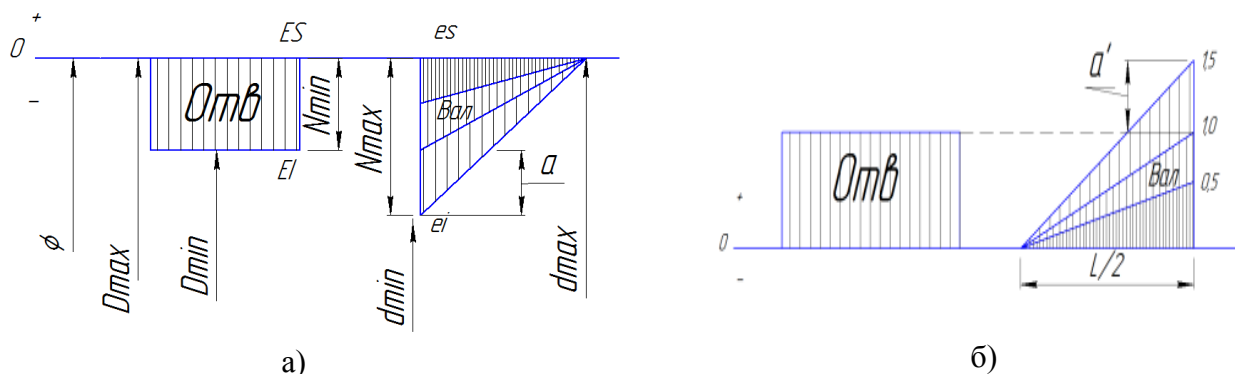


Рисунок 5 – Схема полей допусков для конической пружины  
 а) сопряжение пружины и отверстия  
 б) сопряжение пружины и вала

Цилиндрическая винтовая пружина, которой является пружинный вкладыш подшипника, представляет собой брус, ось которого располагается на поверхности образующего цилиндра по винтовой линии. Такой брус носит название винтового бруса. Ось этого бруса, образующего винтовую пружину, определяется тремя независимыми параметрами, за которые удобно принять:  $D$  – диаметр образующего цилиндра (средний диаметр пружины);  $\alpha$  – угол подъема оси винтового бруса;  $l$  – длина оси рабочей части винтового бруса (основной части, образующей рабочие витки). Эти величины называются основными параметрами пружины [7,8,9].

Уравнения оси бруса в цилиндрических координатах (рис. 6):

$$x = \frac{D}{2} \cos \varphi; y = \frac{D}{2} \sin \varphi; z = \frac{D\varphi}{2} \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

Ось  $z$  направлена по оси пружины, ось  $x$  проходит через точку А, являющуюся началом отсчета длины  $l$ . Полярный угол  $\varphi$  отсчитываем от оси  $x$ .

Обозначим наибольший полярный угол как  $\varphi_i$ , тогда  $\varphi_i = 2\pi i$ , где  $i$  – число рабочих витков пружины.

Так как  $\pi D i = \frac{D}{2} \varphi_i = l \cos \alpha$ , то  $\varphi_i = \frac{2l \cos \alpha}{D}$ .

Отсюда можно выразить число рабочих витков пружины:

$$i = \frac{l \cos \alpha}{\pi D}. \quad (3)$$

Шаг оси винтового бруса:

$$h = \pi D \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Длина рабочей части пружины:

$$H = hi, \text{ или } H = l \sin \alpha. \quad (5)$$

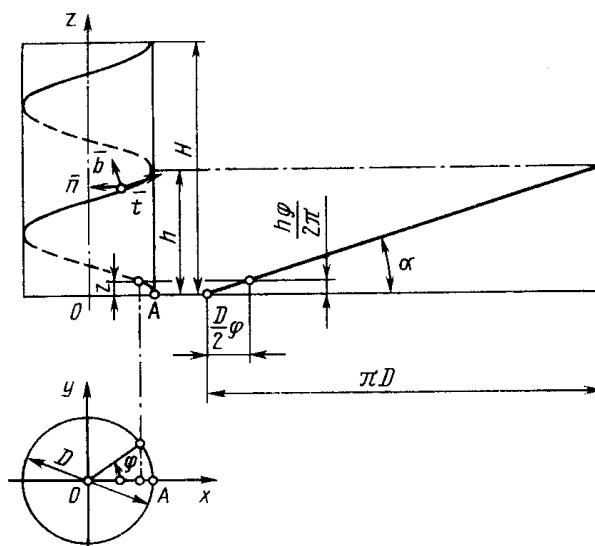


Рисунок 6 – Геометрические параметры цилиндрической винтовой пружины

При расчете пространственных кривых (см. рис. 6) удобно пользоваться подвижной ортогональной системой координат, начало которой располагается в исследуемой точке кривой, а оси направляются по касательной к кривой в сторону возрастания дуги (единичный вектор оси – орт  $\bar{t}$ ), по главной нормали по направлению к центру кривизны (орт  $\bar{n}$ ) и по бинормали кривой (орт  $\bar{b}$ ).

Необходимая точность изготовления традиционной посадки требует применения высокоточного оборудования и дорогостоящего инструмента, что экономически не выгодно для изготовления пружинного вкладыша и сопрягаемых с ним деталей. Поэтому было предложено выполнить пружинный вкладыш коническим, а остальные сопрягаемые с ним поверхности деталей – цилиндрическими.

Фотографии изношенных деталей подшипникового узла крестовины со следами «ложного бринелирования» представлены на рис.7. Модернизированная крестовина автомобиля ВАЗ «Нива» – на рис. 8.



Рисунок 7 – Внешний вид изношенных деталей («ложное бринелирование») подшипникового узла крестовины

а) – обойма подшипника;

б) – цапфа крестовины



Рисунок 8 – Модернизированные крестовины автомобиля ВАЗ «Нива»

Подавление окислительных процессов в предложенной конструкции легко достигается сальниковым уплотнением. Положительный эффект получается также за счет снижения адгезионной составляющей трения (трения покоя) и частичной реализации идей Н.Е. Жуковского «о движении без трения» (вращением промежуточной опоры) без использования для этого внешнего источника энергии. Подобный подшипник может найти широкое применение взамен игольчатых подшипников карданного вала, сайлентблоков подвески, шарнирах рулевого управления и других шарнирных узлах, работающих в возвратно-вращательном режиме.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий. - Киев: Техніка, 1970. - 296 с.
2. Костецкий Б.И. Износостойкость деталей машин / Б.И. Костецкий. - Киев-Москва: Машгиз, 1950. - 168 с.
3. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий. - Киев: Техника, 1976. - 326 с.
4. Kuranov V. Unity and contrast of normal oxidizing friction and selective transfer / V. Kuranov, A. Vinogradov, A. Buzov // VII international symposium intertribo'99 proceedings tribological problems in exposed friction systems. - Slovak Republic, Stara Lesna, 1999. - P. 128 – 134.
5. Влияние среды и свойств материалов на упрочняющее действие и активацию процессов при пластической деформации и трении / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.В. Бузов, Ю.А. Петров, В.А. Каракозова // МЕТАЛЛДЕФОРМ'99: Сб. материалов 1-й Междунар. науч.-техн. конф. - Самара, 1999. - С. 122-126.
6. Kuranov V. Unity and contrast of normal oxidizing friction and selective transfer / V. Kuranov, A. Vinogradov, S. Mironov // POLISH ACADEMY OF SCIENCES EXPLOITATION PROBLEMS OF MACHINES A quarterly concerning problem of tribology, reliability, exploitation, diagnostics. VOL.XXXIII, ISSUE2(114), Warshaw, 1998. - P. 239-245.
7. Пономарев С.Д. Расчет упругих элементов машин и приборов/ С.Д. Пономарев, Л.Е. Андреева. - М.: Машиностроение. 1980. – 326 с.
8. Виноградов А.Н. Кушалиев Д.К. Эксплуатационные характеристики подшипников с пружинным вкладышем на основе новых принципов и эффектов // Научно-исследовательский журнал «Ғылым және білім». 2010. № 1(18). С. 55-62.
9. Виноградов А.Н. Повышение качества подшипников на основе формирования рациональных физико-механических свойств контактных поверхностных слоев применением триботехнических методов при финишной обработке: дис. ... док. тех. наук: 05.02.08 // А.Н. Виноградов Саратов: 2008. С. 370.
10. Виноградов А.Н. Кушалиев Д.К. Подшипники скольжения с пружинным вкладышем и область их применения // Тяжелое машиностроение. 2012 № 10. С. 29-35

**А.С. ГРЕБЕННИКОВ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**С.А. ГРЕБЕННИКОВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.С. ОБЕЛЬЦЕВ, аспирант СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Д.В. ДЕМЬЯНЕНКО, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ АВТОМОБИЛЕЙ В АТП**

*Рассматривается современная концепция адаптивного управления работоспособностью автомобилей в АТП средствами технического обслуживания и ремонта с диагностированием, в которой учитывается неравномерность и цикличность изменения технического состояния автомобиля в пределах его жизненного цикла.*

***Ключевые слова:** предприятие, автомобиль, система управления, планово-предупредительный система, техническое обслуживание и ремонт, повышение надежности.*

**A.S. GREBENNIKOV, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**S.A. GREBENNIKOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.S. OBELTSEV, a graduate student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**D.V. Dem'yanenko, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **THE IMPROVEMENT OF THE MANAGEMENT SYSTEM TECHNICAL CONDITION OF THE CAR IN ATP**

*A concept of destination and execution of repair and preventive works in technical industrial systems is considered. Matters of use of monitoring and diagnostic methods for construction of control system for all cycles of the maintenance and servicing are considered.*

***Keywords:** plants, control system, servicing and maintenance, preventative maintenance, age repair, overhaul-period system, reliability growth.*

Преобразования потребительских характеристик искусственно созданного технического объекта в пределах жизненного цикла детерминированы взаимосвязью состояний, относящихся к прошлому, настоящему и будущему. При этом будущее состояние любого устройства коренится в объективных тенденциях ухудшения качественных свойств его полезности в виде динамики их изменения во времени, которая служит основанием для прогнозирования показателей его работы по назначению на любом этапе эксплуатации и целесообразности использования в течение указанного производителем срока.

Для восстанавливаемых систем (транспортной, энергетической, производственно-технологической) на период их амортизационного срока службы нормативной документацией предусматривается периодический их вывод из эксплуатации для выполнения профилактических и ремонтных воздействий. В большинстве производственных отраслей России и зарубежных стран такие воздействия осуществляются на принципах планово-предупредительной системы [5].

Применительно для сложных механических систем – автотранспортных средств (АТС), важными характеристиками их производственной деятельности, с позиции эксплуатационной надежности, являются динамики изменения общего технического состояния (всей совокупности элементов автомобиля) и неравномерности их изменения по отдельным его составляющим в процессе эксплуатации. По этим зависимостям, отражающим деградацию состояний элементов АТС по времени или пробегу, осуществляют прогнозирование, то есть формируют предсказание выхода за допустимые пределы значений контролируемых параметров на планируемый этап эксплуатации в будущем. Как правило, глубина прогноза ограничивается периодичностью до очередного технического обслуживания (10...30 тыс. км). При этом общее техническое состояние автомобиля определяется совокупностью текущих количественных значений структурных, диагностических или рабочих параметров основных его элементов (ДВС, коробки передач,

управляемые и ведущие мосты, ходовая часть), которые сравниваются с номинальными или предельными их значениями по известным динамикам их изменения. Чем меньше различия номинальных и текущих значений изменяющихся показателей состояний всей совокупности элементов автомобиля в течение эксплуатационного цикла, тем с большей эффективностью можно планировать и проводить профилактические мероприятия – ТО и предупредительные ремонты (ПР), назначенная периодичность которых в таком случае будет оптимальной для большинства агрегатов и систем автомобиля. Наоборот, высокая вариация показателей надёжности отдельных элементов автомобиля значительно снижает эффективность профилактической составляющей технических воздействий в рамках существующей плано-предупредительной системы ТО и ремонта (ППСТОР) автотранспортных средств.

Именно высокий коэффициент вариации ( $V = 0,7$  и более) показателей надёжности между элементами одного наименования в конкретных автомобилях, так и в больших группах однотипных автомобилей, вызывает дискуссии о необходимости совершенствования плано-предупредительной системы ТО и ремонта из-за её недостаточной эффективности. При этом часто высказываются полярные точки зрения, вплоть до ликвидации системы как таковой и её замены только ремонтно-восстановительными мероприятиями, проводимыми по потребности по результатам встроенной (бортовой) диагностики. Платформой для подобного направления развития технической эксплуатации служит высокая степень компьютеризации автомобилей.

Действительно, существующие электронные системы управления агрегатами и механизмами автомобиля, основанные на микроконтроллерах, обладают широкими возможностями для коммуникационных расширений, позволяющих записывать и считывать данные с многочисленных датчиков, обрабатывать их и выдавать диагностические или информационные сообщения через порты (например, OBD-II) водителям и техническому персоналу АТП. Однако, поступающая в таком виде информация в большинстве своём не обладает свойствами прогнозного характера, а является сигналом для выполнения, главным образом, ремонтно-восстановительных работ, то есть направлена на активную реализацию концепции «запланированного старения» или «плановых отказов» Бернарда Лондона как средства поддержания работоспособности АТС [1].

Согласно данной концепции дилеры заводов - производителей автомобилей, а также технические службы АТП должны действовать по строгим указаниям автостроителей, где приоритетны плановые замены узлов и агрегатов по пробегу, а не по фактическому их техническому состоянию. Это выгодно и экономически (в виду большего расхода запасных частей), и обеспечивает надёжность автомобилей, но абсолютно не отвечает главной концепции технических служб АТП - управлению техническим состоянием элементов и систем автомобиля в процессе эксплуатации.

Несмотря на очевидные достоинства подобной концепции, учитывающей, прежде всего, значительные экономические последствия отказов элементов автомобиля при выполнении транспортных работ, в ней отсутствует мотивация к оптимизации (минимизации) трудовых и материальных затрат на поддержание работоспособности АТС для технических служб АТП. По этой причине большая часть научно-практического сообщества, работающая в области технической эксплуатации отдаёт предпочтение сохранению основных принципов плановой системы технического обслуживания и ремонта, добавляя в её реализацию существенную коррекцию объёма предупредительных воздействий на основе контроля индивидуальных свойств АТС в режиме реального времени [1...5]. Этой методологической тенденции посвящен ряд работ сотрудников СГТУ имени Гагарина Ю.А. [2, 3]. Их отличительной особенностью является то, что определение объёма профилактических и ремонтно-восстановительных работ осуществляется по фактическому техническому состоянию АТС с учетом неравномерности и цикличности его изменения на определенных периодах эксплуатации.

Подобное направление развития плано-предупредительной системы, учитывающей индивидуальное состояние автотранспортных средств, предусматривает:

-внедрение в системы управления автомобиля устройств и программного обеспечения с многофакторными функциональными зависимостями (моделями) изменяющихся параметров его элементов по наработке, позволяющих более точно (адаптивно) управлять техническим состоянием наиболее важными агрегатами с учетом неравномерности изнашивания деталей и сопряжений в системе «ДВС – трансмиссия – ходовая часть». Такие устройства должны информировать о техническом состоянии взаимосвязанных элементов автомобиля не только то, что они исправны в данный момент времени (в период контроля - диагностирования), но и то, что они будут продолжать оставаться исправными на прогнозируемом интервале времени;

-учет и накопление статистических данных по индивидуальным свойствам изменения технического состояния конкретного обслуживаемого автомобиля на основе информационной поддержки с использованием CALS - технологий (Continuous Acquisition and Lifecycle Support). Она должна осуществлять прогноз технического состояния элементов автомобиля, назначать сроки и перечень операций по техническим воздействиям автомобиля, планировать материальные и трудовые затраты для поддержания его работоспособности на гарантированном этапе эксплуатации. Такая индивидуальная прогнозно – диагностическая информации по каждому автомобилю в будущем необходима для создания информационно-организационных сервисов в коммерческих виртуальных логистических центрах (Virtual Logistics Center - VLC), цель которой - эффективная интеграция автомобильного транспорта в интеллектуальную единую транспортную систему (Intelligent Transport Systems - ITS).

Таким образом, на современном этапе развития планово-предупредительной системы ТО и ремонта речь идет о системе комплексного адаптивного управления общим и поэлементным техническим состоянием элементов автомобиля на основе его диагностирования в режиме реального времени и аналитических зависимостей их деградации по наработке. Разрабатываемые динамики изменения технического состояния должны отражать многофакторность эксплуатационных причин, влияющих на ресурсные и другие технико-экономические показатели АТС. При этом фиксируемые и прогнозируемые параметры технического состояния элементов автомобиля автоматически являются начальными условиями для оптимизации ремонтных циклов и профилактических мероприятий, направленных на сокращение материальных и трудовых затрат.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., Комов П.Б., Грицук И.В., Волков Ю.В., Комов Е.А. - Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2013. - 398 с.
2. Гребенников А.С. Адаптивное управление техническим состоянием систем и механизмов автомобиля по показателям внутрицикловых изменений угловой скорости его вращающихся элементов / А.С. Гребенников, С.А. Гребенников // Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-26): сб. тр. XXVI междунар. науч. конф., г. Нижний Новгород, в 10 т.: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2013. - Т. 9. – С. 96-97.
3. Гребенников С.А. Неравномерность и цикличность изменения технического состояния автомобиля за эксплуатационный цикл / С.А. Гребенников, А.С. Гребенников // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Матер. VIII Международ.научн.-техн. конф. Ч.1 – Пенза: ПГУАС, 2014. С.159 – 164.
4. Зубрицкас И.И. Адаптивная система управления техническим состоянием автомобилей /И.И.Зубрицкас//Приборы и системы, управление, контроль, диагностика. 2005, №11. – С.4-8.
5. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. Е.С. Кузнецова.- М.: Наука, 2001. - 535 с.

**С.А. ГРЕБЕННИКОВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**С.А. ЗЕЛЕНКОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Рассмотрены проблемы загрязнения атмосферы двуокисью углерода (CO<sub>2</sub>), принятые меры по сокращению выбросов парниковых газов, ответственность автопроизводителей за превышение выбросов CO<sub>2</sub>, способы сокращения выбросов CO<sub>2</sub> автомобильным транспортом, передовые технологии, применяемые для сокращения расхода топлива автомобилями.*

**Ключевые слова:** выбросы CO<sub>2</sub>, регулирование выбросов CO<sub>2</sub>, расход топлива, коэффициент полезного действия, механические потери.

**S.A. GREBENNIKOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**S.A. ZELENKOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **THE FUEL EFFICIENCY OF PASSENGER CARS**

*The problems of pollution of the atmosphere with carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), the measures taken to reduce greenhouse gas emissions, the liability of manufacturers for excess CO<sub>2</sub> emissions, ways to reduce CO<sub>2</sub> emissions by road transport, and advanced technologies used to reduce fuel consumption by cars.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub> emissions, regulation of CO<sub>2</sub> emissions, fuel consumption, efficiency, mechanical losses.

Необходимость в сокращении расхода топлива автотранспортом обусловлена несколькими причинами:

- за последние 10 лет цена на нефть на мировом рынке возросла от 5 до 6 раз, и становится все более нестабильной;
- по оценкам специалистов Евросоюза, автомобильный транспорт занимает второе место по объемам выброса парниковых газов (после производства электроэнергии), а, значит, оказывает существенное влияние на потепление климата на планете;
- мировое сообщество вводит ограничения на выброс парникового газа двуокиси углерода CO<sub>2</sub> – основного продукта сгорания углеводородного топлива, которыми являются бензин и дизельное топлива.

В настоящий момент и до 2015 года автомобилям в Евросоюзе разрешено выбрасывать 130 г/км. CO<sub>2</sub>. Однако, исследования, проведенные в Евросоюзе, показали, что реальные выбросы CO<sub>2</sub> у новых автомобилей, рассчитанные исходя из количества расходуемого ими топлива, в среднем на 25% превышают данные производителей, согласно им заявленные производителями показатели расхода топлива намного меньше реальных цифр особенно у «экономичных» и «зеленых» автомобилей.

Для производителей автомобилей установлены предельные значения выбросов диоксида углерода в зависимости от снаряженной массы автомобиля. Расчет предельных значений  $e_{CO_2}$  выбросов CO<sub>2</sub> производится по формуле [1, 3]:

$$e_{CO_2} = 130 + a \times (M - M_0), \text{ г/км} \quad (1)$$

где  $M_0$  - значение средней массы легкового автомобиля (1372 кг);

$M$  - снаряженная масса автомобиля, кг;

$a$  - коэффициент повышения расхода топлива, приходящийся на единицу массы автомобиля (0,0457).

На рис. 1 представлен график, иллюстрирующий приведенную выше формулу.

Допустимое значение выброса CO<sub>2</sub> для производителя определяется как среднее значение допускаемых значений CO<sub>2</sub> по всему объему производства в календарном году. При превышении средней величины выброса CO<sub>2</sub> относительно рассчитанного предельно допустимого значения с производителя взимается штраф в зависимости от величины превышения. В период с 2012 по 2018 г. за превышение количества CO<sub>2</sub> в размере до 1 г/км штраф составляет 5 € на один автомобиль. За превышение до 2 г/км, до 3 г/км и более 3 г/км

сумма штрафа соответственно составляет 15, 25 и 90 € за каждый грамм на 1 км для каждого автомобиля. С 2019 года сумма штрафа устанавливается 95€ за каждый грамм превышения среднего удельного выброса CO<sub>2</sub> (г/км) по отношению к рассчитанному для производителя нормативному значению.

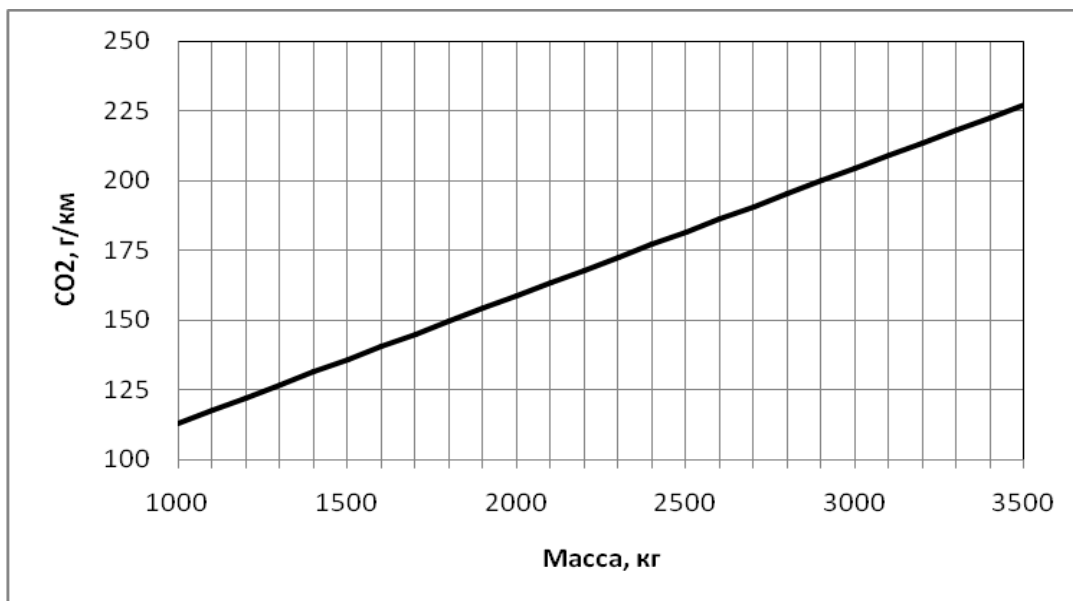


Рисунок 1 – Предельные выбросы CO<sub>2</sub> от легковых автомобилей в зависимости от массы автомобиля в соответствии с Правилами ЕС № 443/2009

Эти обстоятельства вынуждают производителей автотранспорта интенсифицировать внедрение технологий, позволяющих снизить расход топлива, при этом, что важно в условиях высокой конкуренции на рынке, без потери, а в ряде случаев и с повышением динамических показателей автомобиля.

Все существующие способы повышения экономичности можно разделить по следующим критериям (рис. 2)

Из них можно выделить два основных направления в развитии науки: снижение механических потерь, в том числе потерь от преодоления сил инерции автомобиля, и совершенствование рабочих процессов, в основном в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) автомобиля. Существенную роль в уменьшении массы автомобиля играет широкое внедрение полимеров и пластмасс в конструкцию автомобиля, которые в 5-7 раз легче металла. В частности, заменены на пластмассы материалы клапанной крышки, впускного коллектора, педали газа и сцепления, топливный бак, трубопроводы, капот (вместо металла), стекло фар головного освещения и множество других.

Современные технологии, применяемые для повышения литровой мощности, развили направление в развитии конструкции ДВС, получившим название «downsizing» - уменьшение габаритов и веса. Более легкий силовой агрегат будет и дешевле, требует меньших габаритов подкапотного пространства, что снижает металлоемкость передней части автомобиля, требует меньших затрат энергии при изготовлении, а соответственно снижает производственные выбросы CO<sub>2</sub>, а так же улучшает аэродинамику и положение центра тяжести автомобиля. В конструкции кузова применяются прочные и ультрапрочные стали с содержанием марганца и бора, предел прочности на разрыв, которых в районе 1 600 Н/мм<sup>2</sup> (при 180 Н/мм<sup>2</sup> у обычной стали), удельный вес которых может достигать половины веса автомобиля, что наряду с понижением веса кузова увеличивает его жесткость и безопасность.

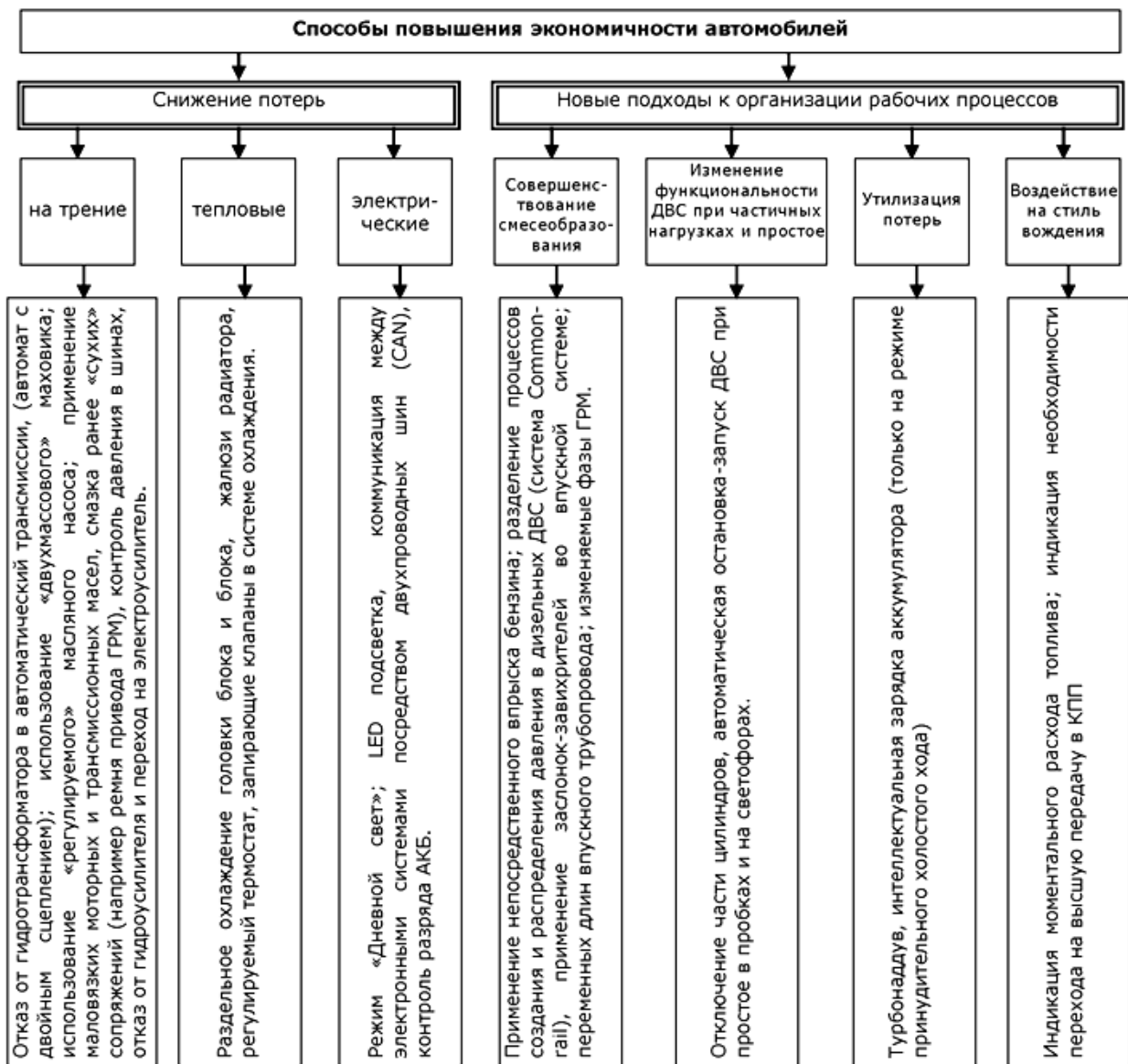


Рисунок 2 – Классификация способов снижения расхода топлива на современных автомобилях

Потери – затраты энергии, уменьшающие полезную работу, полученную в результате сжигания топлива, подразделяются на три составляющие, основной из которых является механические потери на трение. До недавнего времени, автоматические трансмиссии на основе гидротрансформатора считались главным фактором снижающим КПД трансмиссии, поскольку вызывали повышение расхода топлива на 5-20% по сравнению с механической что в условиях квотирования выбросов CO<sub>2</sub> вынудило автопроизводителей существенно сократить выпуск таких трансмиссий. В США «автоматами» оснащены до 95% всего легкового автопарка. Основная причина повышенного расхода топлива - гидравлическое трение в гидротрансформаторе.

Прорыв в развитии «автомата» совершила роботизированная коробка (рис. 3) на основе двойного сцепления «PowerShift» [4] (Ford, Volkswagen), представляющая собой две механические КПП, объединенные в одном корпусе, входной вал каждой из которых соединен с соответствующим сцеплением. Переключение передач (синхронизаторов) и включение сцепления в ней осуществляется сервоприводами, а фактическая смена передачи осуществляется за счет выключения одного сцепления и включения второго, что сделало переключение настолько быстрым, что при переключении на подъеме, когда автомобиль с

обычной трансмиссией замедляется из-за выключенного сцепления, КПД данного автомата выше, чем у механической КПП.

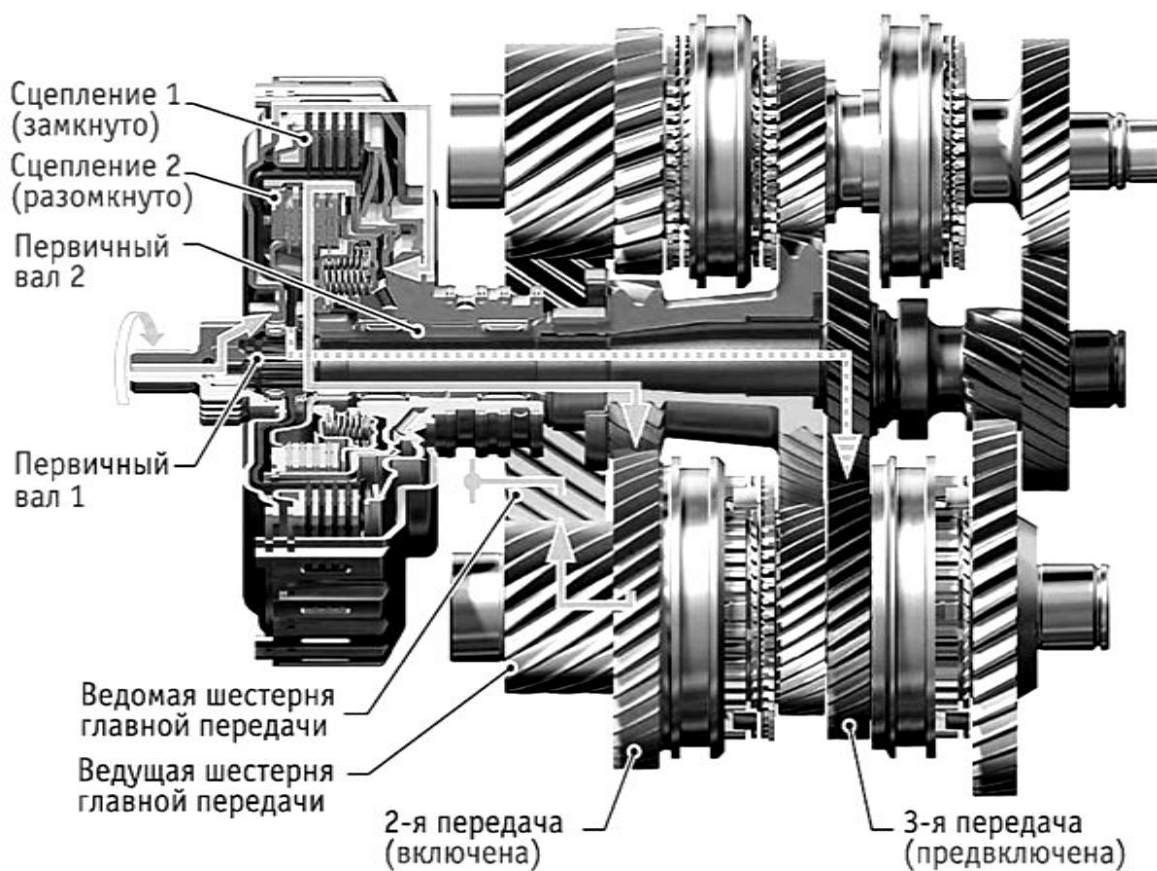


Рисунок 3 – Роботизированная коробка с двойным сцеплением «Powershift»

Еще одной инновацией в плане уменьшения механических потерь является двухмассовый маховик – две части которого, упруго связаны между собой при помощи пружин (рис. 4).



Рисунок 4 – Двухмассовый маховик

В режиме холостого хода обычный маховик препятствует разгону поршня на такте «рабочий ход», при этом увеличивая динамические нагрузки на подшипники коленчатого вала. Двухмассовый маховик, оказывает сопротивление лишь половиной своего веса, поскольку масса второй части в данный момент работает на сжатие упругих элементов маховика. Сопротивление вращению коленчатого вала нарастает постепенно, что снижает динамические нагрузки в подшипниках коленчатого вала, а соответственно и трение, позволяя увеличить среднюю скорость поршня. При достижении нижней мертвой точки, раскрученная сжатыми упругими элементами вторая масса маховика отдает накопленную энергию коленчатому валу выводя поршни из мертвых точек. Установка двухмассового маховика позволяет понизить частоту вращения ДВС на холостом ходу, а соответственно расход топлива на этом режиме. По различным данным в городском движении режим холостого хода ДВС составляет от 10 до 40 процентов общего времени в пути.

Существенно сократить расход топлива на холостом ходу позволяет система «Стоп-старт», которая глушит ДВС сразу после остановки, и автоматически запускает его при нажатии на педаль сцепления (отпуская педаль тормоза для «автомата»), то есть, фактически, исключая холостой ход как таковой. По данным фирмы Volkswagen, внедрение данной системы позволяет экономить до 8% топлива в городском цикле движения.

Простым и достаточно эффективным способом понижения расхода топлива на режимах частичных нагрузок является отключение части цилиндров. Даже на режиме частичных нагрузок, в цилиндры ДВС поступает стехиометрический состав топливовоздушной смеси, что обусловлено необходимостью эффективной работы нейтрализатора отработавших газов. Этому режиму соответствует примерно 70% расстояния, которое проходит автомобиль в европейском экономичном испытательном цикле движения. Отключение части цилиндров позволяет уменьшить поверхность теплоотдачи (общую площадь камер сгорания) от сгорающей топливной смеси, за счет отсутствия сгорания в отключенных цилиндрах, что повышает термический КПД двигателя  $\eta_t$  [2]:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}, \quad (1)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  - соответственно, количество подведенной и отведенной теплоты.

Следует учитывать, что при работе ДВС с частью отключенных цилиндров, количество подведенной теплоты, эквивалентное количеству сжигаемого топлива, останется неизменным, как и при работе на всех цилиндрах, но поверхность теплоотдачи в охлаждающую жидкость существенно уменьшится, что и станет фактором экономии топлива. Так в четырехцилиндровом двигателе Volkswagen объемом 1,4 л. за счет отключения двух цилиндров достигается экономия 0,4 л. на 100 км.

Необходимо сокращать количество потребителей механической энергии, производимой ДВС, например - насос гидроусилителя. Приводимый ремнем от коленчатого вала, насос осуществляет перекачку жидкости по системе, даже если рулевое управление не задействовано. Переход на электроусилитель рулевого управления исключает затраты энергии в режиме «холостого» хода усилителя, и, кроме того, существенно повышает надежность узла. Если потребителя энергии нельзя исключить, то необходимо уменьшить влияние на расход топлива путем регулировки его мощности. По такому принципу видоизменились современные насосы системы смазки, системы заряда АКБ и кондиционирования воздуха в салоне. Причем система заряда АКБ («smartcharge») построена таким образом, чтобы дополнительно нагружать ДВС в режиме принудительного холостого хода (помогать торможению двигателем) и, наоборот, при наборе скорости отключать систему заряда (за это свойство, некоторые производители автомобилей называют ее системой рекуперации энергии). Переход на маловязкие масла (5W-20 вместо 5W-30) в сочетании с масляным насосом регулируемой производительности и охладителем масла так же является современной тенденцией в снижении внутренних потерь.

В США с 2002 года, а в Европе с 2014 года являются обязательными системы контроля давления в шинах – показателя, способного изменяться в достаточно широких пределах без видимого проявления и оказывающего существенное влияние на расход топлива (повышение на 3-5%). Система может реализоваться двумя способами:

- с установкой в колесах датчиков давления, передающих сигнал по радиочастотному каналу в модуль управления;
- на основании сигналов скорости вращения колес антиблокировочной системы тормозов.

Принцип работы последней системы основан на увеличении скорости вращения спущенного колеса ввиду уменьшения его радиуса.

Турбонаддув – один из эффективнейших способов повышения технико-экономических показателей ДВС. Во-первых, потому, что использует энергию отработавших газов для исключения насосных потерь на впуске, то есть утилизирует данный вид энергии, во-вторых, обеспечивает downsizing ДВС, за счет увеличения литровой мощности. Сокращение объема ДВС, а, соответственно, поверхности теплообмена, при неизменной мощности (количестве выделенной из топлива теплоты), согласно (1) увеличивает КПД двигателя. Однако, использование наддува в бензиновых ДВС ограничено детонационной стойкостью топлива, а его применение в сочетании с понижением степени сжатия ДВС приводит к резкому падению экономичности, согласно формуле для КПД цикла ОТТО [2]

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – степень сжатия ДВС;  
 $k$  – показатель адиабаты.

Это обстоятельство обусловило долю бензиновых ДВС с наддувом не превышающую 5%, против почти 90% таковых в дизелях. Перспектива применения наддува в бензиновых ДВС открылась с внедрением непосредственного впрыска бензина (рис. 5).

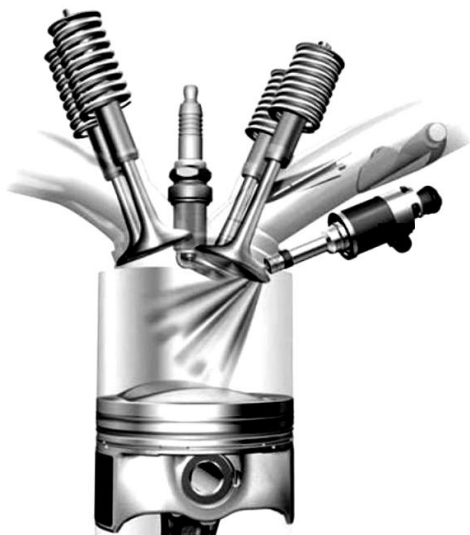


Рисунок 5 – Система непосредственного впрыска бензина



Рисунок 6 – Система подсказок водителю: стрелка со знаком «+» означает рекомендацию к переключению на следующую (повышенную) передачу

Его разработка – результат решения комплекса проблем: от размещения топливной форсунки в, и без того перегруженной, элементной головке блока, до закипания легкого топлива в форсунке от воздействия высоких температур и, необходимо, в связи с этим,

повышения в 40 раз давления топлива (150 Bar против 3,5 Bar у распределенного впрыска). Эффект от непосредственного впрыска позволил перекрыть все ранее достигнутые результаты по достижению экономичности – 10-15% снижения расхода топлива. Наряду с наивысшей степенью гомогенности смеси, мелкораспыленное топливо настолько сильно охлаждает пространство цилиндра (за счет скрытой теплоты парообразования), что появляется возможность повышения степени сжатия до значения 14 (Mazda CX-5) или применения наддува без риска детонации, что довело уровень экономичности до 20% по сравнению с традиционным впрыском. Открывшиеся возможности ознаменовали эпоху интенсивного внедрения турбонаддува на бензиновых ДВС.

Однако, усилия по достижению экономичности автомобиля могут оказаться напрасными при неумелом обращении с силовым агрегатом. Интенсивные разгоны, длительное движение на пониженных передачах с высокой частотой вращения коленчатого вала, несвоевременные переключения - все это значительно увеличивает расход топлива и выбросы CO<sub>2</sub>. Для уменьшения «человеческого фактора» в вопросах экономичности, производители вводят систему подсказок водителю – индикация на панели приборов в виде стрелки вверх или вниз, (что указывает на необходимость включения, соответственно, повышающей, понижающей передачи), или индикации номера желаемой передачи.

Из перечисленных мероприятий по повышению экономичности автомобилей, наиболее перспективным в плане конструкторских решений и не нашедшим массового внедрения, является система отключения цилиндров ДВС. Основной проблемой в данной системе является необходимость «декомпрессирования» отключенных цилиндров, для исключения их работы в режиме компрессора, что проблематично реализуется в существующем механизме газораспределения. Целью дальнейших исследований является разработка и создание технологичного и простого в реализации механизма отключения цилиндров ДВС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Кутенев, А.В. Козлов, Теренченко, Ю.В. Шюте. Проблемные вопросы ограничения выбросов CO<sub>2</sub> от автотранспортных средств.: <http://www.aae-press.ru/j0062/art016.htm>
2. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн.: учебник / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина. - М. : Высшая школа, 1995 - . Кн. 1 : Теория рабочих процессов. - 1995. - 368 с.
3. Regulation (EC) №443/2009 of the European Parliament and of the Council setting emission performance standards for new passenger cars as part of the Community's integrated approach to reduce CO<sub>2</sub> emissions from light-duty vehicles, 23 April 2009.
4. [WWW.ETIS.FORD.COM](http://WWW.ETIS.FORD.COM) – официальный сайт технической поддержки Ford.

**И.К. ДАНИЛОВ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Д.Н. АНТОНОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Е.В. НИКИТИН, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СТЕНДОВ ДЛЯ ОБКАТКИ И ИСПЫТАНИЯ ДВС**

*В настоящее время имеется широкая гамма стендов для обкатки и испытания ДВС, и их выбор на рынке оборудования зависит от предпочтений покупателей – представителей предприятий автосервиса.*

**Ключевые слова:** *стенд, обкатка, испытание, двигатель.*

**I.K. DANILOV, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**D.N. ANTONOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**E.V. NIKITIN, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **ANALYSIS STAND STRUKTURE FOR RUNNING THE ICE AND TESTS**

*Currently, there are a wide range of stands for running and testing of internal combustion engines, and their choice of equipment on the market depends on the preferences of buyers - representatives of business service centers.*

**Keywords:** *stand, running in, the test engine*

Классический стенд для обкатки ДВС состоит из электропривода, установленного на опоре, карданного вала, снабженного шлицами, а противоположная его часть соединена с валом электродвигателя. Вал электропривода соединен с храповиком двигателя внутреннего сгорания через карданный вал, отключающее устройство, шлицевую втулку и зацепляющее устройство. Отключающее устройство выполнено в виде фланца, установленного на шлицевой втулке и снабженного ступенчатым выступом с зацепляющим элементом, причем последний снабжен храповиком. Между электроприводом и двигателем внутреннего сгорания установлена подшипниковая опора, на которую опирается карданный вал своей средней частью. Испытуемый двигатель устанавливают на опоры соосно карданному валу. Перемещением отключающего устройства по шлицам карданного вала соединяют зацепляющее устройство с храповиком двигателя, после чего производят обкатку двигателя. Недостатком этой категории стендов является то, что они рассчитаны на обкатку двигателей только определенного типоразмера, из-за чего имеют узкие функциональные возможности.

Другие виды стендов для обкатки и испытания ДВС содержат основание, на которое установлен тормоз, тележку с размещенными на ее раме ложементами для установки двигателя, механизм центрирования вала двигателя относительно вала тормоза и механизм фиксации тележки с двигателем от осевого перемещения и опрокидывания. Недостатком стендов является его ненадежность. Указанный недостаток обусловлен тем, что относительно тонкие центрирующие стержни находятся под действием значительных изгибающих моментов при наезде на них тележки с двигателем, в результате чего возможно их быстрое деформирование и поломка. Кроме того, в процессе испытания двигателя возможен поворот под действием собственного веса крюка, фиксирующего тележку с двигателем от осевого перемещения, в результате чего тележка с двигателем может отъехать от тормоза и опрокинуться под действием реактивного момента. Недостатком является и то, что данные стенды обеспечивают возможность приработки двигателя внутреннего сгорания только в одном режиме, когда двигатель циклически сначала разгоняется до максимальной частоты вращения коленчатого вала при максимально открытом положении топливodoзирующего механизма и затем снижает частоту вращения коленчатого вала до минимального значения при максимально закрытом положении топливodoзирующего органа.

При сравнительной простоте конструкции указанные стенды не позволяют выбирать и задавать другие режимы испытаний и не обеспечивают возможности измерять, контролировать и отображать оператору стенда текущие значения основных параметров

двигателя внутреннего сгорания при его испытании. Кроме того, процесс испытания имеет низкий уровень автоматизации.

Известна конструкция стенда, которая содержит асинхронную электрическую машину с фазным ротором, кинематически связанную с двигателем внутреннего сгорания. Данный стенд обеспечивает режим холодной обкатки двигателя внутреннего сгорания при стабилизации частоты вращения и режим горячей обкатки при стабилизации момента нагрузки. Несмотря на достаточно сложную конструкцию, этот стенд не обеспечивает возможности измерять, контролировать и отображать оператору стенда текущие значения основных параметров двигателя внутреннего сгорания при его испытании. Кроме того, процесс испытания также имеет низкий уровень автоматизации.

Стенд для обкатки и испытания двигателей внутреннего сгорания КИ-35503 (Рисунок 1) предназначен для проведения обкатки и приемосдаточных испытаний при капитальном и текущем ремонтах двигателей внутреннего сгорания. Стенды обеспечивают холодную обкатку, горячую обкатку без нагрузки, горячую обкатку с нагрузкой, испытания ДВС. Процесс обкатки и испытания ДВС на стенде полностью автоматизирован. Нагрузка регулируется электронным блоком системы автоматического управления (контроллером).

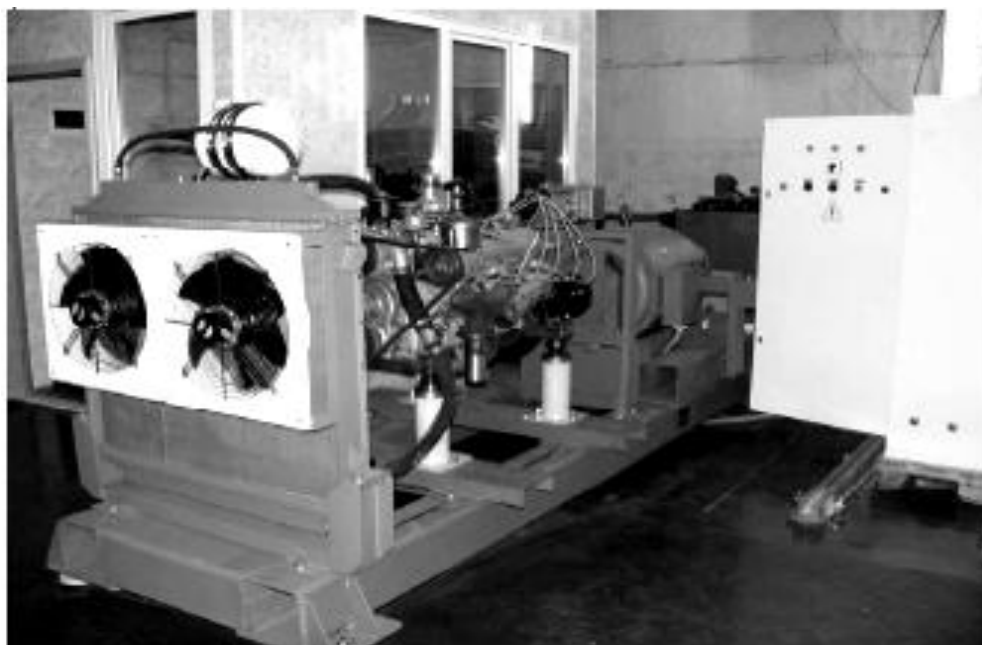


Рисунок 1 – Стенд для обкатки и испытания двигателей внутреннего сгорания КИ-35503

Главное отличие стенда КИ-28249 от стендов других типов заключается в использовании в качестве привода (тормоза) объемной гидромашины, которая при холодной обкатке и пуске ДВС работает в режиме гидромотора, а после запуска автоматически переходит в режим насоса. Дросселирование потока масла на выходе из насоса позволяет плавно регулировать нагрузку на ДВС от нуля до максимальной. Тепловая мощность, выделяемая в гидроприводе стенда при торможении, рассеивается воздушным теплообменником (калорифером). По сравнению с электрическими стендами КИ-28249 имеет следующие преимущества: холодная обкатка производится при частоте вращения 100-300, что в 3-5 раз меньше, чем минимальная частота вращения стендов с асинхронными электромашинными, это создает благоприятные условия для первоначальной приработки сопрягаемых деталей и снижает вероятность прихвата и задиров деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов; установочная мощность стенда на порядок меньше тормозной мощности, что снижает затраты на подведение электрокоммуникаций и пускозащитную аппаратуру. Стенд прост в управлении, обслуживание сводится к замене один раз в год фильтроэлемента гидропривода, он

достаточно надежен. Параметры ДВС, контролируемые на стенде: крутящий момент, мощность, частота вращения коленчатого вала, давление в системе смазки и температура охлаждающей жидкости. Все основные части стенда: теплообменник, гидроблок и подмоторная рама с ДВС устанавливаются на виброопоры и не требуют специального фундамента. Мощность и крутящий момент обкатываемых ДВС определяются по показаниям манометров и тахометра, входящих в состав стенда.

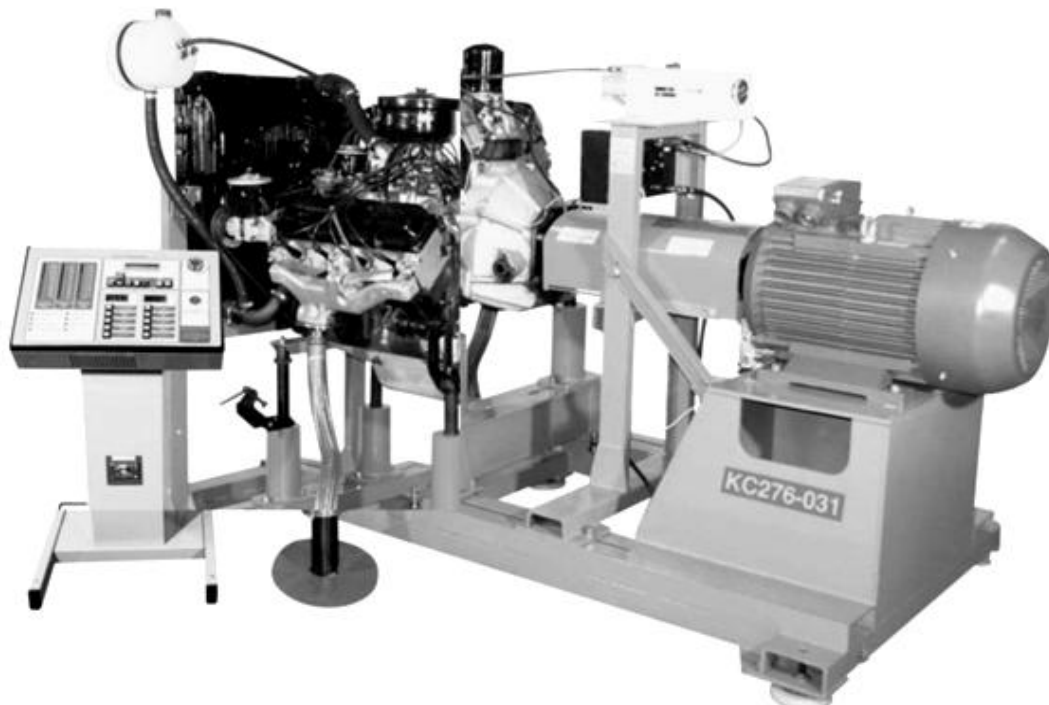


Рисунок 2 – Стенд для обкатки двигателей КС-276-031

Стенд для обкатки двигателей КС-276-031 (Рисунок 2) предназначен для обкатки ДВС ЯМЗ-236,238, КаМАЗ-740, ЗИЛ-130,375,508.10, ЗМЗ-53, ГАЗ-52, Д-245.12, УМЗ-451,417,421, ЗМЗ-24, 402, 406, ВАЗ-2101,2106,2108,21081,21083,2111,2112. Стенд КС 276-031 позволяет выполнять приработку и испытание ДВС в холодном режиме, в горячем без нагрузки, в горячем под нагрузкой.

Нами предлагается усовершенствовать стенд для работ по обкатке двигателей. Прототипом выбран стенд КС276-031, его недостатки: в конструкции применены винтовые опоры, которые увеличивают объем ручного труда, что влечет за собой увеличение периода подготовки двигателя. Усовершенствование стенда заключается во внедрении гидропривода с гидроцилиндрами, и разработке предохранительного механизма, который защищал бы привод, в случае нештатного отключение системы.

Разработка предлагаемой конструкции стенда направлена на достижение технического и экономического результата. Применение гидропривода позволит увеличить число обкатываемых двигателей за счет уменьшения времени подготовки двигателей к обкатке и снизить долю ручного труда.

Кроме того, нами предлагается использовать универсальный съемник гильз цилиндров, конструкция которого разрабатывается с учетом достоинств и недостатков имеющихся на рынке съемников.

**И.К. ДАНИЛОВ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.М. ПОПОВА, к.э.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.М. СЫЧЁВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.В. МАРУСИН, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.В. МАРУСИН, аспирант С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМОЙ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

*Методом математического моделирования исследуется новый алгоритм встроенной системы технической диагностики отказов систем дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей: собственно дизеля; турбины; компрессора; регулятора частоты вращения коленчатого вала и тягового электрического генератора, с использованием их математических диагностических идентификационных моделей в среде визуального графического программирования Simulink, с целью проверки работоспособности главной подсистемы алгоритма системы технической диагностики.*

**Ключевые слова:** *встроенная система технической диагностики; дизель; алгоритмы диагностирования; математическое моделирование.*

**I.K. DANILOV, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.M. POPOVA, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.M. SICHOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.V. MARUSIN, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.V. MARUSIN, a graduate student St. PbGASU, St. Petersburg**

## **SIMULATION OF DIAGNOSTIC INTEGRATED SYSTEM OF A VEHICLE**

*The method of mathematical model operation examines new algorithm of firmware system of an engineering problem diagnostics of systems of the diesel engine of transport facilities with an electrical power transmission: naturally diesel engine; turbines; the compressor; a frequency regulator of twirl of a bent shaft and the tractive electrical oscillator, with use of their mathematical diagnostic identification models in the environment of visual graphical programming Simulink, for the purpose of a functional test of a principal subsystem of algorithm of system of engineering preliminary treatment.*

**Keywords:** *firmware system of engineering preliminary treatment; the diesel engine; algorithms of diagnosing; mathematical model operation.*

В настоящее время отечественным двигателестроением ставится вопрос о создании и совершенствовании встроенной отечественной системы электронной технической диагностики (СТД) транспортного средства с силовой электрической передачей, интеграция её с электронной системой автоматического регулирования и управления (САУ) дизеля. Совершенствование конструкций современных СТД дизелей осуществляется, как правило, на основе их усложнения, увеличения количества диагностируемых переменных и параметров, внедрения новых дополнительных функций (оптимизации статических режимов работы дизеля, адаптации к изменению параметров подсистем дизеля и пр.), степени автоматизации, при повышении требований к информативности и точности, эффективности взаимного функционирования САУ и СТД [1].

Предлагаемая конструкция встроенной СТД может в режиме реального времени обеспечивать повышение информативности и точности контроля технического состояния дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей. СТД содержит три диагностических алгоритма, которые осуществляют оценку отказов подсистем дизеля по статическим контролируемым показателям и показателям, измеряемым в переходных процессах, накопление выборок которых позволяет провести прогноз изменения технического состояния систем дизель-генератора, т.е. диагностирование дизель-генератора в целом.

Технический прогресс в автомобильном транспорте связан с созданием и использованием более сложных, совершенных и мощных дизелей с электронными

системами автоматического регулирования частоты вращения (САРЧВ), с постоянным повышением требований к их показателям эффективности и характеристикам, с необходимостью развития конструкций САРЧВ и объединения в единый комплекс самых разнообразных устройств, включая и систему технической диагностики (СТД).

Все это приводит к возникновению новых научно-технических проблем: по реализации требуемых показателей точности СТД дизелей, сопряжения САРЧВ и СТД, их экономичности и надежности.

Большую часть времени функционирование современных систем дизелей происходит на неустановившихся режимах, на которых основные показатели эффективности дизеля снижаются на 6-20% (мощностные показатели и показатели топливной экономичности). Изменение статических и динамических характеристик дизеля в процессе эксплуатации определяется техническим состоянием элементов его систем: кривошипно-шатунного механизма, системы топливоподдачи, турбокомпрессора и других вспомогательных устройств. Снижение их статических и динамических характеристик ниже допустимого уровня влечет за собой большие материальные убытки.

Особенность проблем эффективности и надежности САРЧВ и СТД дизелей определяется всеми этапами проектирования, изготовления и эксплуатации [2]. Поэтому необходимо выявление связей между показателями эффективности и надежности САРЧВ и СТД дизелей и возможностями их повышения на каждом из указанных этапов.

Состояние элементов САРЧВ дизель-генератора оценивалось во времени переходных процессов с шагом 0,1 с по следующим показателям (измеряемым переменным): частота вращения коленчатого вала дизеля; перемещение рейки топливного насоса высокого давления; ток и напряжение генератора; частота вращения ротора турбокомпрессора; давление наддува от турбокомпрессора; изменение положения ограничителя (упора) перемещения рейки топливного насоса.

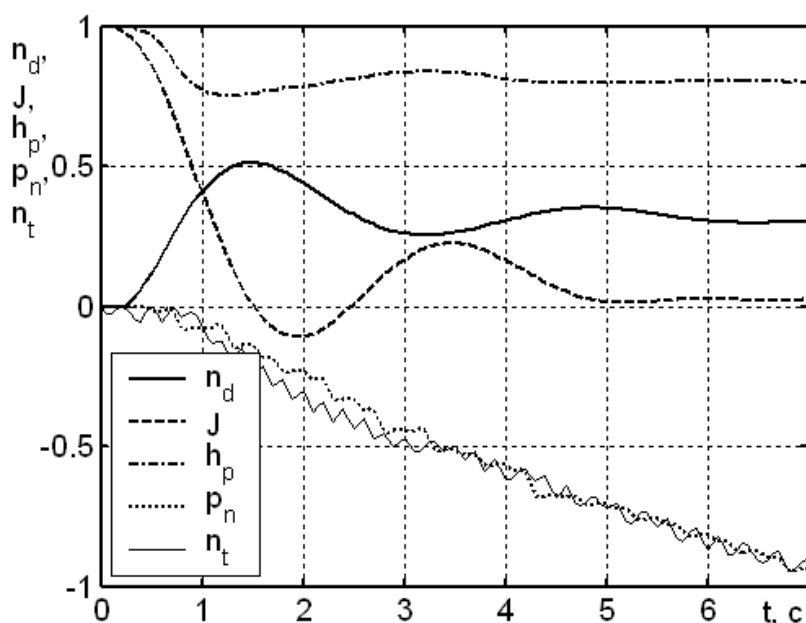


Рисунок 1 – Графики переходного процесса опытной САРЧВ модифицированного дизель-генератора при сбросе частичной нагрузки:

- $n_d$  - частота вращения коленчатого вала дизеля;
- $n_t$  - частота вращения ротора турбокомпрессора;
- $h_p$  - перемещение рейки топливного насоса высокого давления;
- $p_n$  - давление наддува от турбокомпрессора;
- $J$  - ток генератора

Для переходных режимов с одной установившейся частоты вращения коленчатого вала дизеля при сбросе и набросе частичной электрической нагрузки дизель-генератора изменение во времени  $t$  измеряемых переменных приведено на рисунке 1 (графики сглажены).

На рисунке 1 все графики переменных имеют нормированные значения. Графики на сглажены посредством кубической сплайн и полиномиальной интерполяции, что способствует повышению точности идентификационной модели. Вначале выполнялась полиномиальная интерполяция на временном участке (с шагом 0,05) с от 0,5 с до окончания переходного процесса. Затем применялась кубическая сплайн-интерполяция на участке времени  $t$  от 0 до 0,5 с, обеспечивая сопряжение пересекающихся точек (равенство производных).

По разработанному диагностическому алгоритму оценки отказов элементов дизеля в режиме переходного процесса в системе при сбросе нагрузки на тяговом генераторе, и его диагностическим математическим моделям в форме передаточных функций: собственно дизеля, турбины, компрессора и регулятора частоты вращения сформирована структурная схема алгоритма оценки неисправностей каждого из перечисленных элементов дизеля. Структурная схема этой модели СТДсЭП в среде визуального графического программирования Simulink, которая приведена на рисунке 2.

Структурная схема модели СТДсЭП моделирует с помощью функциональных блоков Look-up Table сигналы с датчиков: момента сопротивления нагрузки на коленчатом валу дизеля (ток якоря генератора,  $M_c$ ), перемещения рейки топливного насоса ( $h_p$ ), давления надувочного воздуха ( $p_n$ ), частот вращения коленчатого вала ( $nd$ ) и ротора турбины ( $nt$ ). Аргумент таблично задаваемых функций этих блоков формируются генератором Ramp. Графики перечисленных табличных зависимостей приведены на рисунках 4.5. На схеме модели дизеля, турбины, компрессора (турбокомпрессора) и РЧВ сформированы в виде функциональных блоков Subsystem, соответственно: Model Diesel OU, Model Turbina, Model Komp, Model Regulajtor. Выходы этих блоков (выходные переменные, рассчитанные по моделям) подаются на соответствующие сумматоры, где производится сравнение значений моделируемых переменных ( $nd$ ) со значениями данных, являющихся выходами моделей ( $nd_m$ ) соответствующих датчиков. Разницы (например  $nd_m - nd$ ) моделируемых и наблюдаемых с датчиков значений переменных подаются на функциональные блоки типа Look-up Table 1...4 реализующие, так называемые, щелевые функции со значениями ноль и единица. Ширина этих щелевых функции задается эталонными значениями отклонений каждой из соответствующих переменных и определяет допустимые диапазоны коридоров, в которых величины изменения отклонений переменных допустимы, и не определяет отказ моделируемых элементов двигателя. Выходы функциональных блоков Look-up Table 1...4 подаются на соответствующие строки дисплея Display1 и одновременно на интеграторы, где производится интегрирование во времени сигналов –отклонений от эталонных значений переменных. Ограничение величин этих сигналов осуществляется функциональными блокам, реализующими ступенчатую функцию с нулем и единицей ( $M_c1...4$ ).

Для решения задач прогнозирования разницы (например,  $nd_m - nd$ ) моделируемых и наблюдаемых с датчиков значений переменных подаются на функциональные блоки типа Abs...3, где исключаются отрицательные знаки, затем записываются в оперативную память программы с помощью функциональных блоков типа To Workespace...3. Эти переменные имеют следующие имена: O1\_nd, O1\_nt, O1\_pn, O1\_hp и используются другой программой Matlab, где накапливаются (запоминаются) после каждого тестирующего воздействия. При каждом новом запуске программы прогнозирования эти данные отображаются в форме графиков, позволяющих о тенденциях изменения отклонений значений переменных моделей от эталонных значений.

Результаты моделирования одного канала по прикладной программе, реализующей рассматриваемую структурную схему модели СТДсЭП (рисунок 2), в форме графиков

переходных процессов приведены на рисунке 3 и рисунке 4, при отсутствии отказов диагностируемых элементов двигателя.

При анализе графиков относительного отклонения давления  $p_H$ ,  $p_{HM}$  надвучного воздуха турбокомпрессора дизеля от времени  $t$ ,  $p_H$  - измеренных в эксперименте,  $p_{HM}$  – результата моделирования, на рисунках 3 и 4 видно, что в отсутствии отказов диагностируемых элементов двигателя кривые графиков моделируемых переменных с датчиков и выходов моделей, выбранных диагностируемых элементов дизеля практически совпадают.

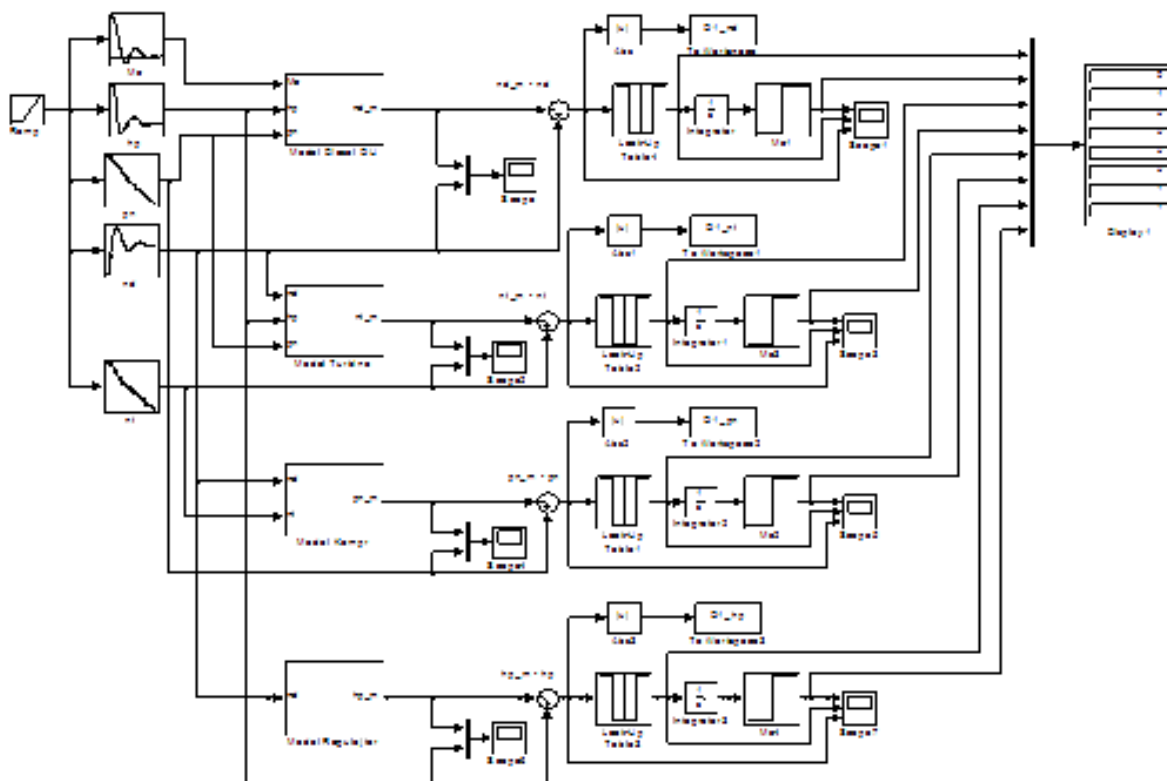


Рисунок 2 – Структурная схема модели СТДсЭП представленная в среде визуального графического программирования Simulink

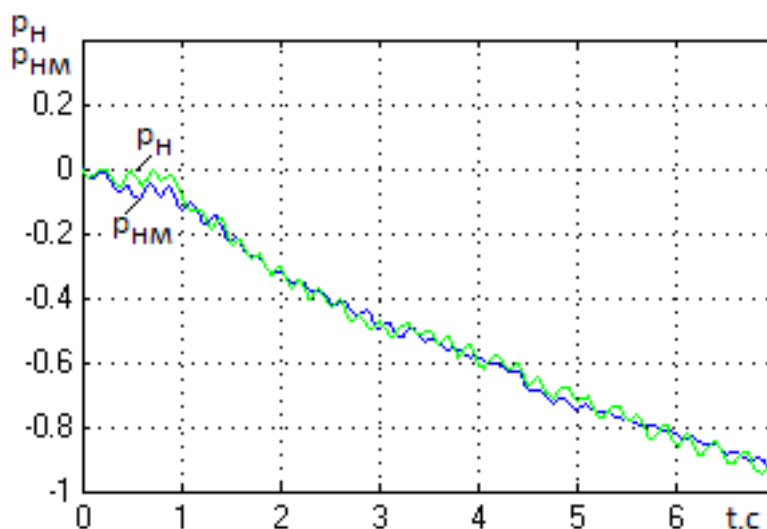


Рисунок 3 – Зависимость относительного отклонения давления  $p_H$ ,  $p_{HM}$  надвучного воздуха турбокомпрессора дизеля от времени  $t$   
 $p_H$  – измерено в эксперименте;  $p_{HM}$  – результат моделирования.

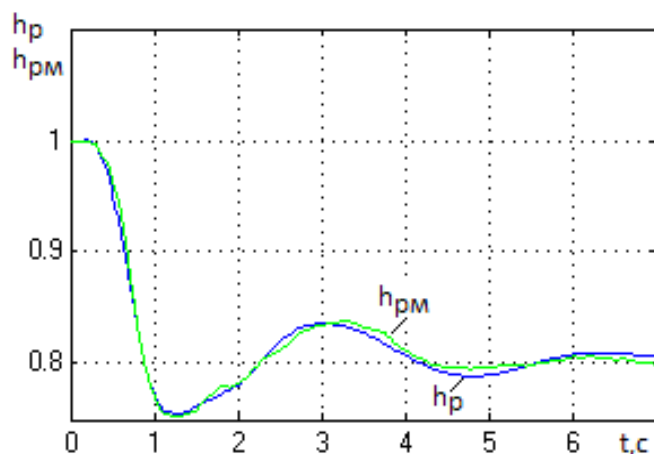


Рисунок 4 – Зависимость относительного отклонения рейки ТНВД дизеля  $h_p$ ,  $h_{pM}$  от времени  $t$ ;  $h_p$  – измерено в эксперименте;  $h_{pM}$  – результат моделирования.

Результаты моделирования одного канала по прикладной программе, реализующей рассматриваемую структурную схему модели СТдсЭП (рисунок 2), в форме графиков переходных процессов приведены на рисунке 5, при наличии отказа дизеля как объекта управления.

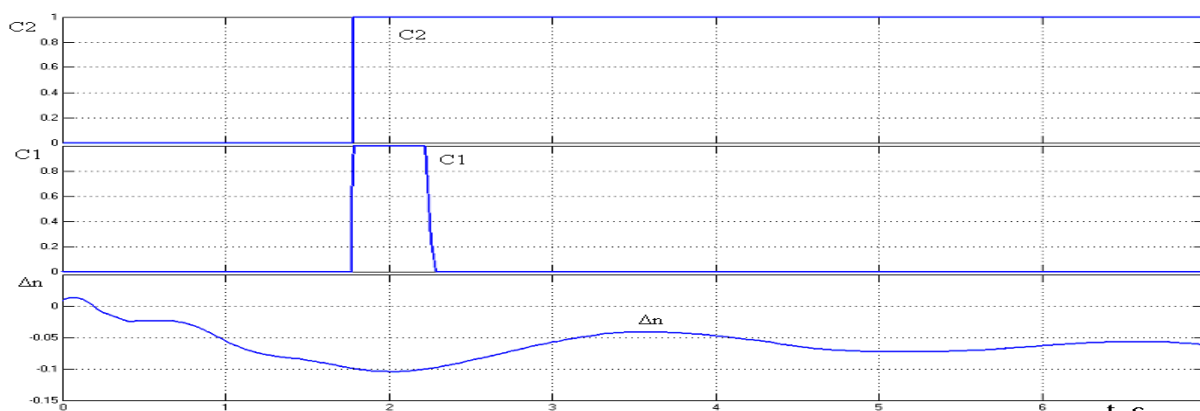


Рисунок 5 – Изменение во времени  $t$  разницы  $\Delta n = n_{d_m} - n_d$  относительных отклонений измеряемой  $n_d$  и моделируемой  $n_{dM}$  частот вращения дизеля, сигнала  $C1$  от  $\Delta n$  на выходе щелевой функции и сигнала  $C2$  с щелевой функции после интегрирования

Теоретическое обоснование разработанных алгоритмов и их диагностических математических моделей, проведенное посредством математического моделирования, показало работоспособность алгоритмов и достаточную для практики точность разработанных диагностических математических моделей, таким образом, проведена их проверка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов. /И. Васильев, Ю. М. Гусев, А. И. Иванов и др.—М.: Машиностроение, 1989.—240 с.: ил.
2. Сычёв А.М., Брагин Т.М., Степанов М.Ф., Степанов А.М. Построение математической модели дизель-генератора по данным эксперимента./ Сб. трудов XXI Междунар. науч. конф.: в 10 т. Т6 / под общ. ред. В.С. Балакирева. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2008.-С.323-326.

**А.С. ДЕНИСОВ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.Ю. КУВЕРИН, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЭТАПНОЙ РАЗРАБОТКИ ПРИБОРА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА644**

*Показаны перспективы развития аппаратного обеспечения средств диагностирования двигателей внутреннего сгорания по показателям изменения угловой скорости коленчатого вала. Приведена упрощенная схема разрабатываемого диагностического прибора. Показана методика отладки программного обеспечения микроконтроллера прибора с использованием программного комплекса Proteus.*

**Ключевые слова:** микроконтроллер, диагностический прибор, двигатель внутреннего сгорания, диагностика

**A.S. DENISOV, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.U. KUVÉRIN, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **FEATURES OF THE GRADUAL DEVELOPMENT OF THE DEVICE FOR DIAGNOSIS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES BASED ON THE MICROCONTROLLER ATMEGA644**

*Perspectives of development of hardware diagnostic devices of explosive motors on metrics of change of an angular velocity of a bent shaft are shown. The simplified circuit of the developed diagnostic instrument is resulted. The technique of adjustment of the software of the microcontroller of the instrument with usage of program Proteus complex is shown.*

**Keywords:** microcontroller, diagnostic device, internal combustion engine, diagnostics

В Саратовском государственном техническом университете на протяжении ряда лет ведется разработка бесстендовых методов и средств диагностирования двигателей внутреннего сгорания. В основе разработанных методов лежит определение параметров технического состояния двигателей по показателям изменения угловой скорости коленчатого вала без использования внешних приводных или нагрузочных устройств.

Большие перспективы в дальнейшем развитии данных методов открываются при разработке аппаратного обеспечения на основе современных микроконтроллеров ведущих мировых производителей. В настоящее время проводится разработка микроконтроллерного прибора для диагностирования дизельных двигателей. Основным компонентом разрабатываемого прибора является микроконтроллер ATmega644 8-битного семейства AVR гарвардской архитектуры (программа и данные находятся в разных адресных пространствах) американской фирмы Atmel (рис. 1).

Как правило, разработка микроконтроллерных средств производится в несколько этапов (рис. 2). Наибольшую сложность при разработке микроконтроллерных систем представляет разработка программы, которая при прошивке загружается в память микроконтроллера и обеспечивает его работу по заложенному алгоритму. Для программирования микроконтроллеров AVR, ввиду его большой популярности во всем мире, разработано значительное количество компиляторов для наиболее популярных языков программирования:

Система команд микроконтроллеров AVR изначально оптимизировалась под программирование на языках высокого уровня, что позволяет отказаться от программирования на ассемблере.

Наиболее целесообразным является использование объектно-ориентированного языка C, имеющего развитую систему команд.

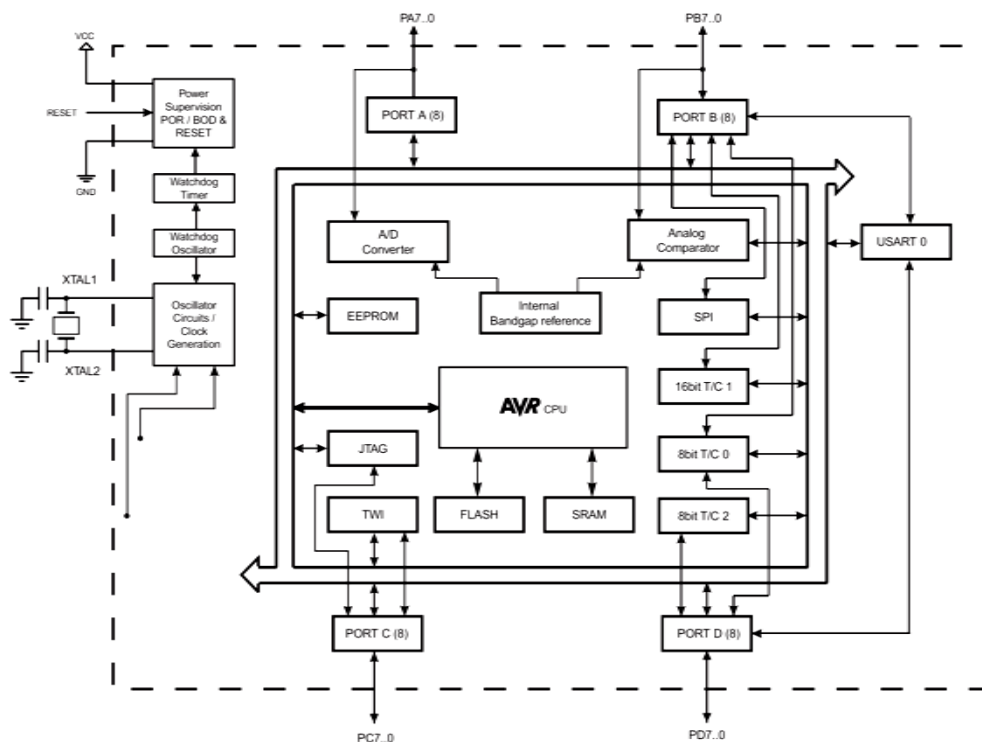


Рисунок 1 - Блок-схема микроконтроллера ATmega644

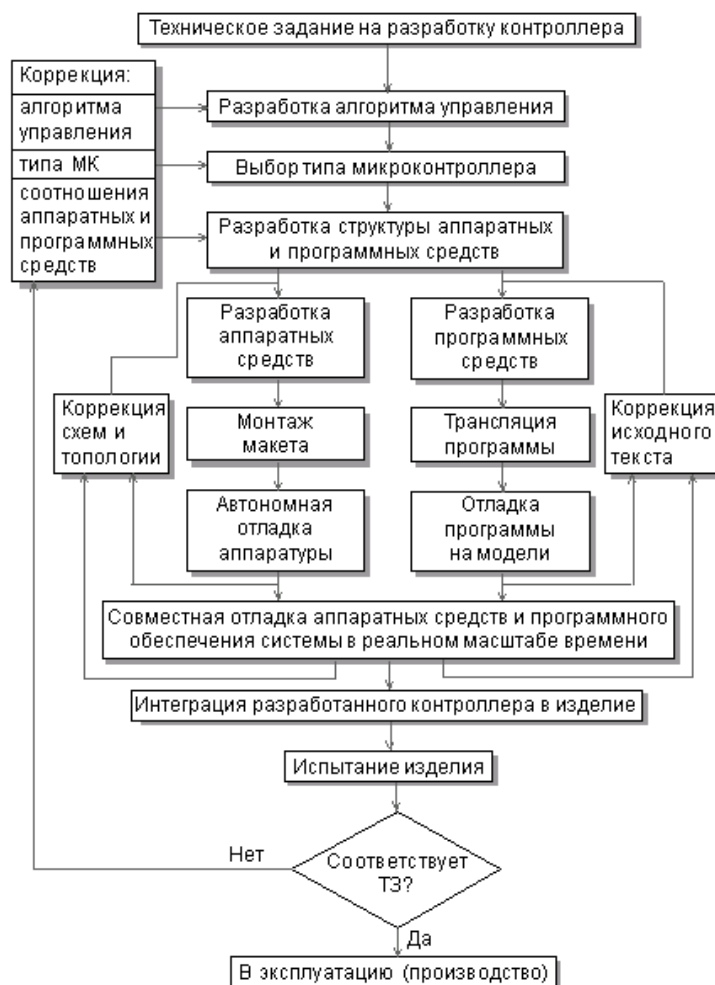


Рисунок 2 - Основные этапы разработки микроконтроллерных средств

Для программирования на языке C микроконтроллера выбран кросс-компилятор CodeVisionAVR, так как он имеет наиболее удобный автоматический генератор программ (CodeWizardAVR), позволяющий значительно упростить написание программ. Кроме того, CodeVisionAVR обеспечивает выполнение почти всех элементов языка C, которые разрешены архитектурой языка C, с некоторыми добавленными характеристиками, которые реализуют преимущество специфики архитектуры AVR. Также данный компилятор имеет большой набор прикладных библиотек для работы со стандартной периферией.

Для отладки разрабатываемых программ целесообразно использование компьютерных симуляторов, заменяющих реальные радиодетали и приборы, виртуальными моделями. Симуляторы позволяют без сборки реального устройства отладить работу схемы, найти ошибки, полученные на стадии проектирования, снять необходимые характеристики.

Для моделирования микроконтроллеров наибольшими возможностями обладает симулятор Proteus. Поскольку основной задачей моделирования является отработка программного обеспечения микроконтроллера, в Proteus была составлена упрощенная схема прибора (рис. 3). На схеме отсутствуют элементы тактирования, формирования входных сигналов, преобразователи уровня приемо-передатчика USART, цепи питания и сброса.

Моделирование сигнала датчика начала тактирования проводилось с помощью генератора импульсов 1. Для моделирования сигналов датчика угловых меток использовался генератор импульсов 2. Контроль длительности и формы сигналов проводился с помощью четырехканального осциллографа 3. Для проверки работы 8-канального аналого-цифрового преобразователя использовались генераторы сигналов 4-11 для каналов 0-7 соответственно. Для проверки настройки LCD дисплея использовалась его модель 12. Для отображения русского шрифта модель дисплея была модифицирована с помощью специальной программы-перекодировщика.

Дисплей в приборе используется для контролирования режимов работы, вывода служебной информации, сведений о разработчике устройства, в режиме тахометра на дисплей выводится информации о частоте вращения коленчатого вала двигателя. Кнопка 13 пуска и переключения режимов является интерактивной и может переключаться непосредственно во время работы программы. Моделирование передачи данных в компьютер по протоколу RS-232 осуществлялся с помощью виртуального терминала 14.

После загрузки программы в память микроконтроллера 15, а также задания тактовой частоты и установки конфигурационных бит (fuse bits) в окне свойств микроконтроллера, возможно проведение запуска симуляции.

Управление работой симуляции осуществлялось панелью интерактивной симуляции 1 (рис. 4).

Контроль работы программы проводился с помощью следующих контрольных панелей и окон: 2, 3 – панели генераторов импульсов соответственно датчика начала тактирования и датчика угловых меток, 4 – контрольная панель четырехканального осциллографа, 5 – контрольная панель виртуального терминала, 6 – окно регистров процессора, 7 – окно переменных, 8 – окно наблюдения за регистрами микроконтроллера, 9 – окно с текстом программы на языке C.

На панели осциллографа 10 – импульсы сигнала датчика начала тактирования, 11 – импульсы сигнала датчика угловых меток.

Для осуществления контроля за работой микроконтроллера использовалась возможность устанавливать контрольные точки останова в окне с текстом программы 9, а также задавать в окне слежения за регистрами микроконтроллера 8 значения регистров для инициирования остановки программы при наступлении определенных событий.

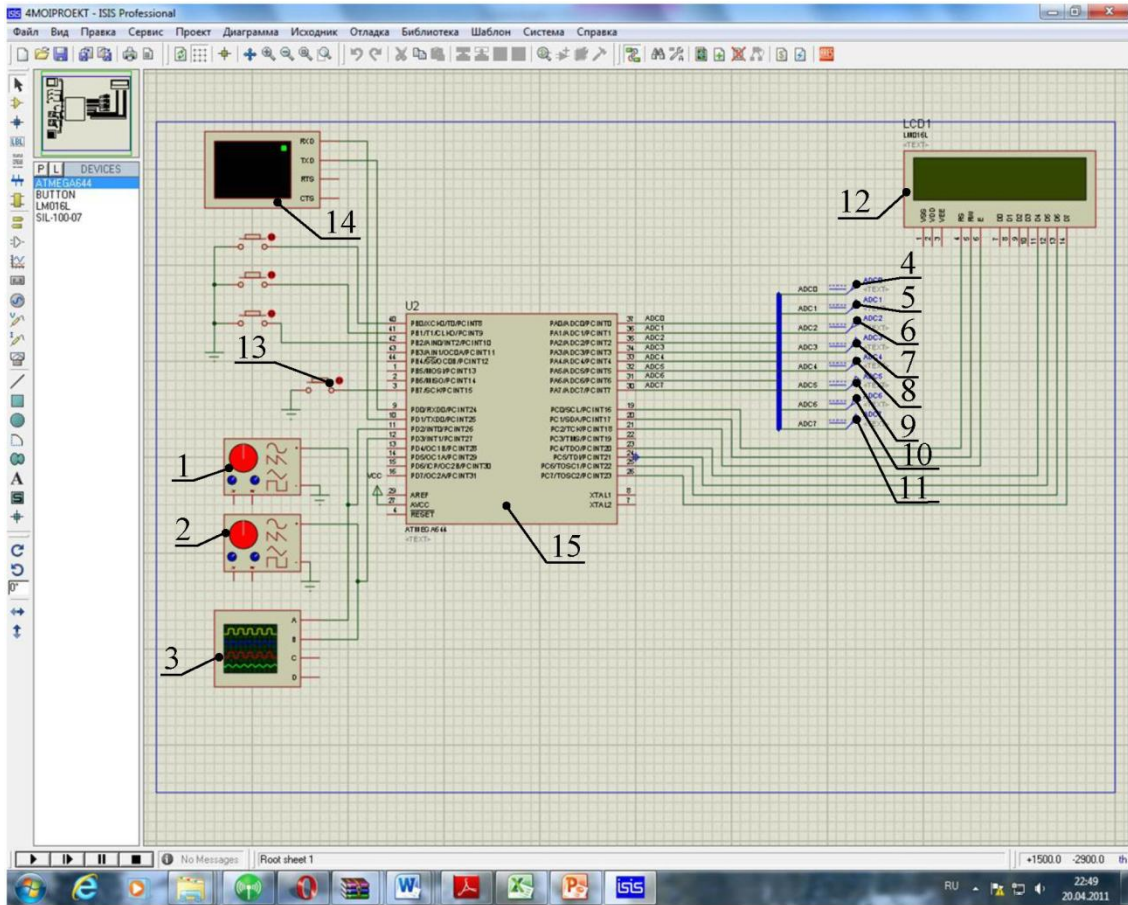


Рисунок 3 - Упрощенная схема устройства для диагностирования двигателей внутреннего сгорания в симуляторе Proteus

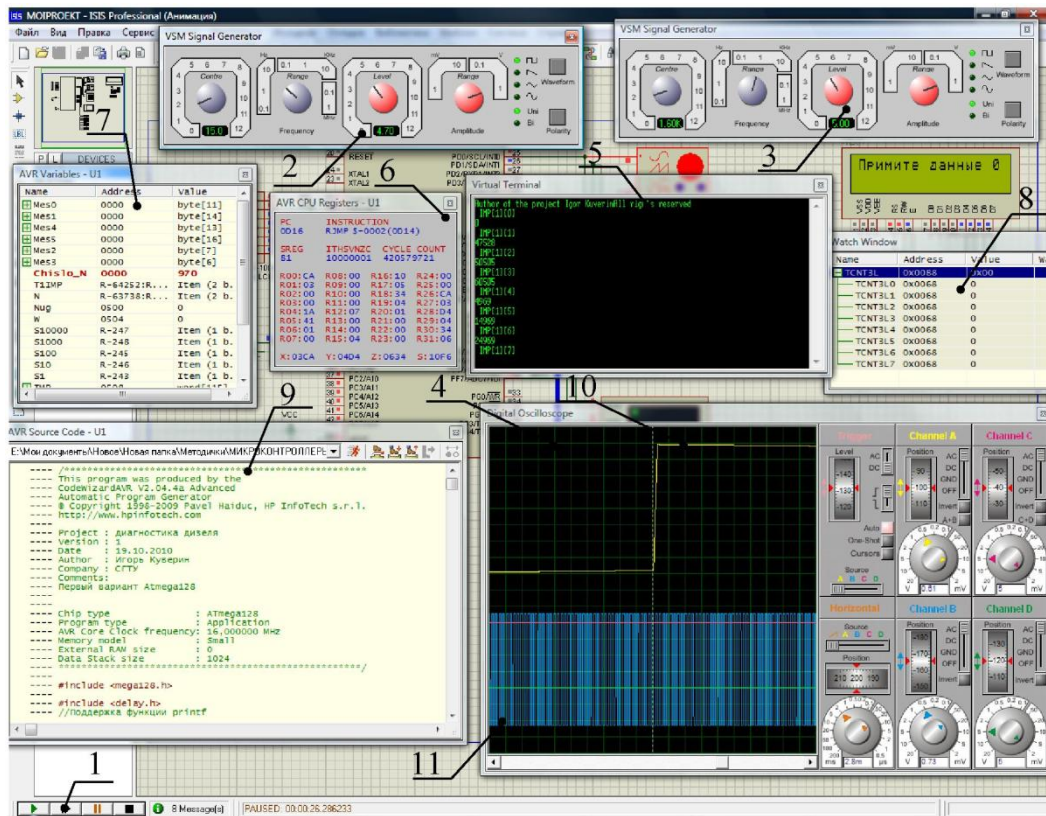


Рисунок 4 - Симуляция работы прибора для диагностики двигателей внутреннего сгорания в программном комплексе Proteus

Использование программного комплекса Proteus позволило провести отладку программы прибора для диагностирования двигателей внутреннего сгорания с целью последующей загрузки прошивки в память микроконтроллера.

Для отладки программного и аппаратного обеспечения прибора предполагается использование специализированной макетной платы, так как она позволяет производить многократную переработку отдельных элементов схемы без перепайки всех деталей.

Трассировка макетной платы прибора проводилась в программе LochMaster (рис. 5), что позволило произвести наиболее рациональную расстановку деталей вспомогательных элементов прибора.

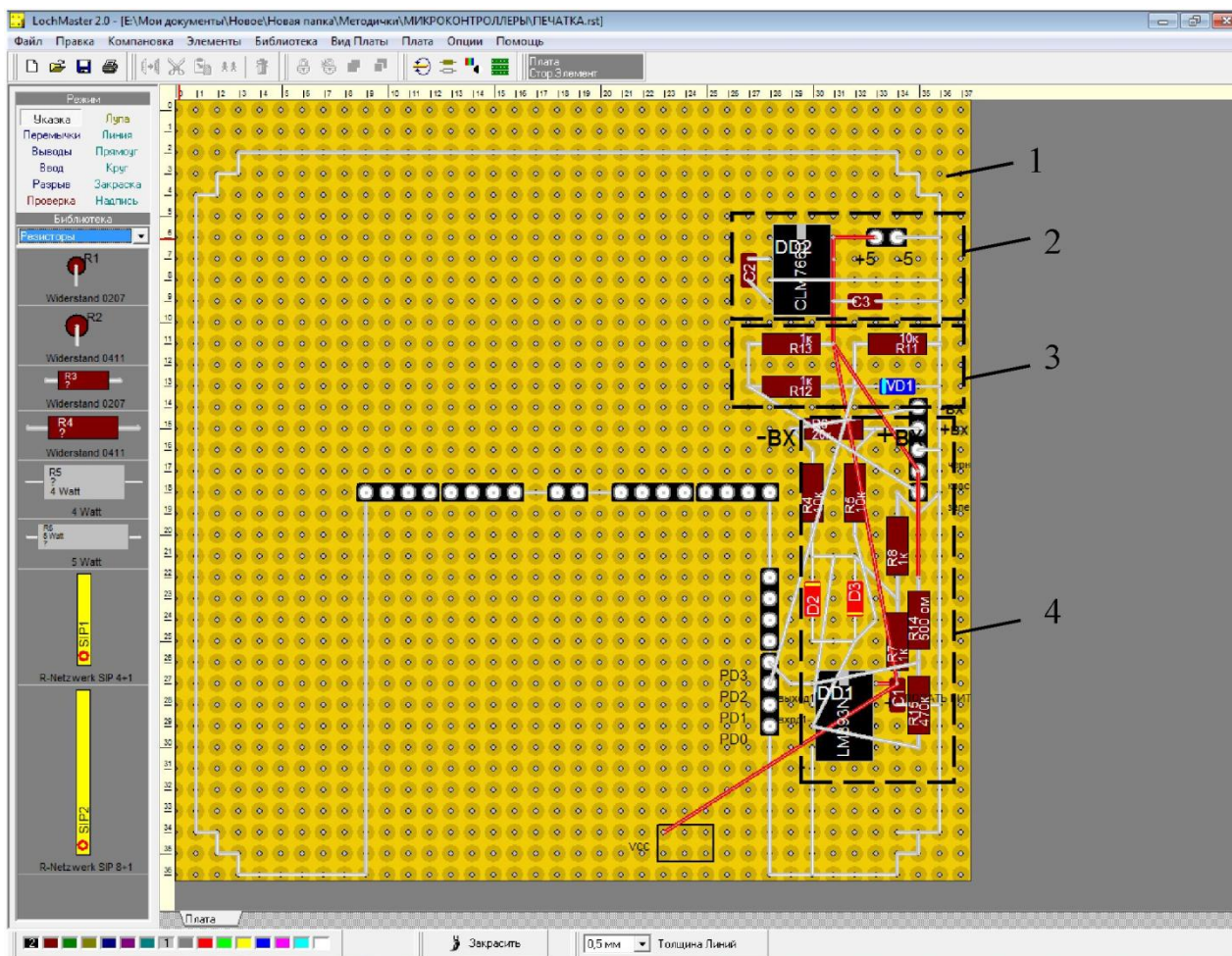


Рисунок 5 - Трассировка макетной платы прибора в программе LochMaster:

- 1-макетная плата прибора, 2- инвертор напряжения,
- 3 - формирователь импульсов начала отсчета,
- 4 – формирователь импульсов угловых меток

Так как в приборе предполагается использование пьезокерамических накладных датчиков впрыска топлива, то для прибора необходима разработка усилителей для этого типа датчиков. Однако, учитывая емкостный характер сигнала, длина линии от датчиков до усилителей не должна превышать 10-15 см, поэтому было принято решение о размещении усилителей на отдельных платах непосредственно рядом с датчиками. Полный комплекс разработки печатной платы усилителей в программе Proteus приведен на рис. 6-8.

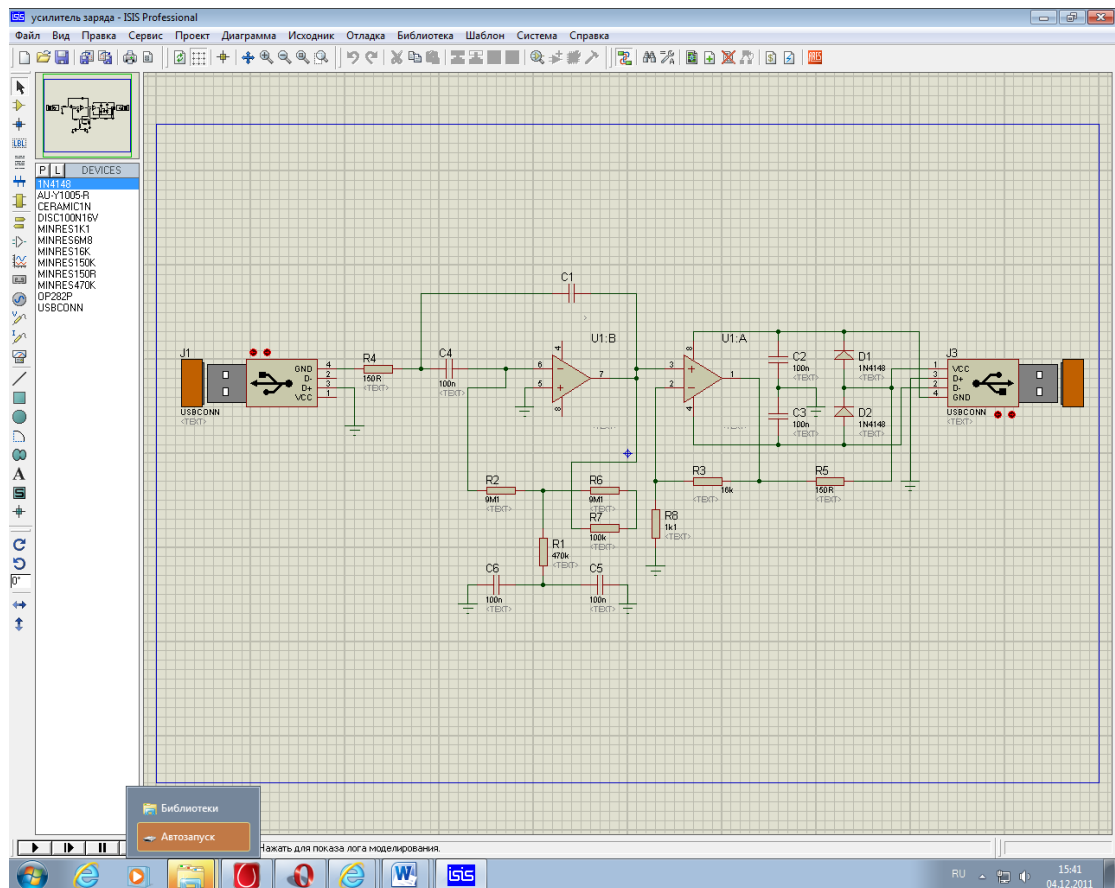


Рисунок 6 - Принципиальная электрическая схема усилителя датчика впрыска топлива, составленная в программе Proteus

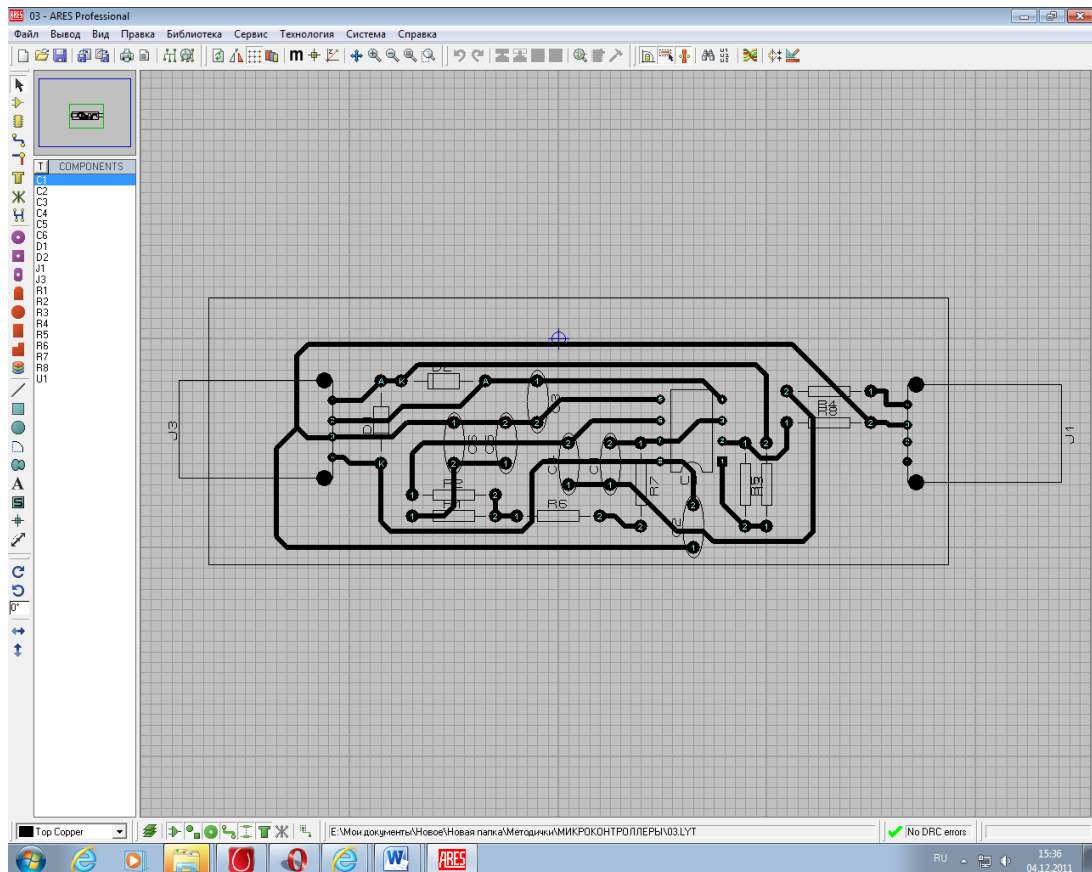


Рисунок 7 - Трассировка печатной платы усилителя датчика впрыска топлива в программе Proteus

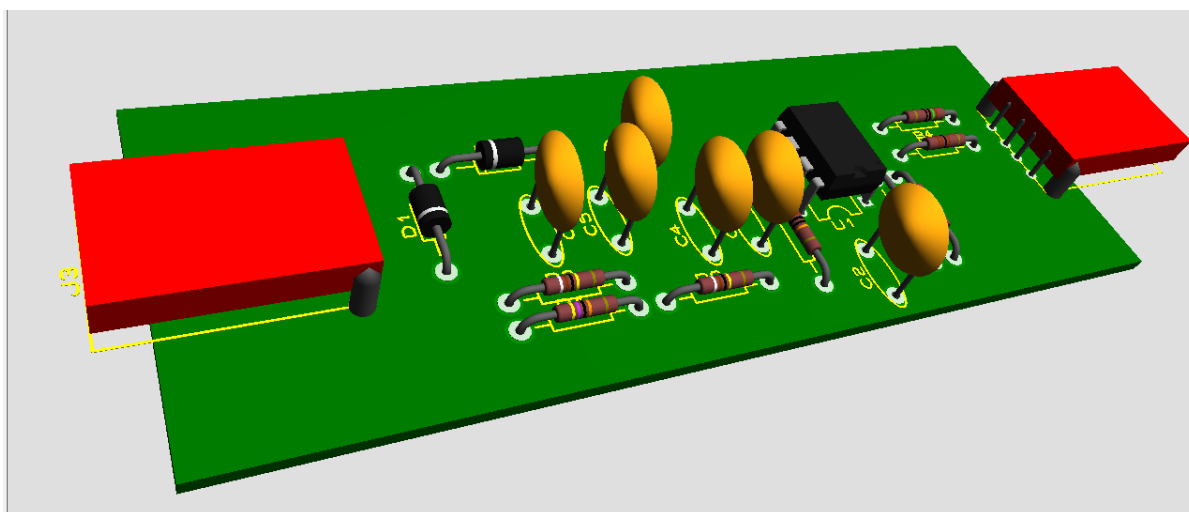


Рисунок 8 - 3D модель усилителя датчика впрыска топлива, разработанная в программе Proteus

В настоящее время производится сборка прибора для диагностики двигателей внутреннего сгорания для проведения его натурных испытаний (рис. 9).

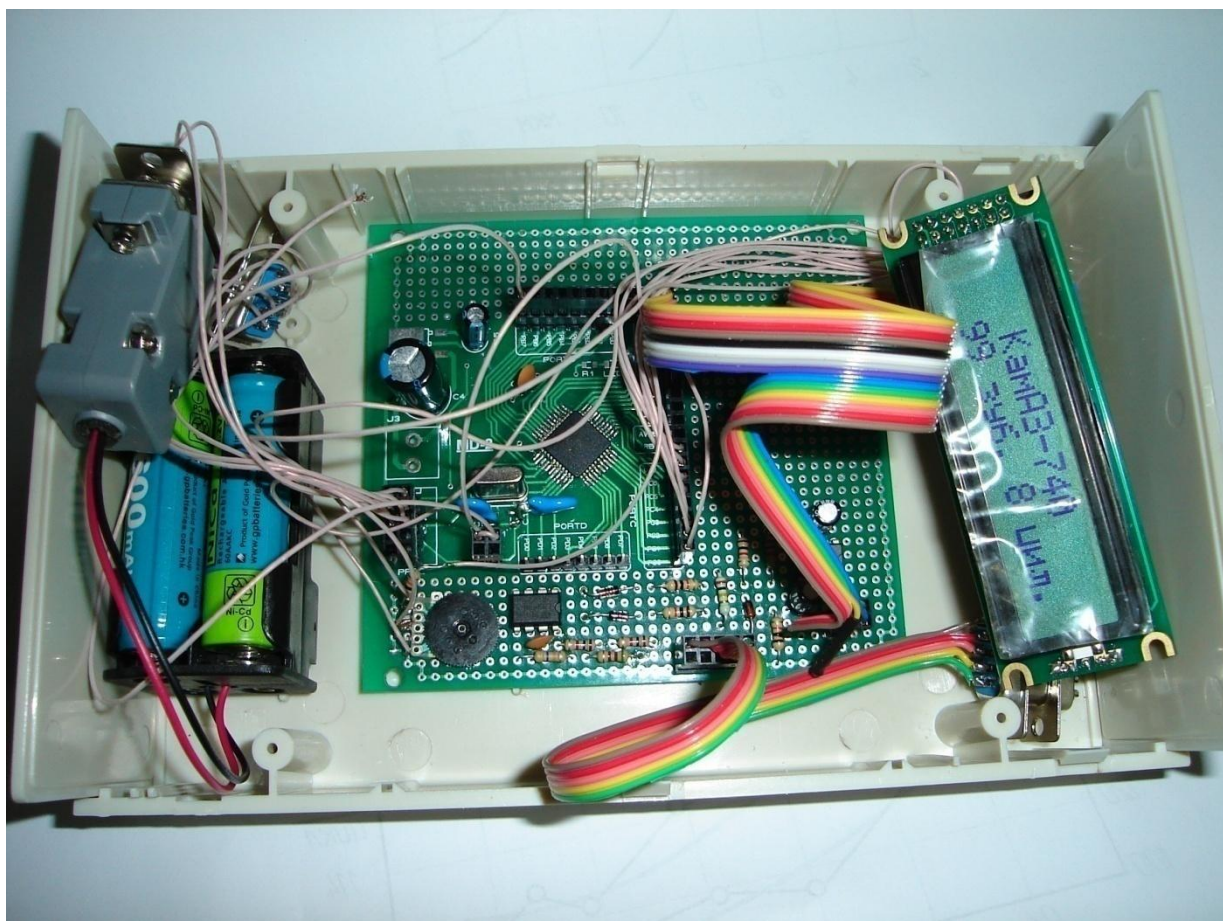


Рисунок 9 - Сборка прибора для диагностики двигателей внутреннего сгорания

Схемотехническое построение прибора на базе микроконтроллера ATmega644 позволило, по сравнению с существующими аналогами, значительно снизить его стоимость, повысить универсальность и функциональные возможности. Кроме того, благодаря малым массогабаритным показателям, на базе представленного прибора возможна разработка бортовых систем контроля двигателей внутреннего сгорания.

**И.Г. ИВАНОВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А.  
Д.Г. ДОГОТ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А.**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИЛОВОГО КАРКАСА НЕСУЩЕГО КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ПОСЛЕ ДТП**

*В настоящее время, с ежегодным стремительным ростом числа автомобилей на душу населения, кузовной ремонт востребован как никогда ранее.*

*Кузов является важным элементом системы пассивной безопасности современного автомобиля. Исходя из требований безопасности, кузов автомобиля должен иметь конструкцию, обеспечивающую выживание водителя и пассажиров при аварии.*

*Геометрия кузова автомобиля изначально определяется специальными контрольными точками, назначенными производителем данного транспортного средства. Как правило, геометрия кузова автомобиля может нарушиться в случае дорожно-транспортного происшествия, а также при наезде на препятствие или попадании колеса в глубокую яму.*

*При восстановлении геометрии основной параметр правильно выполненного ремонта – это соответствие координат контрольных точек заводским. В таких случаях для восстановления силового каркаса кузова необходимо использовать стапель для кузовного ремонта.*

**Ключевые слова:** кузов, деформация, правка, стапель.

**I.G. IVANOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov  
D.G. DOGOT, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **RENEWAL OF GEOMETRY CARS AFTER ACCIDENT**

*Nowadays, with the rapid annual growth in the number of cars per capita, body repair in demand as never before.*

*Body is an important element of passive safety systems of the modern car. For safety reasons, the car body shall be designed to ensure the survival of the occupants in a crash.*

*The geometry of the car body is initially determined by special control points designated by the manufacturer of the vehicle. As a rule, the geometry of the car body can be broken in the case of accident, as well as collision with an obstacle or hit the wheel in a deep pit. When restoring the geometry of the main parameter correctly executed repair – this correspondence coordinates checkpoints factory. In such cases, to restore the power of the body shell is necessary to use the slipway for car repairs.*

**Keywords:** body, deformation, editing, slipway.

В настоящее время, с ежегодным стремительным ростом числа автомобилей на душу населения, кузовной ремонт востребован как никогда ранее.

Ремонт кузова – это универсальный вид работ, который не имеет жесткой привязки к моделям и маркам автомобилей. Спрос на кузовной ремонт всегда существует, и со временем будет только возрастать.

Несущий кузов, характерный для большинства легковых автомобилей, он объединяет в себе силовые функции рамы, и защитные функции кузова.

**Кузов** является важным элементом системы пассивной безопасности современного автомобиля. Исходя из требований безопасности, кузов автомобиля должен иметь конструкцию, обеспечивающую выживание водителя и пассажиров при аварии. Помимо этого кузов автомобиля принимает на себя основной удар статических, термических, химических, аэродинамических и прочих нагрузок, вследствие чего с течением времени возникают различные деформации.

Современные автомобили имеют кузов с пространственной структурой (рис. 1), которая позволяет обеспечить разумную безопасность при воздействиях, возникающих в результате столкновений с любого направления. Для поглощения энергии столкновения передняя и задняя части автомобиля должны быть деформируемыми, а для выживания пассажиров каркас салона автомобиля должен иметь максимальную жесткость и прочность.



Рисунок 1 – Кузов автомобиля с пространственной структурой

Несущими элементами кузова являются: лонжероны, стойки, поперечины, пороги и другие коробчатые структуры. Вместе с наружными и внутренними панелями эти элементы обеспечивают необходимую жесткость конструкции.

**Лонжерон** (рис. 2) – одна из основных несущих частей кузова. Он имеет конструкцию трубы с прямоугольным сечением. В кузове автомобиля имеются два лонжерона – с левой и правой стороны. Они проходят через переднюю и заднюю его части. Лонжероны несут на себе нагрузки кузова, двигателя и пассажиров. Это одни из самых прочных частей кузова автомобиля. Кроме того, лонжероны являются гасителями энергии удара передней части кузова, так как располагаются в зоне поглощения деформации. Для того, чтобы часть кузова, в которой находятся люди, деформировалась минимально, необходимо смягчить удар. С этой целью в передней и задней частях кузова организуются зоны программированной деформации (рис. 2, поз. 2), и силовая структура передней части лонжеронов в продольном направлении сознательно ослабляется.

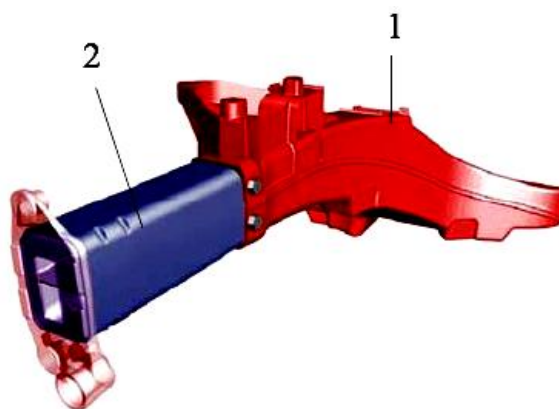


Рисунок 2 – Лонжерон

1 – силовая часть лонжерона; 2 – зона программированной деформации

**Стойка кузова.** В конструкции кузова автомобиля можно выделить передние, средние и задние стойки, каждая из которых выполняет несколько функций.

Передняя стойка кузова (рис. 3) является элементом, препятствующим деформации кузова при лобовом столкновении. Верхняя часть стойки соединяется с крышей автомобиля, нижняя – с порогом.

Средняя стойка (рис. 3) – деталь боковой части кузова, является элементом, препятствующим его деформации при боковом столкновении. Верхняя часть стойки соединяется с крышей автомобиля, нижняя – с порогом. На средней стойке крепятся петли задней двери.

Задняя стойка кузова (рис. 3) является элементом, препятствующим деформации кузова при столкновении сзади. В зависимости от типа кузова задняя стойка может отличаться по длине и по способу крепления.

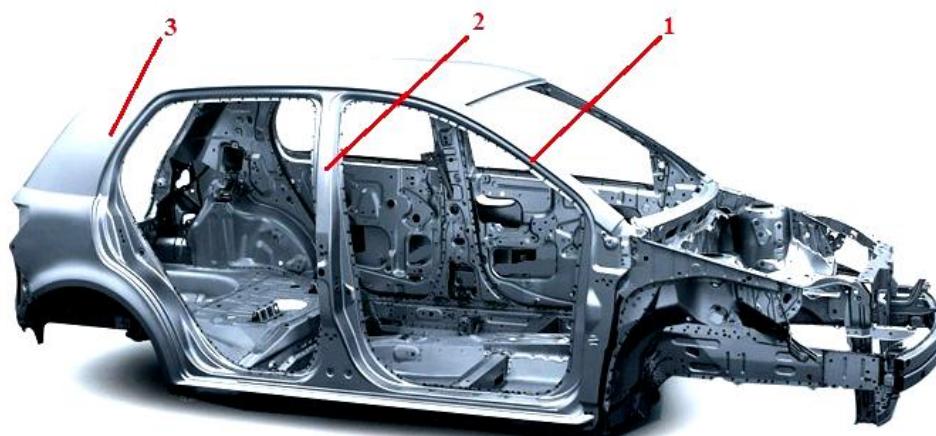


Рисунок 3 – Стойки кузова  
1 – передняя стойка; 2 – средняя стойка; 3 – задняя стойка

Геометрия кузова автомобиля изначально определяется специальными контрольными точками (рис. 4), назначенными производителем данного транспортного средства.

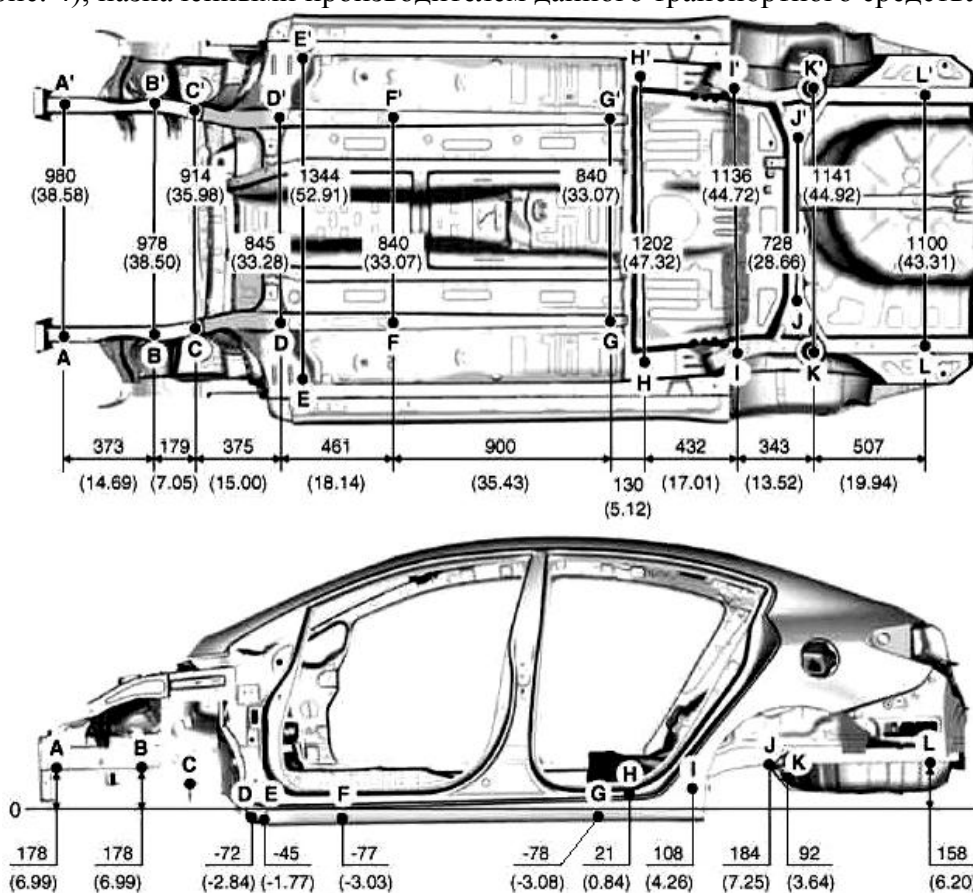


Рисунок 4 – Контрольные точки кузова

Как правило, геометрия кузова автомобиля может нарушиться в случае дорожно-транспортного происшествия, а также при наезде на препятствие или попадании колеса в глубокую яму. Кузова современных автомобилей имеют специальные зоны деформации, которые, смятая при ударе, поглощают его энергию и тем самым защищают пассажирскую зону. Поэтому при восстановлении геометрии основной параметр правильно выполненного ремонта – это соответствие координат контрольных точек заводским.

Восстановление геометрии кузова после ДТП – довольно сложная и трудоемкая работа, проводимая по холодному металлу методом силовой правки. Эта технология, которая в состоянии обеспечить первоначальные геометрические параметры кузова. Сама технология устранения деформации кузова зависит от вида и характера полученных повреждений. При деформации лонжеронов, стоек и порогов необходимо использовать стапель для кузовного ремонта.

Стапель предназначен для правки кузовов аварийных автомобилей и входит в число оборудования для рихтовочных работ, необходимого для осуществления качественного кузовного ремонта при тяжелых повреждениях автомобиля и наличия нарушений геометрии кузова. Существует несколько типов стапелей для правки кузовов – это рамные стапели, платформенные стапели и напольные стапели для кузовного ремонта. Наиболее оптимальным, по соотношению цена-качество, является рамный стапель. Рамный кузовной стапель (рис. 5) представляет собой стальную раму, к опорным частям которой при помощи специальных захватов крепится автомобиль. К поврежденной части кузова при помощи зажимов крепится цепь, идущая от силового устройства, которым, управляет гидравлический насос. Натягиваемая посредством гидравлического устройства цепь осуществляет процесс вытягивания или выпрямления нужного элемента кузова. Детали кузова выправляются, а структура металла остается прежней. При проведении стапельных работ сила вытяжного оборудования прикладывается в направлении, обратном деформации, что приводит к выправлению кузова.

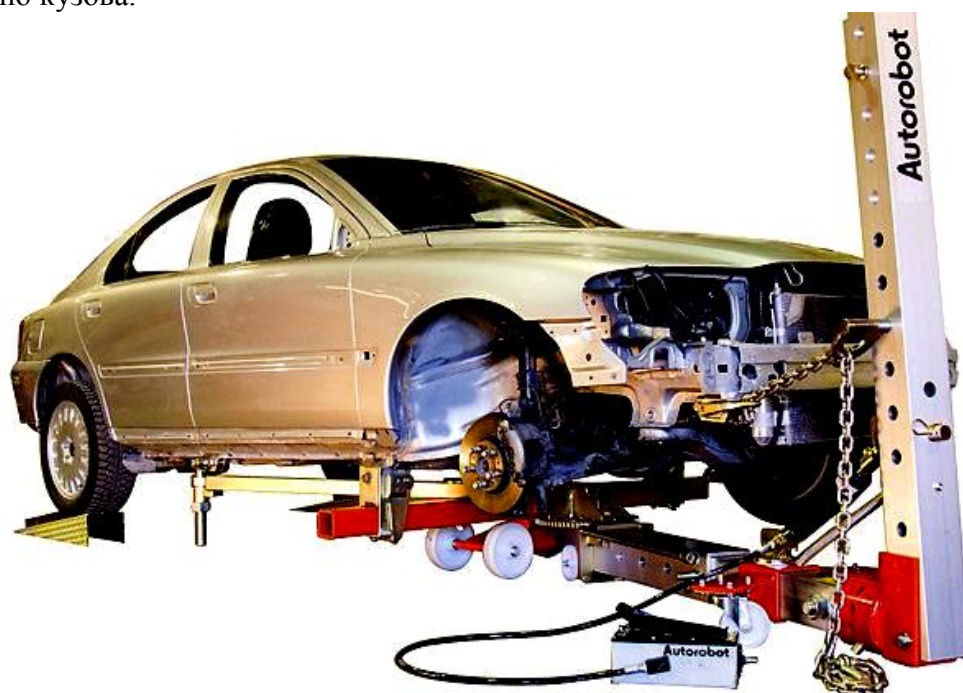


Рисунок 5 – Рамный кузовной стапель

Совместно со стапелем целесообразно применять специальную электронную измерительную систему (рис. 6). Она монтируется на раму стапеля и предназначена для измерений координат контрольных точек, расположенных на кузове автомобиля, при проведении кузовных стапельных работ. Измерение координат контрольных точек кузова автомобиля производится с помощью электронно-измерительной каретки с измерительным наконечником. При поднесении измерительного наконечника к контрольной точке на экране появляется фотография этой точки, что упрощает её поиск на кузове и исключает возможность ошибочного измерения. Программное обеспечение системы позволяет оперативно проводить сравнение измеренных координат контрольных точек с заводскими координатами, хранящимися в её базе данных. Применение данной системы значительно сокращает трудоёмкость работ и повышает их точность и качество.



Рисунок 6 – Электронная измерительная система

Перед началом проведения правочно-вытяжных кузовных работ необходимо произвести разборку автомобиля и, при необходимости, демонтаж агрегатов, которые могут помешать правке.

После силовой вытяжки на стапеле всегда остаются места со складками, резкими переходами и остаточными деформациями. Доводка кузова в дальнейшем осуществляется местной вытяжкой, выколоткой отдельных участков и их тонкой рихтовкой, которые требуют наличия специального инструмента.

Механическое изменение формы металла, при деформации во время ДТП, сопровождается возникновением внутренних напряжений, выражающихся в форме пузырей и вмятин на кузове. Рихтовка должна не просто устранить эти деформации, но ликвидировать зоны сжатия и растяжения без образования новых. Поэтому для каждого вида деформации предназначены свои инструменты и способы работы.

Инструментом для рихтовки служат:

- молотки с выпуклым и плоским бойком предназначенные, для исправления выпуклых и плоских поверхностей;
- молотки с насечками, для исправления вытянутых поверхностей;
- молотки-гладилки, для сглаживания неровностей на кузове автомобиля;
- наковальни различной формы, для создания упора с внутренней стороны;
- рихтовочные крючки, для выдавливания вмятин с внутренней стороны;
- ложки (ударные, вытягивающие, выпуклые);
- правки разных форм («пресс-папье», «свисток», «каблук» и пр.);
- безинерционные молотки.

Существует два способа правки выпуклостей – в холодном и в нагретом состоянии.

Устранение выпуклостей в холодном состоянии основано на растяжении металла по концентрическим окружностям или по радиусам от выпуклости к неповрежденной части металла. При правке образуется плавный переход от наиболее высокой части выпуклости к окружающей ее поверхности панели. Для этого по направлению от металла, окружающего выпуклость, к выгнутой части поверхности наносят молотком последовательную серию ударов по кругу. По мере приближения молотка к границе выпуклости силу удара уменьшают. Чем больше будет число окружностей на панели при рихтовке, тем плавнее получится переход от выпуклости к неповрежденной части металла.

Устранение выпуклости на поверхности кузова путём её нагрева основано на использовании процессов расширения и усадки металла, при нагреве и последующем охлаждении. Ввиду того, что пластичность кузовной стали при комнатной температуре недостаточно высокая, применяют её нагрев. При нагреве мягкой стали до температуры

около 800°C (красный цвет) она становится пластичной и легко деформируется. Нет необходимости нагревать всю поверхность, а достаточно выбрать для этого несколько подходящих точек.

Нагрев металла выпуклости на кузове осуществляют пламенем газовой или кислородно-ацетиленовой горелки.

При нагреве точки металла узким пламенем горелки небольшой круг металла быстро разогревается докрасна и его пластичность резко возрастает. Так как расширению нагретого металла препятствует менее нагретый окружающий металл, то увеличение его объема происходит за счет утолщения. Как только металл разогреется докрасна, горелка отводится, и начинается охлаждение. При охлаждении металл сжимается, его объем уменьшается, но удерживается расположенным вокруг холодным металлом, ни длина, ни ширина которого не изменялась. Так как металл имеет температуру, не соответствующую максимальной пластичности, то, сжимаясь, он поглощает небольшую часть удлинения окружающего металла. Усиление процесса осаживания металла производят уменьшением скорости распространения тепла. Это достигается путем создания кольца вокруг нагретой части металла из мокрой ткани, противодействием деформации путем нажатия на металл ручкой молотка или трубой вблизи нагретой точки, а также выстукиванием границ точки металла, нагретого докрасна, а затем и самой нагретой точки киянкой или рихтовочным молотком.

Резкое охлаждение нагретого участка кузова выполняют тампоном из асбестовой смеси или ткани, смоченной водой. Охлаждение металла приводит к нужной осадке и принятию поверхностью кузова требуемого профиля. При устранении выпуклости поверхности кузова данным методом следует придерживаться последовательности охлаждения.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что комплексное применение вышеперечисленных способов и инструментов, в сочетании с высокой квалификацией мастера, позволяет полностью восстановить геометрию кузова автомобиля после ДТП до исходного уровня, с минимальной заменой повреждённых деталей, что значительно снизит себестоимость ремонтных работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/kuzov/obshhee-ustrojstvo-kuzova/>
2. <http://cartest.omega.kz/system/body.html>
3. <http://wiki.blamper.ru/wiki/kuzov/lonzheron-3613>
4. <http://wiki.blamper.ru/kuzov/stoyki-kuzova-2917>
5. [http://www.kniga.com/books/preview\\_txt.asp?sku=ebooks321079](http://www.kniga.com/books/preview_txt.asp?sku=ebooks321079)
6. <http://www.khapov.ru/?p=989>
7. <http://stroy-technics.ru/article/ustranenie-ostatochnykh-deformatsii>
8. [http://www.avtokuzov.by/news/view/kuzovnoy\\_remont\\_svoimi\\_rukami\\_-\\_vosstanovlenie\\_kuzova\\_avtomobilya/](http://www.avtokuzov.by/news/view/kuzovnoy_remont_svoimi_rukami_-_vosstanovlenie_kuzova_avtomobilya/)
9. <http://remont-kuzova.narod.ru/vosstan.htm>
10. <http://pokraskamashin.ru/remont/tehnologiya-pochinki-kuzova/>
11. <http://pokraskamashin.ru/remont/rihtovka-i-okraska-avtomobilya/>
12. <http://www.lubimauto.ru/svoyremont25.html>
13. <http://www.lubimauto.ru/svoyremont27.html>
14. <http://www.lubimauto.ru/svoyremont18.html>
15. <http://www.lubimauto.ru/svoyremont26.html>

**И.Г. ИВАНОВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А.**  
**А.А. ИВАНОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А.**  
**А.А. АРГАСЦЕВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А.**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ГОРОДСКИХ ТАКСИ**

*Сложная экологическая ситуация, созданная благодаря агрессивному воздействию различных выбросов промышленных гигантов и выхлопных автомобильных газов, заставляет современный мир задумываться о необходимости уменьшения негативного воздействия на окружающую среду.*

**Ключевые слова:** экология, электромобиль, городское такси.

**I.G. IVANOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.A. IVANOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.A. ARGASCEV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **PROSPECTS OF ELECTRIC AS URBAN TAXI**

*Complex ecological situation, created by the aggressive action of various emissions of the industrial giants and automobile exhaust gases causes the modern world to think about the need to reduce the negative impact on the environment.*

**Keywords:** ecology, electric, city taxi.

Идея массового производства экологически безопасных средств передвижения, работающих на электрической энергии, далеко не нова. В далеком 1893 году был создан первый электромобиль, в багажнике которого находились две батареи общей емкостью 200 А/часов, тогда как вес элементов питания превышал 400 кг, а их мощность позволяла раскрутить двигатель до 1300 об/мин. Однако в массовое производство машин на базе электрического двигателя не было запущено по следующим причинам:

- дорогостоящее нерентабельное производство;
- недостаточное развитие технологий, необходимых для существенного увеличения запасного хода машины.

Однако времена меняются, и на сегодняшний день производители автомобилей с мировым именем все чаще представляют новые модели машин, снабженные электрическим двигателем.

Помимо абсолютной экологической чистоты электрические автомобили имеют целый ряд других преимуществ. Электромобили лишены коробки переключения передач, т.к. в силу своих технических особенностей даже на незначительной скорости электродвигатели постоянно поддерживают высокий крутящий момент. Данная особенность позволяет в случае необходимости совершать любые маневры, связанные с резким ускорением и торможением (например, объезд неожиданно возникшего препятствия на дороге).

Второй несомненный плюс является логическим продолжением первого: благодаря упрощенной структуре электрические автомобили не требуют такого регулярного и тщательного ухода, как машины с двигателем внутреннего сгорания. Их обслуживание гораздо проще, т.к. отсутствует необходимость в тщательной регулировке многочисленных узлов. Кроме того, электромобили не нуждаются в большом количестве масла и не оборудованы системами охлаждения. Все это особенности существенно удешевляют обслуживание и ремонтные работы. Однако не следует забывать и о недостатках. По-прежнему элементы питания имеют достаточно большой вес и занимают много места. Кроме того, электромобили проигрывают в скоростных характеристиках автомобилям, работающим на ископаемом топливе, они все еще не могут ехать достаточно большое расстояние на одном заряде батарей. Следовательно, актуально рассматривать использование электромобилей в пределах черты города, т.к. переезд на длительные расстояния без

подзарядки преодолеть не получится, а специальные электрические заправки на трассах все еще отсутствуют.

Однако постоянно развивающиеся передовые технологии уже в ближайшем будущем позволят электрическому транспорту занять свое место в городских автомобильных потоках. Электромобили имеют большую перспективу развития, т.к. многие города с большим количеством жителей буквально задыхаются от смога выхлопных газов. Городской общественный транспорт на электрической тяге, персональные электромобили, различная мототехника, работающая на электричестве – это уже не фантазии, а реальность, которая воплощается на наших глазах. Человечество постоянно находится в поиске альтернативных источников энергии, а электричество способно заменить быстро истощаемые ископаемые виды топлива.

Пока одни говорят, что за автомобилями – будущее, другие всячески отрицают это утверждение. Согласно результатам исследования консалтинговой компании Deloitte, электроприводные личные автомобили – не такое уж и счастье для своих обладателей. Претензии, по мнению исследователей, все те же: стоит дорого, едет не достаточно далеко, заряжается долго. В общем, эксперты из упомянутой конторы считают, что будущее – скорее за гибридами. Во время изучения вопроса аналитики проанализировали позиции 13 500 людей из семнадцати стран мира. По результатам анкетирования, получилось, что практически все, подумывающие о покупке электромобилей, так или иначе, а чувствуют себя настоящими первопроходцами в этом деле. Однако, продолжая исследовать вопрос, специалисты пришли к выводу, что радостное чувство от столь значимой покупки длится, к сожалению, не долго: во-первых, расстраивает цена. Менее пятой части потенциальных покупателей готовы переплатить хотя бы 2 тысячи долларов, чтобы обзавестись именно электроприводной лошадкой. В США тех, кто готов доплатить, еще меньше – 9%.

Во-вторых, автолюбителей начинает огорчать показатель максимальной дальности пробега. Согласно «среднестатистическому» мнению, для того, чтобы исчерпать вопрос, конструктором нужно обеспечить не менее, чем 320 км бодрого путешествия на одном заряде аккумулятора. Пока что это – очень даже высокая планка для производителей.

Ну и, наконец, многие автовладельцы впадают в отчаянье, на практике ощутив, что такое шестичасовая зарядка автомобиля. Согласно их требованиям, максимум, на который они согласны – два часа. В идеале – 10-15 минут (что, впрочем, уже стало реальностью – и первая ссылка в данном материале о том свидетельствует). Пока все эти «капризы» требовательных автолюбителей не станут привычной явью, рассчитывать на процветание сектора электроприводных авто не стоит, – считают аналитики.

Впрочем, вопрос «за» или «против» появился одновременно с первыми нынешними серийными электромобилями, но последних от этого меньше не стало, а только прибавилось. Единственное, с чем охотно соглашаемся – это то, что производителям не стоит слишком затягивать с технологиями, которые окончательно убедят современного человека в том, что электромобиль покупать можно и нужно.

#### ***Достоинства электромобилей:***

1. Отсутствие вредных выхлопов, которые являются одним из главных элементов загрязнения окружающей среды;
2. Сравнительная надежность и долговечность двигателя при длительной эксплуатации;
3. Возможность зарядки аккумуляторов от стандартной электрической сети, что позволяет значительно экономить на расходах. Кроме того есть возможность экономить на дешевой ночной электроэнергии, которая вырабатывается электростанциями в ночное время суток.
4. Высокий коэффициент КПД, по сравнению с двигателями обычных автомобилей;
5. Вырабатывается меньшее количество шума;
6. Наличие возможности экстренного торможения электродвигателем находящимся в режиме электромагнитного тормоза.

### ***Недостатки электромобиля:***

1. Аккумуляторы быстро выходят из строя.
2. Аккумуляторы не обладают той мощностью двигателей, которая присуща обычным автомобилям.
3. Дороговизна высокоэнергоемких аккумуляторов из-за применения дорогостоящих металлов. К тому же они работают при очень высоких температурах.
4. Большая потеря энергии аккумуляторами при резких стартах и не постоянных скоростях. Проблема производства и утилизации аккумуляторов, содержащих ядовитые элементы.
5. При широком распространении электромобилей потребуются создание соответствующей инфраструктуры для их обслуживания, также необходимо наличие квалифицированного персонала для проведения техобслуживания.

Благодаря современным достижениям в науке и технике, вышеперечисленные недостатки потеряли свою актуальность.

И так по порядку.

Современные батареи гарантируют пробег автомобиля 150...200 тыс. км., а это пробег, на котором подходит срок капитального ремонта двигателя на 99% серийных бензиновых автомобилях.

Современные электрокары с легкостью ставят скоростные рекорды. При этом даже серийные электроавтомобили могут потрясти своей динамикой. Электрическая тяга современных электромоторов ни разу не уступает двигателям внутреннего сгорания.

Благодаря современной промышленности стоимость аккумуляторов сокращается на 20...30 процентов каждые 1...2 года. Про нагрев батарей. Разговор скорее всего про литий-ионные аккумуляторы. Их повреждение может привести к возгоранию. Начиная с 3 поколения li-ion батареи не нагреваются выше 60 градусов при повреждении. Не горят и не взрываются. Это в прошлом.

На самом-то деле энергосистемы не любят резких разгонов и торможений. Это относится не только к электротранспорту. Разумному человеку будет очевидно, что более агрессивная езда требует больше ресурсов.

Дилер продавший вам технику обязан принять в утилизацию батареи и сделать скидку на новый комплект.

Электротранспорт прекрасно заряжается от домашней сети, просто ему на это нужно больше времени. Обслуживание и сервис предоставляются дилерами, у которых вы покупаете автомобиль.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в настоящее время имеются большие перспективы для широкого применения электромобилей в качестве городских такси.

**И.Г. ИВАНОВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А.**  
**А.С. ЛАПШИН, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А.**

## **РЕМОНТ ИЗНОШЕННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ ГИЛЬЗОВАНИЯ**

Рассмотрена методика гильзования изношенных алюминиевых блоков цилиндров двигателей легковых автомобилей. Гильзование позволяет дать вторую жизнь блоку двигателя и избежать значительных затрат на замену этой детали.

*Ключевые слова:* блок цилиндров, ремонт, гильзование.

**I.G. IVANOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.S. LAPSHIN, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **PROSPECTS OF ELECTRIC AS URBAN TAXI**

*The technique gilzovaniya worn aluminum engine blocks of cars. Gilzovanie allows us to give a second life to the engine block and avoid significant costs to replace the part.*

*Keywords:* engine block repair, gilzovanie.

Блок цилиндров является основной и базовой деталью двигателя внутреннего сгорания, на него приходится основная часть нагрузки и в нем размещаются основные узлы и механизмы. Поэтому к блоку цилиндров предъявляют жесткие требования, его производят из материалов высокого качества и обрабатывают на специальных высокоточных станках. В основном блоки цилиндров выполняют из перлитного серого чугуна с небольшими добавками легирующих элементов, но всё чаще в погоне за низким весом агрегатов блоки стали делать из алюминия и даже магния.

Одним из способов изготовления алюминиевых блоков является заливка в нём вставок из легированного чугуна на стадии изготовления литейной заготовки, с последующей обработкой вставок в номинальный размер. Как правило, этот способ предусматривает обработку изношенных цилиндров в ремонтные размеры.

Блоки цилиндров современных автомобилей изготавливают из алюминия, с последующим формированием рабочих алюминиевых поверхностей цилиндров. Большинство этих блоков не имеют ремонтных размеров. Для формирования рабочих поверхностей алюминиевых блоков применяют различные технологии: Локасил, Алюсил, Силумал, Ганикал и Никасил.

Технология **Локасил** (фирма Kolbenschmidt) предусматривает, что при формировании литейной заготовки блока цилиндров в него устанавливаются цилиндрические вставки из сплава алюминия с повышенным содержанием (20–27%) кремния. Такая конструкция блока цилиндров предполагает обработку изношенных цилиндров в ремонтные размеры.

Технология **Алюсил** (фирма Kolbenschmidt) и **Силумал** (фирма Mahle) предусматривает, что отверстия цилиндров обрабатываются непосредственно в самом материале блока. При этом за счет направленной кристаллизации алюминиевого сплава формируется прилегающий к поверхности цилиндра слой металла с повышенным содержанием кремния (17%). Отверстия цилиндров таких блоков также могут обрабатываться в предусмотренные изготовителем ремонтные размеры.

Распространенной является конструкция блока цилиндров, при которой на поверхность цилиндра наносится электролитическое твердое износостойкое никель-кремниевое покрытие – это технологии **Галникал** (фирма Kolbenschmidt) и **Никасил** (фирма Mahle). Для блоков цилиндров такой конструкции ремонтные размеры не предусмотрены. Все это позволило ощутимо снизить массу двигателя, удешевить его производство и повысить удельную мощность.

Тем не менее, даже при выше перечисленных способах формирования и обработки рабочих поверхностей цилиндров, процессе работы двигателя цилиндры изнашиваются, их внутренние поверхности покрываются неровностями (*рис. 1*), теряют заданную форму.

В этом случае перед владельцем стоит выбор купить шорт-блок, как это предписывает производитель или выполнить реконструктивный ремонт блока цилиндров гильзованием.



Рисунок 1 – Задиры в цилиндрах двигателя

Для того, чтобы вернуть двигателю былую эффективность и экономичность, выполняют растачивание блока цилиндров в ремонтный размеры. Однако со временем процедура требуется вновь. Но бесконечно растачивать цилиндры нельзя – их стенки когда-нибудь истончатся до недопустимой величины, да и поршней необходимого диаметра просто может не оказаться. Те моторы, у которых уже закончился ремонтный ресурс, очень часто пробуют восстановить с помощью метода гильзования.

**Гильзование (гильзовка)** – двигателя является альтернативой обычному растачиванию, имея перед ним преимущество: блок цилиндров растачивается лишь один раз. Далее в него вставляются гильзы (*рис. 2*), играющие роль сменных стенок цилиндров. Поэтому сам блок не изнашивается, а отработавшие гильзы периодически заменяются.

Благодаря методу гильзования ремонт обходится намного дешевле, чем покупка нового двигателя или шорт-блока.

Для восстановления двигателя с чугунным блоком используют гильзы из износостойких легированных чугунов, а цельно-алюминиевые блоки восстанавливают либо при помощи специальных алюминиевых гильз с большим содержанием кремния (20-27%), либо с помощью тонкостенных чугунных гильз. Благодаря этому обеспечивается хороший результат, и так намного дешевле.

Главным образом, технологические методы ремонта блоков из разных материалов одинаковы, и различаются только в деталях.

Необходимо отметить, что ремонт гильз цилиндров не обязательно должен проводиться с заменой всех гильз. Для этого существует диагностика гильз цилиндров при помощи нутромера, после которой и принимается решение о замене гильз.

При ремонте блоков гильзованием применяется **«сухие» гильзы** – этот тип гильз не взаимосвязаны с охлаждающей жидкостью и находятся в блоке, благодаря силе трения. Они устанавливаются термическим способом, или сжимаются «на холодную».

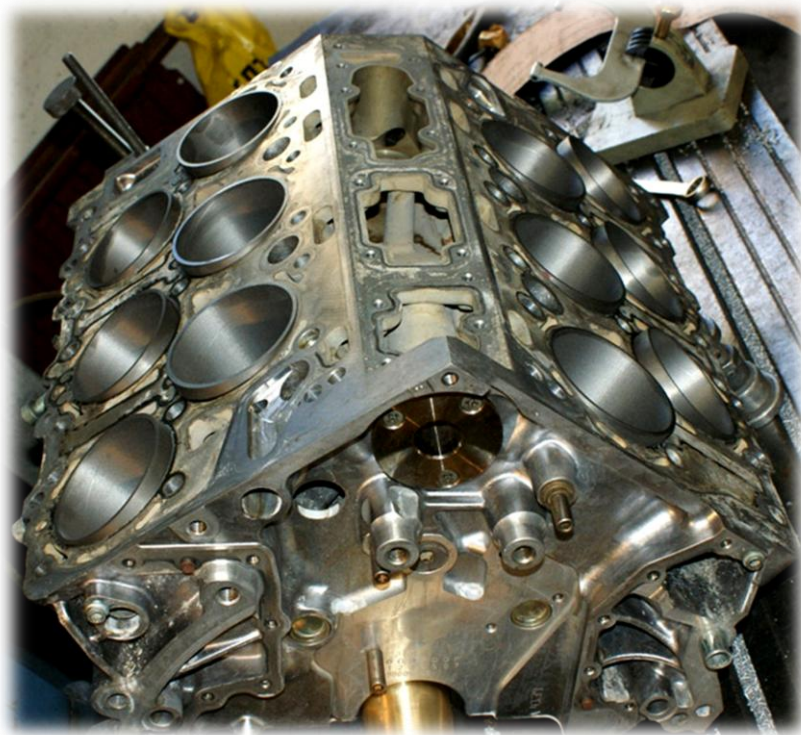


Рисунок 2 – Блок цилиндров с установленными гильзами

К ремонтным гильзам предъявляются определенные требования:

- Форма гильзы – её эллипсность и конусность не должны превышать 0,02 мм, а разность толщины стенки 0,01 мм.
  - Поверхность гильзы должна быть выполнена в соответствии 8–10 классу точности.
  - Выбор ремонтной гильзы блока производится по соответствующему каталогу.
- Готовые гильзы выбирают так, чтобы припуск диаметра на дальнейшую расточку под поршень находился в пределах от 0,3 до 0,5 мм, а также минимальная толщина стенки после запрессовки и расточки была не меньше, чем 1,5 мм.

**Этапы гильзования двигателя:**

**Расточка цилиндров** - процедура важная, так как здесь должна быть соблюдена правильная геометрия гнезд под гильзы. Эллипс гнезда впоследствии передастся гильзе, что повлечет за собой неправильную работу поршня и вытекающие из этого последствия.

Крышка коренных подшипников коленчатого вала монтируется с вложенными вкладышами подшипников (поработавшими или новыми) и затягивается с моментом затяжки, предписанным изготовителем двигателя. После этого блок цилиндров устанавливается на расточном станке, грубо выверяется и затем закрепляется. После этого предпринимается точная выверка путём подкладывания выравнивающих плит или поворотом стола станка, и блок цилиндров приводится в окончательное положение обработки.

**Гильзование.** На данном этапе проводят предварительную термообработку (*рис. 3*) и запрессовку гильз «на холодную» (*рис. 4*). Блок цилиндров помещается в печь, нагретую до 120–140°C, и остаётся там примерно на 20–30 минут. Подогрев блока цилиндров может производиться также в горячей масляной ванне. Основные отверстия должны быть перед горячей запрессовкой очищены от масла. Ни в коем случае нельзя блок цилиндров подогреть открытым пламенем. Неравномерный подогрев блока цилиндров может вызвать остаточное коробление материалов и сделать блок цилиндров непригодным. Для обеспечения надёжной установки необходима разность температур между блоком цилиндров и гильзой около 200°C.



Рисунок 3 – Подогрев блока цилиндров в печи

*Горячая запрессовка гильз с применением сухого льда.* Для охлаждения гильзы кладут в футляр (достаточно бумажной коробки) и обкладывают сухим льдом. С помощью сухого льда гильзы могут охлаждаться примерно до  $-80^{\circ}\text{C}$ .

*Горячая запрессовка гильз с применением жидкого азота.* Гильзу цилиндра кладут в жидкий азот, она приобретает при этом температуру от  $-180^{\circ}$  до  $-200^{\circ}\text{C}$ . При постановке гильз в блок, после того, как температура блока и гильз сравнялась, они крепко схватываются с блоком. Гильзы необходимо устанавливать на место аккуратно, но очень быстро, т.к. во время паузы она способна на полпути прихватиться к блоку, и в этом случае ее придется растачивать.



Рисунок 4 – Установка гильзы

**Торцевание блока цилиндров.** После установки гильзы (гильз) и выверки блока цилиндров он подвергается торцеванию (*рис. 5*). Слой удаляемого материала должен быть 0,05–0,1 мм для обеспечения полной плоскости разъёма блока цилиндров.

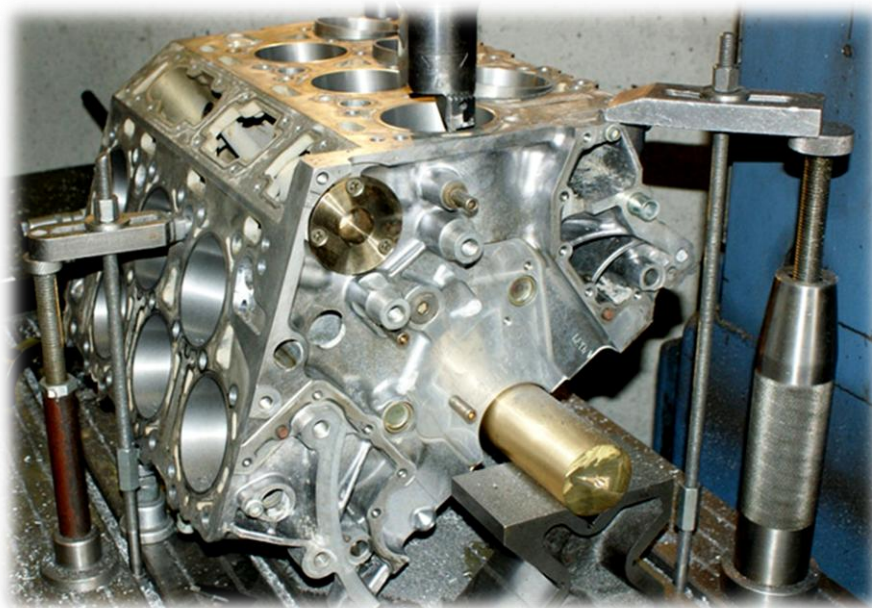


Рисунок 5 – Подрезка торцов гильз

**Хонингование (*рис. 6*)** – это одна из форм тонкой обработки резанием для достижения точно круглых отверстий при выдерживании определённого качества поверхности. В зависимости от случая обработки, хонингование служит для достижения точно определённых шероховатостей, структур поверхности, а также для достижения супергладких поверхностей.



Рисунок 6 – Хонингование

При хонинговании гильзам придается специальный профиль – сетка рисунка, глубиной 0,01 мм, прорезанная в рабочей поверхности и нанесенная под углом 20–60°. Сетка нужна для того, чтобы масляная пленка лучше держалась на поверхности цилиндра, благодаря этому сокращается трение в паре поршень-цилиндр.

**Крацевание** – процедура, во время которой с канавок хонинговочной сетки удаляются острые кромки, выходящие внутрь гильзы. Операция крацевания происходит с помощью нейлоновых щеток, в состав которых входит карбид кремния. При этом диаметр цилиндра увеличивается на 2 микрона, и не более.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что применение способа ремонта блоков гильзованием с применением современного оборудования и высококвалифицированного персонала, позволяет восстановить работоспособное состояние целно алюминиевых блоков цилиндров, и добиться приемлемых затрат по сравнению с покупкой шорт-блока у официального производителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.zr.ru/archive/zr/2011/04/vysokii-remont>
2. <http://naukaitechnica.ru/blog/43118138110/Odnorazovyye-motoryi>
3. <http://www.studiplom.ru/Technology-DVS/Blok-DVS.html>
4. [http://www.spb.mehanika.ru/publ/alu\\_block/](http://www.spb.mehanika.ru/publ/alu_block/)
5. <http://www.silentvad2005.narod.ru/auto/obshee/dvig/00/59.pdf>
6. <http://www.arzplazma.ru/price3.php>
7. <http://technokrat24.ru/?/mi-delaem/dvigatel/gilzovanie.html>

**А.В. КОЖИНСКАЯ, аспирант СГТУ им. Гагарина Ю.А.**

## **АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ПРИМЕСЕЙ В МОТОРНОМ МАСЛЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОВРЕЖДЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ**

*Моторное масло – это не только смазочный материал для поршневых двигателей внутреннего сгорания. Это важный элемент их конструкции. Работа двигателя напрямую зависит от качества моторного масла и правильного его применения. Для обеспечения надежной работы двигателей, применяемые в них масла должны обладать определенными эксплуатационными свойствами. Моторное масло, вязкость, этиленгликоль, сажа, износ, двигатель.*

**Ключевые слова:** моторное масло, свойства,

**A.V. KOZHINSKAYA, a graduate student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **ANALYSIS OF DANGEROUS IMPURITIES IN THE ENGINE OIL AND THEIR INFLUENCE ON THE DAMAGE ENGINE PARTS**

*Motor oil is not only a lubricant for reciprocating internal combustion engines. This is an important element of their design. The operation of the engine depends on the quality of motor oil and its correct application. To ensure reliable operation of the engines used in these oils must have a certain performance. Engine oil viscosity, glycol, soot, wear, engine.*

**Keywords:**

Содержание некоторых видов агрессивных сред в моторном масле необходимо контролировать и анализировать, поскольку их присутствие является основной причиной преждевременного разложения масла и поломки двигателя. Присутствие других загрязнителей в моторном масле является симптомом наличия неисправности, влияющей на работу других элементов и требующей более серьезных действий, нежели просто замена масла. Например, нарушение герметизации, которое влечет за собой разбавление топлива или загрязнение этиленгликолем, не может быть исправлено с помощью замены масла или перехода на смазочный материал более высокого качества. Такие «симптоматические» загрязнители также являются основными причинами появления новых сбоев в работе машины. Само собой разумеется, что значение анализа масла для раннего обнаружения таких проблем очень велико.

Любой из описанных ниже загрязнителей может стать причиной преждевременного или даже внезапного отказа двигателя. Следует отметить, что там, где имеются сочетания загрязнителей, проблемы значительно существеннее, например сочетание высокого содержания сажи с этиленгликолем или сочетание большого количества сажи с разбавлением топлива. Имеется много вариантов возникновения отказов и последовательностей событий, которые к ним приводят.

***Проблема загрязнения масла этиленгликолем [1].***

Каждый год происходит преждевременный отказ тысяч дизельных двигателей из-за наличия сажи, этиленгликоля, топлива и воды в моторном масле.

Этиленгликоль проникает в моторные масла дизельных двигателей из-за неисправности средств герметизации, из-за пропускающих воздух прокладок головок, треснувших крышек цилиндров, коррозионных повреждений и кавитации. При проведении одного из исследований, было обнаружено присутствие этиленгликоля в масле в 8,6% из 100 тыс. образцов дизельных двигателей участвовавших в испытаниях. Отдельное исследование 11 тыс. грузовиков для дальних перевозок выявило очень высокие уровни содержания этиленгликоля в 1,5% образцов и небольшие количества этиленгликоля в 16% образцов. Некоторые риски, возникающие в связи с загрязнением моторного масла этиленгликолем [1].

Всего 0,4% охлаждающей жидкости, содержащего этиленгликоль, в составе дизельного моторного масла достаточно для коагуляции диспергированных частиц сажи, при

этом частицы становятся крупнее, что приводит к образованию отложений и засорению фильтра, а также затрудняет прохождение потока масла.

По данным одного из исследований, в результате загрязнения этиленгликолем скорость износа возрастает в 10 раз, чем при загрязнении одной лишь водой.

Этиленгликоль вступает в реакцию с присадками масла, вызывая оседание взвешенных частиц. Например, важная противоизносная присадка моторных масел, диалкилдифосфат цинка (ZDDP), при загрязнении масла этиленгликолем образует продукты реакции, которые засоряют фильтры. Это также приводит к ухудшению параметров износостойкости и устойчивости к окислению.

Присутствие Этиленгликоля приводило к холодному заклиниванию двигателей.

Этиленгликоль окисляется, образуя агрессивные кислоты, включая следующие: гликолиевую, щавелевую, муравьиную и угольную. Эти кислоты вызывают быстрое падение щелочности масла (щелочное число), из-за чего образуется незащищенная агрессивная среда и происходит окисление базового масла.

При реакции моющих присадок из сульфоната кальция (которые есть практически во всех маслах) и этиленгликоля, образуются абразивные сферические частицы загрязнителя. Эти шарики являются хорошо известной причиной повреждения подшипников блока цилиндра и других трущихся поверхностей внутри двигателя.

Загрязнение этиленгликолем существенно повышает вязкость масла, что препятствует смазке и охлаждению масла [2].

Частые запуски двигателя, избыточное время работы на холостом ходу и в условиях холодной эксплуатации могут вызывать некоторые проблемы с разбавлением моторного масла топливом. Сильное разбавление (более 2%) связано с утечкой, проблемами с топливной форсункой и нарушенной эффективностью сгорания. Все это симптомы серьезной проблемы, которую нельзя решить заменой масла. Согласно одному исследованию [3], 0,36% всего потребляемого топлива оказывается в блоке цилиндра. В число проблем, связанных с разбавлением топлива.

Разбавление дизельным топливом в условиях холодной эксплуатации может вызвать парафинизацию. При запуске это может привести к снижению давления масла и масляному голоданию двигателя (недостаток масла для нормального функционирования системы).

Дизельное топливо привносит в моторное масло ненасыщенные ароматические молекулы, которые являются ускорителями окисления. Это может привести к преждевременному снижению щелочного числа (утрате защиты от коррозии) и окислительному загустеванию моторного масла, вызывая образование отложений и некоторое голодание.

Разбавление топливом может снизить вязкость моторного масла, например с 15W40 до 5W20. Это разрушает критическую толщину масляной пленки, и приводит к преждевременному износу камеры сгорания (поршни, кольца, втулки) и износу подшипника блока цилиндров.

Разбавление масла из-за неисправных форсунок обычно вызывает смывание масла с гильз цилиндра, что сокращает срок износа колец, поршней и цилиндров. Это также является причиной сильного просачивания газа и увеличения потребления топлива (обратный прорыв газа).

Очень сильное разбавление топливом снижает концентрацию присадок к маслу, снижая, тем самым, их эффективность.

Разбавление биодизельным топливом может приводить к возникновению проблем, намного более серьезных, чем при разбавлении обычным дизельным топливом, полученным из сырой нефти. К числу таких проблем относятся: снижение устойчивости к окислению; проблемы, возникающие из-за засорения фильтров; образование отложений; изменение испаряемости, в результате которой образуются скопления в блоке цилиндров.

Сажа является побочным продуктом сгорания, и имеется во всех моторных маслах находящихся в эксплуатации дизельных двигателей. Она попадает в двигатель, просачиваясь

различными путями во время его эксплуатации. Наличие сажи является нормой, и следует ожидать появления сажи в масле двигателя через определенное количество километров или часов эксплуатации. Но состояние и концентрация сажи могут отличаться от нормальных, что свидетельствует о наличии проблемы с двигателем и/или необходимости заменить масло.

#### ***Проблема загрязнения масла сажей*** [4].

Эффективность сгорания топлива непосредственно зависит от скорости образования сажи. Большое количество сажи может образовываться из-за плохой регулировки зажигания, плохой работы воздушных фильтров и слишком большого зазора кольца. Нельзя решить проблемы со сгоранием с помощью замены масла.

У новых дизельных двигателей с низким уровнем выбросов более высокое давление впрыска. Это повышает их чувствительность к абразивному износу (например, частицами сажи) из-за трения между клапаном, валом и опорой оси и может привести к заклиниванию клапана. Новые устройства рециркуляция отработанных газов (EGR) на дизельных двигателях увеличивают количество образования сажи и ее абразивность.

Вязкость увеличивается с грузом сажи. Высокая вязкость соответствует проблемам запуска холодного двигателя и риску нефтяного голодания.

Избыток сажи вызывает повышение вязкости. Тем не менее, высокая диспергируемость, связанная с использованием некоторых современных моторных масел, еще больше повышает вязкость из-за избытка сажи. А высокая вязкость приводит к проблемам с холодным пуском, и способствует масляному голоданию.

Сажа отседают и накапливаются в определенных зонах двигателя, которые являются зонами риска с точки зрения надежности двигателя, включая клапанные коробки, крышки клапанов, маслосборники и головки блока цилиндров.

Отложения на поверхностях двигателя снижают коэффициент полноты сгорания и экономию топлива/масла.

Сажа стирает защитные износостойчивые мыльные пленки в пограничных зонах, таких как зоны кулачкового упора и толкателя клапана.

Выброс углерода из накоплений сажи и шлама за кольцами поршней в бороздках может вызывать быстрый износ колец и стенок цилиндров. Из-за этого могут быть сломаны или значительно повреждены кольца в условиях холодного запуска двигателя.

Вода является одним из наиболее разрушительных загрязнителей в составе большинства смазочных материалов. Она воздействует на присадки, вызывает окисление базового масла и препятствует образованию масляной пленки. Низкий уровень загрязнения водой нормален для моторных масел. Высокие уровни проникновения воды заслуживают внимания, и их редко можно корректировать с помощью замены масла.

#### ***Проблема загрязнения масла водой*** [5].

Из-за продолжительной работы двигателя на холостом ходу в зимнее время происходит конденсация воды в блоке цилиндров, что приводит к снижению щелочного числа и коррозионному воздействию на поверхности, окислению масла и т. д.

Эмульгированная вода может впитывать присадки, сажу, продукты окисления и шлам. Такие массивы шлама, приведенные в движение потоками масла, могут вывести из строя фильтры и перекрыть доступ потока масла к подшипникам, поршням и клапанной коробке.

Вода резко повышает коррозионный потенциал обычных кислот, присутствующих в моторном масле.

Срок развития повреждений может существенно различаться для различных загрязнителей. Большинство неожиданных выходов из строя при умеренных уровнях загрязнения обычно имеет место при наличии одного или более усугубляющих факторов (эффект сочетания) [1]. И, напротив, большие концентрации одного или более из этих загрязнителей могут вызвать неожиданный выход из строя и без воздействия усугубляющих факторов. Существует множество других усугубляющих факторов, которые могут также значительно сократить срок развития повреждения. Более типичной является ситуация, когда

не очень большая проблема остается незамеченной и со временем прогрессирует. Это может сократить срок эксплуатации двигателя со, скажем, 1,2 млн. км до 480 тыс. км, т.е. до 2,5 раз.

Совокупное воздействие загрязнения масла на надежность двигателя, экономию топлива, выбросы выхлопов и затраты на материально-техническое обслуживание большого парка машин очень велико. Не существует присадок моторных масел, которые управляли бы повреждениями, причиняемыми этими загрязнителями. Поэтому упреждающее техобслуживание и анализ масла являются основными стратегиями, позволяющими противостоять рискам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надёжность двигателей. М.: Изд-во стандартов, 1981 - 232 с

2. Венцель С.В. Применение смазочных масел в автомобильных и тракторных двигателях. М., Химия, 1969

3. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ. Григоров А. Б., Наглюк И. С. Журнал АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ (ХАРЬКОВ, ХНАДУ) Выпуск № 25 / 2009

4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ПОДБОРЕ МОТОРНЫХ МАСЕЛ К ДВС И ОПРЕДЕЛЕНИИ СРОКОВ ИХ СМЕНЫ. Войтов В. А., Мазепа В.А., Ярошно С.Ю. Журнал ВЕСТНИК ХАРЬКОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНОГО УНИВЕРСИТЕТА Выпуск № 39 / 2007

5. Артемьев В.А., Бойков Д.В., Григорьев М.А., Фёдоров С.И. Зависимость интенсивности старения моторного масла от его расхода на угар// ХТТМ-1993

**С.И. КРИВОШАПОВ, к.т.н., доцент ХНАДУ, г. Харьков, Украина**

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ТРАНСПОРТЕ**

*Рассмотрена аналитическая методика оценки выбросов вредных веществ транспортных машин в массовых величинах. Особенностью методики является то, что параметры токсичности привязаны к нагрузочным и скоростным режимам движения машины, с учетом конструктивных особенностей и условий эксплуатации.*

**Ключевые слова:** транспорт, вредные вещества, выбросы, расчёт.

**S.I. KRIVOSHAPOV, Ph.D., Associate Professor HNADU, Kharkov, Ukraine**

## **MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING EMISSION IN TRANSPORT**

*An analytical method of estimating emissions of transport vehicles in mass quantities. A feature of the method is that the parameters of toxicity are linked to the load and the speed mode of the machine, taking into account the design features and operating conditions.*

**Keywords:** transportation, hazardous substances, emissions calculation.

Автомобильный транспорт во всем мире является основным потребителем энергетических ресурсов и источником загрязнения окружающей среды. Существует различные пути снижения негативных последствий эксплуатации автомобилей: конструктивные, организационные, эксплуатационные, транспортные, законодательные и другие мероприятия. С помощью математического моделирования можно оценить нормативный уровень выбросов вредных веществ технически исправного транспортного средства и выбрать режим движения машин, соответствующему минимальному воздействию автомобиля на окружающую среду.

В работе [1] выброс вредных веществ в отработавших газах автомобиля определяется по формуле:

$$Q'_{\text{вв}} = 0,0548 \cdot M_{\text{вв}} \cdot X_{\text{вв}} \cdot \rho_T \cdot Q_a \cdot \alpha \quad \text{г/км}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{вв}}$  - молекулярная масса вредного вещества, г;  
 $X_{\text{вв}}$  - концентрация вредного вещества в отработавших газах, %;  
 $\rho_m$  - плотность топлива, г/см<sup>3</sup>;  
 $Q$  - расход топлива, л/100 км;  
 $\alpha$  - коэффициент избытка воздуха.

Концентрация вредного вещества в отработавших газах  $X_{\text{вв}}$  зависит от типа двигателя, нагрузочного и скоростного режима работы автомобиля. В работе [1] концентрация вредного вещества рассчитывается по формуле:

$$X_{\text{вв}} = A_2 + B_2 \cdot N_1 + C_2 \cdot N_1^2 \quad \%, \quad (2)$$

где  $A_2, B_2, C_2$  - постоянные коэффициенты;  
 $N_1$  - процент использования мощности, %.

Значение коэффициентов  $A_2, B_2, C_2$  для автомобиля ЗИЛ-431410 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение коэффициентов для бензинового двигателя

Вредные вещества	$M_{\text{ев}}$	$A_2$	$B_2$	$C_2$
Оксид углерода	28	1,63	-0,056	0,000477
Углеводороды	86	0,041	-0,00084	0,0000069
Оксиды азота	30	0,309	0,00269	-0,000035

Процент мощности определяется как отношение эффективной мощности двигателя на эксплуатационном нагрузочном режиме, к максимальной мощности двигателя:

$$N_I = \frac{100 \cdot N_e}{N_{e \max}} \text{ кВт.} \quad (3)$$

Полезная мощность - это мощность, затраченная на преодоление внешних сил сопротивления движению автомобиля [5]: суммарного дорожного сопротивления ( $P_w$ ), аэродинамики ( $P_w$ ), инерции ( $P_j$ ). Из мощностного баланса автомобиля следует:

$$\begin{aligned} N_D &= N_w + N_i + N_j = \frac{V_a}{3.6 \cdot 10^3} \cdot (P_w + P_i + P_j) = \\ &= 0.28 \cdot 10^{-3} \cdot (G_a \cdot i \cdot V_a + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^3 \pm 0.1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot \dot{V}_a \cdot V_a) \text{ кВт,} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $G_a$  - вес автомобиля, Н;

$i$  - уклон дороги;

$kF$  - фактор обтекаемости,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ ;

$V_a$  - средняя техническая скорость движения, км/ч;

$\beta$  - коэффициент учета вращающихся масс;

$\dot{V}_a$  - ускорение автомобиля,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Эффективная мощность двигателя связана с полезной мощностью подведенной к дороге через коэффициент полезного действия трансмиссии ( $\eta_{mp}$ ) и колес ( $\eta_k$ ) автомобиля. Тогда формула (2) процента использования мощности будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{100 \cdot N_k}{N_{e \max}} = \frac{100 \cdot N_D}{N_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_k} = \\ &= \frac{100 \cdot V_a \cdot (G_a \cdot i + 0.077 \cdot kF \cdot V_a + 0.1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot \dot{V}_a)}{N_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_k}, \% \end{aligned} \quad (5)$$

В работе [2] предложена следующая формула расчета расхода топлива в л/100 км:

$$Q_a = \frac{100 \cdot K_{ш} \cdot M_a}{H_n \cdot \rho_m \cdot \eta_a} \text{ л/100 км.} \quad (6)$$

В этой формуле произведение  $H_n \cdot \rho_m$  характеризует качество топлива (бензин, дизтопливо),  $K_{ш}$  - шум ускорения дороги (качество дорожных условий),  $M_a$  - масса автомобиля (степень загрузки автомобиля),  $\eta_a$  - КПД автомобиля (совершенство конструкции автомобиля). Масса автомобиля  $M_a$  принимается исходя из технической

характеристики автомобиля, шум ускорение  $K_{ш}$  и КПД автомобиля  $\eta_a$  зависит от условий эксплуатации автомобиля (группы дорог).

В работе [3] приведена методика определения частных и общего КПД. КПД автомобиля определяется произведением индикаторного ( $\eta_i$ ), механического ( $\eta_m$ ), трансмиссии ( $\eta_{mp}$ ) и КПД колеса ( $\eta_k$ ) с учетом подвески и ходовой части, т.е.:

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_k \quad (7)$$

В таблице 2 приведены расчетные значения КПД индикаторного ( $\eta_i$ ), механического КПД ( $\eta_m$ ), КПД трансмиссии ( $\eta_{mp}$ ), КПД колеса ( $\eta_k$ ) и общего КПД автомобиля ЗИЛ 431410 без груза и с грузом.

Таблица 2 - Расчетные значения КПД автомобиля

Скорость, км/ч	Без груза					С грузом					Без груза	С грузом
	$\eta_i$	$\eta_m$	$\eta_{mp}$	$\eta_k$	$\eta_a$	$\eta_i$	$\eta_m$	$\eta_{mp}$	$\eta_k$	$\eta_a$	$\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp}$	$\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp}$
60	0,299	0,769	0,72	0,715	0,118	0,315	0,830	0,80	0,600	0,125	0,165	0,209
47	0,291	0,702	0,74	0,608	0,092	0,307	0,790	0,83	0,530	0,106	0,151	0,201
38	0,288	0,654	0,77	0,531	0,077	0,304	0,774	0,86	0,470	0,095	0,145	0,202
32	0,287	0,624	0,80	0,486	0,069	0,303	0,763	0,88	0,442	0,089	0,143	0,203
26	0,286	0,596	0,84	0,455	0,065	0,302	0,750	0,91	0,410	0,084	0,143	0,206

В расчетах можно принимать: для бензинового двигателя -  $\rho_T = 0,76$  г/см<sup>3</sup> и  $H_u = 44000$  кДж/кг; для дизельного двигателя -  $\rho_T = 0,84$  г/см<sup>3</sup> и  $H_u = 43000$  кДж/кг.

Тогда для автомобиля ЗИЛ-431410 формула (6) расхода топлива упрощается:

$$Q_a = \frac{0,00307 \cdot M_a \cdot K_{ш}}{\eta_a} \quad \text{л/100 км.} \quad (8)$$

В таблице 3 приведены расчетные значения расхода топлива груженого и порожнего автомобиля ЗИЛ-431410 при движении по различным дорогам.

Таблица 3 – Расчетные значения расхода топлива

Категория дорог	Средние скорости, км/ч	Расход топлива автомобиля $Q_a$ , л/100 км	
		порожнего	груженого
1	60	26,11	33,45
2	47	25,36	35,50
3	38	27,13	39,71
4	32	29,67	44,83
5	26	32,99	53,32

Шум ускорения вычисляется по формуле

$$K_{ш} = (g \cdot i + 0,077 \cdot kF \cdot V_a^2 / M_a + 0,1 \cdot \beta \cdot \dot{V}_a) \quad \text{м/с}^2. \quad (9)$$

При вычислении шума ускорений ( $K_{ш}$ ) для разных дорожных условий принимаем, что суммарное сопротивление дороги  $\psi = f + i$  для грузовых автомобилей и автобусов равно [1]:

$$\psi \approx 0,8/V_a \approx 0,48/V_a + 0,32/V_a, \quad (10)$$

где  $i = 0,32/V_a$  – уклон дороги;

$f = 0,48/V_a$  - коэффициент сопротивления качению колеса автомобиля.

Шум ускорения  $K_{ш}$  для автомобиля ЗИЛ-431410 рассчитывается по формуле:

$$K_{ш} = \frac{3,14}{V_a} + \frac{0,185 \cdot V_a^2}{M_a} + 0,00023 \cdot V_a \text{ м/с}^2. \quad (11)$$

Расчеты показывают, что максимальное ускорение автомобиля на прямой передаче при разгоне при максимальном использовании мощности двигателя изменяется в пределах  $0,2 \dots 0,6 \text{ м/с}^2$ . При движении по дороге на частичных режимах среднее ускорение ( $\beta \cdot \dot{V}_a$ ) намного меньше и колеблется в пределах от  $0,010 \dots 0,015$  на высоких и средних скоростях до  $0,006 \text{ м/с}^2$  на малых скоростях. Слагаемое  $\beta \cdot \dot{V}_a$  достаточно точно рассчитывается по формуле  $0,0023 \cdot V_a \text{ м/с}^2$ . При малых и средних установившихся скоростях это слагаемое можно не учитывать.

В таблице 4 приведены среднее расчетное значение  $K_{ш}$  для груженого автомобиля ЗИЛ-431410 равно  $0,11 \pm 0,01$ , для порожнего –  $0,15$ , что достаточно точно согласуется с эксплуатационными данными, приведенными в работе [4].

Таблица 4 - Расчет шума ускорений по категориям дорог

УЭ	$V_a$ , км/ч	$\psi = \frac{0,8}{V_a}$	$f \approx \frac{0,48}{V_a}$	$i \approx \frac{0,32}{V_a}$	$K_{ш}$	
					$M = 4525 \text{ кг}$	$M = 10525 \text{ кг}$
1	60	0,0133	0,0080	0,0053	0,214	0,129
2	47	0,0170	0,0102	0,0068	0,168	0,116
3	38	0,0210	0,0126	0,0084	0,151	0,117
4	32	0,0250	0,0150	0,0100	0,148	0,123
5	26	0,0307	0,0184	0,0123	0,155	0,138

С учетом формулы (9) шума ускорений  $K_{ш}$  получаем формулу процента использования мощности

$$N_1 = \frac{0,03 \cdot M_a \cdot K_{ш} \cdot V_a}{N_{emax} \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_k} \%, \quad (12)$$

Коэффициент избытка воздуха для бензинового двигателя связан с индикаторным коэффициентом полезного действия соотношением  $\eta_i = 0,32 \cdot \alpha$ . Тогда  $\alpha = 3,2 \cdot \eta_i$ .

Формула выбросов вредных веществ (1) с учетом зависимостей (2) и (6) окончательно

$$Q'_{вв} = 17,54 \cdot M_{вв} \cdot \eta_i \cdot (A_2 + B_2 \cdot N_1 + C_2 \cdot N_1^2) \cdot \frac{K_{ш} \cdot M_a}{H_u \cdot \eta_a} \cdot k_e \text{ г/км}, \quad (13)$$

где  $k_e$  - коэффициент эффективности очистки катализатора отработавших газов. Для автомобилей, не оборудованных каталитическими нейтрализаторами (например, автомобиль ЗИЛ-431410), принимается значение  $k_e = 1$ .

Результаты расчета величины выбросов вредных веществ в отработавших газах для автомобиля ЗИЛ-431410 приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчетные значения выбросов вредных веществ

$V_a$ , км/ч	Порожный автомобиль			Груженный автомобиль				
	$N_I$ , %	$Q'_{CO}$ , г/км	$Q'_{CH}$ , г/км	$Q'_{NO}$ , г/км	$N_I$ , %	$Q'_{CO}$ , г/км	$Q'_{CH}$ , г/км	$Q'_{NO}$ , г/км
60	20,47	19,09	2,24	10,22	26,00	19,45	2,80	14,58
47	12,28	27,83	2,61	9,68	17,67	32,01	3,45	14,67
38	8,54	34,48	3,00	10,02	13,82	42,53	4,14	15,97
32	6,79	40,29	3,38	10,80	12,03	51,81	4,84	17,80
26	5,50	46,91	3,85	11,86	10,61	65,27	5,91	20,93

Из расчетов видно, что ухудшение условий эксплуатации с 1-ой категории до 5-й, токсичность автомобиля возрастает: для CO – в 2.5 раза для порожнего автомобиля и 3.5 раза для груженого автомобиля; для CH – в 1,7 и 2,1 раза, для NO – на 1,2 и 1,4 раза, соответственно.

Приведенная методика расчета величины выбросов вредных веществ в отработавших газах, базирующаяся на произведении четырех КПД и показателе шума ускорения, может быть использована не только для нормирования токсичности, но и как модель диагностирования автомобилей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). / Н.Я. Говорущенко, А.Н Туренко. - Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. - 474 с.
2. Говорущенко Н.Я. Новая методика нормирования расхода топлива транспортных машин (метод четырех КПД) / Н.Я. Говорущенко, С.И. Кривошапов. // Автомобильный транспорт : Сб. научн. тр. – 2004. - № 15. – С. 21-25.
3. Кривошапов С.И. Разработка методики и алгоритма общего диагностирования автомобилей по изменению коэффициента полезного действия : автореф. .... канд. техн. наук : 05.22.10 / С.И. Кривошапов. – Харьков, ХГАДТУ, 1999. – 216 с.
4. Кривошапов С.И. Алгоритм расчета КПД транспортных машин / С.И. Кривошапов, Е.Ю. Говорущенко // Весник ХНАДУ. – 2003. - № 20. – С. 34-36.

**А.В. МАРУСИН, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.В. МАРУСИН, аспирант С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**  
**А.М. СЫЧЁВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.М. ПОПОВА, к.э.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.К. ДАНИЛОВ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ АЛГОРИТМОВ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ**

*Рассматривается встроенная система технической диагностики транспортного средства с электрической силовой передачей. Также приводится анализ применяемых алгоритмов встроенной технической диагностики и взаимодействий между ними.*

***Ключевые слова:** встроенная система технической диагностики транспортного средства с электрической передачей, система автоматического управления и регулирования дизеля, дизель.*

**A.V. MARUSIN, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.V. MARUSIN, a graduate student St. PbGASU, St. Petersburg**  
**A.M. SICHOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.M. POPOVA, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.K. DANILOV, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **ANALYSIS APPLIED ALGORITHMS EMBEDDED SYSTEMS TECHNICAL DIAGNOSTICS ENGINE VEHICLE WITH ELECTRIC POWER TRANSMISSION**

*We consider the built-in technical diagnostics of the vehicle with an electric powertrain. It also provides an analysis of the algorithms embedded technical diagnostics and the interactions between them.*

***Keywords:** built-in technical diagnostics of the vehicle with electric transmission, automatic control system and control of a diesel engine, diesel.*

В настоящее время остро стоит вопрос о создании и совершенствовании отечественной встроенной электронной системы технической диагностики (СТД) транспортного средства с электрической силовой передачей, и её интеграции с электронными системами автоматического управления и регулирования (САУ) дизеля. Совершенствование современных конструкций СТД дизелей осуществляется на основе их усложнения, увеличения количества диагностируемых параметров и переменных, степени автоматизации, внедрения новых дополнительных функций (оптимизации статических режимов работы дизеля, адаптации к изменению параметров подсистем дизеля и пр.), при повышении требований к точности и информативности, эффективности совместного функционирования САУ и СТД.

Предлагаемая встроенная СТД обеспечивает возможность повышения точности и информативности контроля технического состояния дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей в режиме реального времени. СТД содержит несколько алгоритмов, осуществляющих оценку отказов систем дизеля по статическим контролируемым показателям и показателям, измеряемым в переходных процессах, накопление выборок которых позволяет провести прогноз изменения технического состояния систем дизель-генератора, т.е. диагностирование дизель-генератора в целом.

В предлагаемой СТД контролируемые переменными являются: угловые скорости вращения коленчатого вала дизеля и ротора турбины турбокомпрессора; перемещение рейки топливного насоса; давление надувочного воздуха; электрический ток и напряжение в обмотке якоря тягового электрического генератора. Входные и выходные диагностические переменные подсистем дизеля определяются измерением в установившихся и неустойчивых режимах работы дизеля (разгоне транспортного средства).

При разработке диагностических алгоритмов предлагаемой встроенной СТД использован метод сравнения, который основан на сравнении значений переменных, характеризующих реакции проверяемых подсистем дизель-генератора и значений эталонных переменных, полученных по диагностическим моделям соответствующих систем, на заданные тестовые сигналы проверяемого и «эталонного» объектов.

Такое сравнения описывает условие работоспособности систем дизель-генератора по следующему математическому выражению

$$|y_i(t) - y_{iэт}(t)| \leq \Delta_{доп}, \quad (1)$$

где  $y_i(t)$  и  $y_{iэт}(t)$  соответственно, выходные переменные  $i$  – й подсистемы контроля и эталонной диагностической модели;  
 $\Delta_{доп}$  - допустимая величина рассогласования.

Проведённый анализ известных вариантов СТД по технической литературе и патентным источникам позволил разработать новую функциональную схему СТД дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей (СТДсЭП) приведённую на рисунке 1.

По схеме объект диагностирования содержит: дизель (Д), турбокомпрессор (ТК), электрический генератор (Г), механико-гидравлический исполнительный механизм регулятора частоты вращения (РЧВ). Контроллер К1 работает в двух режимах САУ и СТД дизеля, т.е. выполняет функции одновременно регуляторов и диагностики.

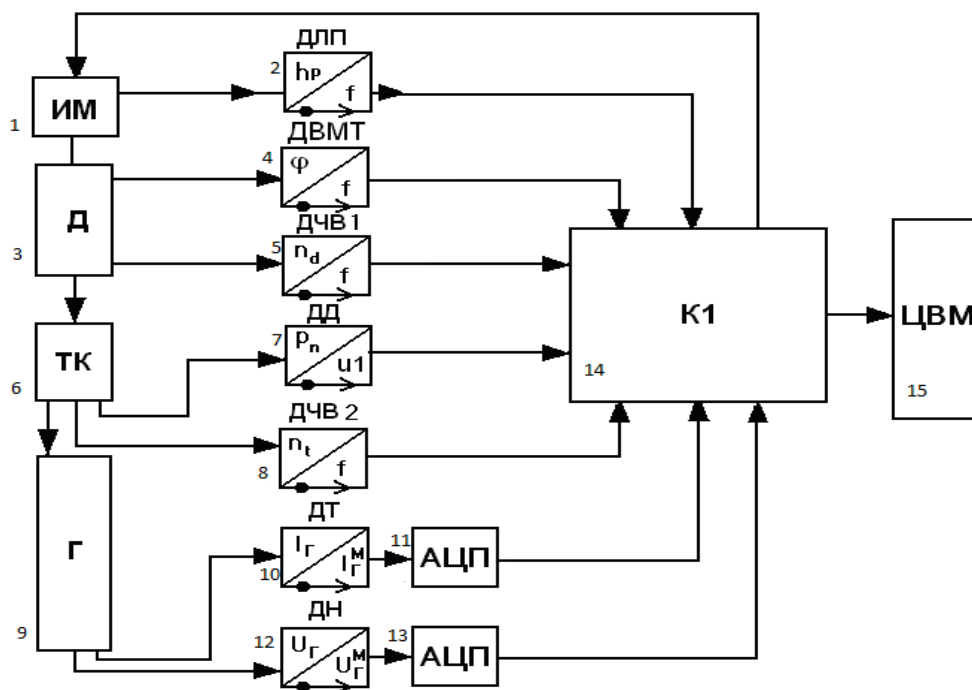


Рисунок 1 – Функциональная схема СТДсЭП

Д – дизель; ТК – турбокомпрессор; Г –электрический тяговый генератор;  
 ИМ – исполнительный механизм РЧВ; ДД – датчик давления наддува компрессора; ДЧВ1 – датчик частоты вращения коленчатого вала; ДЧВ2 - датчик частоты вращения ротора турбины турбокомпрессора; ДТ – датчик электрического тока в обмотке якоря генератора; ДН – датчик напряжения в обмотке якоря генератора; ДЛП – датчик линейных перемещений рейки ТНВД дизеля; ДВМТ – датчик верхней мертвой точки поршня первого цилиндра дизеля; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; К1 – контроллер РЧВ и системы технической диагностики; ЦВМ – цифровая вычислительная машина;  
 $f$  – частота электрического сигнала;  $I_{гм}$ ,  $U_{гм}$  – соответственно электрические ток и напряжение на обмотке тягового генератора

Контроллер в режиме СТД формирует диагностический тестовый электрический сигнал, который в свою очередь является корректирующим от электронного РЧВ и передает его на исполнительный механизм (РЧВ), управления подачей топлива в топливном насосе высокого давления дизеля.

Диагностирование асимметрии работы цилиндров ДВС производится на установившихся режимах работы двигателя для теоретического обоснования её диагностических параметров и переменных использованы известные зависимости динамического расчёта ДВС.

Особенности взаимодействия алгоритмов предлагаемой СТДсЭП отражено на схеме, приведённой на рисунке 2.

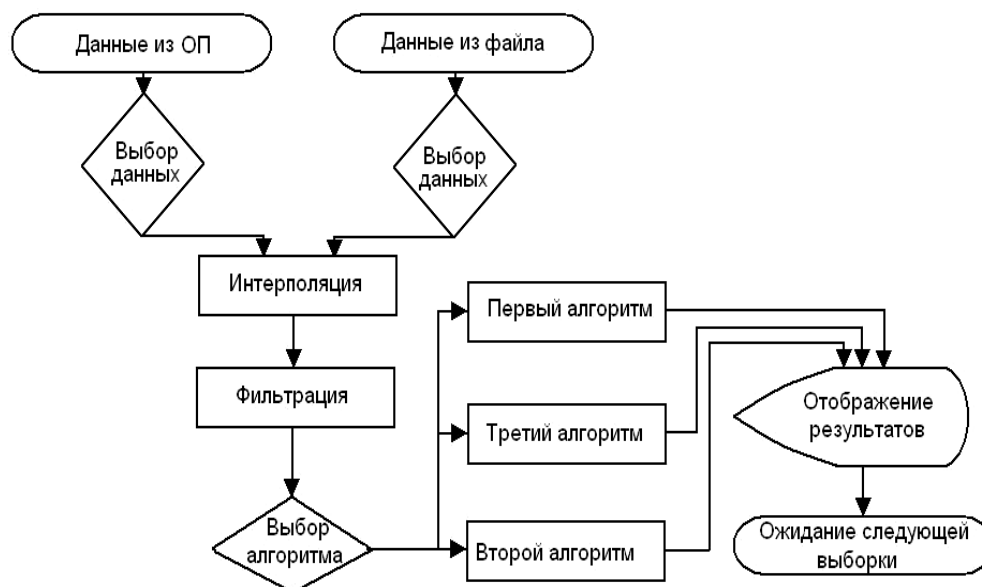


Рисунок 2 – Общий алгоритм СТД

Общий алгоритм СТД (рис. 2.) использует данные двух типов: данные оперативной памяти (данные полученные с семи датчиков) и данные записанные на жестком диске. Данные из файла – данные в форме списков: выборка во времени цифровых значений переменных: крутильных колебаний угловой скорости коленчатого вала и других перечисленных диагностических переменных, отклонения показателей состояния дизеля от эталонных значений, полученные в предыдущих тестовых диагностических оценках, за соответствующие периоды времени. Выбор каждого из перечисленных типов данных осуществляется последовательно циклом.

Данные в форме выборки по времени цифровых значений диагностических переменных интерполируется, а затем подвергаются цифровой фильтрации, после чего, в зависимости от вида данных, осуществляется выбор соответствующего диагностического алгоритма их обработки. При работе дизеля на установившихся режимах используется первый алгоритм обработки данных (рисунок 3.)

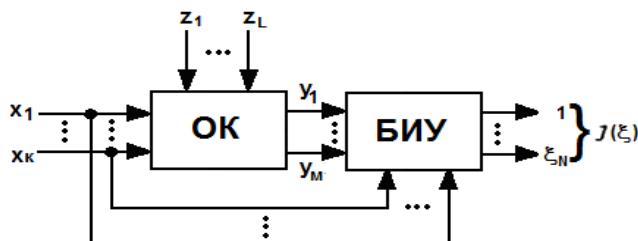


Рисунок 3 – Сема первого алгоритма диагностирования

$x_1, x_k$  – входные воздействия;  $y_1, y_m$  – выходные координаты;  $z_1, z_l$  – возмущающие действия; ОК – объект контроля; БИУ – блок измерительных устройств

Так как, в статическом режиме работы дизеля, значения измеряемых контролируемых переменных имеют небольшой разброс, то по значениям этих выборок вычисляются статистические оценки, значения которых сравниваются с эталонными в базе данных, сформированной экспертом. Второй алгоритм обработки данных отражает процедуры преобразования данных сигнала – крутильных колебаний частоты вращения коленчатого вала с целью диагностики асимметрии работы цилиндров дизеля.

Так как для оценки асимметрии работы цилиндров требуется оценка показателя характеризующего состояние рабочего тела в цилиндре то известные математические модели, описывающие кривошипно-шатунный механизм, требуют определенных преобразований на основе метода моделирования, использующих обратные задачи моделирования. Особенности второго алгоритма приведены в виде функциональной схемы на рисунке 4.

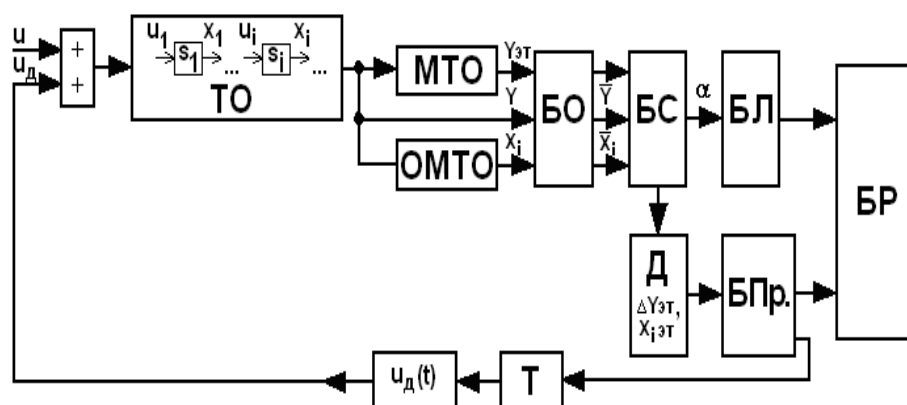


Рисунок 4 – Функциональная схема второго алгоритма тестового метода технической диагностики дизеля

$u$  – управляющие воздействия; ТО – технический объект диагностирования, дизель; МТО – прямая модель технического объекта, дизеля как объекта диагностирования; ОМТО – обратная модель технического объекта, дизеля как объекта диагностирования; БО – блок первичной обработки; БС – блок сравнения; Д – блок нормативных допусков; БЛ – блок логики; БПр. – блок прогнозирования; БР – блок регистрации результатов диагностирования; Т – таймер;  $u_d(t)$  – зондирующий сигнал для тестирования.

Во втором алгоритме диагностирования используются диагностические динамические математические модели в форме системы линейных дифференциальных уравнений, полученные на основе авторегрессионных математических методов идентификации параметров моделей по данным эксперимента [1]. Результаты формирования идентификационных динамических математических моделей отражены в работе [2].

Третий алгоритм отражает процедуры преобразования данных сигналов с ранее описанных семи датчиков СТД, с целью диагностики технического состояния собственно дизеля, турбины и компрессора турбокомпрессора и РЧВ, тягового генератора. Общая функциональная схема третьего алгоритма СТД приведена на рисунке 5.

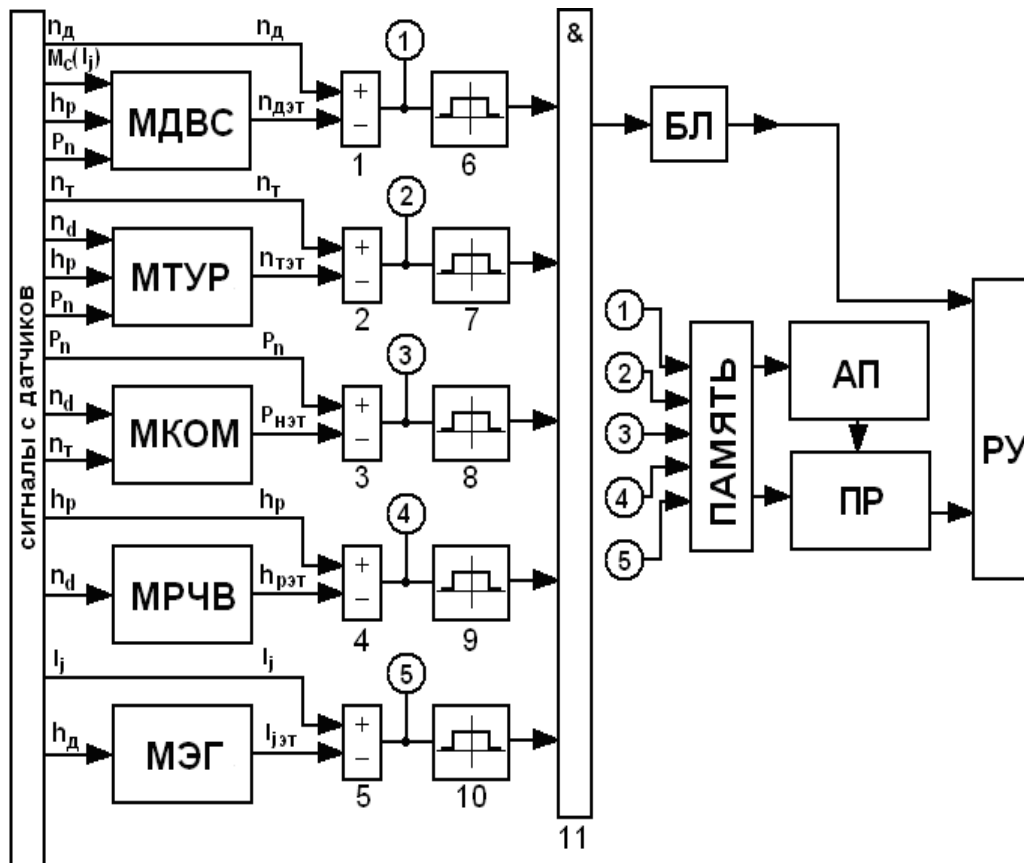


Рисунок 5 – Функциональная схема третьего алгоритма диагностирования в СТДсЭП

математическая модель дизеля (МДВС); математическая модель турбины (МТУР); математическая модель компрессора (МКОМ); математическая модель регулятора частоты вращения (МРЧВ); математическая модель электрического генератора (МЭГ); блок логики второй (БЛ); память (ПАМЯТЬ); прогнозирующее устройство (ПР); аппроксимация (АП); сумматоры (1,2,3,4,5); однотипные пороговые (щелевые) функции (6,7,8,9,10), принимающие значение 0 или 1; блок логики первый (11).

Третий алгоритм использует разработанные диагностические динамические математические модели типа "вход-выход", которые строятся по переменным состояниям дизеля на основе математических методов идентификации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Льюинг Л. Идентификация систем. Теория пользователя: Пер. с англ. /Под ред. Я.З. Цыпкина.- М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1991. - 432с.
2. Сычёв А.М., Брагин Т.М., Степанов М.Ф., Степанов А.М. Построение математической модели дизель-генератора по данным эксперимента./ Сб. трудов XXI Междунар. науч. конф.: в 10 т. Т6 / под общ. ред. В.С. Балакирева. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008.-С.323-326.

**А.А. МУНИН, аспирант СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ НАПЛАВОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ**

*Статья посвящена инварным покрытиям их характеристикам и свойствам, нанесение их а поверхность с помощью наплавки. В условиях истощения сырьевых ресурсов, экологических и социально-экономических затруднений особую значимость обретают ресурсосберегающие технологии, которые все чаще сопровождаются освоением методов наплавки. Вследствие чего очень важным становится восстановление наплавкой наиболее дорогостоящих ресурсопределяющих деталей машин и механизмов, которые подвержены наибольшему износу в процессе их эксплуатации. Предлагаемая технология нанесения наплавочных покрытий исключает применение дополнительных операций. По результатам испытаний сделаны выводы об эффективности нанесения данного сплава.*

**Ключевые слова:** нанесение покрытия, наплавка, сплав, инвар.

**A.A. MUNIN, a graduate student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **THE BASIC PROPERTIES AND CHARACTERISTICS INTERMETALLIC HARDFACING COATINGS AND MODERN METHODS OF THEIR PRODUCTION**

*The article is devoted to the Invar pokrytym their characteristics and properties, application and their surface by means of welding. In terms of the depletion of raw materials, environmental and socio-economic problems of particular importance acquire resource-saving technologies, which are increasingly accompanied by the development of methods of welding. Consequently becomes very important welding recovery the most expensive resursopotrebljajushchie of machine parts and mechanisms, which are subject to the greatest wear in the course of their operation. The proposed technology of applying hardfacing coatings eliminates the use of additional operations. Test results conclusions about the effectiveness of the application of this alloy.*

**Keywords:** coating, surfacing alloy, invar.

Инвар (36н) - материал с низким температурным коэффициентом линейного расширения ( $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup> в диапазоне температур от -60 до +100<sup>0</sup> С), линейные размеры изделия изготовленного из инвара почти не меняются в интервале климатических температур.

Сплавы с названием «инвар» производятся многими современными компаниями. Это – важный сплав, который используется в производстве точных приборов и инструментов. Инварные сплавы были открыты еще в конце девятнадцатого века в Швейцарии. Инвар обладает отличными физическими свойствами. У него – однофазная внутренняя структура, оптимальная плотность и температура плавления. Этот вид сплава располагает достаточно маленьким температурным коэффициентом и практически не подвергается расширениям при температуре от минус ста градусов до плюс ста градусов. Самые чистые сплавы имеют более маленький коэффициент в линейном расширении. Свойства инвара позволяют применять его в точном приборостроении. Активное применение данный вид сплава нашел при изготовлении мерной проволоки для геодезии, в эталонах длины, в разнообразных деталях и элементах часов и подобных им механизмах. Например, в маятниках хронометров, в пружинах и прочих устройствах. А также, инвар применяется в деталях барографов, в высотомерах, в космических телескопах.

Инвар 36н со структурой однородного  $\gamma$ -твердого раствора помимо низкого значения коэффициента  $\alpha$ , имеет также хорошие механические, технологические и антикоррозионные свойства, что позволяет использовать его как конструкционный материал для деталей приборов, от которых требуется постоянство размеров при изменении температуры в условиях эксплуатации. Но необходимо иметь в виду, что малый коэффициент линейного

расширения инваровых сплавов сохраняется лишь в интервале от  $-60$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ , выше и ниже этого интервала температурный коэффициент расширения инвара резко возрастает.

Минимальное значение коэффициента  $\alpha$  в инвара достигается после закалки от  $830^{\circ}\text{C}$ ; отпуска ( $315^{\circ}\text{C}$ , 1 ч) и старения ( $95^{\circ}\text{C}$ , 48 ч). В процессе закаливания все примеси переходят в твердый раствор. Отпуск способствует выделению мелкодисперсных избыточных фаз. Благодаря старению исчезают все остаточные внутренние напряжения, возникающие в процессе технологической обработки детали и происходит стабилизация значения коэффициента  $\alpha$ .

Еще лучшие характеристики имеет *суперинвар* (36НКД), отличающийся от инвара увеличенным содержанием меди (4,5 ... 5,5%) и наличием кобальта (4,5 ... 5,5%). Для этого сплава температурный коэффициент линейного расширения составляет:  $\alpha = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$  в диапазоне температур от  $-60$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ .

У двойных сплавов вообще изменение коэффициента линейного расширения в зависимости от состава подчиняется закону Курнакова, т. е. изменение идет более-или менее равномерно в соответствии с видом диаграммы плавкости.

Исключение составляют сплавы системы Fe-Ni, имеющие интересные особенности в изменении коэффициента расширения. Как видно из фиг. 204, в определенном интервале концентраций коэффициент расширения этих сплавов становится значительно меньше коэффициента расширения исходных компонентов и по своей величине приближается к нулю.

Последнее обстоятельство и используется для изготовления особого сплава - инвара, с минимальным коэффициентом расширения.

При добавлении в состав инвара около 8-12% Cr повышаются его антикоррозионные свойства, и, что особенно важно, инвар приобретает способность сохранять постоянные упругие свойства при нагревании до температуры порядка  $100^{\circ}$ . Получаемый при этом сплав, называемый элинваром, с малым коэффициентом расширения и постоянными упругими свойствами, находит широкое применение в приборостроении (маятники хронометров, часовые пружины, камертоны и т. д.).

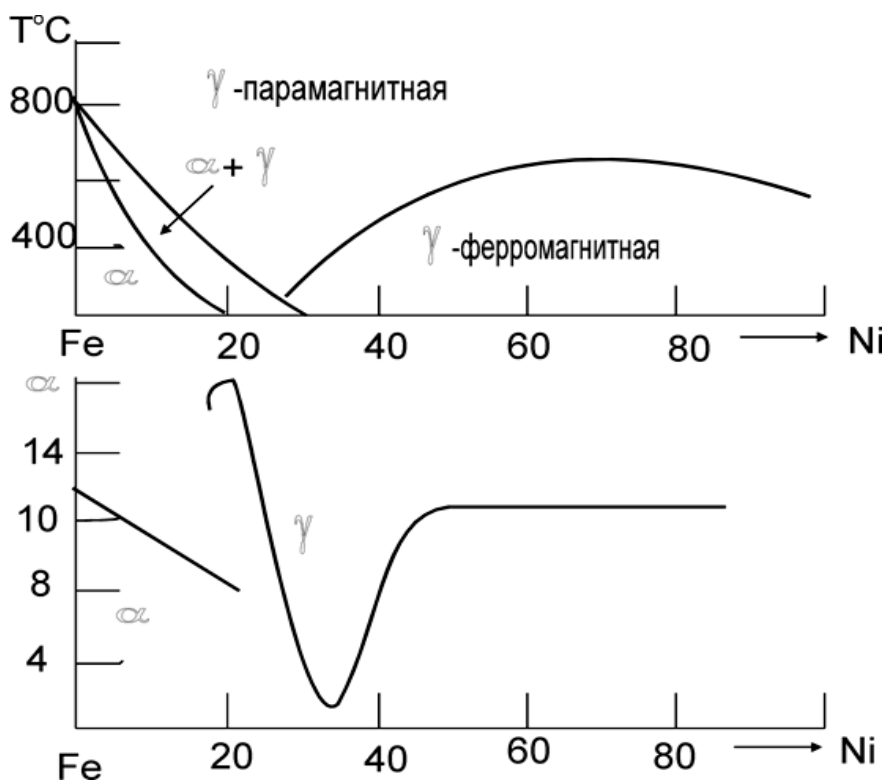


Рисунок 1 – Изменение криволинейных зависимостей на температуру.

В инварных железоникелевых сплавах, содержащих 29-45% Ni, обнаружена ферромагнитная аномалия коэффициента  $\alpha$ . Минимальное значение коэффициента  $\alpha$  в интервале температур 0-100°C имеет сплав с 36%Ni. При более высоких температурах этот минимум наблюдается в сплавах с большим содержанием никеля.

Сплав применяется для изготовления сварного химического оборудования (в химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности, системах контроля загрязнения окружающей среды и т.д.), эксплуатирующегося в особо агрессивных средах, содержащих хлориды, фториды, органические кислоты и сильно загрязненные минеральные кислоты, сложные смеси кислот и химикатов при повышенных температурах (свыше 100°C), в производстве сложных минеральных удобрений, синтетического каучука, уксусной кислоты и уксусного ангидрида при температуре стенки от -70 до 500°C и давлении среды не более 5,0 МПа. Наилучшим сочетанием высокой коррозионной стойкости и сопротивляемости МКК сплав ХН63МБ обладает после закалки с 1070°C в воду. Структура закаленного сплава –  $\gamma$ -твердый раствор с небольшим количеством первичных карбидов типа М6С. Сплав ХН63МБ характеризуется стабильностью  $\gamma$ -твердого раствора при технологических нагревах, особенно при температурах выделения  $\mu$ -фазы. В данном сплаве выделения  $\mu$ -фазы в структуре наблюдаются после 10 ч отпуска при 800°C или 1 ч отпуска при 900°C. Как показывает анализ данных предварительных экспериментов микротвердость и твердость наплавленного слоя прямопропорционально зависят от концентрации присадочного материала. В соответствии с этим описывается некоторая зависимость микротвердости от концентрации вещества присадки, представим ее в виде формулы:

$$H_{\mu} = aC, \quad (1)$$

где  $H_{\mu}$  – микротвердость наплавленного слоя, кг/мм<sup>2</sup>;  
 $a$  – безразмерный коэффициент;  
 $C$  – концентрация присадочного материала, %;

Из литературных источников известно, что количество легирующего элемента в жидкой фазе на границе сплавления определяется следующей зависимостью:

$$C = C_0 \left[ \frac{1-k_0}{k_0} \exp\left(-\frac{xv_{кр}}{D_{жс}}\right) + 1 \right], \quad (2)$$

где  $C_0$  – исходная средняя концентрация (до 1%);  
 $k_0$  – коэффициент распределения ( $k_0 < 1$ ) для большинства сплавов;  
 $x$  – расстояние от точки начала кристаллизации, см;  
 $v_{кр}$  – скорость кристаллизации, см/с;  
 $D_{жс}$  – коэффициент диффузии примеси в жидкости;

Из формулы (2) видно, что концентрация экспоненциально зависит от скорости кристаллизации. Наглядно покажем как скорость кристаллизации зависит от размеров наплавочной ванны.

В соответствии с данными полученными известно:

$$v_{кр} = \frac{v}{\sqrt{1 + \left(\frac{OM}{ON}\right)^2 \xi^2}}, \quad (3)$$

где  $v$  – скорость наплавки;  
 $OM$  и  $ON$  – длина полуосей наплавочной ванны;

$$\xi = \frac{k_y}{\sqrt{1 - k_y^2}}, \quad (4)$$

где  $k_y$  – коэффициент полуоси  $ON$ ;

Наглядно это можно представить на схеме (рис. 2).

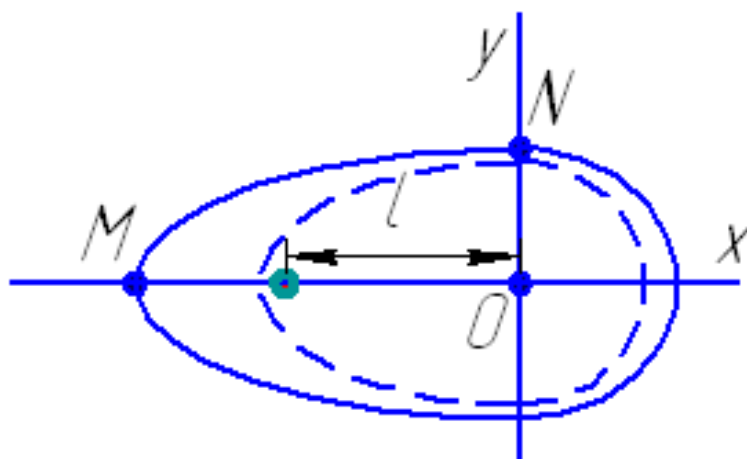


Рисунок 2 – Схема сварочной ванны

Температурное поле при движении точечного источника теплоты по поверхности сплошного цилиндра описывается сложными зависимостями. Формулы оказываются проще, если исходить из предположения, что источник теплоты быстро движущийся.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А.Н. [и др.] Способ и устройство для восстановления наплавкой поверхностей тел вращения // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 45. – С. 49–54.
2. Ковтунов, А.И. Технология формирования износостойких покрытий / А.И. Ковтунов, Т.В. Чермашенцева, Д.А. Семистенов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2009. – №7. – С. 12-14.
3. А.И. Захаров, Физики из прецизионных сплавов с конкретными тепловые свойства (Металлургия, Москва, 1986 г.), Всероссийский. 239 с.

**Р.Н. САФИУЛЛИН, к.т.н., доцент С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**  
**А.В. МАРУСИН, аспирант С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**  
**А.В. МАРУСИН, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВС АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ДИАПАЗОНЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ**

*Автоматизированные системы стендовых испытаний двигателей внутреннего сгорания (АССИ), имитационный диагностический стенд, электронные системы управления ДВС.*

*Ключевые слова: эффективность, повышение, двигатель, испытание, стенд.*

**R.N. SAFIULLIN, Ph.D., Associate Professor St. PbGASU, St. Petersburg**  
**A.V. MARUSIN, a graduate student St. PbGASU, St. Petersburg**  
**A.V. MARUSIN, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING INTERNAL COMBUSTION ENGINES MOTOR VEHICLES IN THE RANGE OPERATING MODES OF BASED APPLICATION OF AUTOMATED SYSTEMS TESTS BENCH**

*Automated System tests bench of internal combustion engines (ACCI), Imitation Diagnostic stand, electronic engine management systems.*

*Keywords: efficiency, boost engine test stand.*

Характерной особенностью использования двигателей на автомобильной технике является чрезвычайно широкий диапазон условий их работы. В зависимости от рельефа местности, качества дорожного покрытия и необходимой скорости движения значительно изменяются скоростные и нагрузочные режимы, а также тепловое состояние двигателей, причём преобладающими являются частичные режимы. Большую часть времени автомобильные двигатели работают при неустановившихся резко переменных во времени частотах вращения и нагрузках. Подвержены колебаниям внешние атмосферные условия: давление, температура и влажность окружающей среды. В связи с этим уровень эффективности энергопреобразования, достигнутый на каком-либо одном расчётном режиме, чрезвычайно сложно сохранить во всем поле эксплуатационных условий. Двигатели, доведённые и настроенные по всем регулировкам при номинальной мощности или максимальном крутящем моменте, в случае отклонения от этих расчётных условий существенно изменяют свои показатели[1]. Поэтому, чтобы не допустить чрезмерного ухудшения мощностных и экономических характеристик силовых установок, при изменении режимов их работы необходима автоматическая перенастройка регулировочных параметров.

В современных двигателях для улучшения топливной экономичности на нерасчётных режимах осуществляется изменение состава смеси, регулирование угла опережения зажигания и стабилизация теплового режима. Такая перенастройка выполняется по программам, полученным на основе экспериментального исследования регулировочных характеристик двигателей. Реализация этих программ обычно осуществляется за счёт подбора и оптимизации дозирующих характеристик систем подачи топлива, а также характеристик системы зажигания.

Чтобы обеспечить в любой точке поля эксплуатационных режимов получение необходимой мощности при минимальном расходе топлива, отсутствии детонационного сгорания и допустимом выбросе вредных веществ, необходимо более точно воздействовать на всю совокупность регулировочных параметров. Такое оптимальное управление двигателем [1] строиться с использованием одного из двух принципов:

- управление комплексом регулировочных параметров на основе заложенных в систему программ;
- самонастраивающееся или адаптивное управление.

Так как программное управление, несмотря на его постоянное усложнение за счёт включения в состав обрабатываемой информации все большего числа параметров, не обеспечивает в полной мере действительно оптимального управления, поэтому в последние годы внимание учёных и конструкторов привлекают адаптивные системы.

Идея таких систем заключается в том, что в качестве оптимизируемых принимается ограниченное количество параметров, непосредственно характеризующих эффективность энергопреобразования. В полной мере этой идее отвечала бы система, в которой измеряются и оптимизируются такие показатели энергопреобразования, как крутящий момент и удельный расход топлива. Однако попытки создания подобных систем показали, что измерение и экстремальное управление этими параметрами представляет собой чрезвычайно сложную техническую задачу, которая требует создания программно-технических комплексов. В рамках данной задачи на автодорожном факультете Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета была создана АССИ (автоматизированная система стендовых испытаний) ДВС, которая расширит возможность способов исследования двигателей; позволит осуществлять не только диагностические, но и другие виды испытаний, а также повысит точность и объём получаемой информации. Учитывая весьма серьёзную стоимость большинства предлагаемых программно-технических комплексов при ограниченном бюджете, это привело к необходимости серьёзного анализа представленных на рынке контроллеров, так как именно на них приходится большая доля затрат на оборудование стенда. Вычислительных возможностей контроллеров АССИ достаточно для реализации учебных алгоритмов даже с учётом некоторого разумного резерва, предусмотренного на случай модернизации алгоритмов или расширения системы, а выбранные малоканальные модули позволяют гибко формировать требуемую конфигурацию. Система благодаря модульной организации и широкому набору базовых интерфейсов поддерживает возможность выбора различных сетей, что обеспечивает её применение в самых разнообразных приложениях. При реализации стенда ставилась задача обеспечивать его работу не только с математическими и программными моделями, но и с физической моделью, то есть контроллер должен управлять реальным ДВС. Фактический стенд представляет собой физическую модель, отражающую типовую структуру управления ДВС в рамках АСУ. На основе такого технического обеспечения могут решаться самые разнообразные задачи в соответствии с заложенным программным обеспечением. Все перечисленные компоненты типового решения по управлению ДВС представлены на лабораторном стенде, структура которого приведена на рис. 1.

Благодаря использованию локальной сети в лаборатории стендовых испытаний организована одновременная связь со всеми разработанными стендами: автоматизированной системой стендовых испытаний ДВС и имитационным диагностическим стендом электронных систем управления бензиновых ДВС. Формирование данной сложной распределённой системы на основе имитационного диагностического стенда электронных систем управления бензиновых ДВС позволило избежать дополнительных затрат, связанных с проведением стендовых испытаний. При совместном использовании разработанных стендов АССИ ДВС и имитационного диагностического стенда электронных систем управления бензиновых ДВС при проведении экспериментов, условно используем понятие АССИ. Структурная схема лабораторного комплекса АССИ представлена на рис. 2.

В сочетании с электронным управлением впрыскивания топлива АССИ даёт дополнительную возможность в определении критериев эффективности энергопреобразования ДВС. В связи с этим оптимальное управление ДВС в диапазоне эксплуатационных режимов при использовании АССИ осуществлялось в процессе обработки быстроменяющихся величин и процессов в ДВС.

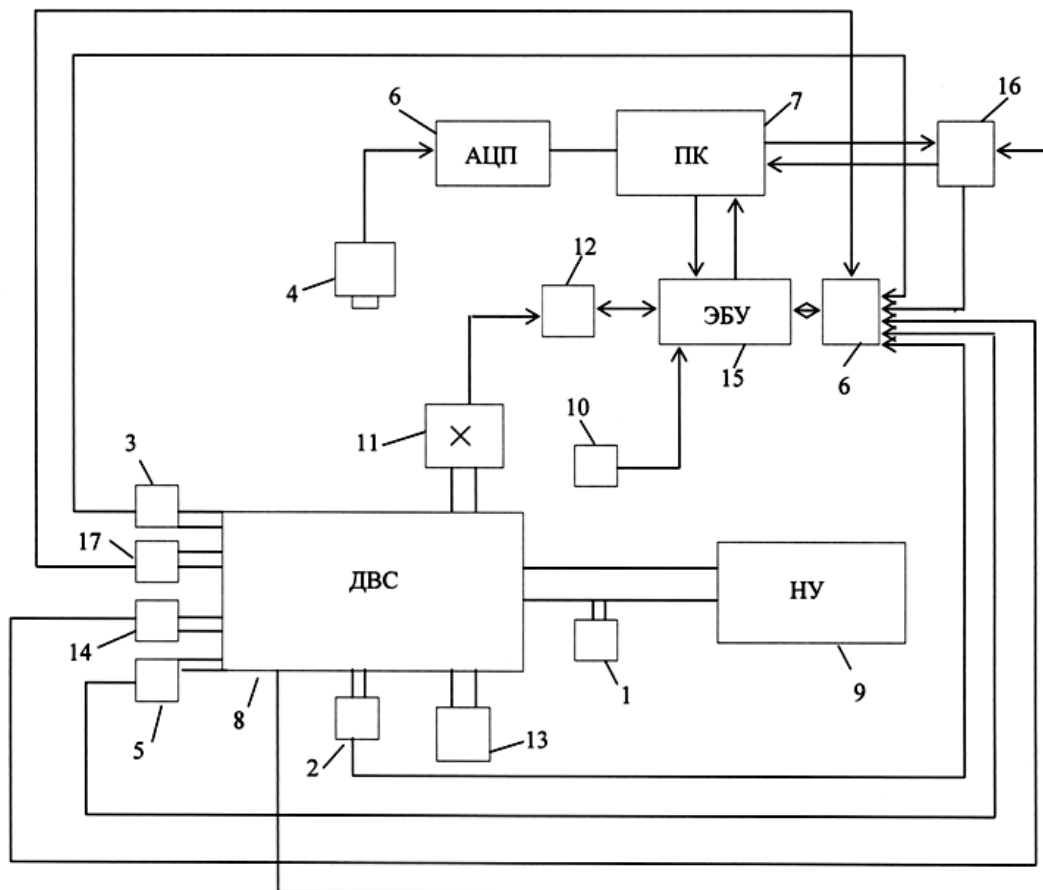


Рисунок 1 - Автоматизированная система стендовых испытаний двигателей внутреннего сгорания

испытуемый двигатель – 8, датчика числа оборотов коленчатого вала – 1, датчика уровня расхода топлива – 3, датчика давления в цилиндре – 4, дымомера – 5, датчика детонации – 2, блока сопряжения датчиков, включая аналого-цифровой преобразователь – АЦП – 6 с персональным компьютером (ПК) и самого ПК – 7, на двигателе дополнительно устанавливаются датчик положения коленчатого вала (КВ) – 10, датчик положения дроссельной заслонки – 17, датчик концентрации кислорода – 11 и клапан его управления – 12, нагружающее устройство – 9, датчик массового расхода воздуха – 14, газоанализатор вредных выбросов в продуктах сгорания – 13, блок электронного управления – 15; дистанционный пульт управления – 16

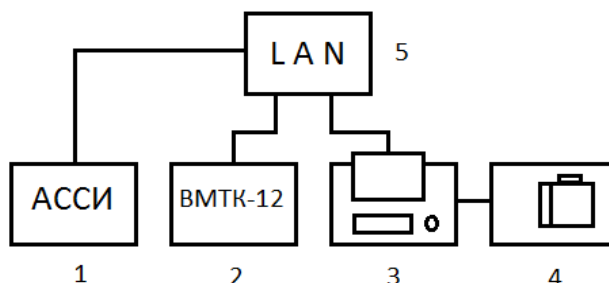


Рисунок 2 - Структурная схема лабораторного комплекса

1 – автоматизированная система стендовых испытаний; 2 – имитационно-диагностический стенд; 3 – ПК преподавателя; 4 – проекционная установка; 5 – сетевой маршрутизатор.

Из всех быстроменяющихся процессов в ДВС наибольшей информативностью обладает зависимость давления в цилиндре от угла поворота коленчатого вала – так называемая развёрнутая индикаторная диаграмма. Введение датчика угловых отметок коленчатого вала (ДУО) на АССИ позволит с высокой точностью (определяемой точностью датчика и АЦП давления и дискретностью ДУО) получать развёрнутую индикаторную диаграмму, которая несёт в себе до 70% всей информации о правильной или неправильной работе двигателя. По ней определяются все важнейшие показатели рабочего процесса ДВС: среднее индикаторное давление, максимальное давление сгорания, углы опережения зажигания и начала впрыска топлива, показатели тепловыделения, закон сгорания топлива и так далее.

В связи с нестабильностью рабочих процессов в диапазоне эксплуатационных режимов ДВС оценку основных характеристик случайного процесса целесообразно осуществлять по результатам ограниченных совокупностей испытаний, называемых выборками. Нестабильность рабочего процесса двигателя (вызывается в основном нестабильностью работы топливной аппаратуры и колебаниями от цикла к циклу угла опережения зажигания в бензиновых двигателях и начала впрыска топлива – в дизелях) можно охарактеризовать коэффициентом вариации

$$\gamma = \frac{\sigma}{\bar{A}}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  - среднеквадратические значения результатов осреднения ординат развёрнутых индикаторных кривых;

$\bar{A}$  - среднеарифметическое значение результатов осреднения.

Величина возможной ошибки при получении средних показателей зависит от объёма испытаний. Повысить точность оценки осреднённых значений максимального давления сгорания  $P_z$  и ординат индикаторной диаграммы и их среднеквадратических отклонений можно путём применения рациональной методики статистической обработки результатов, использующей максимум информации, полученной при экспериментах, но не позволяющих завышать объёмы выборок. Отсюда очень важным при проведении экспериментов на ДВС являются определение минимально необходимых объёмов выборок как для оценки средних, так и среднеквадратических отклонений, и других показателей процессов.

В соответствии с математической статистикой при оценке среднего  $\bar{A}$  объём выборки в предположении нормального [2] закона распределения при заданной погрешности определяют по формуле

$$K = \frac{\gamma^2}{\delta_A^2} z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2, \quad (2)$$

где  $\delta_A$  - требуемая относительная погрешность при оценке среднего значения  $\bar{A}$  в долях среднего значения определяемой величины;

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  – квантиль уровня  $p = 1 - \frac{\alpha}{2}$ ;

$p = 1 - \frac{\alpha}{2}$  – статистическая надёжность (доверительная вероятность), представляющая собой вероятность не превышения фактической ошибки при оценке среднего значения характеристики максимальной погрешности  $\delta_A$ ;  $\alpha$

- уровень значимости, определяемый из соотношения  $\alpha = 1 - p$

Формула (2) может быть представлена в виде:

$$K = \frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}{\delta_\sigma^2}, \quad (3)$$

где  $\delta_{\sigma}^2 = \frac{\Delta A}{\delta}$  - требуемая относительная ошибка при оценке среднего значения, в долях среднеквадратического отклонения изучаемой характеристики;  
 $\Delta A$  - абсолютная погрешность в определении среднего искомой характеристики.

При исследовании ДВС генеральный коэффициент вариации является неизвестной величиной, поэтому при определении объёма выборки (в данном случае необходимое число измерений значений  $P_z$  или других ординат индикаторных кривых) его заменяют выборочным коэффициентом  $\nu$ , получаемым по доверительной выборке.

В рассматриваемом случае за объем выборки целесообразно принять не более 30 значений. В противном случае, то есть если выбрать менее 30 значений, то в соответствии с рекомендациями математической статистики необходимо использовать при расчёте средних и среднеквадратических значений распределение Стьюдента [2,4]. Однако недостатком распределения Стьюдента является более широкий доверительный интервал. Расширение же доверительных интервалов в конечном счёте приведёт к уменьшению точности оценки среднего и среднеквадратического значений.

Как известно из математической статистики, бывают случаи, когда в выборке резко выделяются результаты испытаний, так называемые выбросы, которые в значительной мере сказываются на окончательном результате при осреднении. В подобных случаях сомнительные результаты должны быть исключены путём применения специальных критериев. Чаще на практике используется критерий Н.В. Смирнова, позволяющий исключать выбросы по результатам анализируемой выборки. Алгоритм критерия, следующий: результаты испытаний располагают в виде вариационного ряда; производится оценка математического ожидания по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (4)$$

где  $x_i$  - значения измеряемых величин;  
 $n$  - число измерений.

Определяются несмещённая  $S$  и смещённая  $S^*$  оценки среднеквадратического отклонения по следующим зависимостям:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (5)$$

$$S^* = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (6)$$

Далее вычисляются статистики минимального и максимального членов вариационного ряда:

$$U_1 = \frac{\bar{x} - x_1}{S}, \quad (7)$$

$$U_n = \frac{x_n - \bar{x}}{S} \quad (8)$$

Если имеет место соотношение  $U_1 \leq U_{\alpha}$  или  $U_n \leq U_{\alpha}$ , то минимальное и максимальное значения не следует считать резко выделяющимися, и они должны учитываться, как и остальные  $n-1$  или  $n-2$  значения.

В случае если  $U_1 > U_\alpha$  или  $U_n > U_\alpha$  выбросы  $x_1$  и  $x_n$  не случайны и их необходимо исключить из рассмотрения, и добавить до 32 значений и повторить операцию, а найденные при этом оценки  $\bar{x}$ ,  $S$  и  $S^*$  подвергаются корректировке.

Предпочтительными критериями проверки являются  $\chi^2$  Пирсона или  $\omega^2$  Мизеса-Смирнова. Однако первый из упомянутых критериев наиболее целесообразен при объемах выборки не менее 200 значений, а второй более сложный – не менее 50 значений.

При числе результатов наблюдений  $50 > n > 15$  ( по ГОСТ8.207-76) рекомендуется использование для проверки их принадлежности к нормальному распределению составного критерия. Последовательность проверки следующая. Вычисляется отношение

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \tilde{x}|}{n \cdot S^*} \quad (9)$$

Результаты наблюдений группы можно считать распределёнными нормально, если

$$d_{1-\frac{\alpha_1}{2}} < \tilde{d} < d_{\frac{\alpha_1}{2}},$$

где  $d_{1-\frac{\alpha_1}{2}}, d_{\frac{\alpha_1}{2}}$  - квантили распределения, получаемые из таблиц по  $n, \frac{\alpha_1}{2}$  и  $\left(1 - \frac{\alpha_1}{2}\right)$ , причём  $\alpha_1$  заранее выбранный уровень значимости критерия.

При несоблюдении условий хотя бы одного из критериев считают, что распределение результатов наблюдений не соответствует нормальному. В этом случае производится специальное исследование на соответствии выборки нормальному закону распределения с помощью более мощных критериев  $\omega^2$  и  $\chi^2$ . Соответственно и объем выборок для этих целей необходимо значительно увеличить.

В случае, если условия составного критерия соблюдаются и выборка принадлежит нормальному закону, определяется значение коэффициента вариации по формуле (2) и подсчитывается объем необходимой выборки.

После этого находят среднее арифметическое, среднеквадратическое отклонения, а при необходимости и другие более сложные характеристики случайных процессов, как, например, коэффициент корреляции, уравнение регрессии и так далее. Полученные осреднённые показатели в дальнейшем используются для определения параметров двигателя.

Подобный подход к рассматриваемой проблеме позволяет учитывать, как разброс от цикла к циклу значений измеряемых величин при испытаниях в различных диапазонах эксплуатационных режимов ДВС, так и получать результаты обработки данных с заранее заданной точностью. При необходимых минимальных объёмах выборок показателей рабочих процессов ДВС, в соответствии с представленной математической статистикой, АССИ позволит проводить научно-исследовательские, конструкторские работы и испытания для совершенствования, доводки систем и узлов двигателей, отработки современных алгоритмов, программ их функционирования и самодиагностики, совершенствования стендового оборудования, автоматизированной системы испытаний.

Получаемые результаты существенно облегчают разработку принципиально новых, нетрадиционных схем энергетических установок, совершенствование оборудования стендов и программного обеспечения автоматизированных систем испытания. АССИ в целом реализует функцию программирования, что даёт возможность изменять калибровочные таблицы ЭБУ и анализировать изменения в алгоритме управления исполнительными механизмами (рис.3). При условии исправного состояния ДВС реальная характеристика изменения энергетических показателей должна совпадать с опорными сигналами имитационной модели.

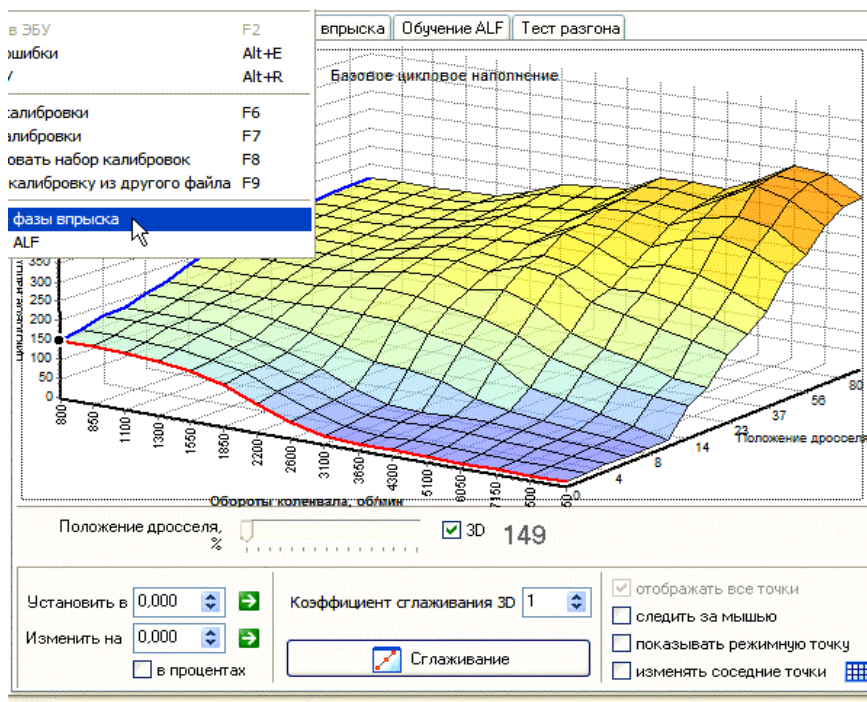


Рисунок 3 – Характеристики изменяемых параметров

В результате выполненных исследований в рамках выполняемой научно-исследовательской работы была отработана ускоренная методика проведения испытаний на разработанных автоматизированных системах стендовых исследовательских, доводочных и диагностических испытаний двигателей внутреннего сгорания как с принудительным воспламенением. Критерием поиска оптимальной по топливной экономичности точки на каждой ветви регулировочной характеристики является максимум крутящего момента или мощности в функции одного из следующих параметров: положение дроссельной заслонки, давление во впускной системе, расход воздуха. Таким образом, разработанные технические решения и научные исследования в этой области существенно сократили затраты времени на проведение испытаний в диапазоне эксплуатационных режимов ДВС, повышая стабильность получаемых результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сафиуллин Р.Н. Теоретические основы эффективности энергопреобразования в ДВС и методы её повышения: Монография. СПбГАСУ, СПб., 2011.
2. Сафиуллин Р.Н., Григорьев В.Г.. Оптимизация объёма выбора при обработке быстроменяющихся величин в двигателях внутреннего сгорания. Автотранспортное предприятия. Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта. -2013. -№9.- с.52-54.
3. Ложкин О.В., Марченко Е.Ю., Ложкин В.Н. Бортовой мониторинг удельных выбросов, выделяющихся с отработавшими газами легкового автотранспорта на автодорогах Санкт-Петербурга. Вестник гражданских инженеров, СПбГАСУ -2012.-№5- С.195-199.
4. Сафиуллин Р.Н., Григорьев В.Г., Ю.А. Лапшин. Алгоритм обработки быстроменяющихся величин и процессов в ДВС. Известия международной академии аграрного образования.СПбГАУ-2013.-№16.-С.140-143.

**А.М. СЫЧЁВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.А. ГРЕБЕННИКОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПРИВОДЕ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ И ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДАЧИ ДИЗЕЛЕЙ**

*Разработана математическая модель и ее структурные схемы крутильных колебаний в приводе топливного насоса высокого давления испытательного стенда для диагностики системы топливоподачи дизеля. Моделирование осуществляется в среде визуального графического программирования simulink.*

*Ключевые слова:* моделирование, крутильные колебания, привод стенда.

**A.M. SICHOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.A. GREBENNIKOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **SIMULATION OF TORSIONAL VIBRATIONS IN THE DRIVE STANDS FOR TESTING AND DIAGNOSTIC SYSTEM OF DIESEL FUEL**

*In a drive gear of a fuel pump of a high pressure of the test-bed the mathematical model and its block diagrammes of shifting jerkss is developed for preliminary treatment of system of a fuel supply of the injection engine. Simulation is carried out in the environment of visual graphical programming simulink.*

*Keywords:* modeling, torsional vibrations, drive stand.

В настоящее время диагностика системы топливоподачи дизелей в основном осуществляется на специальных стендах. Точность диагностирования системы топливоподачи зависит от точности воспроизведения на стенде тестирующих сигналов и разрабатываемых диагностических моделей, поэтому моделирование процессов в стенде и разработка диагностических моделей отказов элементов системы топливоподачи дизелей является востребованной и актуальной задачей.

В известных конструкциях испытательных стендов привод кулачкового валика ТНВД осуществляется от электрического двигателя. Поэтому привод отличается от конструкции привода вала ТНВД на дизеле: меньшей жесткостью; наличием дополнительных крутильных колебаний в элементах привода. Крутильные колебания искажают тестирующий сигнал – требуемый закон движения плунжера по углу поворота кулачкового валика. Амплитуду крутильных колебаний кулачкового валика возможно снизить посредством использования маховика. Расчет размеров маховика требует решения задачи моделирования динамики перемещения плунжера во времени и сравнения результатов моделирования с заданным законом вращения кулачка перемещения толкателя.

Расчетная схема крутильных колебаний привода плунжера ТНВД стенда представлена на рис.1.

Динамическая математическая модель крутильных колебаний элементов привода стенда разрабатывается на основе работ [1-3].

Дифференциальное уравнение динамики вращения маховика, установленного на валике ТНВД

$$J_{ma} \cdot d^2\varphi_{ma} / dt^2 = M_1 - M_{t1} - M_{uel} - M_{tuel}, \quad (1)$$

где  $J_{ma}$  - центробежный момент инерции маховика (гасителя крутильных колебаний);  $\varphi_{ma}$  – угол поворота маховика;

$M_1$  - момент на шкиву ремённой передачи привода маховика от электрического двигателя;

$M_{t1}$  - момент сил трения сопротивления первой опоры вала привода маховика (подшипника);

$M_{uel}$  - момент сил сопротивления от деформации кручения вала привода маховика;

$M_{tuel}$  - момент сил трения сопротивления от деформации кручения вала привода маховика;

$t$  – время.

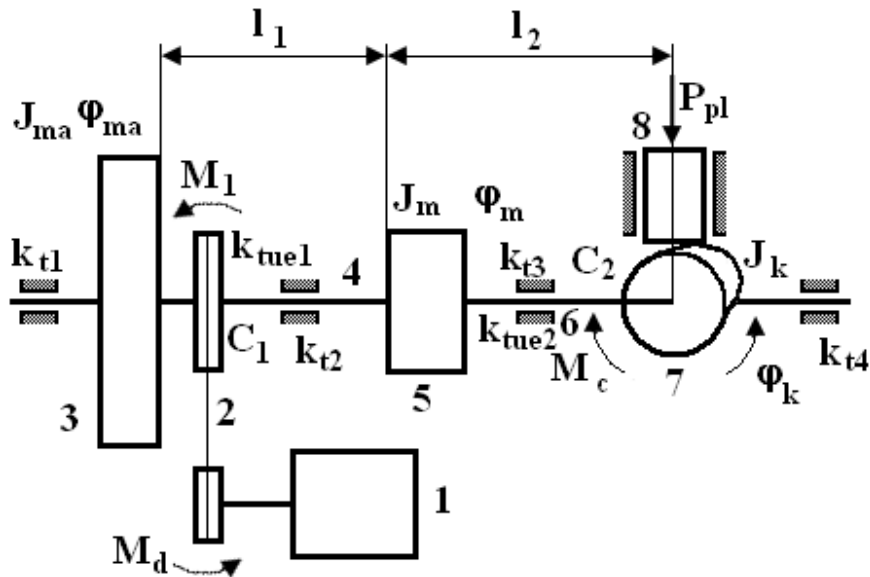


Рисунок 1 – Расчетная схема

- 1- электрический двигатель; 2- ременная передача; 3- маховик;  
 4- вал привода муфты; 5 – муфта; 6- кулачковый вал;  
 7-кулачок; 8- плунжер с толкателем

Дифференциальное уравнение динамики вращения соединительной муфты привода ТНВД и гасителя крутильных колебаний - маховика

$$J_m \cdot d^2 \varphi_m / dt^2 = M_{ue1} + M_{tue1} - M_{t2} - M_{ue2} - M_{tue2}, \quad (2)$$

- где  $J_m$  - центробежный момент инерции муфты;  
 $\varphi_m$  - угол поворота муфты;  
 $M_{ue1}$  - момент сил сопротивления от деформации кручения вала привода маховика;  
 $M_{tue1}$  - момент сил трения при сопротивлении от деформации кручения вала привода маховика;  
 $M_{t2}$  - момент сил трения второй опоры вала привода маховика (подшипника);  
 $M_{ue2}$  - момент сил сопротивления от деформации кручения второго участка вала;  $M_{tue2}$  - момент сил сопротивления трения от деформации кручения второго участка вала;  
 $t$  - время.

Дифференциальное уравнение динамики вращения кулачкового валика ТНВД, установленного на стенде

$$J_k \cdot d^2 \varphi_k / dt^2 = M_{ue2} + M_{tue2} - M_{t3} - M_c(P_{pl}), \quad (3)$$

- где  $J_k$  - центробежный момент инерции приведенных масс кулачков;  
 $\varphi_k$  - угол поворота кулачка;  
 $M_{ue2}$  - момент сил сопротивления от деформации кручения второго участка вала;  $M_{tue2}$  - момент сил сопротивления трения от деформации кручения второго участка вала;  
 $M_{t3}$  - момент вязкого трения третьей и четвертой опор;  
 $M_c(P_{pl})$  - момент сил сопротивления на кулачке со стороны плунжера насоса.

Моменты в уравнениях (1-3) определяются по следующим выражениям:

моменты сил трения сопротивления первой и второй опоры:

$$M_{t1} = k_{t1} \cdot d\varphi_{ma} / dt,$$

$$M_{t2} = k_{t2} \cdot d\varphi_{ma} / dt,$$

- где  $k_{t1}, k_{t2}$  - коэффициент вязкого трения первой и второй опор;

моменты сил сопротивления от деформации кручения вала (первого участка) привода маховика:

$$M_{ue1} = C_1 \cdot (\varphi_{ma} - \varphi_m),$$

$$M_{ue2} = C_2 \cdot (\varphi_m - \varphi_k),$$

где  $C_1, C_2$  – коэффициенты жёсткости при деформации кручения вала привода соответственно первого и второго участка;

момент сил сопротивления трения от деформации кручения первого и второго участков вала

$$M_{tue1} = k_{tue1} \cdot (d\varphi_{ma} / dt - d\varphi_m / dt),$$

$$M_{tue2} = k_{tue2} \cdot (d\varphi_m / dt - d\varphi_k / dt),$$

где  $k_{tue1}, k_{tue2}$  – коэффициенты трения сил сопротивления при деформации кручения вала привода соответственно первого и второго участка;

момент сил вязкого трения третьей и четвертой опор

$$M_{t3} = (k_{t4} + k_{t3}) \cdot d\varphi_k / dt,$$

где  $k_{t3}, k_{t4}$  – коэффициенты сил вязкого трения сопротивления третьей и четвертой опоры.

Объединяя дифференциальные уравнения (1), (2) и (3), получаем полную математическую модель в виде нелинейной системы дифференциальных уравнений шестого порядка. Решение такой системы возможно только численными методами вычислительной математики, например в среде визуального графического программирования Simulink (Matlab). Для этого разработаны структурные схемы дифференциальных уравнений.

Структурная схема, целостной модели крутильных колебаний элементов привода кулачка ТНВД, приведена рис. 2.

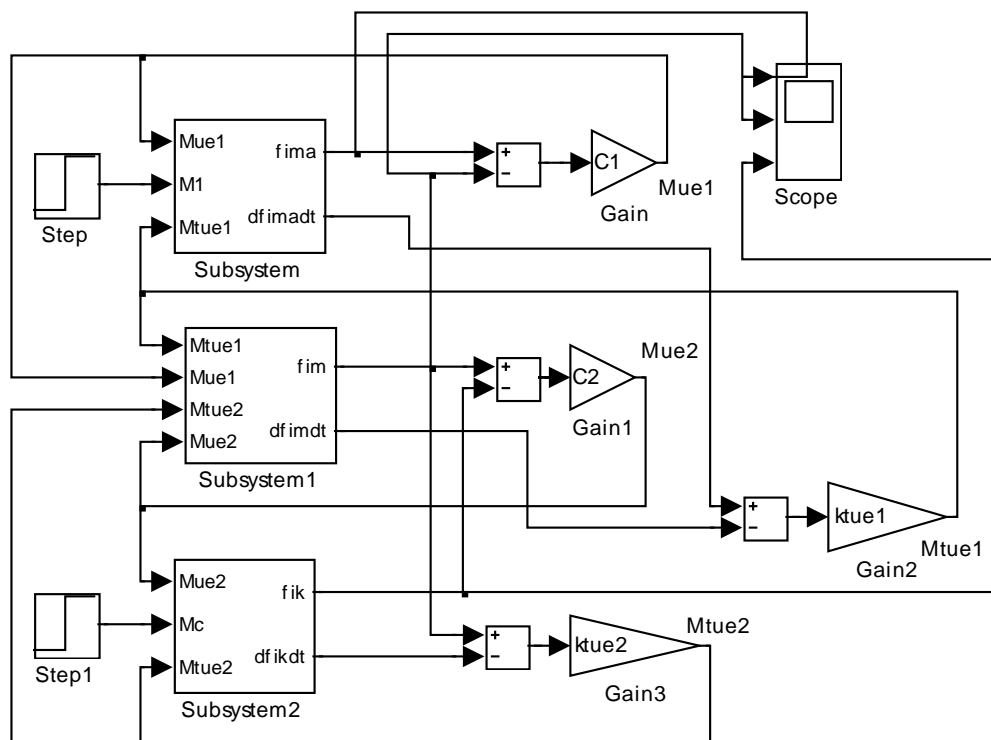


Рисунок 2 - Структурная схема целостной модели крутильных колебаний элементов привода кулачка ТНВД

На рис. 2 в блоках subsystem содержатся структурные схемы дифференциальных уравнений динамики вращения маховика, соединительной муфты и кулачкового валика ТНВД.

Структурная схема, дифференциального уравнения динамики вращения маховика, установленного на валике ТНВД, приведена на рис. 3.

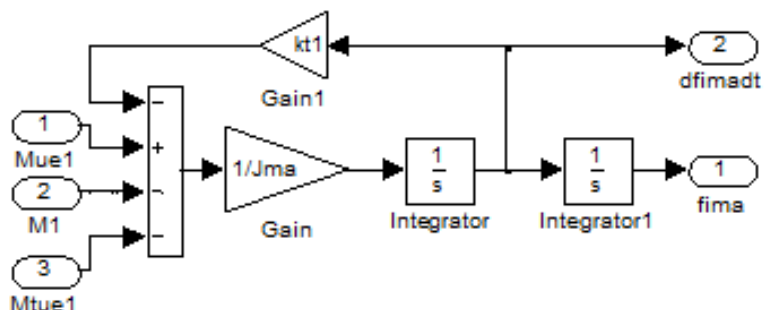


Рисунок 3 - Структурная схема дифференциального уравнения динамики вращения маховика, установленного на валике ТНВД, блок Subsystem

Структурная схема, дифференциального уравнения динамики вращения соединительной муфты привода ТНВД и гасителя крутильных колебаний- маховика, приведена на рис. 4.

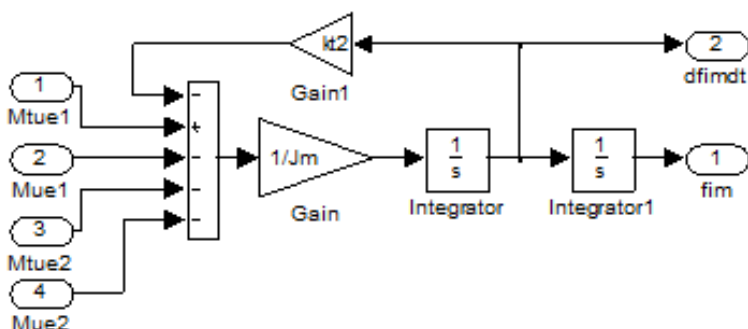


Рисунок 4 - Структурная схема дифференциального уравнения динамики вращения соединительной муфты привода ТНВД и гасителя крутильных колебаний- маховика, блок Subsystem 1

Структурная схема, дифференциального уравнения динамики вращения кулачкового валика ТНВД, установленного на стенде, приведена рис. 5.

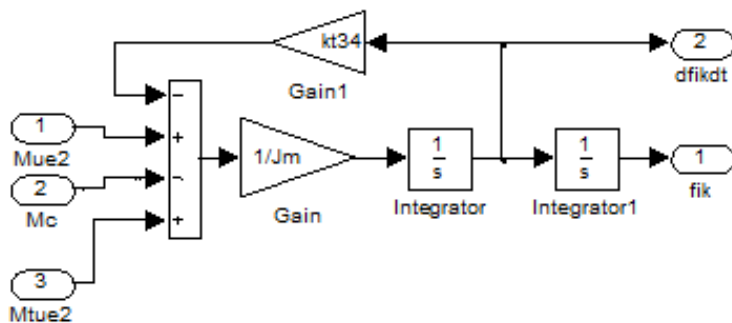


Рисунок 5 - Структурная схема дифференциального уравнения динамики вращения кулачкового валика ТНВД, установленного на стенде, блок Subsystem 2

Разработанные модели и их структурные схемы позволяют методом математического моделирования рассчитать требуемый момент инерции маховика для гашения крутильных колебаний. Что позволит обеспечить требуемый закон перемещения толкателя по углу поворота кулачка, и повысить точность настроек топливной аппаратуры и диагностических оценок отказов ее элементов.

Разрабатываемую модель целесообразно использовать в учебных целях при подготовке специалистов в области ремонта автомобилей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: – М.: Легион-Автодата. 2004. - 344с.
2. Марков В.А., Девянин С.Н., Мальчук В.Н. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях.- М.: изд. МГТУ им. И.Э. Баумана, 2007.- 360с.,
3. Дизели. Справочник. Изд. 3-е перераб, и доп. / Под общ. Редакцией В.А. Ваншейдта, Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова Л.: Машиностроение, 1977.-480с.

**А.М. СЫЧЁВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.А. КАРПУНИН, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СТЕНДЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ САРЧВ ДИЗЕЛЕЙ**

*Предлагаются уточненные динамические математические модели процессов в электрическом стенде для испытаний и диагностики отказов элементов систем автоматического регулирования частоты вращения дизелей, которые используются для формирования диагностических математических моделей элементов систем автоматического регулирования частоты вращения дизелей.*

**Ключевые слова:** моделирование, процессы, дизель.

**A.M. SICHOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.A. KARPUNIN, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **MODELLING OF PROCESSES IN THE STAND FOR DIAGNOSTICS SACFR OF DIESEL**

*It is offered the specified dynamic mathematical models of processes in the electric stand for tests and a problem diagnostics of elements of systems of automatic control of frequency of rotation of diesel engines which are used for formation of diagnostic mathematical models of elements of systems of automatic control of frequency of rotation of diesel engines.*

**Keywords:** modeling, processes, diesel.

В настоящее время диагностика отказов элементов САРЧВ дизеля в основном осуществляется на специальных стендах. Точность диагностирования зависит от точности воспроизведения на стенде тестирующих сигналов и разрабатываемых диагностических моделей, поэтому моделирование процессов в стенде для испытаний САРЧВ дизеля и разработка диагностических моделей отказов элементов САРЧВ дизеля является востребованной и актуальной задачей.

В известных конструкциях испытательных стендов САРЧВ дизелей привод гидравлического насоса исполнительного элемента осуществляется от электрического двигателя и отличается меньшей жесткостью, наличием крутильных колебаний с особой формой амплитуды. В подобных приводах наблюдаются динамические взаимодействия между валом электрического двигателя и приводным валиком насоса исполнительного механизма, приводящие к искажению тестирующего сигнала. Степень искажения тестирующего сигнала можно оценить посредством математического моделирования и снизить вводом дополнительного корректирующего сигнала, накладываемого на управляющий сигнал.

Для моделирования динамики взаимодействия процессов вращения вала электрического двигателя и процессов в электрогидравлическом исполнительном механизме САРЧВ разработана расчетная схема и модели процессов. Расчетная схема испытательного стенда для диагностики отказов элементов САРЧВ дизелей приведена на рис. 1.

Динамическая математическая модель процессов в стенде и электрогидравлическом исполнительном элементе САРЧВ дизеля разрабатывается на основе работ [1-2].

Дифференциальное уравнение вращения вала электрического двигателя

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = M_d - K_d \cdot \frac{d\varphi}{dt} - M_c(\varphi), \quad (1)$$

где  $J$  - центробежный момент инерции масс, приведенных к оси вала двигателя;

$\varphi$  - угол поворота вала двигателя;

$M_d$  - движущий момент двигателя;

$M_c$  - момент сил сопротивления от насоса;

$K_d$  - коэффициент сопротивления вязкого трения.

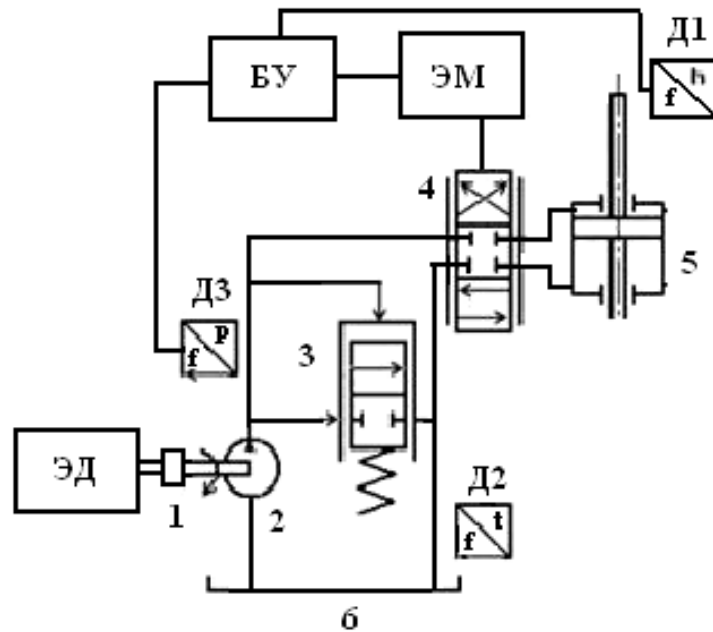


Рисунок 1 - Расчетная схема стенда

- 1- муфта; 2 - шестеренчатый масляный насос; 3- гидравлический аккумулятор;  
 4- гидравлический золотниковый усилитель; 5- исполнительный механизм;  
 б- емкость с маслом; ЭД- электродвигатель; ЭМ- электромагнит;  
 БУ- блок управления; Д1- датчик перемещения; Д2- датчик температуры;  
 Д3- датчик давления

Дифференциальное уравнение сжимаемости рабочей жидкости, отражающее баланс расходов рабочей жидкости из нагнетательной полости насоса, имеет следующий вид:

$$\alpha_m \cdot V \cdot \frac{dp}{dt} = Q_n - \sum Q_{yt}, \quad (2)$$

- где  $\alpha_m$  – коэффициент сжимаемости рабочей жидкости;  
 $V$  – объём рабочей жидкости в нагнетательной полости насоса;  
 $p$  – давление рабочей жидкости в нагнетательной полости;  
 $Q_n, \sum Q_{yt}$  – соответственно подача насосом рабочей жидкости и суммарные утечки рабочей жидкости по нагнетательной полости насоса.

Дифференциальное уравнение динамики движения поршня гидравлического аккумулятора имеет следующий вид:

$$M_a \cdot \frac{d^2 x_a}{dt^2} = A_a \cdot p_a - k_{тра} \cdot \frac{dx_a}{dt} - C_a \cdot (x_a - x_0), \quad (3)$$

- где  $M_a$  – приведённая масса поршня гидравлического аккумулятора;  
 $x_a$  – перемещение поршня;  
 $A_a$  – площадь рабочей поверхности поршня гидравлического аккумулятора;  
 $p_a$  – давление в рабочей полости поршневого гидравлического аккумулятора;  
 $k_{тра}$  – коэффициент трения от приведённой силы сопротивления при перемещении поршня гидравлического аккумулятора;  
 $C_a$  – коэффициент жёсткости пружины аккумулятора;  
 $x_0$  – предварительная деформация пружины аккумулятора.

Дифференциальное уравнение динамики движения приведённой массы клапана-золотника гидравлического усилителя электрогидравлического привода имеет следующий вид:

$$M_{kl} \cdot \frac{d^2 x_{kl}}{dt^2} = A_p \cdot p - k_{mpp} \cdot \frac{dx_{kl}}{dt} - C_{kl} (x_{kl} - x_0) , \quad (4)$$

где  $M_{kl}$  – приведённая масса к поршню гидравлического исполнительного механизма;  $x_{kl}$  – перемещение поршня;  
 $A_p$  – площадь рабочей поверхности поршня гидравлического исполнительного механизма;  
 $p$  – давление в рабочей полости поршневого двухстороннего гидравлического исполнительного механизма;  
 $k_{трр}$  – коэффициент трения от приведённой силы сопротивления при перемещении поршня гидравлического исполнительного механизма.

Объединив уравнения (1-4), получим систему линейных дифференциальных уравнений седьмого порядка. Для решения этой системы численными методами вычислительной математики в среде визуального графического программирования Simulink (Matlab) разработаны структурные схемы дифференциальных уравнений.

Структурная схема дифференциального уравнения вращения вала электрического двигателя приведена на рис.2.

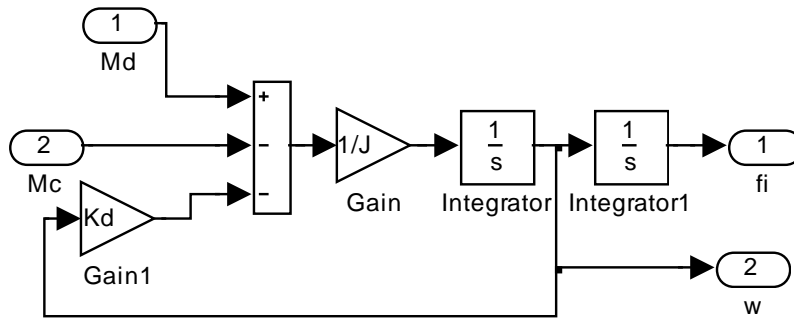


Рисунок 2 - Структурная схема дифференциального уравнения вращения вала электрического двигателя

Структурная схема дифференциального уравнения сжимаемости рабочей жидкости приведена на рис.3.

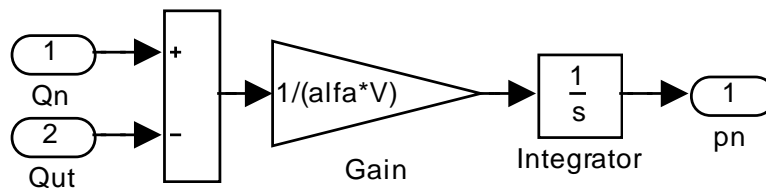


Рисунок 3 - Структурная схема дифференциального уравнения сжимаемости рабочей жидкости

Структурная схема дифференциального уравнения динамики движения поршня аккумулятора приведена на рис.4.

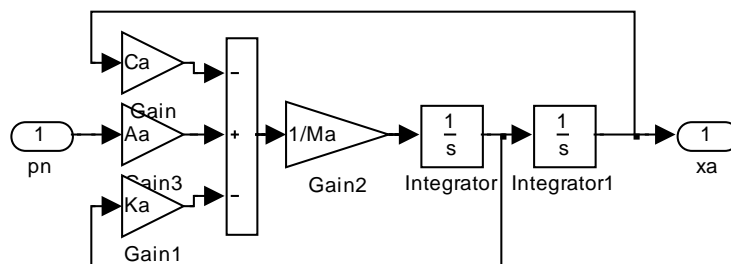


Рисунок 4 - Структурная схема дифференциального уравнения динамики движения поршня аккумулятора

Структурная схема дифференциального уравнения перемещения клапана приведена на рис.5.

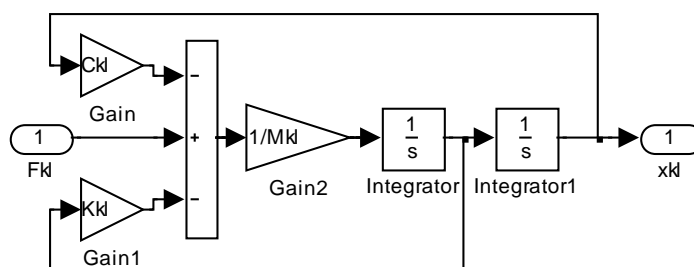


Рисунок 5 - Структурная схема дифференциального уравнения перемещения клапана

Разработанные математические модели процессов и их структурные схемы позволяют методом математического моделирования с использованием численных методов вычислительной математики исследовать перечисленные выше процессы, определить их динамические характеристики и на их основе разработать диагностические математические модели отказов электрогидравлического исполнительного элемента САРЧВ дизеля. Также, разрабатываемые математические модели процессов в испытательном стенде и элементов САРЧВ дизеля целесообразно использовать в учебных целях при подготовке специалистов в области эксплуатации автомобилей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: – М.: Легион-Автодата. 2004. - 344с.
2. Глущенко П.В. Техническая диагностика: Моделирование в диагностировании и прогнозировании состояния технических объектов. — М.: Вузовская книга, 2004.—248 с.

**А.М. СЫЧЁВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.М. ТЕМЕРБАЕВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОРРЕКТОРА В СИСТЕМЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДИЗЕЛЯ**

*Разработана конструкция электрогидравлического корректора перемещения клапана газораспределительного механизма дизеля, его математическая модель и её структурные схемы процессов для формирования диагностических математических моделей.*

*Ключевые слова:* дизель, газораспределительный механизм, корректор, электрогидравлический.

**A.M. SICHOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.M. TEMERBAEV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **WORKING OUT OF THE ELECTROHYDRAULIC CORRECTOR IN SYSTEM GAZORASPREDELITELNOGO OF THE GEAR OF THE DIESEL ENGINE**

*The design of the electrohydraulic corrector of conveyance of the valve of the gas distributive gear of the injection engine, both its mathematical model and its block diagramme of processes is developed for shaping of diagnostic mathematical models.*

*Keywords:* diesel, gas distribution mechanism, corrector, electrohydraulic.

Технический прогресс в автомобильном транспорте связан с созданием и использованием более сложных, совершенных и мощных дизелей, с постоянным повышением требований к их показателям эффективности и характеристикам, посредством совершенствования их систем, в том числе и конструкции газораспределительного механизма (ГРМ).

Формирование внешней скоростной характеристики и оперативное управление работой двигателя, при оптимизации наполнения цилиндров и при регулировании его мощности на нагрузочных режимах достигается использованием в конструкции ГРМ устройств управления фазами газораспределения и регулирования высоты подъема клапанов с электронным блоком управления. Однако большинство современных транспортных дизелей не имеет устройств регулирования фаз газораспределения, что обусловлено недостаточной разработкой теории процессов управления клапаном ГРМ и элементов конструкции подобных устройств. Известно много патентов по конструкциям электронного управления клапаном ГРМ, но эти материалы не обобщены, отсутствует сравнительный анализ этих конструкций.

Работы по совершенствованию ГРМ ведутся в направлении повышения эффективности управления процессами газообмена ДВС посредством: увеличения проходных сечений впускных и выпускных каналов за счет увеличения числа клапанов с двух до трех-четырех и более на цилиндр; изменения наполнения цилиндров за счет управления фазами газораспределения и высотой подъема клапанов в соответствии с режимами работы ДВС; перехода от механического привода клапанов к гидравлическому или электромагнитному [1].

Объектом исследования является электрогидравлический корректор перемещения клапанов газораспределительного механизма.

Цель работы – формирование динамических математических моделей процессов в элементах электрогидравлического корректора перемещения клапанов газораспределительного механизма дизеля.

Актуальность идеи обусловлена необходимостью обеспечения оптимального управления движением клапана газораспределительного механизма (ГРМ) на различных скоростных и нагрузочных режимах работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) посредством разработки электрогидравлического корректора перемещения клапана (ЭГКК) ГРМ новой конструкции. Идея соответствует действующей федеральной программе по

созданию отечественного конкурентно-способного двигателя внутреннего сгорания. В решении этой проблемы заинтересованы Российские отечественные производители двигателей внутреннего сгорания.

Для моделирования динамики процессов в электрогидравлическом корректоре перемещения клапана ГРМ разработана расчетная схема и модели процессов, используя рекомендации работ [2-3]. Расчетная схема ГРМ дизеля с электрогидравлическим корректором приведена на рис.1

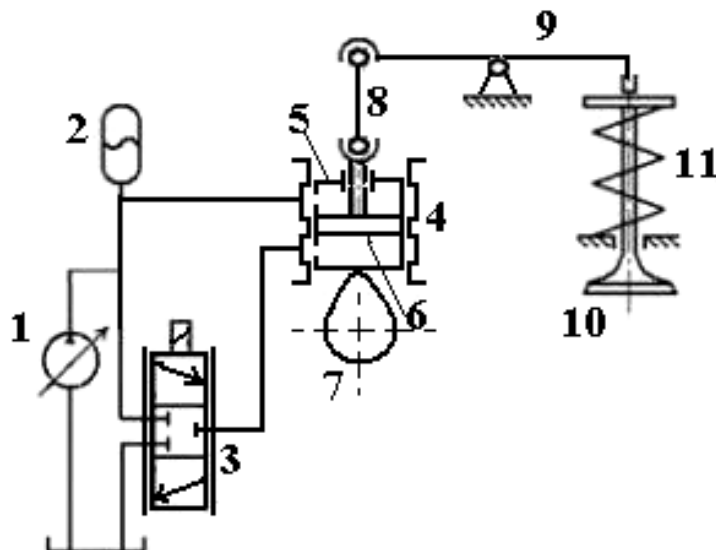


Рисунок 1 – Расчетная схема ГРМ дизеля с электрогидравлическим корректором

- 1 – гидравлический насос; 2 – гидравлический аккумулятор;
- 3 – гидравлический золотниковый усилитель; 4 – направляющая втулка;
- 5 – толкатель; 6 – поршень гидравлического дифференциального исполнительного механизма; 7 – кулачок распределительного вала;
- 8 – штанга; 9 – коромысло с осью; 10 – клапан;
- 11 – пружина клапана

Дифференциальное уравнение сжимаемости рабочей жидкости, отражающее баланс расходов рабочей жидкости из нагнетательной полости насоса имеет следующий вид:

$$\alpha_m \cdot V \cdot dp/dt = Q_n - \Sigma Q_{ут}, \quad (1)$$

где  $\alpha_m$  – коэффициент сжимаемости рабочей жидкости;  
 $V$  – объём рабочей жидкости в нагнетательной полости насоса;  
 $p$  – давление рабочей жидкости в нагнетательной полости;  
 $Q_n, \Sigma Q_{ут}$  – соответственно подача насосом рабочей жидкости и суммарные утечки рабочей жидкости по нагнетательной полости насоса.

Дифференциальное уравнение динамики движения приведённой массы клапана с поршнем гидравлического исполнительного механизма электрогидравлического корректора имеет следующий вид:

$$M_p \cdot d^2x_1/dt^2 = A_p \cdot p - k_{тpp} \cdot dx_1/dt - C_p \cdot (x_1 - x_0), \quad (2)$$

где  $M_p$  – приведённая масса клапана ГРМ с исполнительным поршнем гидравлического исполнительного механизма;  
 $x_1$  – перемещение клапана ГРМ с поршнем;  
 $A_p$  – площадь рабочей поверхности поршня гидравлического исполнительного механизма;  
 $p$  – давление в рабочей полости поршневого двухстороннего гидравлического исполнительного механизма;

$k_{\text{трр}}$  – коэффициент трения от приведённой силы сопротивления при перемещении клапан ГРМ с поршнем гидравлического исполнительного механизма;  
 $C_p$  – коэффициент жёсткости пружины клапана ГРМ;  
 $x_0$  – предварительная деформация пружины клапана ГРМ.

Дифференциальное уравнение динамики перемещения приведённой массы золотника усилителя электрогидравлического корректора имеет следующий вид.

$$m_z \cdot d^2 x_2 / dt^2 = F - k_{\text{трз}} \cdot dx_2 / dt - C_z \cdot (x_2 - x_0), \quad (3)$$

где  $x_2$  – перемещение золотника усилителя;  
 $m_z$  – приведённая масса штока электромагнита и золотника гидравлического усилителя;  
 $x_2$  – перемещение золотника;  
 $F$  – движущая сила на штоке электромагнитного исполнительного механизма;  
 $k_{\text{трз}}$  – коэффициент трения силы сопротивления трения при движении золотника и штока электромагнитного исполнительного механизма;  
 $C_z$  – коэффициент жёсткости пружины золотника;  
 $x_0$  – предварительная деформация пружины золотника.

Уравнение турбулентного течения через щель золотникового гидравлического усилителя имеет следующий вид:

$$Q = \mu \cdot A_z \sqrt{2/\rho \cdot (p_1 - p_2)}, \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода;  
 $A_z$  – площадь щели золотника;  $\rho$  – плотность рабочей жидкости гидропривода;  
 $p_1, p_2$  – соответственно давление рабочей жидкости перед щелью и за щелью золотникового гидравлического усилителя.

По приведённым динамическим математическим моделям составлены их структурные схемы, которые отражены на рис.2 и рис.3, в форме программы Simulink (Matlab).

Целостная структурная схема математической модели (объединённая) электрогидравлического корректора перемещения клапана ГРМ дизеля приведена на рис.2.

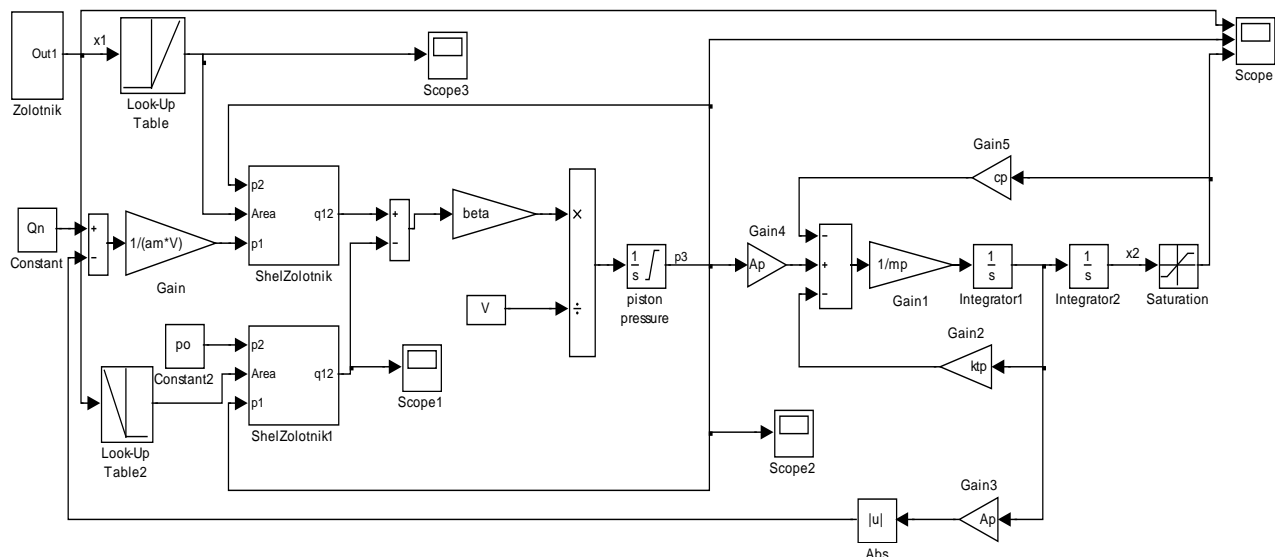


Рисунок 2 – Целостная структурная схема математической модели (объединённая) электрогидравлического корректора клапана ГРМ дизеля (программа Simulink)

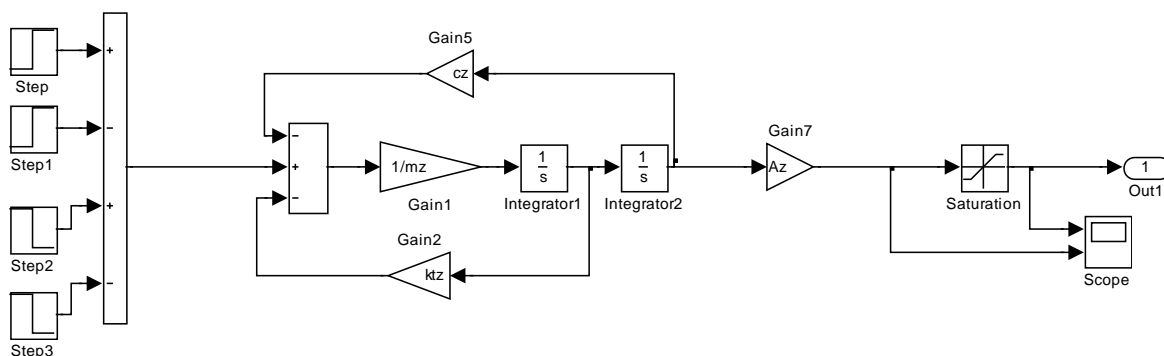


Рисунок 3 - Структурная схема математической модели перемещения золотника гидроусилителя электро-гидравлического корректора клапана ГРМ дизеля (программа Simulink)

При формировании схем сделаны допущения: изменение во времени движущей силы со стороны электромагнитного исполнительного механизма моделируется в форме прямоугольных импульсов; не учитываются аэродинамические силы, действующие на клапан со стороны движущегося потока газов; силы сопротивления трения при движении элементов линейно зависят от скорости их движения.

Исследование рассматриваемой математической модели показало удовлетворительную точность модели для целей инженерного расчёта и указало на возможность её использования при разработке виртуальной компьютерной модели процессов ДВС в среде визуального графического программирования Simulink.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные двигатели / М.Г. Шатров, К.А. Морозов, И.В. Алексеев и др.; под ред. М.Г. Шатрова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 464 с.
2. Грехов Л.В. Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.
3. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: алгоритмы прикладных программ /Р.М.Петриченко, С.А.Батурин, Ю. Н. Исаков и др.; Под общ. ред. Р.М.Петриченко,- Л: Машиностроение, Ленингр. отд-ние,1990.- 328 с.

**Раздел 2**  
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК**  
**И БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ**

**В.Н. БАСКОВ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.Р. РЕЙН, аспирант СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

**К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТАХ ВОДИТЕЛЯ ПРИ**  
**ПЕРЕВОЗОЧНОМ ПРОЦЕССЕ**

*В данном исследовании обсуждается вопрос о предложении использовать механическую работу, выполняемую водителем в качестве измерителя энергозатрат в перевозочном процессе*

*Ключевые слова: механическая работа, энергозатраты, работа при торможении, статическая и динамическая работа.*

**V.N. BASKOV, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.R. RHINE, a graduate student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

**TO THE QUESTION ABOUT THE ENERGY COST OF THE DRIVER IN THE**  
**DELIVERY PROCESS**

*This study discusses the proposal to use the mechanical work performed by the driver to measure energy consumption in the transportation process*

*Keywords: mechanical work, energy, work when braking, static and dynamic work.*

На сегодняшний день все более актуальной становится проблема возрастающего числа автотранспортных средств на дорогах. Задачей автомобильного транспорта является полное и своевременное удовлетворение потребности человек в перевозках. Важную роль в этом играет водитель. В процессе трудовой деятельности водителя, при взаимодействии его с компонентами среды, связанными с трудовым процессом, расходуется его нервная и мышечная энергия, что определяет тяжесть труда и оказывает влияние на производительность труда, здоровье человека.

Водитель во время работы выполняет большое количество действий, причём внешне они довольно просты и сводятся к нажатию педалей, перемещению рычагов, включению и выключению тумблеров, повороту рулевого колеса. Все эти действия по управлению автомобилем проводятся в определённом порядке в зависимости от типовых дорожно-транспортных ситуаций.

Энергетические затраты водителя зависят от эргономических свойств дорожно-транспортных машин и условий эксплуатации в которых происходит перевозочный процесс.

Влияние дорожных условий на тяжесть работы водителя, определяется параметрами дороги, интенсивностью, плотностью и составом движения.[1]

Физическая работа, выполняемая водителем при движении автомобилем складывается из динамической и статической работы. Динамическая работа зависит от величины усилий, прикладываемых водителем к органам управления (педали сцепления, тормоза, газа и т.д) и расстояния их перемещения. Статическая работа связана с удержанием элементов управления автомобилем в неподвижном состоянии (руля, педали тормоза, газа и т.д.), кроме того определенные усилия водитель затрачивает на повороты головы, туловища, на переносы рук и ног на элементы управления.

Суммарная величина физической работы, выполняемой водителем, следовательно, может быть получена по формуле:

$$A_{\text{физ}_n} = A_{\text{д}} * K, \quad (1)$$

где  $A_{\text{д}}$  – величина динамической работы;  
 $K$  – коэффициент, учитывающий удерживание элементов управления автомобилем, перенос рук, ног, головы и т.д.

$$A_{\text{д}_n} = \sum_{i=1}^R P_i * l_i * n_i, \quad (2)$$

где  $P_i$  – нормативная величина на  $i$ -ый орган управления автомобилем, кг  
 $l_i$  – средняя величина перемещения  $i$ -ого органа управления, м  
 $n_i$  – количество перемещений  $i$ -ого органа управления.

Так, в работах Бухарина Н.А., Гуревича Л.В. нагруженность водителя оценивается с использованием силовых критериев в форме приводного усилия на педали, необходимого для создания максимального тормозного момента. Как показали исследования, более рациональным является оценка энергозатрат водителя по работе, затрачиваемой на включение тормозов. Аналогичный подход по затратам энергии водителя использован для оценки эффективности тормозного привода и для оценки энергопреобразующих свойств тормозных систем [2].

Использование силовых критериев позволяет определить лишь возможность создания водителем требуемого тормозного момента на колесах автомобиля. В отмеченных работах отсутствуют рекомендации, позволяющие определить энергозатраты водителя на тормозное управление в течение всего процесса торможения.

Работу, совершаемую водителем в процессе торможения автомобиля, можно записать в виде суммы:

$$A_{F_n} = A_1 + A_2, \quad (3)$$

где  $A_1 = \int_0^{X_n} F_n dX_n$  – работа, затраченная на приведение в действие тормозной системы при перемещении педали  $X_n$ ;  
 $A_2 = F_n X_{nz}$  – работа, затраченная на удержание педали при торможении автомобиля с коэффициентом торможения  $z$ .

Работа  $A_2$  отражает затраты энергии водителя при неподвижной педали тормоза. С точки зрения механики, при отсутствии перемещения ноги, работа равна нулю. Однако мышцы ноги удерживают педаль тормоза с усилием  $F_n$ . Такая работа называется статической работой мышц. Однако фактически статическая работа мышц является динамической, поскольку при удержании педали неподвижной мышцы ноги постоянно сокращаются и расслабляются.

Таким образом, предложенная методика позволяет оценить физические энергозатраты водителя на тормозное управление автомобилем в течение всего процесса торможения, с учетом как динамического режима управления, так и статического.

Энергозатраты водителя в процессе движения являются следствием усилий, прилагаемых последним к рулевому колесу, частоты переключения, воздействия ускорения, вибрации и колебаний. Кроме того, определенные затраты энергии имеют место в связи с эмоциональным напряжением в моменты изменения дорожной обстановки, при осуществлении различных маневров, появления опасности и т.п.[3]

Следовательно могут быть использованы следующие зависимости.

Число обгонов, которые совершает автомобиль за время проезда 1 км дороги:

$$n_0 = \frac{N_{np}^2 t_0}{V \cdot 3600} \cdot \ell \frac{N_{nos} \cdot \Theta_0}{3600}, \quad (4)$$

где  $N_{np}, N_n$  – соответственно интенсивности прямого и встречного направления;  
 $V$  – скорость движения, км/ч;  
 $V_0$  – скорость свободного движения;  
 $t_0$  – минимальный интервал между автомобилями в рассматриваемом потоке,  $t_0=2,5-3,0$  сек.;  
 $\Theta_0$  – интервал во встречном потоке, достаточный для обгона (20-30 сек.).

Число разъездов, которое совершит один автомобиль за время проезда отрезка дороги, длиною 1 км (в случае  $N=N_{np}=N_{нов}$ ) равно:

$$n_p = (2N)/V \quad (5)$$

Так же на эмоциональное напряжение водителя и, как следствие, его энергозатраты, оказывает ширина проезжей части дороги и обочин. При этом величина эмоционального напряжения, в процессе указанных выше маневров, обуславливается степенью риска, который возрастает с уменьшением ширины проезжей части. С учетом этого были определены расчетные значения энергозатрат, вследствие изменения эмоционального напряжения в зависимости от характеристик проезжей части.

Энергозатраты водителя, связанные с торможением и переключением передач автомобиля были получены следующими. Двойной выжим сцепления требует усилия в  $\rho = 0,45$  кг, переключение передачи –  $\rho = 0,4$  кг. Энергозатраты водителя, связанные с управлением автомобилем при движении по кривой участка трассы дороги, определяются кривизной трассы  $q$ , радиусом кривой и скоростью движения.

$$q = K/L \quad (6)$$

где  $K$  и  $L$  – соответственно, длина криволинейного и прямого участка трассы (из расчета на 1 км).

Также следует отметить, что сложность труда является одной из главных составляющих его оплаты. Большое значение для повышения производительности труда, увеличения объема перевозок имеет улучшение организации нормирования заработной платы.

Анализ проведенных исследований показывает, что при выполнении транспортной работы водитель совершают механическую работу определяемую энергозатратами двигателя автомобиля и физиологией водителя. Поэтому для повышения точности оценки реальных фактических затрат на выполнение транспортной работы необходима разработка методики и аппаратуры позволяющей регистрировать энергозатраты водителя для использования нормирования на автомобильном транспорте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Подригало М.А. Оценка эффективности тормозных механизмов по работе, затраченной на их включение. /М.А.Подригало, В.А. Щербань// Автомобильный транспорт. – К.: Техника, 1992. –вып. 29. – с 88 – 93
2. Туренко А.М. Оценка энергозатрат водителя на тормозное управление автомобилем./ А.М. Туренко, С.Н. Шуклинов// Автомобильный транспорт. –Харьков, 2010 – вып 26
3. Скрыпников, А. В. Проектирование и планирование обустройства лесовозных автомобильных дорог / А. В. Скрыпников, Р. Н. Котляров, П. И. Морозов//Лесотехнический журнал. - Воронеж, 2011 №2 - С.36-41

**С.А. ГУСЕВ, д.э.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**В.С. МАРОСИН, аспирант СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ: ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ**

*Рассматриваются транспортные системы с точки зрения процессов, связанных с оказанием транспортных услуг, в совокупности с их функционированием в логистических системах. Отражены особенности формирования и условия адаптации транспортных систем в управлении цепями поставок, определяющие характер поведения транспортных предприятий в условиях современной конкурентной среды. Исследуются аспекты влияния интеллекта на результаты функционирования транспортных систем, как основного фактора, определяющего разработку и принятие управленческих решений.*

**Ключевые слова:** интеллект, транспорт, логистика, управление, система, поток, запас.

**S.A. GUSEV, Dr., associate professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**V.S. MOROSIN, a graduate student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND LOGISTICS SYSTEMS: DEVELOPMENT FACTORS**

*Transport systems are considered in terms of the processes related to the provision of transport services, in conjunction with their operation in logistics systems. The features and formation conditions of adaptation of transport systems in supply chain management, which determine the behavior of the transport companies in today's competitive environment. We investigate aspects of the impact of intelligence on the results of the transport system, as the main factor determining the development and management decisions.*

**Keywords:** intelligence, transport, logistics, management, system, flow reserve.

В настоящее время в России выполнение операций по транспортировке грузов по сравнению с развитыми странами обходится в 3 раза дороже, что пагубно влияет на конкурентоспособность выпускаемой продукции, ведь стоимость транспортных услуг в процессе производства составляет около трети себестоимости конечного продукта. Россия входит в число стран с высоким уровнем логистических издержек, что существенно снижает эффективность производства и торговли, отрицательно влияет на конкурентоспособность компаний и страны в целом. В валовом внутреннем продукте РФ доля логистических издержек составляет около 23%, тогда как в Китае аналогичный показатель составляет 17%, в США 11%, а в странах ЕС лишь 6,5% .

Причин этому несколько:

- незрелость и непрозрачность рынка;
- отсутствие компаний со стратегическим подходом к планированию функционирования;
- отсутствие единых стандартов;
- низкий уровень знаний и доверия;
- низкий уровень организации бизнес-процессов;
- недостаток квалифицированных кадров.

Следует отметить что, по мнению специалистов, за счет роста оборота розничной торговли и конкретно сетевой торговли рынок контрактной логистики в перспективе ожидает положительная динамика. По последним исследованиям Всемирного банка в 2009 году на основе индекса развития логистики (Logistics Performance Index – LPI), который учитывает работу таможенных органов, скорость и стоимость доставки, наличие задержек при транспортировке и т.п., на первом месте оказалась Германия, набравшая 4,11 баллов из 5 возможных. На втором – Сингапур, далее идут Швеция, Голландия и Люксембург. На последнем 155-м месте Сомали. Россия по сравнению с 2007 годом поднялась на 5 позиций и заняла 94-е место: лучше всего дела обстоят с логистической инфраструктурой – 83-е место, хуже всего с таможней – 115-е место. По уровню логистической компетенции специалистов

уровень нашей страны снизился с 83-го до 88-го места. Грузия опередила РФ на одну ступень, она на 93-м, Украина на 102-м, Молдова на 104-м, Армения – на 111-м.

Управлением цепочек поставок должны заниматься высокопрофессиональные логистические операторы имеющие соответствующую подготовку и методы которые позволят решать задачи планирования движения логистических потоков более эффективно по сравнению с применяемыми сегодня технологиями поиска управленческих решений, обеспечивающие высоко ассортиментные услуги глубокой переработки.

Но, помимо явной упущенной выгоды, необходимо учитывать спрос тех потенциальных клиентов, которые могли обратиться к логистическому оператору, но не обратились, так как заведомо знали о недостаточном качестве оказываемых услуг. Эта некоторая часть рынка логистических услуг может быть выражена постоянной денежной величиной, до которой нужно сократить уровень упущенной выгоды.

Особенностью функционирования логистических систем является их практическая сторона, в силу того что логистика работает в условиях реальной обстановки, приближенно к потребителю и должна адаптивно учитывать происходящие изменения во внешней среде.

Каждая конкретная ситуация индивидуальна, со своими признаками и характерными чертами, требующая подбора таких методов решения – инструментария для оптимизации функционирования интеллектуального потока, которые бы полностью учитывали все исходные условия. Для оптимизации процессов ситуационного управления в режиме реального времени предлагается использовать методы, удовлетворяющие условиям адаптивного управления и оценкой результатов функционирования логистических систем.

Использование классических методов, обладающих большой трудоемкостью, требует значительных затрат интеллектуального труда на поиск оптимального решения (большее количество итераций), поэтому необходимо использовать методы обладающие возможностями поиска решений с малым числом итераций, сокращающим время на принятие решений и подчас сразу дающим оптимальное решение, а следовательно уменьшающими трудоемкость поиска оптимального решения необходимого для управления логистическими системами.

На пути создания предприятий встает ряд существенных трудностей каждая из которых при отсутствии надлежащего подхода может послужить причиной ситуации заставляющих владельцев искать неординарные решения для разработки оптимальных управленческих решений. Согласно статистике 75% предприятий исчезают с рынка при воздействии неизвестных причин, в том числе и под воздействием неизвестного фактора X (рис.1).

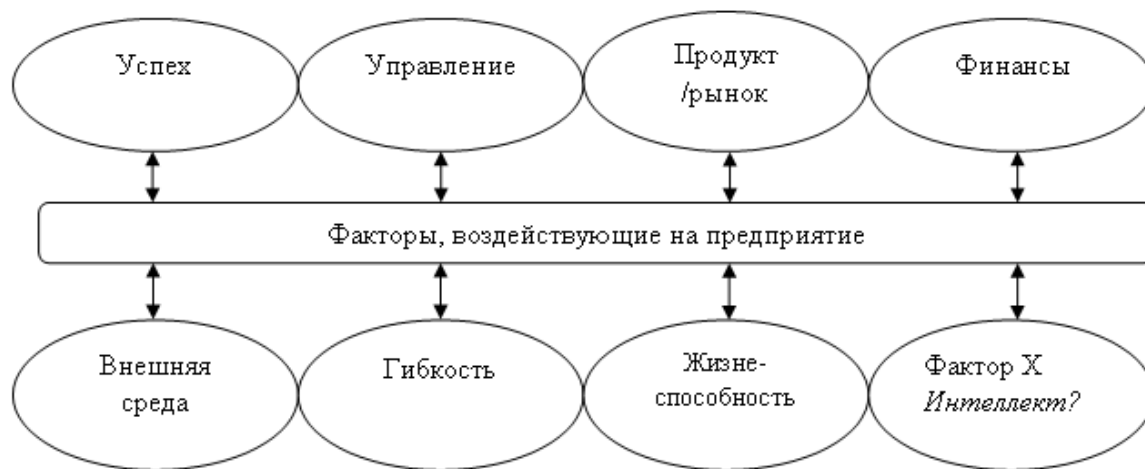


Рисунок 1 - Факторы, воздействующие на предприятие

Невозможно научиться процветать, не потратив годы на приобретение опыта, не обладая настойчивостью, сообразительностью, способностью удачно «бросать кости» – то есть то, чему можно научиться лишь за многие годы. Однако научиться преуспевать избегать

неудач можно и без этого. Наличие креативного мышления данной природой, позволяет осуществлять рациональный поиск правильных – оптимальных решений, генерируя потоки мыслей – интеллектуальные потоки, во многом составляющие саму суть управления работой предприятий.

Выявленный фактор X, на наш взгляд, связан с интеллектуализацией процесса принятия решений, способностью к генерации оптимальных решений в управлении функционированием логистических систем, обеспечивая результативную политику и высокие показатели эффективности.

Управление логистическими системами это нахождение компромиссов в рамках отдела логистики, так и между ним и другими функциональными подразделениями компании. Результаты такой работы, позволят управлять цепочкой поставок, синхронизировав действия на всех этапах товародвижения. Адаптация принимаемых решений, обеспечит соответствие принимаемых решений реальным условиям работы компании. Именно при таком уровне согласованности цепочка поставок компании может выгодно отличаться от цепочек поставок конкурентов.

В целом, логистика является неотъемлемой функцией любой компании. Пренебрежение логистикой, фактически ставит под угрозу существование компании. Компании, которые умеют находить компромиссы и идти на них, оценивая общие затраты, могут распространить такое «системное мышление» на более широкую сферу деятельности, в том числе и на цепочку поставок, с которой они работают. При отсутствии всеобъемлющей концепции функционирования логистической системы, интеллектуализации и концепции совокупных расходов потери в логистике неизбежны.

Рациональное использование ресурсов или применение неподходящих ресурсов, неумение выявлять нужные ресурсы или распределение их на производство не той продукции ведут к возникновению проблем. Понесенные затраты, израсходованное время сотрудников, упущенные возможности создания ценностей не обеспечат удовлетворение запросов потребителей. Потери в логистике встречаются так же часто, как и в других функциональных областях компании, хотя они и не так заметны, учитывая масштабы логистических операций. К тому же было подсчитано, что более 80 % работы в логистике происходит вне зоны досягаемости контролирующих органов компании, что сразу наводит на мысль о необходимости разработки точных и надежных приемов выполнения логистических операций.

К потенциальным источникам потерь в логистике можно отнести следующие их виды:

- запасы;
- транспортировку;
- складские помещения и оборудование;
- время;
- упаковку;
- управление;
- знания.
- компетенции [1,3].

Сокращение объема запасов является движущей силой большинства начинаний в прииске эффективных моделей управления логистическим системами. Имеющиеся на предприятии склады и распределительные центры, позволяют накапливать запасы, и, как правило, в немалом объеме. Зачастую запасы составляют от 5 до 30% совокупных активов компаний, а у предприятий розничной торговли данная цифра может достигать половины совокупных активов. Накопление запасов происходит потому, что при отсутствии мгновенного производства и мгновенной доставки появляется необходимость размещать запасы в канале дистрибуции до возникновения на них спроса, чтобы тем самым своевременно удовлетворить потребности современного общества, живущего по принципу «я хочу это сейчас!». Завышенные требования к наличию товаров на складе приводят к

накоплению запасов не только в каналах розничного потребления, но и в промышленном секторе (при взаимодействии между компаниями).

Возникшие при этом избыточные запасы приходится распродавать со скидкой, ликвидировать или хранить до тех пор, пока они не будут исчерпаны.

Многие компании понимают, что работа с краткосрочным горизонтом планирования содержит в себе несколько важных преимуществ. Прежде всего, снижается необходимость долгосрочных прогнозов, которые, как известно, обязательно окажутся неверными. Если меньше полагаться на прогнозы, а больше – на фактический спрос, можно снизить риск ошибки при планировании и, следовательно, минимизировать объем складских запасов. Сокращение периода планирования дает возможность для более частого пополнения запасов и уменьшения объема партий, что делает доступными для потребителей более свежие товары и снижает риск устаревания запасов.

Затраты на содержание запасов преподносят любопытную концепцию, представленную как бухгалтерскими, так и экономическими затратами. Бухгалтерские затраты – это явные расходы, связанные с платежами и отраженные в бухгалтерской отчетности компании, Экономические затраты носят скрытый характер и необязательно подразумевают под собой расходы, а скорее, потери вследствие упущенных возможностей. Большинство компаний отмечают, что существуют *некоторые* расходы, связанные с содержанием запасов [2].

Ко всему перечисленному можно добавить потери, связанные с устареванием, дефектами и хищением товара. Дорогостоящие изделия, которые пропадают чаще, чем другие товары, будут иметь более высокий уровень издержек хранения, чем товары с более низкой стоимостью, которые реже становятся объектом хищения.

Наконец, существует еще и такой компонент, как переменные расходы на хранение. Он включает в себя издержки, связанные с перемещением запасов и переменными складскими расходами, такими, например, как аренда складов для содержания избыточных запасов. Вся сложность состоит в том, что учитывать следует не постоянные складские расходы (расходы, которые остаются неизменными независимо от объема запасов), а только те, которые возрастают с увеличением объема запасов. Следовательно, постоянные расходы, связанные с распределительными центрами компании или заводскими складами, здесь не отражаются. Это постоянные расходы на хранение (то есть складирование), которые должны быть включены в общую стоимость логистических операций, но отличаются от затрат на содержание запасов. В итоге переменные расходы на складирование являются компонентом затрат на содержание запасов, а постоянные расходы на хранение и перемещение запасов относятся к расходам на складирование при оценке общих затрат.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голдсби, Т. Бережливое производство и 6 сигм в логистике: рук. по оптимизации логистических процессов / Томас Голдсби, Роберт Мартиченко ; перевел с англ. Т. О. Ежов ; науч. ред. Р. В. Морозов. – Минск : Гревцов Паблицер, 2009. – 416 с.

2. Дитрих, М. Складская логистика. Новые пути системного планирования / М. Дитрих. – М.: КИА-центр, 2004. – 136 с.

3. Логистика: интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок: учеб. (Полный курс МВА) / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова; под ред. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2009. – 944 с.

**Л.Я. КОЖУХОВСКАЯ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.Р. ГИМАЛОВ, аспирант СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ДОРОЖНЫМ ПОЛОТНОМ НА СЛОЖНЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГИ**

*Статья посвящена анализу характеристик транспортных средств при их взаимодействии с дорожным полотном на сложных участках дорожной сети. На основе исследования сил, действующих на оси автомобиля, получены количественные зависимости между характеристиками дороги и автомобиля и устойчивости как показателя безопасности дорожного движения.*

***Ключевые слова:** транспортный процесс, безопасность, структура, дорожная сеть, автомобиль, контроль, управление, центробежная сила.*

**L.Y. KOZHUKHOVSKAYA, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.R. GIMALOV, a graduate student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **ANALYSIS OF THE INTERACTION CHARACTERISTICS OF THE VEHICLE WITH THE ROAD ON THE DIFFICULT SECTIONS OF THE ROAD**

*This article analyzes the performance of vehicles in their interaction with the road on the difficult sections of the road network. Based on the study of the forces acting on the axis of the vehicle, the quantitative relationship between the characteristics of the road and the car as a measure of stability and road safety.*

***Keywords:** transport process, security, structure, road network, car, control, management, centrifugal force.*

Цель настоящего исследования является обеспечение качества и безопасности транспортных процессов на этапах разработки, организации и выполнения транспортными средствами совокупности операций. В основу анализа положена концепция формирования оптимальной структуры транспортного процесса (ТрП) основанной на использовании критериев безопасности дорожного движения как существующих, так и проектируемых транспортных систем, и средств (АТС). Построение и выбор маршрутов движения АТС требует использования унифицированных подходов к установлению с учетом влияния среды, условий рельефа и дороги в системе ВАДС (Водитель Автомобиль Дорога Среда). функции связи элементов ВАДС, адаптации их к изменению условий и контролю ТрП[1]. Это потребовало анализа профиля дороги и его влияния на показатели качества и безопасности транспортного процесса.

На Рис 1. приведен пример сложных участков дороги в Саратовской области, которые имеют виадук, радиусные повороты, развороты и др. При этом размерные параметры дорог меняются в широких пределах так радиус (R) может меняться от R5м до R80м, что требует установления влияния радиуса кривизны на показатели безопасности дорожного движения.

Анализ показал, что дорожная сеть содержит свыше 70% криволинейных участков. Статистический анализ показал, что 40% ДТП происходит при переходе АТС с прямолинейного на криволинейный участок. В этом переходе при снижении скорости происходит движение по инерции, кроме того на автомобиль действует сила, приводящая к радиальному смещению. При движении АТС по кривой возникает центробежная сила, которая стремится сместить автомобиль с дороги и вызывает перераспределение нагрузки между колесами, это отражается на устойчивости и управляемости автомобиля. Влияние этого фактора усиливается при движении по скользкой поверхности дороги.

С целью установления функциональной связи между характеристиками АТС и дороги использована теория множеств. С этой целью характеристик АТС и дороги представлены как множества  $\{A\}$  и  $\{D\}$ , пересечение которых может отражать степень их соответствия по одному или нескольким критериям. Интегральным показателем качества транспортного

процесса является их безопасность в связи с этим стояла задача оценки его безопасности по коэффициенту курсовой устойчивости автомобиля.



Рисунок 1 – Пример сложных участков автомобильных дорог

Исходя из определения курсовой устойчивости автомобиля, используют его свойство двигаться в нужном направлении без корректирующих воздействий со стороны водителя, т.е. при неизменном положении рулевого колеса [2].

На Рис. 2 приведена схема сил, действующих на автомобиль приводят к потере курсовой устойчивости в зависимости от  $R$ ,  $L$ ,  $V$ .

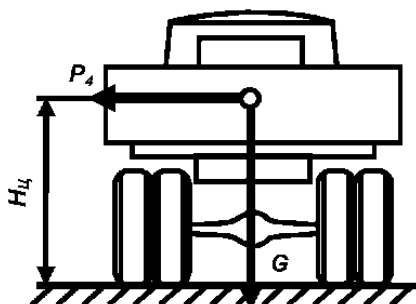


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на автомобиль

Важным является установление количественных зависимостей между характеристиками  $\{D\}$ ,  $\{A\}$  и устойчивости как показатель безопасности дорожного движения. Для этого необходима разработка методики определения сил, действующих на автомобиль и их влияние на показатели безопасности.

Потеря устойчивости при движении по дороге с радиусом  $R$  и поперечным уклоном при повороте в горизонтальной плоскости. Если автомобиль движется по участку с радиальным уклоном  $R$  сила тяжести  $G$  составляет с поверхностью дороги угол и ее можно разложить на две составляющие: силу  $P_1$ , параллельную дороге, и силу  $P_2$ , перпендикулярную ей. Сила  $P_1$ , стремится сдвинуть автомобиль в радиальном и угловом направлении в горизонтальной плоскости. Чем меньше угол поворота, тем больше сила  $P_1$ , следовательно, тем вероятнее потеря поперечной устойчивости.

Максимальная скорость, с которой можно двигаться по криволинейному участку радиусом  $R$  без поперечного скольжения шин, можно описать зависимостью:

$$V_{ск} = 11,3\sqrt{R\phi_x} \quad (1)$$

где  $R$  – радиус поворота;

$\phi$  – коэффициент сцепления автомобиля с дорогой.

На Рис. 3 приведены графические зависимости максимальных безопасных скоростей прохождения сложного участка дороги от радиуса кривизны.

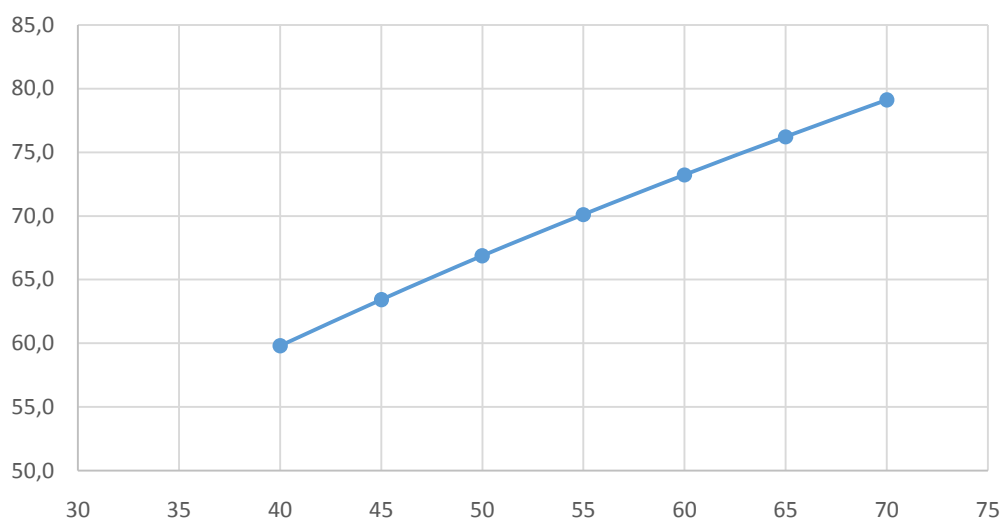


Рисунок 3 – Зависимость максимальной скорости прохождения опасного участка от радиуса поворота по условию скольжения

Из этого следует, что перед поворотом нужно уменьшить скорость тем больше, чем меньше радиус предстоящего поворота. Формула определяет скорость, при которой колеса обоих мостов автомобиля скользят в поперечном направлении одновременно. Такое явление в практике наблюдается крайне редко. Гораздо чаще начинают скользить шины одного из мостов - переднего или заднего. Поперечное скольжение переднего моста возникает редко и к тому же быстро прекращается. В большинстве скользят колеса заднего моста, которые, начав двигаться в поперечном направлении, скользят все быстрее. Ускоряющееся поперечное скольжение приводит к заносу на угол  $\Delta$ .

Часто занос возникает во время экстренного торможения, когда сцепление шин с дорогой уже использовано для создания тормозных сил. В этом случае следует повысить поперечную устойчивость автомобиля, прекратив или ослабив торможение и тем самым.

Особенно опасным является сочетание криволинейного участка дороги с поперечным уклоном на виадуках и мостовых развязках.

Для создания необходимой безопасности движения на дорогах с малым радиусом поворота устраивают односкатный поперечный профиль -вираж. На вираже проезжая часть и обочины имеют поперечный наклон к центру кривой. При наличии виража, независимо от направления движения автомобиля, составляющие сил  $R_{ц}$  и  $G$  направлены также, как у автомобиля  $\Pi$ , и обеспечивают сохранение поперечной устойчивости. Поперечный уклон виража увеличивают при уменьшении радиуса поворота.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.Н Басков, Л.Я Кожуховская «Прикладные задачи обеспечения качества и безопасности транспортных процессов автомобильных перевозок», Саратов, СГТУ 2014 г.
2. Н.В Пеньшин, «Методология обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте», Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 456 с.
3. Кожуховская Л.Я. Гималов И.Р. Григорьева М.С. Современные методы контроля и управления транспортными процессами. / Л.Я. Кожуховская, И.Р. Гималов, М.С. Григорьева // Научный журнал «Научное обозрение» №1, 2014г.

**Л.Я. КОЖУХОВСКАЯ, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.Р. ГИМАЛОВ, аспирант СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Основным источником информации о протекании транспортных процессов являются своевременные технологии выявления несоответствия качества реализации транспортных процессов их проектным показателям. Для этого необходима организация непрерывного контроля текущего состояния при обязательном требовании минимального вмешательства в сложившийся транспортный процесс.*

***Ключевые слова:** транспортный процесс, временная цепь, структура, функциональные связи, принятие решений, контроль, управление, системы GPS/ГЛОНАСС.*

**L.Y. KOZHUKHOVSKAYA, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

**I.R. GIMALOV, a graduate student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **ROAD SAFETY MANAGEMENT USING MODERN TECHNOLOGIES**

*The main source of information on the condition of transportation processes is the timely technologies of discovering the discrepancy between the quality of transportation processes implementation and their design indices. This requires the organization of continuous control of current condition with the necessary requirement of minimum interference in transportation process.*

***Keywords:** transportation process, temporal chain, structure, functional links, making decisions, control, management, GPS/ GLONASS systems.*

Обеспечение качества и безопасности транспортных процессов на их оптимальном решении на этапах разработки, организации и выполнения совокупности операций транспортными средствами.

Основным источником информации о протекании ТрП являются современные технологии выявления несоответствия качества его проектным показателям. Для этого необходима организация непрерывного контроля текущего состояния при обязательном требовании минимального вмешательства в сложившийся транспортный процесс. В основу настоящей работы предложена методика разработки ТрП, основанная на ситуационном принятии решения и современных средств и методов контроля [1,2].

С целью выбора метода получения информации выполнен анализ методов контроля и управления ТрП. Для автоматизации контроля выполнения ТрП рассматриваются системы GPS/ГЛОНАСС и стоит задача эффективного использования их возможностей. В настоящей статье изложены результаты системного анализа путей и методов контроля и управления ТрП в системе ВАДС.

Рассматривая в системе ВАДС функции связи А-Д (и поведение водителя). Параметры влияют на машинопоток, насыщенность и динамика потока и поведение {В} в связи {Д} и {АТС}.

В системе ГЛОНАСС/GPS используется комплекс устройств. Контроллер, который представляет собой устройство приёма-передачи данных для спутникового мониторинга перемещения автомобилей и других объектов, на которые оно устанавливается. Устройство используется в системе Global Positioning System для точного определения координат нахождения объекта. Это позволяет определять координаты точек, в которых водителю необходимо учитывать рекомендации технологии транспортного процесса, в соответствии с маршрутной картой, режимами движения АТС и указаниями диспетчера. Для этого ГЛОНАСС/GPS-трекер содержит ГЛОНАСС/GPS-приёмник, с помощью которого он определяет свои координаты, а также передатчик на базе GSM, передающий данные по GPRS, SMS или на базе спутниковой связи для отправки их на серверный центр, оснащённый специальным программным обеспечением для спутникового мониторинга ТрП. Эти показатели являются комплексными показателями, характеризующими состояния

элементов транспортного процесса и транспортной системы ВАДС. Интегральные показатели, которые являются координатами векторов в n-мерном пространстве. Время выполнения ТрП отражает связь его элементов в пространстве, связывает выполнение основных и вспомогательных операций. Этот процесс связи можно отобразить в виде размерно-временной цепи.

Контроль транспортного процесса требует не только определения местоположения АТС, но и совершенствования методики использования различных каналов связи для доставки информации пользователю в системе управления транспортным процессом в реальном времени, с учетом состояния и загруженности дорожной сети. Выявление “опасных” зон в маршруте и установления опорных точек позволяют детально контролировать весь маршрут следования автомобиля и контроль других параметров, определяющих транспортный процесс: таких как скорость, местоположение АТС, динамика потока и др.

Для эффективного использования систем ГЛОНАСС и GPS в сфере контроля и управления транспортным процессом на автомобильном транспорте потребовал математического описания транспортной сети. Для описания использованы типовые математические зависимости и способы описания поверхностей сложных рельефов. Анализ сложных участков дорожной сети показал, что участок дороги можно описать математически дугой или радиусом окружности по формуле  $P=2\pi R$  (Рис 1а.) или по формуле  $y^2 = ax^2 + bx + c$  (Рис 1б.).

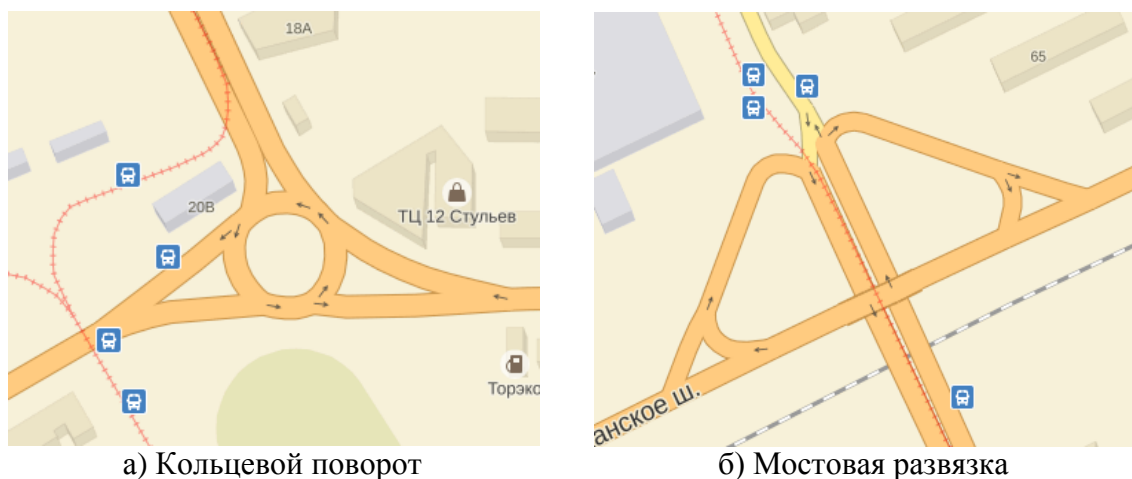


Рисунок 1 – Анализ участков дорожной сети

Это позволяет еще на этапе проектирования ТрП определить контрольные (опорные) точки на схеме, в которых можно осуществлять корректировки движения транспортного средства с помощью критериев. В качестве критериев могут быть использованы один или несколько групп показателей.

В методике управления ТрП разработан блок алгоритма управления АТС получения информации о протекающих транспортных процессах. В основе управления АТС положено использование основного устройства в системе GPS-мониторинга транспорта является ГЛОНАСС/GPS/GSM-терминал, выполняющий функции определения координат при помощи спутникового приемника, сбор и обработка информации от бортового оборудования и дополнительных датчиков. Пересылка информации осуществляется по каналам связи и используется для управления бортовым оборудованием по командам, поступающим по карте маршрута транспортного процесса или в реальном времени от оператора.

На (Рис 2.) представлена схема использования водителем информации о сложных участках дорожной сети. Для этого на лобовом стекле проецируется информация с помощью технологии HUD (Рис 3.) о пути следования АТС и сопоставление его с картой местности и рельефа дорожной сети с предупреждающими знаками об опасности.



Рисунок 2 – Информация, предупреждающая водителя об опасности на дороге

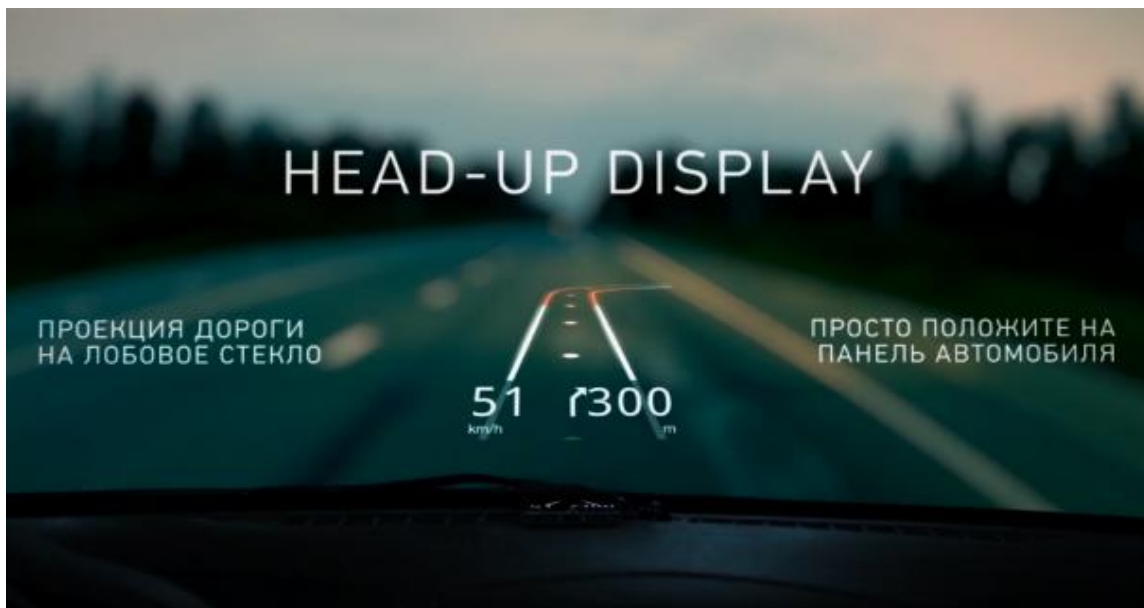


Рисунок 3 – Head-Up Display

Технология HUD - аббревиатура расшифровывается как - "Head-Up Display", что в свою очередь с английского переводится как - "дисплей поднятой головы". В России данное устройство получило название "Проектор на лобовое стекло". Это специальная система для автомобиля позволяющая проецировать данные прямо перед водителем, непосредственно на лобовое стекло. Эта технология позволяет информировать водителя не отвлекая его от дороги, тем самым повышая безопасность эксплуатации ТС.

Предложенная методика использования систем ГЛОНАСС/GPS для контроля транспортного процесса предполагает следующие алгоритмы сбора и использования информации:

- разработка маршрута транспортного процесса с указанием местности выполнения транспортного процесса;
- совмещение в клиентской части системы с картой местности;
- вывод на экран для визуального контроля состояния дорожной сети водителем, динамики и насыщенности дороги АТС;
- определение точек привязки маршрута транспортного процесса к реальным условиям, сравнение показателей с расчетными;
- подача звукового сигнала при приближении АТС средства к “опасной” зоне.

Предложенная методика управления ТрП в системе ВАДС позволяет расширить взаимодействие существующих систем управления с помощью диспетчерских пунктов, а также создавать системы управления в реальном времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.Н Басков, Л.Я Кожуховская «Прикладные задачи обеспечения качества и безопасности транспортных процессов автомобильных перевозок., Саратов, СГТУ 2014 г.
2. Н.В Пеньшин, «Методология обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте», Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 456 с.
3. Кожуховская Л.Я. Гималов И.Р. Григорьева М.С. Современные методы контроля и управления транспортными процессами. / Л.Я. Кожуховская, И.Р. Гималов, М.С. Григорьева // Научный журнал «Научное обозрение» №1, 2014г.

**Н.А. МУРАВЬЕВА, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.С. СЕМЕНОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**М.К. МОЖЕНКОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **РОЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ**

*Рассмотрены основные задачи интеллектуальных транспортных систем, рассмотрены цели, вытекающие из определения интеллектуальных транспортных систем, показана эффективность внедрения интеллектуальных транспортных систем для города, показаны примеры системы транспортного моделирования на макро и микро уровнях*

***Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы, транспортные потоки, имитационное моделирование, дорожное движение*

**N.A. MURAVEVA, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.S. SEMENOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**M.K. MOZHENKOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **THE ROLE OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN THE MANAGEMENT OF TRAFFIC FLOWS**

*The main problems of intelligent transport systems, reviewed the objectives arising from the definition of intelligent transport systems, the efficiency of the implementation of intelligent transport systems for the city, shows examples of system transport modeling at the macro and micro levels.*

***Keywords:** intelligent transport systems, traffic flows, imitational modeling, road traffic*

Интеллектуальные Транспортные Системы (ИТС) являются комплексом взаимосвязанных автоматизированных систем, решающих задачи управления дорожным движением, мониторинга и управления работой всех видов транспорта (индивидуального, общественного, грузового), информирования граждан и предприятий об организации транспортного обслуживания на территории региона.

Основными задачами, решаемыми ИТС являются:

- Повышение качества транспортного обслуживания населения
- Обеспечение безопасности дорожного движения и перевозок
- Расширение возможностей общегородской системы автоматизированного управления дорожным движением по удовлетворению возрастающего спроса на пассажирские и грузовые перевозки на всех видах транспорта
- Повышение качества выполнения государственных функций и предоставления государственных услуг в части транспортного комплекса региона

Технологии спутникового позиционирования ГЛОНАСС и GPS позволяют решать часть задач ИТС, таких как:

- Мониторинг и управление различными видами транспорта на уровнях предприятия, администраций муниципальных образований и субъектов РФ
- Предоставление информации в реальном масштабе времени гражданам и организациям об организации транспортного обслуживания в регионе
- Обеспечение сбора исходных данных для оценки транспортной ситуации и формирования дорожной транспортной информации
- Оперативное предоставление информации в службы реагирования в случае возникновения криминальных и чрезвычайных ситуаций на транспорте
- Централизация управления транспортным комплексом и безопасность граждан

Эффективность внедрения ИТС для автомобилистов – безопасность в пути и снижение временных и финансовых затрат.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС, англ. Intelligent transportation system) — это интеллектуальная система, использующая инновационные разработки в моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков,

предоставляющая конечным потребителям большую информативность и безопасность, а также качественно повышающая уровень взаимодействия участников движения по сравнению с обычными транспортными системами.



Рисунок 1 – Эффективность внедрения ИТС для города



Рисунок 2 – Эффективность внедрения ИТС для пассажиров общественного транспорта

ИТС являются местом соприкосновения автотранспортной индустрии и индустрии информационных технологий и базируются на моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков.

Определение ИТС дает нам представление о главных целях: информативность и безопасность; качественно новый уровень информационного взаимодействия участников дорожного движения.

Одной из основных проблем в проектировании информационных систем в России является доминирование объектов и инструментов над функциональностью.

ИТС базируется на моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков и поэтому вопрос о применении тех или иных элементов ИТС в городе тесно связан с пониманием того, как именно мы планируем достичь целей.

Системы транспортного моделирования на макроуровне (страна, город, микрорайон) оперируют демографическими данными, понятиями «граф дорог», «зона притяжения», «транспортный спрос и предложение». В них заложены данные о проценте использования автомобилей населением, о пропускной способности улиц, о количестве парковочных мест у торговых центров. Макромодель использует в основном математические методы моделирования. [1]

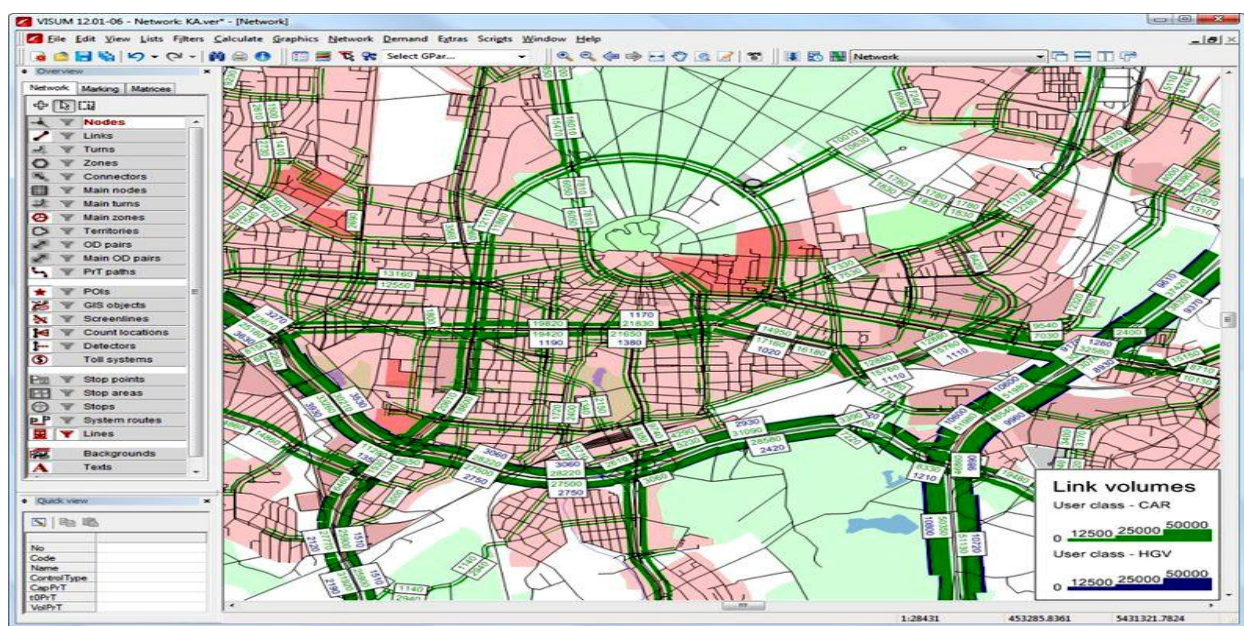


Рисунок 3 – Пример интерфейса программного пакета для макро-моделирования PTV Visum

Микромодели, оперируют конкретными объектами – регулируемый перекресток, транспортная развязка, сеть улиц, автомобиль. При этом микромодель «знает» о количестве полос движения, о наличии подъемов/спусков, о характеристиках двигателей автомобилей (как быстро они могут тронуться), о правилах движения и остановки. Чтобы микро-модель заработала на полную мощность, ей на вход необходимо подать информацию из макромоделей: количество и состав транспортных средств в определенные моменты времени (сколько легковых и сколько грузовых машин, сколько автобусов, трамваев и т.п.), особенности поведения водителей (часто ли перестраиваются, как часто следуют указаниям знаков и табло, соблюдают ли правила парковки). Если данные макроуровня верны, микроуровень позволяет с высокой точностью имитировать реальный транспортный поток. [1]

Основным назначением транспортных моделей является проведение экспериментов. То есть имеется возможность проверить изменения в организации движения трафике, настроить светофоры, принять решения о расширении улицы, о запрете или разрешении поворотов, об организации одностороннего движения. Модель поможет разработать

временные планы организации движения на период проведения крупных мероприятий – соревнований, уличных парадов и т.п. На уровне города транспортное моделирование позволит принять решение о последствиях для транспортной обстановки строительства очередного торгового центра или нового микрорайона. Другими словами, транспортная модель – незаменимое средство по благоустройству города без тяжких последствий.

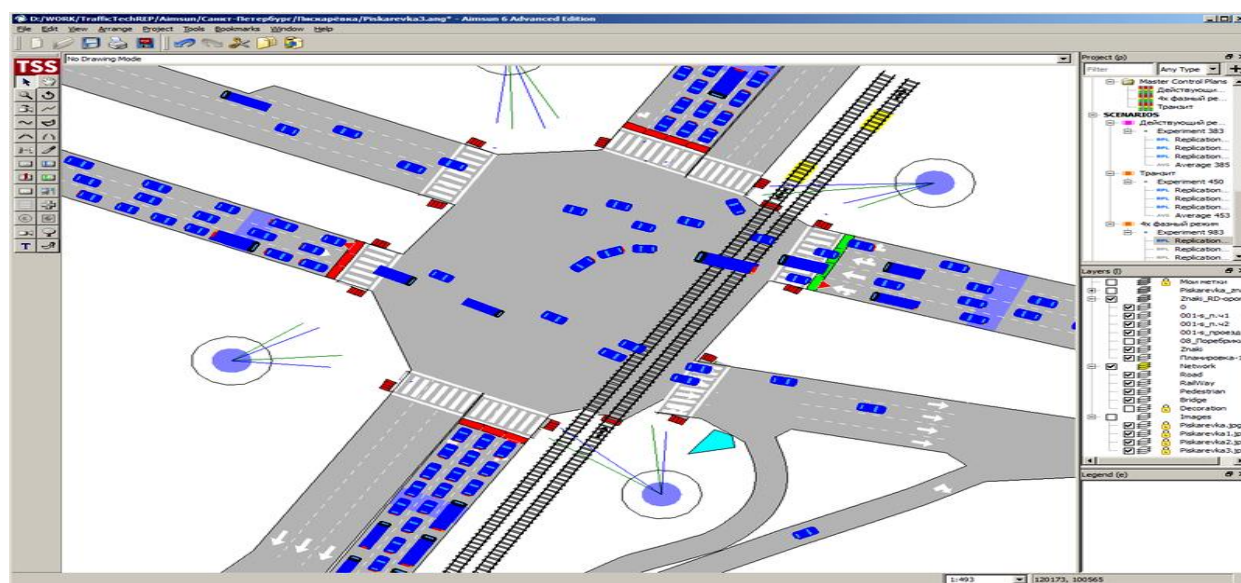


Рисунок 4 – Пример интерфейса программного пакета для микро-моделирования Aimsun

Чем точнее модель, тем больше разнообразной информации она хранит. Поддерживать модель в актуальном состоянии означает отражать в ней все реальные изменения – перекрытия движения, ремонты дорог, появление новых дорог, светофоров, полос движения, жилых районов, школ, офисов и торговых площадей. Поддержание модели в актуальном состоянии – это трудоемкий и ответственный процесс, предъявляющий высокие требования к квалификации персонала, к организации внутренних процессов, к качеству и стабильности информационных каналов.

Под «инновационными средствами регулирования» в условиях города понимают чаще всего сетевое координированное управление светофорами (так называемые «умные светофоры») и размещение цифровых информационных табло на развилках.

Также к средствам информирования относятся интернет-сайты для планирования поездок (сервис Яндекс-пробки) и сервисы информационной поддержки водителей во время путешествия (разнообразные навигационные сервисы), которые также являются подсистемами ИТС, и в западных странах являются частью единого информационного пространства.

Объединение светофоров в сеть актуально, учитывая дешевизну электроники в наше время. При наличии системы уличного видеонаблюдения это позволит, как минимум регулировать светофоры вручную, сидя в теплом офисе. Светофоры «умнеют» если перекресток снабжают системой детекторов транспорта, а в центре начинает работать специальный алгоритм. Необходимость в «умном» светофоре, а также настройки алгоритма управления определяют при помощи транспортной модели и специального «светофорного» модуля, позволяющего рассчитать начальные параметры цикла регулирования и определить границы автоматического управления.[2]

Точно так же определяется место установки цифровых табло и информация, которая на них будет выводиться в том или ином случае. Очевидно, что элементы ИТС, устанавливаемые на городских улицах, должны заноситься в модель, и модель должна

«знать» об алгоритмах работы адаптивных светофоров, табло и т.п. Современные системы моделирования умеют имитировать показания детекторов, размещаемых на виртуальных улицах, воздействие электронных табло и переменных знаков скоростных ограничений на транспортные потоки, позволяют создавать сложные управляющие сценарии в виде, пригодном для использования в ИТС. [3]

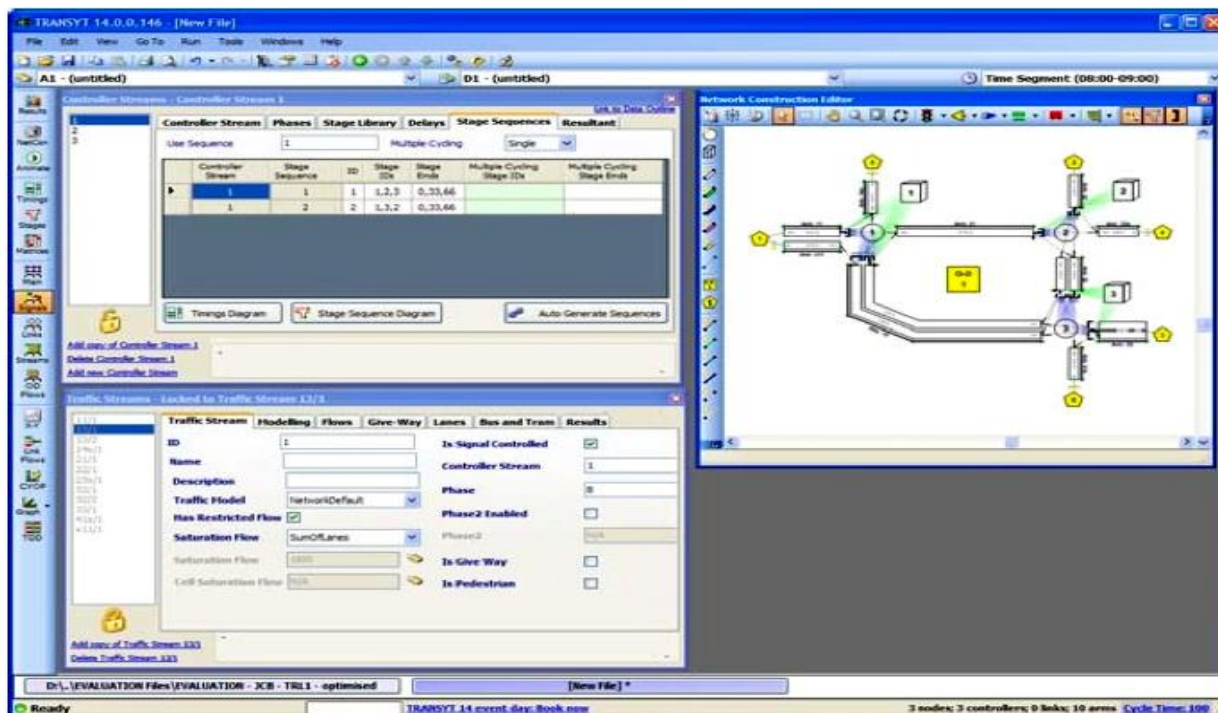


Рисунок 5 – Пример интерфейса программного пакета для конфигурирования «умных» светофоров TRANSYT (источник — «TRANSYT 14 User Guide»)

Управляющих сценариев может быть несколько сотен, при этом система транспортного моделирования может позволить автоматизировать процесс их генерации.

То есть, ИТС это не только оборудование на столбах и центр управления с громадным экраном. ИТС это в первую очередь *интеллект* – управляющие алгоритмы на основе моделирования реальных транспортных ситуации, а также процессы их составления, тестирования и внедрения.

Таким образом, Российская Интеллектуальная Транспортная Система (РИТС) позволяет обеспечить:

- сокращение смертности на дорогах Российской Федерации за счет повышении оперативности реагирования на ДТП;
- беспрепятственное движение спецтранспорта к месту ДТП или криминальной ситуации;
- оперативное, полное и достоверное доведение информации до специальных служб при возникновении криминальных или чрезвычайных ситуациях на транспорте;
- информирование водителей о нарушении ими правил дорожного движения и эксплуатации транспортного средства, а также о текущем и краткосрочном прогнозе состояния условий дорожного движения;
- автоматическую фиксацию фактов нарушения правил дорожного движения для выявления и наказания виновных лиц;
- повышение внимания водителей при управлении автомобилями в различных по напряженности условиях движения;

- создание условий для сокращения времени поездок пассажирами всеми видами наземного транспорта;
- увеличение пропускной способности дорог города за счет регулирования транспортных потоков и формирования предупредительной информации об условиях дорожного движения;
- возможность выбора пассажирами оптимального маршрута движения общественным транспортом от начальной до конечной точки с учетом маршрутов и расписаний движения общественного транспорта, а также дорожной ситуации и плотности транспортных потоков;
- оптимизацию маршрутов движения транспортных средств с учетом актуального состояния дорожного движения и миграции заторовых ситуаций;
- создание условий для своевременного и достоверного контроля выполнения заказов на осуществление транспортной работы предприятиями, осуществляющими пассажирские перевозки, эксплуатацию дорожно-уличной сети, вывоз твердых и жидких бытовых отходов, контроля расхода топлива, снижения страховых рисков, увеличения оборачиваемости ТС, снижения доли эксплуатационных издержек

## ЛИТЕРАТУРА

1. Имитационное моделирование транспортных потоков и метод конфликтных ситуаций / В.М. Еремин [ и др.]. – СПб.: 2008. – 164 с.
2. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев □ М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. - 279 с.
3. <http://www.pvsm.ru/analiz-i-proektirovanie-sistem/31255>

**И.М. ПОПОВА, к.э.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Д.О. ЖИГАЛИНА, студентка СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Е.А. ПОПОВА, студентка СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

### **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УСТАЛОСТИ ВОДИТЕЛЯ КАК ФАКТОР, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

*Рассматривается статистика дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Одной из причин ДТП является транспортная усталость водителя. Проблемы усталости водителя были тщательно изучены, и сегодня система контроля усталости водителя помогает успешно управлять автомобилем в любое время суток.*

**Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие (ДТП), усталость водителя, утомление водителя, надежность водителя.

**I.M. POPOVA, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**D.O. ZHIGALIN, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**E.A. POPOVA, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

### **CONTROL SYSTEM DRIVER FATIGUE AS A FACTOR, PREVENTS THE OCCURRENCE OF EMERGENCIES**

*Examines statistics of road traffic accidents (RTA). One of the causes of accidents is driver fatigue transport. The problem of driver fatigue have been carefully studied, and today control system driver fatigue helps to successfully drive a car at any time.*

**Keywords:** road safety, road traffic accident (RTA), driver fatigue, fatigue of the driver, the driver's reliability.

Актуальной проблемой для служб ГИБДД Российской Федерации является обеспечение достаточно высокого уровня безопасности пассажиров и водителей. Количество дорожно-транспортных происшествий в России возрастает с каждым годом, поэтому анализ причин ДТП является необходимым (рисунок 1).

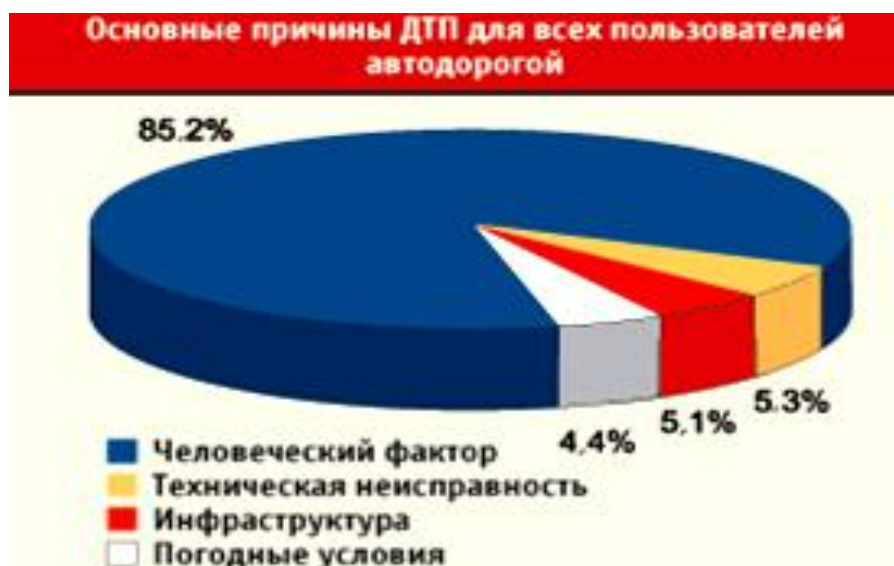


Рисунок 1 – Основные причины ДТП

По статистике более половины всех дорожных происшествий связаны с переутомлением водителей. Наступление усталости происходит медленно, ослабляя способность водителя полноценно управлять транспортным средством. Она снижает

бдительность и внимание на дороге, что впоследствии может привести к аварийной ситуации.

Надежность водителя определяется его работоспособностью[1]. Работоспособность снижается при болезни, после употребления алкоголя, при утомлении, а иногда в результате сильного нервного возбуждения или угнетенного состояния.

Утомление оказывает негативное влияние на все основные функции организма водителя и психофизиологические качества, необходимые для безопасной езды. В результате утомления ухудшаются характеристики зрительного восприятия, ослабевает память, что влияет на скорость переработки информации. У водителя меняется скорость реакции, она становится медленной или очень быстрой, происходит расстройство ранее сформированных навыков, меняется рабочая поза, что затрудняет пользование рулевым колесом, педалями и рычагами, ухудшает обзор дороги и наблюдение за приборами. Как показывают исследования процесса развития утомления у водителей, оно обнаруживается уже на 4-5 час вождения, явно ощущается на 6-8 часу и к концу 9 часа уже требуются волевые усилия, чтобы поддерживать движение на безопасном уровне. Если водитель находится за рулем от 7 до 12 часов, то степень возможного попадания в ДТП становится в 2 раза чаще, если свыше 12 часов – в 9 раз чаще, чем при продолжительности рабочего дня менее 7 часов.

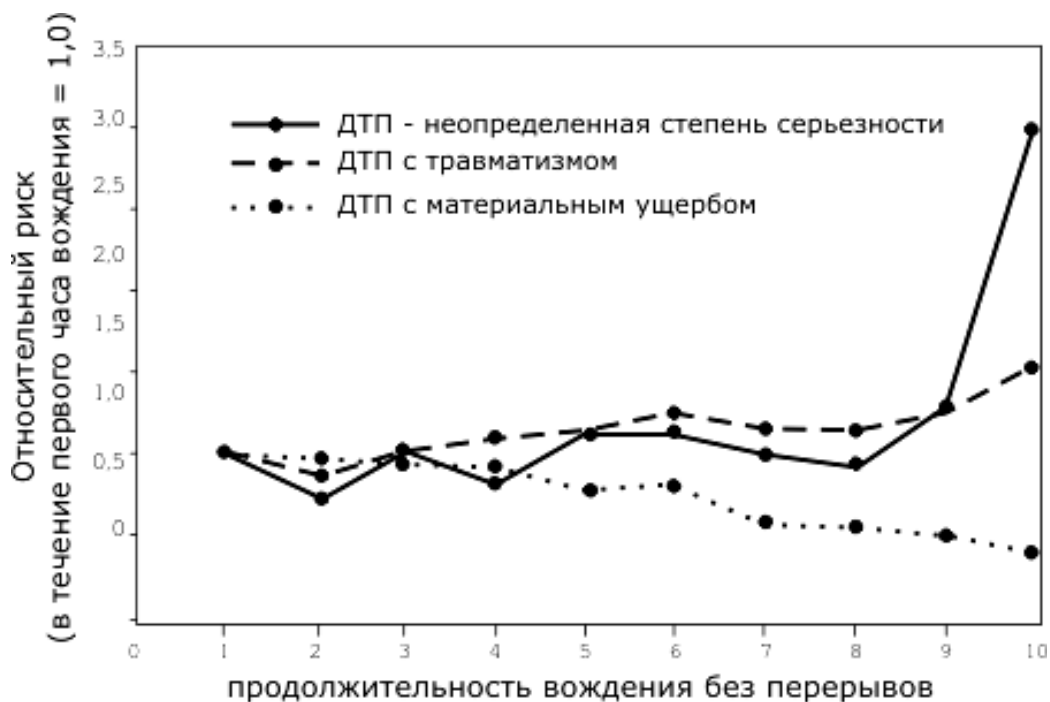


Рисунок 2 – Зависимость степени серьезности ДТП от продолжительности вождения

Повышенные энергетические затраты способствуют прогрессированию утомления, и в результате наступает момент, когда, несмотря на возрастающие усилия, возникают ошибки, пропуски необходимых действий, снижение производительности труда по количественным и качественным показателям. Утомлению обычно предшествует чувство усталости. Усталость затрагивает сложные виды психической деятельности, снижает готовность к действиям при резком изменении ситуации на дороге. Работа водителя сочетает различные виды утомления.

Признаками утомления может служить появление ошибочных действий: рассеянное внимание, желание сменить позу и др. При появлении данных признаков рекомендуется прекратить движение.

Выделены следующие виды утомления: компенсируемое и некомпенсируемое. При компенсируемом утомлении водитель может заставить себя сосредоточиться на дороге, а при некомпенсируемом утомлении не способен преодолеть возникшие нарушения, вследствие чего возрастает вероятность ошибок. Необходимость психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности водителя в условиях высокой функциональной нагрузки очевидна.

В некоторых ситуациях от водителя требуются поспешные действия, которые близки к пределу психофизиологических возможностей, что вызывает быстрое переутомление. При длительном управлении транспортными средствами возникает напряжение, как в мышцах туловища, так и мышцах конечностей. Развивается утомление, связанное с мышечной слабостью. Для снятия напряжения необходимо каждые 2 часа делать перерывы на 15-20 минут.

Засыпание – наиболее опасное проявление утомления, нередко приводящее к ДТП. Оно может быть вызвано монотонной окружающей обстановкой: длительно время не меняется ландшафт, скорость движения и т.д. По данным исследований, 23% водителей подвержены этому состоянию в полной степени, 74% – в легкой, 3% не подвержены данному состоянию. Доказано, что при одном и том же времени отдыха несколько коротких перерывов значительно эффективнее одного продолжительного перерыва.

На базе кабинетов психофизиологической диагностики и рейсовых пунктов контроля функциональной безопасности рекомендуется применять широкий спектр немедикаментозных средств, таких как практика специальных дыхательных и ритмических упражнений с элементами релаксации и приемам активизации внимания, профилактические методики, повышающие остроту зрения и активность клеток головного мозга.

Консорциум европейских компаний и организаций представил проект HARKEN (Heart and Respiration In-Car Embedded Nonintrusive Sensors) по разработке новой системы контроля за состоянием водителя. Задачей системы HARKEN является постоянный контроль за состоянием водителя. Система способна обнаружить признаки чрезмерной усталости и возможного засыпания. Комплекс состоит из 3 компонентов: сенсора для определения частоты сердечных сокращений, датчиков для анализа интенсивности дыхания и электронного блока для обработки информации. Сенсор вшит с внутренней стороны грудной ленты ремня безопасности, а датчик – спинки водительского кресла.



Рисунок 3 – Функционирование системы контроля усталости водителя

Блок управления обрабатывает поступающие сигналы и фиксирует следующие показатели:

- характер стиля вождения, который заключается в анализе скорости, продольном и боковом ускорении на протяжении последних 30 минут;
- обстоятельства вождения – время суток и длительность поездки;
- использование водителем органов управления автомобилем, к которым относится проверка применения тормоза, подрулевых органов управления, а также кнопок на приборной панели;
- анализируется угловая скорость поворота и ускорение;
- контролируется боковое ускорение.

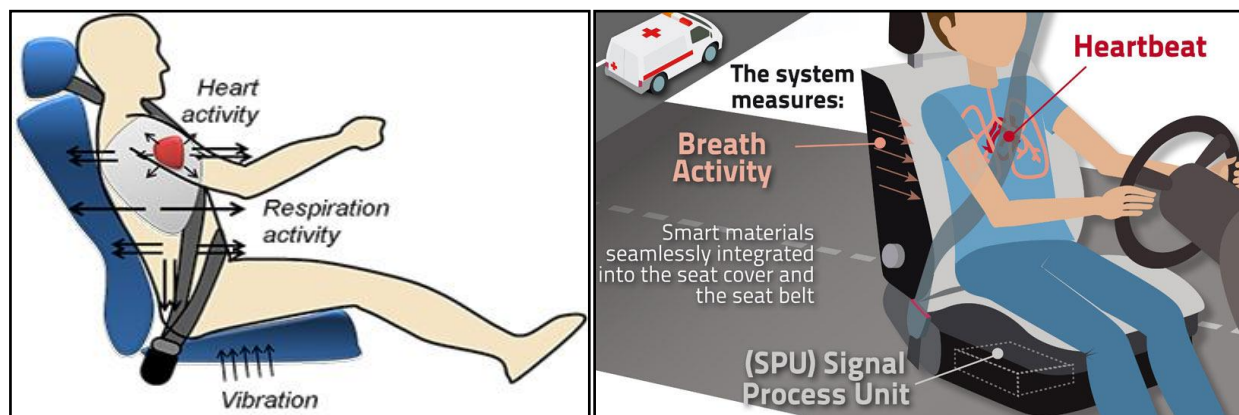


Рисунок 4 –Тестирование системы  
HARKEN

Таким образом, предложенная система позволит в случае признаков усталости водителя получить звуковой сигнал и, следовательно, избежать дорожно-транспортных происшествий. Система уже испытана на закрытом полигоне и в ближайшее время будет тестирована в реальных дорожных условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сальников А.А. О критериях качества подготовки водителей, как индикаторах достижения задач Федеральной целевой программы по повышению БДД / Сальников А.А.- СПб ГАСУ, 2010.

**И.М. ПОПОВА, к.э.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Д.И. МАРИНИН, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДИТЕЛЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ**

*Проведен анализ оценки обнаружения опасных ситуаций на дороге. Предлагается применять новые методики для снижения риска возникновения ДТП. Целью данной методики является снижение влияния человеческого фактора на управление ТС, так как оно является потенциально опасным при возникновении ДТП.*

**Ключевые слова:** конфликтные ситуации, транспортное средство, интеллектуальные транспортные системы, опасность дорожного движения.

**I.M. POPOVA, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**D.I. MARININ, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **INFLUENCE OF DRIVER PERFORMANCE INDICATORS TRAFFIC SAFETY**

*The analysis estimates the detection of dangerous situations on the road. It is proposed to use new methods to reduce the risk of accidents. The purpose of this technique is to reduce the impact of human factors on the management of the vehicle, since it is potentially dangerous in the event of an accident.*

**Keywords:** conflict situations, the vehicle, intelligent transportation systems, traffic hazard.

Преимущественным значением при управлении автомобилем является человеческий фактор. В настоящее время при увеличении числа автомобильного транспорта повышается опасность дорожного движения. Для исследования оценки обнаружения опасных ситуаций на дороге, и снижения риска возникновения ДТП требуется применять новые методики.

На безопасность водителя, управляющего транспортным средством, оказывает влияние ряд факторов (рис.1):

- внешние факторы: конструкционные свойства дороги, условия движения, дорожные условия;
- внутренние факторы: обстановка на рабочем месте водителя;
- факторы, относящиеся к оператору: возраст, стаж работы, состояние здоровья, нервная организация, настроение, утомляемость, алкогольное опьянение и т.д.[1].



Рисунок 1 – Факторы, влияющие на надежность водителя  
Воздействие этих факторов и приводит к совершению ошибок оператором.

Внедрение интеллектуальных транспортных систем, элементы которых находятся в транспортном средстве, является одной из тенденций снижения возникновения и тяжести последствий при ДТП. Целью данной системы является снижение влияния человеческого фактора на управление ТС, так как оно является потенциально опасным при возникновении ДТП.

В результате применения системы помощи водителю планируется за счет снижения времени совершения водителем важных действий в конфликтных ситуациях, снизить возникновение конфликтных ситуаций или предотвратить их.

Огромное влияние оказывает на надежность водителя микроклимат в салоне и концентрация загрязняющих веществ.

При повышении комфортабельности на рабочем месте водителя повышается и надежность, что в последствие может снизить риск возникновения ДТП.

Для оценки надежности водителя использован методический подход на основании выдвинутой гипотезы, в соответствии с которой степень опасности торможения принята в качестве критерия опасности возникающих конфликтных ситуаций(КС) для разных маневров, предотвращающих возникновение ДТП.

1. Степень опасности  $Son$  определяет степень технической возможности водителем предотвратить ДТП. Чем меньше  $Son$ , тем больше шансов предотвратить опасную ситуацию.

2. При  $Son = 0$  ДТП не произойдет.

3. При уменьшении от 1 к 0 ситуация постепенно переходит от приводящей к ДТП к полностью безопасной.

В основе определения границ интервалов безопасности конфликтной ситуации (КС) лежат значения психофизиологических характеристик водителя, прежде всего частота возникновения кожно-гальванической реакции(КГР).

При выполнении контрольных заездов на реальных маршрутах г. Москвы в 2009г. с использованием оборудования, предоставленного ЗАО «Нейроком», была определена зависимость степени опасности ситуации с частотой возникновения кожно-гальванической реакции, КГР(таблица 1).

Таблица 1

Классификация возникающих ситуаций с позиции степени опасности		
Характеристика конфликтной ситуации	Степени опасности ситуации	Частота возникновения КГР, Гц
неопасная ситуация	$\leq 0$	$\leq 0,1$
незначительный конфликт	$0 \div 0,10$	$0,1 - 0,143$
слабая КС	$0,10 \div 0,35$	$0,143 - 0,2$
средняя КС	$0,35 \div 0,60$	$\geq 0,2$
тяжелая КС	$0,60 \div 1,0$	Н.д.
предаварийная ситуация	$0,80 \div 1,0$	Н.д.
ДТП	$\geq 1,0$	Н.д.

Для получения достоверной методики оценки надежности водителя (водителя-профессионала), и оценки психофизиологических характеристик водителей в тяжелых и аварийных КС в МАДИ применяется исследовательский стенд с системами имитации дорожной обстановки и обзора из кабины водителя, отличающийся высоким уровнем адекватности реальным условиям движения(рис. 2). На стенде происходит имитация реальных дорожных условий, в том числе и изменение внутренних и внешних показателей, например на дороге может неожиданно появиться пешеход. В итоге имеется возможность смоделировать различной степени тяжести опасные дорожные ситуации и проследить за развитием ситуации. При необходимости, возможно, многократно повторить исследование для получения достоверного результата.

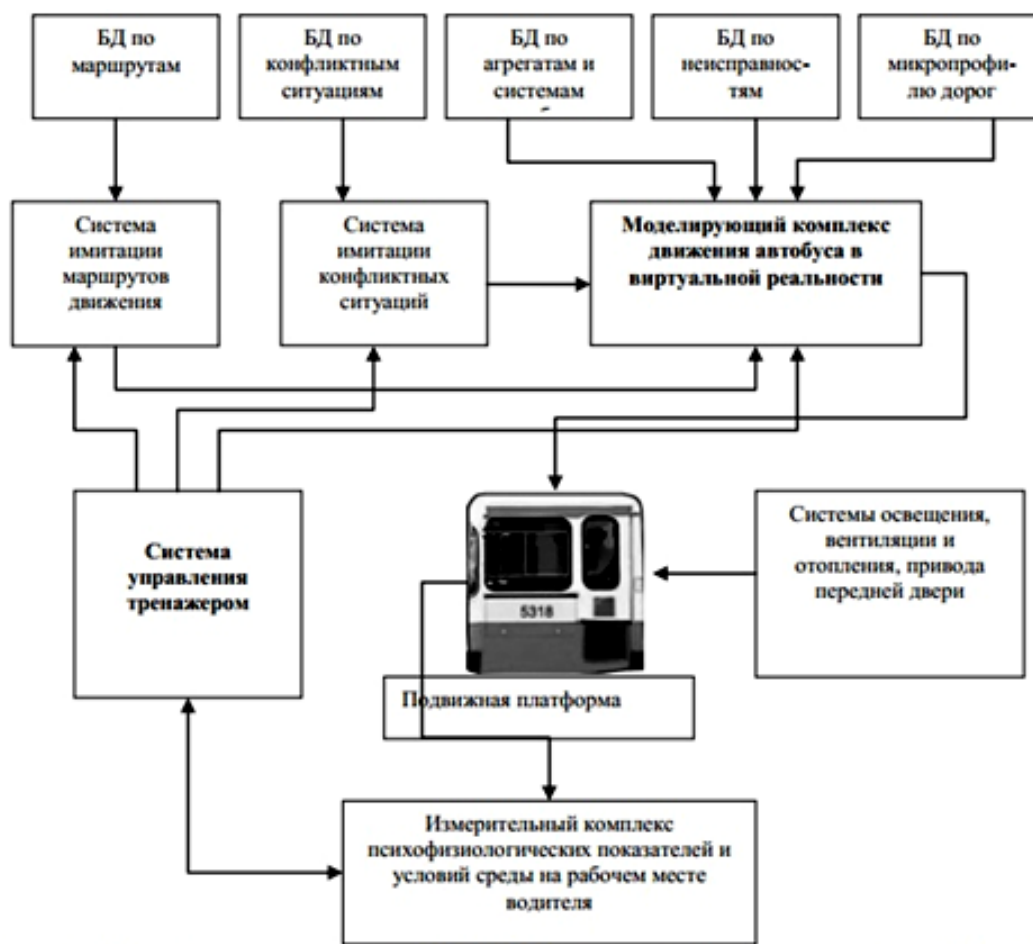


Рисунок 2 – Исследовательский стенд МАДИ для оценки надежности водителя (БД – база данных)

Исследование представляет собой методику по определению величины риска возникновения КС при различных условиях движения. Подразделяется на:

1. Методы определения параметров значения:

1.1 задача определения внешних (влияние условий среды, освещение дороги, погодные условия и др.) и внутренних факторов(условия на РМВ) на уровнях, равных нормальным(оптимальным) значениям, первоначальное измерение психофизиологических характеристик водителя в спокойном состоянии перед проведением испытания;

1.2 имитация возможной опасной ситуации на дороге с использованием специальных стендов;

1.3 зависимость реакции водителя на развитие этапов опасной ситуации;

1.4 фиксирование психофизиологических параметров(пульс и КГР);

1.5 нахождение связи между реакцией водителя, его параметров и развитием опасной ситуации, т.е. оценка надежности водителя и сравнение результатов данных испытаний;

1.6 полное повторение заездов при тех же параметрах;

1.7 обработка результатов;

1.8 выявление коэффициента приведения, при сравнении полученных результатов с реальным уровнем аварийности на данном участке дороги.

2. Факторы влияющие на надежность водителя:

2.1 определение всех факторов влияющих на надежность водителя;

2.2 фиксирование определенного диапазона, в котором планируется влияние показателей на надежность водителя(изменение дорожных условий или изменение комфортности в кабине);

- 2.3 имитация возможной опасной ситуации на дороге с использованием специальных стендов;
- 2.4 зависимость реакции водителя на развитие этапов опасной ситуации;
- 2.5 фиксирование психофизиологических параметров(пульс и КГР);
- 2.6 полное повторение заездов при тех же параметрах;
- 2.7 обработка результатов;
- 2.8 приведение полученного количества конфликтных ситуаций с помощью коэффициента пересчета, определенного выше, с целью определения количества ДТП для реального участка дороги.

Главным моментом данной методики является пункт 1.5, так как он обуславливает реальное установление зависимости суммарного времени реакции водителя с параметрами водителя (пульс и КГР), с последующим выявлением опасного участка дороги и надежности водителя. [2]

Суммарное время реакции водителя определяется временем срабатывания тормозной системы и временем от момента обнаружения опасности до принятия каких-либо действий( $t_{свр}$ ) и включает время срабатывания тормозной системы(с учетом срабатывания системы ABS), которое не зависит от водителя( $t_{тех}$ ) и непосредственно время реакции водителя( $t_{рв}$ ). Определяется по формуле:

$$t_{свр} = t_{тех} + t_{рв} \rightarrow t_{кр} \quad (1)$$

Для оценки работоспособности, разработанной методики, выполнены экспериментальные исследования по оценке психофизиологических показателей водителя во время движения по маршруту на автобусном тренажере фирмы «Логос» с реальным рабочим местом водителя, воспроизведением его действий штатными органами управления и сопряженным с компьютерной моделью транспортного средства и дорожного окружения при различных дорожных условиях.

На рис. 3 приведена графическая иллюстрация сформулированной выше в п. 1.5 гипотезы, полученной в результате проведения экспериментов на автобусном тренажере.

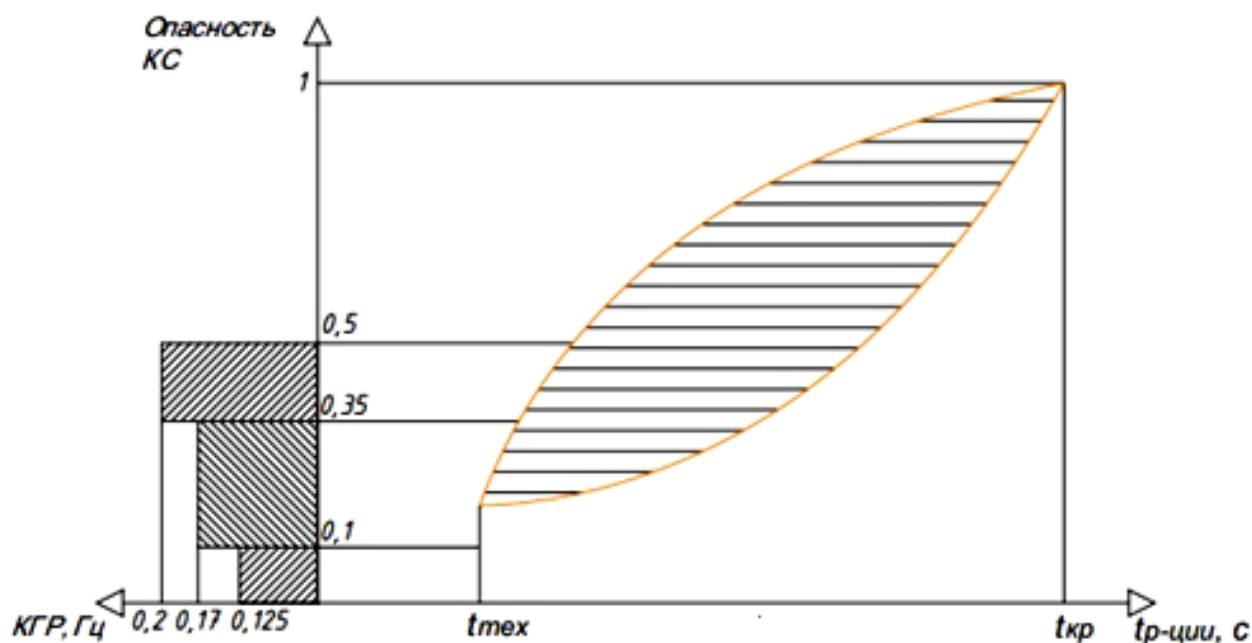


Рисунок 3 – Влияние суммарного времени реакции водителя на степень опасности конфликтных ситуаций

Как видно на рис. 3 определенному диапазону возникновения КГР соответствует определенный диапазон опасности КС. Здесь вводится критическое время( $t_{кр}$ ) - отрезок времени, когда предотвратить ДТП уже невозможно, т.е. опасность КС = 1.

Величина срабатывания тормозной системы у разных видов автомобилей индивидуальна, поэтому в данной работе берем усредненное значение. Время реакции изменяется в широком диапазоне, так как зависит от определенных факторов (усталости, возможности возникновения КС, психофизиологических параметров).

Основными мерами повышения надежности водителя являются использование интеллектуальных систем телематики, а так же повышение уровня комфорта рабочего места водителя, что подтверждает схема, изображенная на рис. 1.

Повышение уровня активной безопасности автомобиля непосредственно связано с передачей некоторых функций управления ТС автоматам. Так при:

$$t_{ps} \rightarrow 0, t_{p-цум} \rightarrow t_{mex} [3] \quad (2)$$

Экспериментальное подтверждение сформулированных гипотез и количественная оценка влияния различных факторов на надежность водителя продолжено на исследовательском стенде МАДИ, монтаж которого завершен в 2010 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьева Т.Ю. Повышение надежности транспортных человеко-машинных систем управления например городских автобусов: автореферат дис. кандидат а технических наук: 05.22.10 / МАДИ(ГТУ) Москва, 2006 - 20 с.
2. Бадалян А.М., Еремин В.М. Компьютерное моделирование конфликтных ситуаций для оценки уровня безопасность движения на двухполосных автомобильных дорогах. Научная монография. – М.: ИКФ «Каталог», 2007 г. – 240 с.
3. «Разработка научной методологии обеспечения техносферной безопасности автотранспортного комплекса (АТК)». Промежуточный(2-й этап) отчет по проекту №2.1.2/2625. Рук. д.т.н. Трофименко Ю.В. - М., МАДИ(ГТУ). - 2009. – 163 с. С. 10-29.

**И.М. ПОПОВА, к.э.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.М. САМОЙЛОВА, студентка СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ПОДГОТОВКА ВОДИТЕЛЕЙ КАК ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

*Проводится анализ аварийности за последние годы в Российской Федерации и в зарубежных странах. Особое внимание уделяется аспекту подготовки водителей. Анализируется зависимость количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) от стажа водителя. Выполняется сравнение ключевых моментов в работе отечественных и зарубежных автошкол.*

**Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, аварийность, дорожно-транспортное происшествие, водитель, система ВАДС, автошколы.

**I.M. POPOVA, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.M. SAMOYLOVA, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **TRAINING FOR DRIVERS AS A SAFETY FACTOR ROAD**

*The analysis of accidents in recent years in the Russian Federation and in foreign countries. With emphasis on the training of drivers. The dependence of the number of road traffic accidents (RTA) on the length of the driver. Performed a comparison of key moments in the domestic and foreign driving schools.*

**Keywords:** road safety, accidents, traffic accident, the driver, the system Vadso, driving schools.

Одной из глобальных проблем современности является безопасность дорожного движения. Если проанализировать аварийность за последние три года в Российской Федерации и за рубежом, то можно сделать следующий вывод: согласно статистическим данным количество дорожно-транспортных происшествий за последние годы возросло (рис. 1).

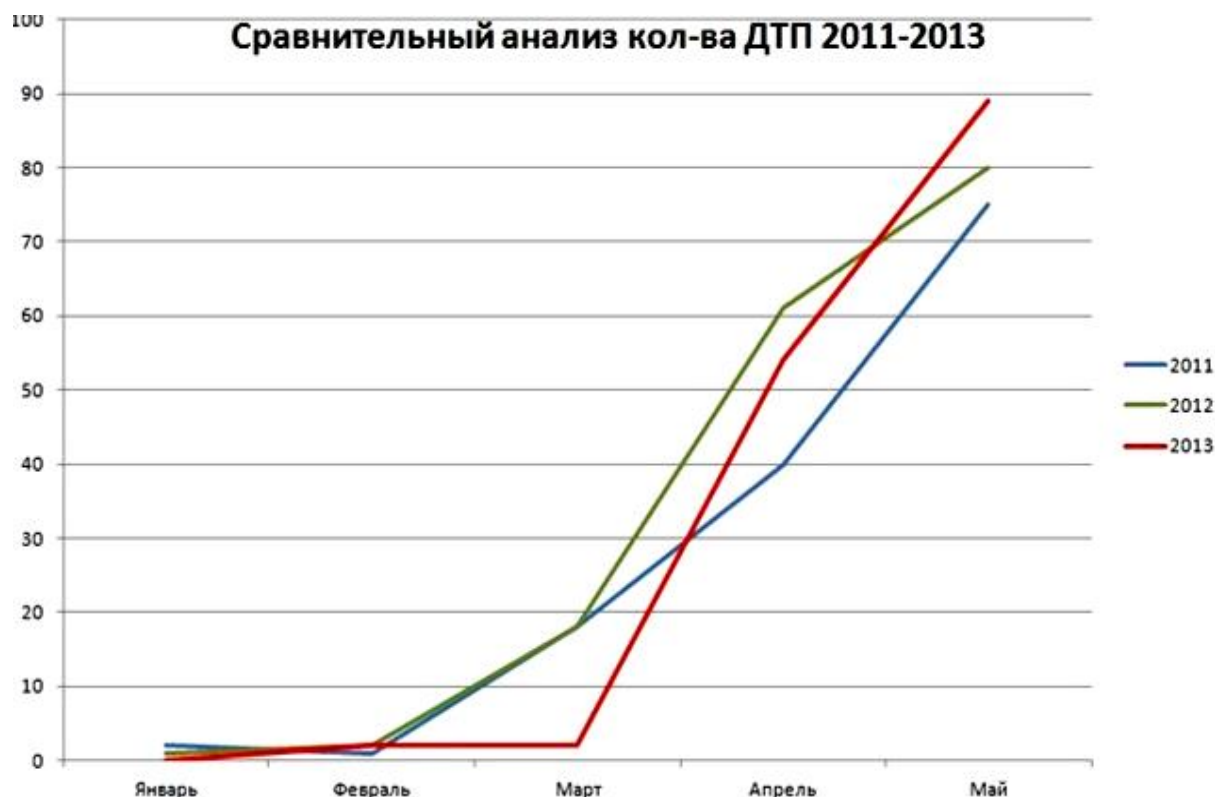


Рисунок 1 – Сравнительный анализ количества ДТП на территории РФ за 2011-2013 годы

Одним из элементов системы ВАДС является водитель, из чего следует вывод, что у него должен быть высокий уровень подготовки. Факторы, способствующие возникновению ДТП, вызваны не только недостаточностью инженерно-технического обеспечения, но и поведением водителей при управлении автотранспортными средствами.

Изучив статистические сведения, а также общее количество ДТП и число погибших и травмированных граждан, можно проследить тенденцию к увеличению числа ДТП в РФ.

В процентном соотношении наибольшее число аварий на дорогах приходится на водителей, чей трудовой стаж управления автотранспортным средством составляет не более трех лет. Доля смертельных случаев среди молодых людей в возрасте 19-25 лет составляет приблизительно 10% от всего населения, а доля среди погибших в ДТП составляет 25%. Молодые водители зачастую переоценивают возможности своего автомобиля и свои способности. Следует отметить, что водители со стажем вождения, составляющим менее одного года, совершают примерно в 8 раз больше ДТП, нежели прочие группы водителей.

В сравнении с другими странами мира Российская Федерация обладает более высокими значениями относительных характеристик, определяющих уровень безопасности дорожного движения. Одним из таких показателей является общее число погибших в ДТП. Статистические данные по количеству погибших в результате ДТП граждан в таких странах, как Россия, Германия и США, приведены на рис. 2.

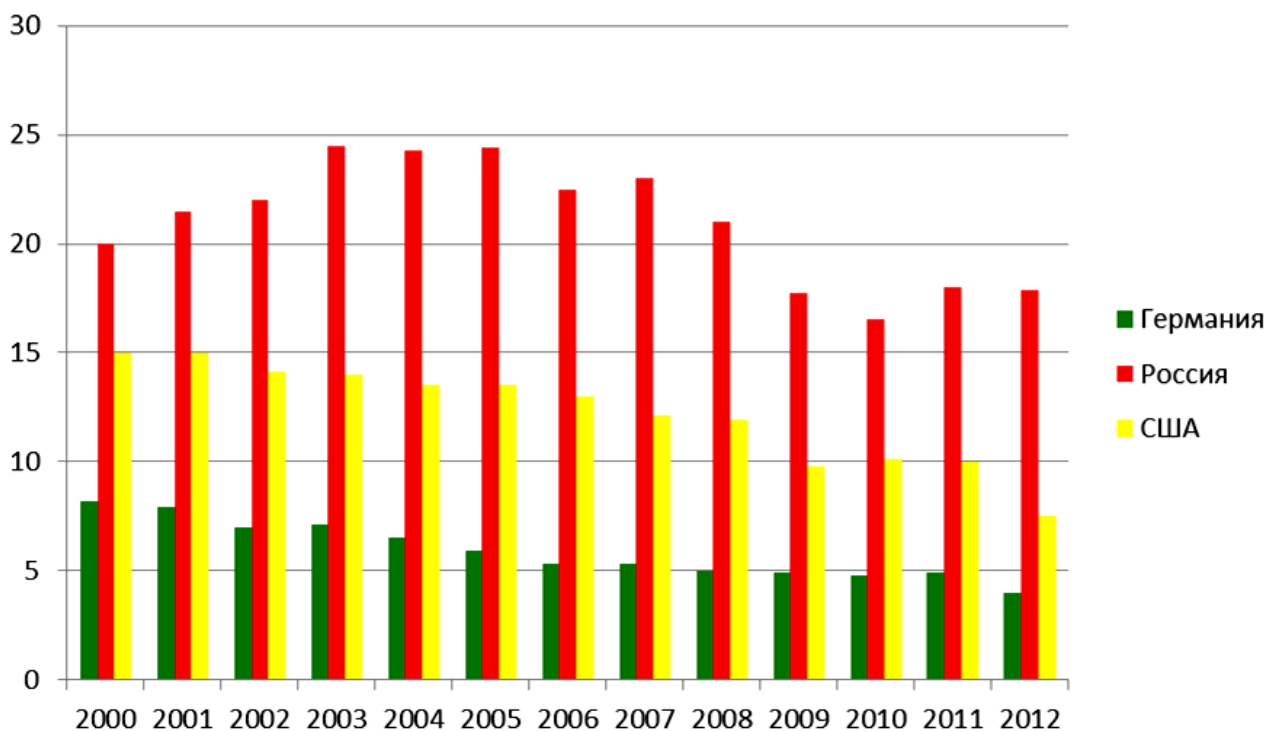


Рисунок 2 – Тенденция ДТП с количеством погибших в Российской Федерации, Германии и США по результатам за 2000-2012 года

Риск погибнуть в ДТП в настоящее время в России составляет примерно 3,58%, в то время в таких странах, как Финляндия, Германия, Великобритания, США, этот риск меньше в 2-3 раза. Уровень автомобилизации в России, согласно данным на 2013 год, оценивается в 270 автотранспортных средств на 1000 человек, в то время как в вышеназванных странах этот показатель в 2-3 раза выше, чем в России. Из всего сказанного можно сделать следующий вывод: уровень автомобилизации в России меньше, чем во многих странах зарубежья, а степень вероятности погибнуть в ДТП – больше.

Отмечается рост количества образовательных учреждений, которые осуществляют подготовку водителей. Сейчас таких учреждений насчитывается около восьми тысяч. В них

ежегодно проходят подготовку и переподготовку более двух миллионов водителей автотранспортных средств. Большая часть таких учреждений принадлежит Министерству Образования РФ – 45,7%; Российскому оборонному спортивно-техническому обществу – 20%; Всероссийскому обществу автомобилистов – 5,9%.

Проблема увеличения количества ДТП с участием водителей, имеющих небольшой стаж вождения, в значительной мере заключается в том, что основной целью автошкол, обучающих их, считается подготовка кандидата в водители самостоятельному управлению транспортным средством, а не безопасному управлению автотранспортным средством. Также на практике недостаточно внимания уделяют кадровому обеспечению процесса профессиональной подготовки, квалификации обучающего персонала, совершенствованию материально-технической базы учреждений. Мало внимания уделяется вопросам переквалификации педагогов и специалистов производственного обучения. Еще одной нерешенной задачей является проблема оснащенности образовательных учреждений автодромами и закрытыми площадками, предназначенных для обучения вождению, а также нехватка пособий и разнообразной литературы для изучения теоретических материалов направления.

Чтобы вычислить самый опасный промежуток времени самостоятельного практического вождения, учеными проводился опрос категории молодых людей, состоящих из 100 человек, трудовой стаж управления автотранспортным средством которых составил 2,5-3 года.

Фундаментальными вопросами, которые были заданы респондентам, стали следующие:

1. Количество ДТП;
2. Их серьезность;
3. Количество нарушений правил дорожного движения (ПДД) в начале самостоятельного вождения.

По итогам опроса были получены следующие сведения: из 100% тестируемых 25% оказывались участниками дорожно-транспортных происшествий; 21% стали участниками аварий, случившихся по вине других участников ДТП или же из-за неблагоприятных погодных условий; 4% опрошенных являлись виновниками ДТП.

Для снижения количества ДТП среди водителей автошколы должна проиллюстрировать результаты несоблюдения скоростного режима и нарушений ПДД. Одним из способов решения данного вопроса является способ эмоционального влияния в процессе обучения. Данный способ заключается в демонстрации слайд-шоу, основными материалами которых обязательно должны стать фотографии с мест дорожно-транспортных происшествий с изображением тяжелых последствий или же с летальным исходом. Фотоснимки должны браться только с тех ДТП, виновниками которых стали молодые водители со стажем вождения менее трех лет.

Слайд-шоу должно составляться либо каждой автошколой самостоятельно, либо службой ГИБДД. Использоваться должны снимки только с тех мест дорожно-транспортных происшествий, которые происходили именно в том населенном пункте, где и находится данное образовательное учреждение, так как обо всех серьезных происшествиях сообщается общественности. Посредством этого метода обучающийся видит последствия управления транспортным средством при несоблюдении скоростного режима и правил ПДД.

Основными отличиями в структуре обучения в Российских автошколах от автошкол за рубежом являются:

1. Отсутствие «массовости» обучающего персонала, в то время как в России обучающий персонал состоит из 10-15 человек, в странах зарубежья деятельность 70% автошкол основана на преподавательском составе из 2-3 человек, а в некоторых случаях и вся школа держится на одном высококвалифицированном специалисте. Это обеспечивает индивидуальный подход к каждому ученику.

2. Инструкторы за рубежом должны иметь педагогическое образование. Что бы стать инструктором по вождению, недостаточно быть хорошим водителем с большим стажем вождения. Педагогическое образование необходимо затем, чтобы инструктор мог доходчиво объяснять самые трудные для понимания моменты.

3. В европейских странах любые автошколы должны обладать сертификатом. В России тоже есть аналогичная процедура, однако в Европе эталоны этой сертификации действуют на территории всех стран Евросоюза, что обеспечивает водителя полным правом управлять транспортным средством в любой европейской стране.

Одним из главных направлений, которые способствуют росту уровня безопасности дорожного движения, должна стать система повышения квалификации, подготовка водителей автотранспортных средств, нацеленная на экстремальные условия.

Приняв во внимание тот факт, что в составляющих безопасности дорожного движения «человек – автомобиль – дорога - среда», основную роль исполняет человек, так как непосредственно по его вине происходит более 80% от общего количества ДТП. И именно его подготовленность к участию в дорожном движении должна стать главным фактором, повышающим безопасность дорожного движения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методическое пособие по курсу подготовки специалистов по безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте/ Абрамов В.А., Белов П.П., Булатов С.А и др.- редакция Государственного научно-исследовательского института автомобильного транспорта, 2000. -12 с

2. Примерная программа подготовки водителей транспортных средств категории "В"/ утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 18 июня 2010 г. N 636.

3. Сальников А.А. О критериях качества подготовкой водителей, как индикаторах достижения задач Федеральной целевой программы по повышению БДД / Сальников А.А.- СПб ГАСУ, 2010.

**Р.Р. САФИУЛЛИН, аспирант С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**  
**А.В. МАРУСИН, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СНИЖЕНИЯ РАЗМЕРА ВРЕДА, ПРИЧИНЯЕМОГО ДОРОЖНОМУ ПОЛОТНУ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*Рост промышленного производства и строительства в нашей стране существенно увеличили объем перевозок крупногабаритного и тяжеловесного груза (КТГ) - наиболее сложного вида автомобильных перевозок. Однако, использование крупногабаритного тяжеловесного оборудования сокращает сроки доставки данного вида груза, а следовательно срок ввода объектов в эксплуатацию, сокращает число механизмов, работающих при окончательном монтаже оборудования, уменьшает размеры строительных площадок, повышает производительность труда и снижает себестоимость и трудоемкость монтажных работ. Такие грузы, как правило, определяют продолжительность строительства в целом. В каждом виде транспорта существует понятие крупногабаритного тяжеловесного груза. Даже на одном виде транспорта отсутствует единообразное понятие КТГ, что связано с особенностями и провозными возможностями подвижных составов, применяемых для перевозки таких грузов, а также безопасностью самого перевозочного процесса.*

**Ключевые слова:** методика, снижение вреда, дорожное полотно, груз, транспортирование.

**R. R. SAFIULLIN, a graduate student St. PbGASU, St. Petersburg**  
**A.V. MARUSIN, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR REDUCING THE SIZE OF THE HARM CAUSED TO THE ROADWAY TRANSPORT OF HEAVY GOODS BY ROAD**

*The growth of industrial production and construction in our country have significantly increased the volume of traffic of heavy and oversized cargo (CTG) - the most complicated form of road transport. However, the use of large-sized heavy equipment reduces the time of delivery of the cargo, and hence the term commissioning of facilities, reducing the number of mechanisms operating during the final installation of equipment, reduces the size of the construction sites, increases productivity and reduces the cost and complexity of installation. Such loads are generally determined by the duration of the construction in general. In each mode there is a concept of large-sized heavy cargo. Even on a single mode of transport there is no uniform concept of CTG, which is associated with the features and capabilities of freight rolling stock used for the carriage of goods, as well as the safety of the transportation process.*

**Key words:** methods, harm reduction, roadbed, cargo transportation.

Транспортировка крупногабаритного тяжеловесного груза – особый вид перевозок, который осложняется сложившейся дорожно-транспортной сетью страны. Особую сложность при организации таких перевозок представляют большие города. Появление тяжелых и больших по размеру грузов и соответственно таких же автомобилей в стесненных условиях движения в городах с повышенной интенсивностью транспортного потока требуют разработки новых методов организации перевозок, прежде всего для уменьшения их отрицательного влияния на общую дорожную ситуацию. Более половины грузов имеют массу до 60 т. Причём средняя масса единицы груза имеет ярковыраженную тенденцию к увеличению. Распределение объёмов перевозок (%) по массе единицы груза представлены в на рисунке 1.

Перевозка тяжеловесных негабаритных грузов требует не только дорогого и сложного оборудования, но и принятия правильного решения организатором процесса, в этом залог благополучной, а главное качественной транспортировки. В связи с этим во всем мире разрабатываются технологии транспортного процесса перевозок крупногабаритного тяжеловесного груза, позволяющие доставлять его в нерасчлененном виде или крупными блоками.

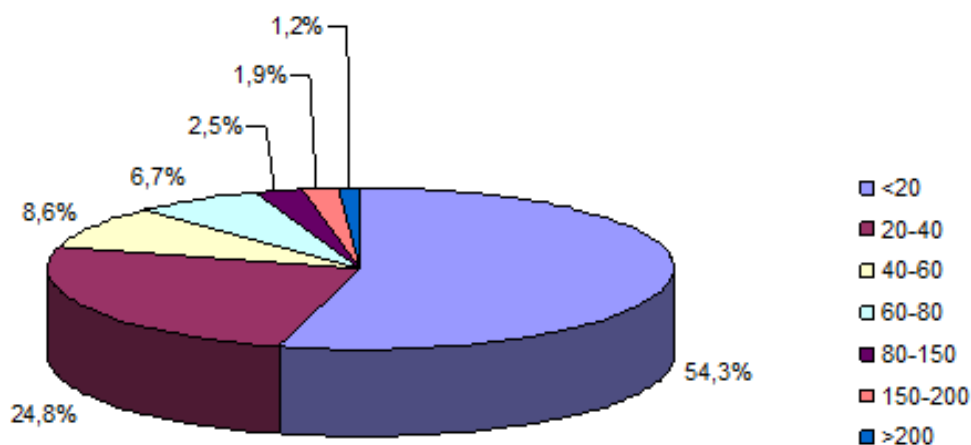


Рисунок 1 - Распределение объёмов перевозок (%) по массе единицы груза

Основной целью развития транспортного комплекса является улучшение социально-экономического положения путем снижения транспортных издержек, повышения качества и обеспечения растущего спроса на транспортные услуги. Вопрос об успешной транспортировке крупногабаритных тяжеловесных грузов на сегодняшний день рассматривается как инженерный, и решения о том, какой должна быть перевозка принимаются грамотными специалистами в пользу высоких технологий, а не дешевизны.

К числу основных технологических решений, созданных и внедренных в практику перевозок КТГ, относятся:

- эффективные методы расчета автомобильных дорог, позволяющие повысить эффективность перевозок;
- использование информационно-поисковых системы для изыскания оптимальных маршрутов;
- снижение степени негабаритности несимметричных грузов за счет использования допускаемых величин смещения центра тяжести;

При разработке рационального маршрута в связи с жесткими нормативными ограничениями искусственных сооружений дорожно-транспортных сетей организации, проектирующие маршрут перевозки КТГ, стараются по возможности выбрать маршрут не по критерию кратчайшего расстояния (как принято в организации маршрутов подавляющей номенклатуры грузов), а по трассе с отсутствием или наименьшим числом искусственных сооружений.

Инструкция по перевозке крупногабаритных тяжеловесных грузов автомобильным транспортом по дорогам Российской Федерации (утв. Минтранс РФ, МВД РФ и Федеральной автомобильно-дорожной службой РФ 27 мая 1996 г.) (с изменениями от 22 января 2004 г.) регламентирует перевозку грузов на транспортных средствах, габариты и весовые параметры которых не превышают установленной нормы. Инструкция по перевозке сверхнормативных грузов определяет порядок и сроки подачи и оформления разрешения дорожными организациями разного уровня подчинения. Там же изложены основные требования к техническому состоянию, оборудованию и опознавательным знакам, а также порядок осуществления контроля над соблюдением допустимых весовых и габаритных параметров груза в транспортном положении. В Инструкции указаны обязанности и ответственность органов, выдающих разрешение, перевозчиков груза и ГИБДД. В ней дается порядок оформления компенсации износа дорог при рассматриваемых перевозках и расходов, связанных с согласованием маршрута и дополнительными мероприятиями при пропуске и сопровождении грузов по дорогам.

Развитие автомобильного транспорта не может рассматриваться в отрыве от развития сети автомобильных дорог. Как известно, по всем удельным показателям развития сети

дорог общего пользования Российская Федерация значительно уступает зарубежным странам. Поэтому задачи опережающего развития и совершенствования дорожной инфраструктуры вошли в среднесрочную экономическую программу Правительства Российской Федерации в качестве приоритетных.

В области обслуживания грузовых маршрутов «болевым точкой» является получение разрешительной документации в органах, осуществляющих контроль над перевозкой по дорогам крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Решение о выдаче или об отказе в выдаче специального разрешения принимается государственная организация «Росавтодор», в течение десяти рабочих дней со дня регистрации соответствующего заявления. Теперь стоит два слова сказать о технических несоответствиях, которые не позволяют тяжеловесным автопоездам Западной Европы передвигаться по территории России. Это, прежде всего, превышение допустимой массы автопоезда, осевых нагрузок и линейных размеров. Дело в том, что параметры, определяемые Инструкцией по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом по дорогам Российской Федерации, создавались с расчётом на технический потенциал отечественных тягачей, который значительно проигрывает возможностям аналогичного транспорта импортного производства. Это же касается и характеристик дорожного покрытия, эстакад и мостов, которые способны или неспособны выдерживать определенные весовые нагрузки. Со времени принятия этой Инструкции прошло более 15 лет, поэтому устанавливаемая в Приложении 1 классификация транспортных средств в соответствии с осевыми массами и расстояниями между осями должна быть пересмотрена. Сегодня для европейских автопоездов с шестью или семью осями, которые могут весить до 80 тонн, согласно вышеупомянутому закону, путь в Россию закрыт, что приводит к самым нежелательным последствиям в профильной сфере.

Таким образом, перевозка тяжеловесных грузов транспортом импортного производства наносит автомобильным дорогам значительный вред, обусловленный сокращением межремонтных интервалов при пользовании дорогой. Ущерб, причиняемый дорожному полотну, растет по мере увеличения массы транспортного средства. При этом даже незначительное изменение установленных предельных весовых параметров может существенно сократить или, напротив, увеличить расходы на ремонт дорожной сети. Указанный вред возмещается владельцами тяжеловесных транспортных средств при оформлении специального разрешения в порядке, установленном постановлением Правительства Российской Федерации от 16.11.2009 № 934. Предельно допустимые массы и осевые нагрузки транспортных средств, при превышении которых перевозка груза по автомобильным дорогам в соответствии со статьей 31 Федерального закона № 257-ФЗ может осуществляться только при наличии специального разрешения, установлены Правилами перевозок грузов автомобильным транспортом, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2011 № 272.

В результате превышения нагрузки и максимальной интенсивности движения автомобильного транспорта, перевозящих КТГ грузы по дорогам Санкт-Петербурга возникает многочисленные дефекты [1]. Интенсивность возникновения и характер дефектов зависят, как от прочности дорожной одежды, так и количества нарушений весового контроля. Вопрос снижения износа дорожной одежды предлагается решить увеличением количества дополнительных пунктов весового контроля и усилением дорожного покрытия, в том числе и за счет возмещения ущерба за причиненный вред дорожной одежды. В настоящий момент разработано ряд организационных мероприятий по возмещению ущерба в г. Санкт-Петербурге:

1. Создание сети универсальных многофункциональных сервисно-парковочных комплексов грузовых транспортных средств (ГТС) на наиболее напряженных грузовых автотранспортных направлениях города и области.

2. Организация системы постов стационарного и динамического контроля весогабаритных характеристик ГТС.

3. Разработка аппаратно-программного информационного комплекса (АПИК) электронной паспортизации ГТС.

4. Разработка АПИК пространственно-временного ON-LINE-трекинга ГТС.

Но в целом данные мероприятия не могут решить эти проблемы без создания более конкретизированной методики учета ущерба от превышения нагрузки на ось до допустимых значений, которая позволит ввести ограничения на движения транспорта по автомобильным дорогам и провести мероприятия по усилению дорожной одежды. В настоящий момент существующая методика не позволяет адекватно рассматривать вред от проезда и размер ущерба, начисляемый в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 16.11.2009 № 934, так как начисление размера вреда при транспортировании тяжеловесных грузов автомобильным транспортом осуществляется не в зависимости от несущей способности автомобильной дороги [2]. Данный подход не правильно оценивает износ дорожного полотна, а значит не в полной мере, определяет размер ущерба при перевозках тяжеловесных грузов.



Рисунок 2 – Разработанная методика определения размера вреда от перевозки КТГ

Разработанная методика для определения вреда от проезда тяжеловесных автотранспортных средств по автомобильным дорогам г. Санкт-Петербурга (рисунок 2), позволит рассмотреть относительные доли вреда от снижения несущей способности дорожных конструкций и из-за повышенного износа дорожных покрытий.

В данной методике обоснована допустимая погрешность при определении вреда и показано незначительное влияние износа покрытий на общую величину вреда от проезда тяжеловесного транспортного средства, а также предложена корреляционная зависимость для определения вреда при разной несущей способности дорожных конструкций и степени превышения осевыми нагрузками транспортного средства допустимых величин.

В разработанной методике вводится эксплуатационный коэффициент по критерию прочности дорожной одежды, который снизит дефекты дорожной одежды за счет изменения величины возмещения ущерба в зависимости от прочности дорожной одежды, то есть возникает заинтересованность перевозчиков КТГ уменьшать вред дорогам. При этом необходимо проводить мониторинг дорожного покрытия, с целью установления прочности дороги и допустимой нагрузки.

Оценка прочности дорожной конструкции позволит определить эксплуатационный коэффициент по критерию прочности дорожной одежды, далее допустимую нагрузку и величину ущерба.

Результирующая зависимость по определению вреда наносимый автомобильным дорогам при превышении значений допустимой массы позволит учитывать нагрузки на оси автомобиля при перевозках КТГ, (это основной критерий определяющий ущерб причиняемый дорожной одежд). При этом была определена тарифная сетка, которая изменяется в зависимости от нормативной осевой (расчетной) осевой нагрузки, что удобно при учете и определении ущерба причиняемой дорогам.

Применение разработанной методики позволит на основе определяемой допустимой нагрузки, величины ущерба, эксплуатационного коэффициента по критерию прочности дорожной одежды транспортным компаниям выбирать оптимальный маршрут с целью минимизации затрат. Так как методика расчетов имеют формулы, включающие множество коэффициентов и дробные степенные функции, что для практического применения трудно применимо, тем более на основании этих расчетов производятся многотысячные платежи с целью минимизации непроизводительных затрат и времени, как администраторов платежей, так и бизнес-структур, оценки собираемости средств предлагается ввести программный модуль. Таким образом, стоимость тарифов будет обоснована разделением улиц на типы на основе измеренных модулей упругости дорожных одежд. Предлагаемые организационные мероприятия и разработанная методика по возмещению ущерба позволит в комплексе снизить размер вреда, причиняемого дорожному полотну при транспортировке тяжеловесных грузов автомобильным транспортом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сафиуллин Р.Н., Тихов А.И. Разработка технических решений по автоматизации стендовых испытаний и диагностирования двигателей внутреннего сгорания автотранспорта. Автотранспортное предприятия. Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта-2013.- №5.- С.48-50.

2. Сафиуллин Р.Н., Григорьев В.Г.. Оптимизация объема выбора при обработке быстроменяющихся величин в двигателях внутреннего сгорания. Автотранспортное предприятия. Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта. -2013. -№9.- С.52-54.

**Р.Н. САФИУЛЛИН, к.т.н., доцент С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**  
**Р.Р. САФИУЛЛИН, аспирант С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**  
**А.В. МАРУСИН, аспирант С.-ПбГАСУ, г. С.-Петербург**  
**А.В. МАРУСИН, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ БОРТОВЫХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (ИБТС)**

*Рассмотрены вопросы актуальности изучения и развития бортовых систем ИТС (ИБТС) и предлагается вариант программы поэтапного внедрения таких систем в учебный процесс, который расширит возможность разработки направлений на научной основе, по развитию телематического обеспечения ИТС на транспортных средствах, выполняющих различные виды транспортной и технологической работы, и осуществляющих интеллектуальное взаимодействие с иными транспортными средствами, дорожной инфраструктурой ИТС, а также другими субъектами ИТС.*

***Ключевые слова:** Интеллектуальные транспортные системы (ИТС), интеллектуальные бортовые системы транспортных средств (ИБТС), автоматизированной системы стендовых испытаний двигателей внутреннего сгорания (АССИ), электронные системы управления ДВС.*

**R.N. SAFIULLIN, Ph.D., Associate Professor St. PbGASU, St. Petersburg**  
**R. R. SAFIULLIN, a graduate student St. PbGASU, St. Petersburg**  
**A.V. MARUSIN, a graduate student St. PbGASU, St. Petersburg**  
**A.V. MARUSIN, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **CONCEPTUAL APPROACHES TO THE STUDY OF INTELLIGENT SYSTEMS OF ROAD VEHICLES (IBTS)**

*The problems of the relevance of learning and the development of on-board systems of ITS (IBTS) and a suggestion for a phased program of implementation of such systems in the learning process, which will enhance the possibility of developing trends in the scientific basis for the development of telematics software ITS vehicles that perform various types of transport and technological work and intelligently communicates with other vehicles, road infrastructure ITS, as well as other subjects of ITS.*

***Keywords:** Intelligent Transport Systems (ITS), intelligent on-board vehicle systems (IBTS), automated system for bench testing of internal combustion engines (ACCI), electronic engine management system.*

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС), интеллектуальные бортовые системы транспортных средств (ИБТС), автоматизированной системы стендовых испытаний двигателей внутреннего сгорания (АССИ), электронные системы управления ДВС.

Одним из критериев перехода на новый уровень в развитии автомобильной техники и технологии её использования является повсеместное внедрение непрерывного мониторинга транспортного средства и условий его эксплуатации. Наиболее перспективным направлением научных исследований в мире является разработка интеллектуальных транспортных систем (ИТС) (Intelligent Transport System – ITS), которые обеспечивают возможность интеллектуального взаимодействия с единичными дорожными транспортными средствами, либо с транспортным потоком, посредством информационных и коммуникационных технологий, а также транспортно-дорожной инфраструктуры. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) – это системная интеграция современных информационных и коммуникационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, ориентированная на повышение безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта. Целью таких разработок [1] является: повышение эффективности использования наземного транспорта, удовлетворение социального спроса на выполнение транспортной работы, повышение безопасности движения, снижение нагрузки на окружающую среду, сохранение дорожного полотна.

Сфера продвижения ИТС в мировой практике варьируется от решения проблем общественного транспорта, существенного повышения безопасности дорожного движения,

ликвидации заторов в транспортных сетях, повышения производительности интермодальной транспортной системы (включая автомобильный, железнодорожный, воздушный и морской транспорт) до экологических и энергетических проблем. Сегодня наиболее активно развиваются базовые технологии для транспортной инфраструктуры и транспортных средств:

- управление движением на автомагистралях;
- коммерческие автоперевозки;
- предотвращение столкновений транспортных средств и безопасность их движения;
- электронные системы оплаты транспортных услуг;
- управление при чрезвычайных обстоятельствах;
- управление движением на основной уличной сети;
- управление ликвидацией последствий ДТП;
- управление информацией;
- управление общественным транспортом;
- информация для участников движения и другие направления.

Реализация задачи обеспечения требуемой мобильности населения возможна за счёт внедрения технологий организационного управления транспортной системой с использованием современных информационно-телекоммуникационных и телематических технологий. При этом в систему управления входят как дорожно-транспортная инфраструктура, так и многообразие транспортных средств, имеющих различные характеристики, разные транспортные задачи и оперативный статус на дороге.

Наиболее важную роль в решении проблемных вопросов ИТС играет развитие трёх базовых сегментов интеллектуальных систем (рисунок 1): бортовых интеллектуальных элементов (ИБТС), дорожной информационной инфраструктуры и правил телематического взаимодействия транспортных средств между собой и с дорожной инфраструктурой.

Развитие ИТС методологически базируется на системном подходе, формируя ИТС именно как системы, а не отдельные модули. Концептуальную схему построения ИТС следует рассматривать как организацию системной формы взаимодействия всех видов транспорта, наиболее эффективное использование транспортного ресурса за счёт совместных транспортных операций с наиболее рациональными вариантами структурно-поточных схем движения пассажиров и грузопотоков, обеспечивая качество транспортных услуг.

Основным направлением развития ИТС, которое активно продвигается последние 20 лет, является реализация концепции интеллектуального автомобиля, изменение статуса транспортной единицы от независимого, самостоятельного, непредсказуемого субъекта дорожного движения, в сторону «активного», предсказуемого субъекта транспортно-информационного пространства. Несколько лет работает международная программа «Транспортные средства повышенной безопасности». Уже первые опыты использования бортовых интеллектуальных систем показали, что они способны уменьшить число ДТП на 40%, а число ДТП со смертельным исходом - на 50%. Оперативной задачей ИТС является осуществление и поддержка возможности автоматизированного и автоматического взаимодействия всех транспортных субъектов в реальном масштабе времени на адаптивных принципах.

На кафедре транспортных систем Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) в течение ряда лет проводятся работы по исследованию бортовых ИТС, а также принципов бортового управления транспортной средствами с использованием разработанных современных автоматизированных систем стендовых испытаний (АССИ) ДВС и электроники. В настоящее время ИБТС существенно отличается от простейших встроенных бортовых систем контроля технического состояния исправности того или иного механизма или системы АТС тем, что эти системы производят анализ поступающей информации и предупреждают или действиями своих механизмов исключают определённую аварийную ситуацию, в которой оказалось АТС. Функционально это обеспечивает наличие на АТС бортовой электроники.

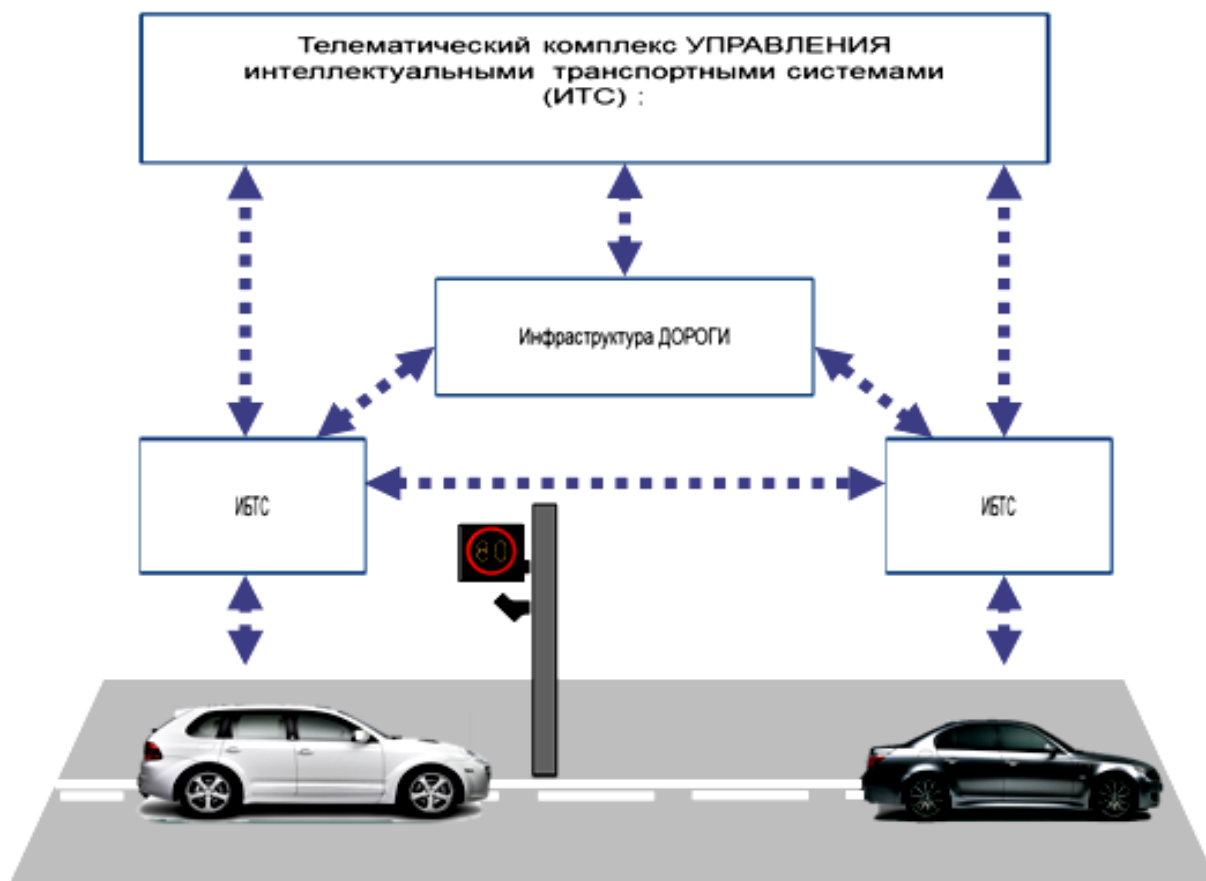


Рисунок 1 - Структурная схема телематического комплекса ИТС

Для изучения и развития электронных систем управления АТС в рамках ИБТС была создана меж-кафедральная лаборатория автодорожного факультета «Интеллектуальные бортовые системы транспортных средств» [2]. Предлагаемая исследовательская работа лаборатории позволит расширить ИБТС за счёт разработок систем по контролю за безопасностью технического состояния, а также контроля и повышения экологической безопасности АТС. В настоящее время европейские стандарты, вводящие нормы «Евро 4» и выше для бензиновых двигателей, регламентируют обязательное наличие в составе транспортного средства системы бортовой диагностики (БСК) показателей экологической безопасности. Это довольно сложные системы, которые осуществляют периодический мониторинг за экологической безопасностью АТС, которые относятся к ИБТС. К «умным» ИБТС также необходимо отнести электронные системы, контролирующие и автоматически включающие нужные передачи в КП грузовых автомобилей и тягачей, что позволяет экономить топливо и другие методы, поддерживающие экономный режим движения АТС. Экономия топлива сама по себе важнейшая задача на автотранспорте, которая естественно повышает и экологическую безопасность АТС.

В настоящее время основным фактором, сдерживающим практическое применение учебно-материальной базы и потенциала научно-педагогического состава по реализации обучения интеллектуального взаимодействия наземных дорожных транспортно-технологических средств между собой и с транспортно-дорожной инфраструктурой это введение дисциплины «Интеллектуальные бортовые системы транспортных средств» в учебный процесс подготавливаемых специалистов.

С целью систематизации перспективных ИБТС разработана функциональная классификация таких систем (рисунок 2). В каждой из 5-ти представленных классификация групп ИБТС производится постоянное пополнение новыми типами и модернизация уже существующих интеллектуальных систем. При эксплуатации автотракторной техники имеет

значительный интерес принципиально новая система контроля или оценки качества применяемого топлива [3], созданная для повышения надёжности двигателя АТС и обеспечения её качественным топливом. Система оценки качества топлива (СОКТ) позволила в процессе экспериментального исследования разработать универсальные методы контроля качества топлив, как в полевых условиях, так и при формировании его физико-химических свойств непосредственно на ДВС.

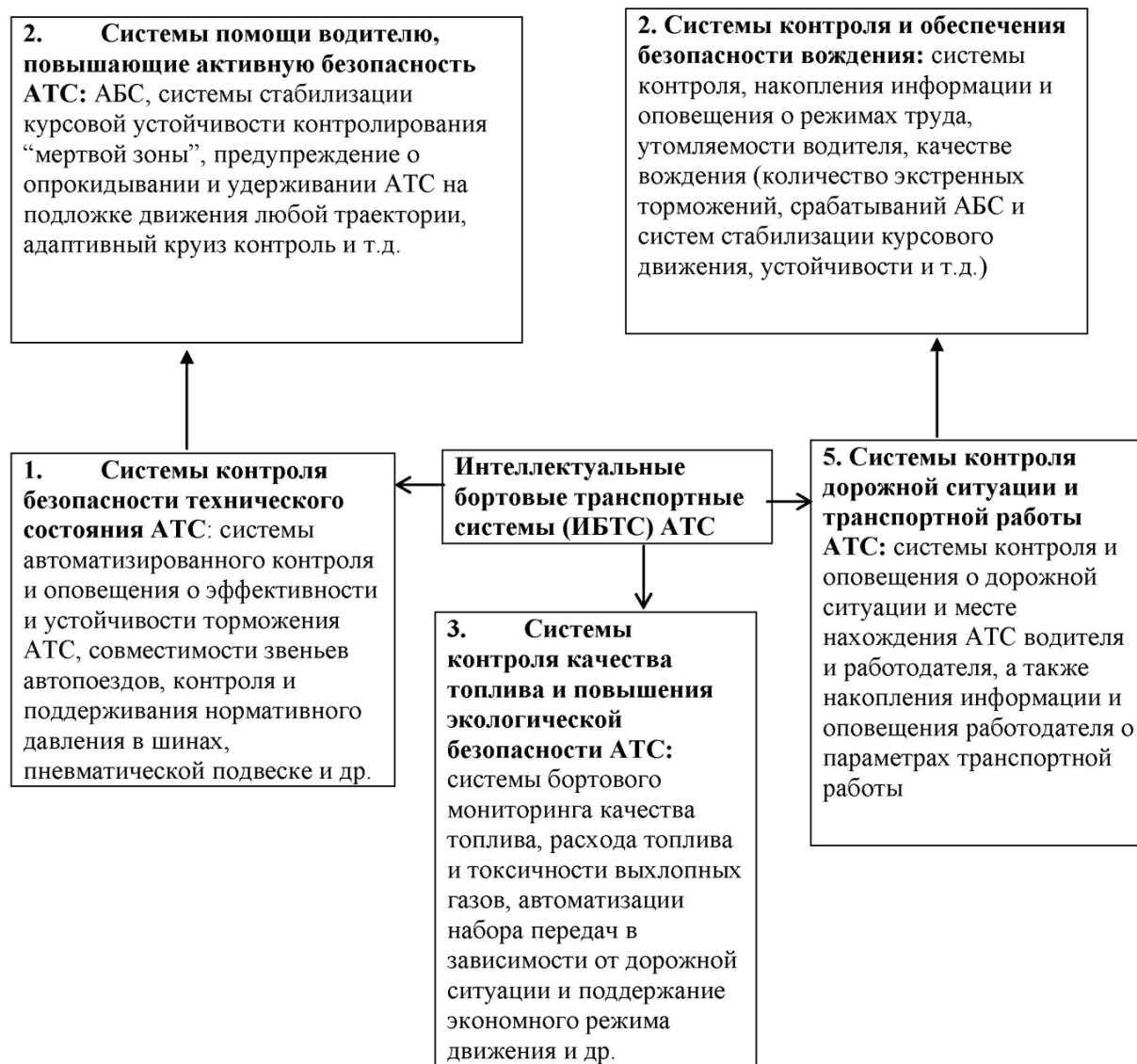


Рисунок 2 - Функциональная классификация интеллектуальных бортовых транспортных систем (ИБТС) АТС

Основная концепция интеллектуального транспортного средства заключается в его способности постоянно контролировать действия водителя, автомобиля и окружающую среду, помогать водителю наиболее эффективно и безопасно управлять автомобилем в наиболее сложных ситуациях. В последнее время основное внимание было сосредоточено на совершенствовании технических возможностей автомобиля, в настоящее время большое внимание уделяется проблеме управления автомобилем водителем.

Современные транспортные средства (ТС) являются высокотехнологичными системами, в конструкции которых используется большое количество электроники, надёжность которой стала достаточно высокой, зачастую превышающей надёжность механических систем.

Электронные системы транспортных средств сегодня выполняют функцию «закрытых» систем, получая информацию от различных датчиков ТС, анализируя её с помощью соответствующих программ и вырабатывая в электронном блоке управления (ЭБУ) соответствующие команды исполнительным устройствам с целью повышения безопасности движения, удобства управления, повышения эффективности транспортного средства и снижения нагрузки на окружающую среду. Вместе с тем сигналы от некоторых систем могут быть использованы как «открытые» — для передачи их во внешнюю среду: информационным центрам, дорожно-транспортной инфраструктуре и другим участникам движения. ТС может не только передавать информацию от внутренних систем, но и получать её от внешних источников, а также использовать её для более безопасного, и эффективного и даже автоматического управления.

Исходя из этого, можно представить структуру бортовых систем автотранспортного средства следующим образом:

1. Системы управления автомобилем, которая состоит из следующих подсистем:

а) получения информации:

-от датчиков автотранспортного средства (АТС) (закрытые);

-от датчиков и внешних источников «автомобиль- инфраструктура», «автомобиль-автомобиль»;

б) обработки информации;

в) автоматического управления автомобилем.

2. Системы информации водителя:

а) подсистема получения информации:

б) подсистема обработки информации;

в) подсистема отображения информации для водителя.

3. Системы сбора и передачи информации:

а) подсистема сбора информации:

б) подсистема хранения информации;

в) подсистема передачи информации внешним потребителям «автомобиль-инфраструктура», «автомобиль-автомобиль».

Отдельные системы АТС могут быть одновременно и «закрытыми и «открытыми», т.е. информация от них может быть использована как внутри АТС, так и быть передана в инфраструктуру и другим участникам движения. *Закрытыми бортовыми системами информации водителя являются:*

-система информации о состоянии автомобиля;

-система ночного видения;

-видеосистемы распознавания дорожных знаков;

-мониторинг состояния водителя.

*Открытые бортовые системы информации водителя:*

-навигационные системы;

-системы информирования о состоянии дорожного движения;

-системы информирования о метеоусловиях.

*Закрытые системы сбора и передачи информации:*

-чёрный ящик

-тахограф.

*Открытые системы сбора и передачи информации:*

-системы идентификации автомобиля и груза;

-система позиционирования АТС;

-аварийные сигналы;

-система оплаты за проезд;

-чёрный ящик;

-тахограф.

Таблица 1 – Блок-схема программы дисциплины ИБТС

Виды систем	I ЭТАП	II ЭТАП
<b>1. Системы информации водителя и пассажиров</b>		
Система мониторинга водителя	+	+
Система навигации	+	
Система контроля полосы движения		+
Система информирования о превышении скорости	+	+
Система распознавания дорожной информации (знаков, светофоров, заторы и т.д.)	+	+
Система обнаружения невидимых препятствий		+
Получения сообщения о состоянии дорожной инфраструктуры	+	+
Информация о техническом состоянии:		
- без передачи информации		+
- с передачей информации		+
Система предупреждения о возможности опрокидывания RSC		+
Система обнаружения пешеходов		+
<b>2. Системы сбора и передачи информации инфраструктуре</b>		
Тахограф		
- без передачи информации	+	
- с передачей информации	+	+
Черный ящик		
- без передачи информации	+	
- с передачей информации	+	+
Вызов аварийных служб при ДТП	+	+
Идентификация ТС и груза	+	+
Передатчик местонахождения	+	
Система электронного платежа	+	
<b>3. Система автоматического управления</b>		
ABS	+	
ESP	+	
Brake assist	+	
Противобуксовочная система	+	
BBW – Система торможения «по проводам»		+
AFS – Активное рулевое управление		+
ARP – Система предотвращения опрокидывания		+
Активная подвеска	+	
Круиз-контроль	+	
Адаптивный круиз-контроль		+
Система предотвращения столкновения		+
Автоматическое управление световыми приборами		+
Автоматическое управление стеклоочистителями	+	

Анализ мирового опыта в области интеллектуальных бортовых систем наземного транспорта и транспортно-технологических дорожных средств позволил разработать программу создания и внедрения таких систем в учебный процесс. При разработке программы были учтены особенности отечественного дорожно-транспортного комплекса, состояние инфраструктуры и уровень развития промышленности. Бортовые системы интеллектуального транспортного средства разбиты на три группы в соответствии с классификацией, приведенной выше.

В таблице представлена разработанная блок-схема программы дисциплины бортовых систем интеллектуального автотранспортного средства. Вследствие неравнозначного уровня технической сложности различных систем, отсутствия соответствующих технологий и нормативных документов весь процесс разбит на два отдельных этапа. Первый этап охватывает системы, у которых уже существует некоторая технологическая база. Ко второму этапу относятся системы ближайшей и долгосрочной перспектив.

В представленной статье рассмотрены вопросы актуальности изучения и развития бортовых систем ИТС и предлагается вариант программы поэтапного внедрения таких систем в учебный процесс. Данный материал может использоваться для обоснования направлений создания на научной основе учебно-методического комплекса, разработке инновационных направлений по развитию телематического обеспечения ИТС на транспортных средствах, выполняющих различные виды транспортной и технологической работы, и осуществляющих интеллектуальное взаимодействие с иными транспортными средствами, дорожной инфраструктурой ИТС, а также другими субъектами ИТС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сафиуллин Р.Н., Тихов А.И. Разработка технических решений по автоматизации стендовых испытаний и диагностирования двигателей внутреннего сгорания автотранспорта. Автотранспортное предприятия. Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта-2013.- №5.- С.48-50.

2. Сафиуллин Р.Н., Григорьев В.Г.. Оптимизация объема выбора при обработке быстроменяющихся величин в двигателях внутреннего сгорания. Автотранспортное предприятия. Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта.-2013. -№9.- С.52-54.

3. Сафиуллин Р.Н., Григорьев В.Г.,Ю.А. Лапшин. Алгоритм обработки быстроменяющихся величин и процессов в ДВС. Известия международной академии аграрного образования.-2013.-№16.-С.140-143.

**И.Ю. ЯГУЗИНСКАЯ, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.В. ВИКТОРОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ОБЩЕСТВА ВСЛЕДСТВИЕ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ**

*Статья посвящена последствиям автомобилизации, выражающиеся в социально-экономических потерях общества. Рассматриваются мероприятия для решения проблем автомобилизации и основные задачи по повышению безопасности дорожного движения.*

*Ключевые слова: автомобилизация, проблемы, задачи, безопасность, дорожное движение.*

**I.Y. YAGUZINSKAYA, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.V. VIKTOROV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **SOCIO-ECONOMIC LOSSES TO SOCIETY DUE TO MOTORIZATION**

*The article is devoted to the consequences of motorization, which is expressed in the socio-economic losses to society. Discusses measures to address problems of car ownership and the main objectives of improving road safety.*

*Keywords: motorization, problems, challenges, safety, traffic.*

В условиях социально-экономического и научно-технического прогресса современного общества особую актуальность приобретают вопросы развития автомобильной отрасли и автомобилизации. Уровень автомобилизации - один из основных показателей экономического развития страны, качества жизни населения. При этом в понятие «автомобилизация» включают комплекс технических средств, обеспечивающих движение: автомобиль и дорожное хозяйство. Анализ опыта зарубежных стран свидетельствует о существовании прямо пропорциональной зависимости социально-экономического развития страны и развитости ее дорожного хозяйства, в результате деятельности которого создается новое пространство для реализации возможностей развития различных отраслей экономики, что способствует повышению мобильности, деловой и социальной активности в обществе.

Как и во всем мире, в России на первых этапах автомобилизации в основном проявляются ее положительные стороны: экономия времени, значительное повышение транспортной доступности и свобода выбора маршрутов, обеспечение скорости и точности доставки грузов и пассажиров, рост комфорта поездок. Вместе с тем, с ростом уровня автомобилизации начинают все значительнее проявляться ее системные отрицательные последствия - потребление не возобновляемых ресурсов, гибель и ранения людей в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), загрязнение окружающей среды, перегрузка дорожной сети, рост затрат на содержание и развитие объектов транспортной инфраструктуры.

Между тем, в настоящее время в России процесс автомобилизации государством практически не регулируется. Поэтому он сопровождается значительно более высокими издержками и потерями, чем в европейских странах. Так, согласно имеющимся оценкам, доля автомобильного транспорта во внутреннем валовом продукте России (даже без учёта эффекта от использования легковых автомобилей, находящихся в личном пользовании), составляет в настоящее время около 6%. В тоже время ежегодный экономический ущерб от дорожно-транспортных происшествий составляет около 3% ВВП; от загрязнения окружающей среды – 1,5-2%; от перегрузки дорожной сети – 2-3%. Таким образом, потери общества, связанные с эксплуатацией автотранспорта, уже сейчас практически сопоставимы со стоимостью создаваемого им продукта.

Проблема автомобилизации, является одной из самых сложных, и носит мировой характер. Эту задачу следует решать на международном уровне. В Организации Объединенных Наций считают, что эта проблема принимает форму кризиса. Снижение аварийности и травматизма является одним из главных факторов социально-экономического развития. Так, ежегодно более 1 млн. человек погибают в ДТП, а от 20 до 50 млн. –

получают ранения и инвалидность. Годовые экономические потери от ДТП исчисляются в 500 млрд. долл. В Российской Федерации - печальная статистика, в период с 2008 по 2013 год в нашей стране погибло 160 тыс. человек, и 1,5 млн. получили ранения различной степени тяжести. Экономический ущерб от дорожно-транспортных происшествий в 2011 году составил 881,25 млрд. руб. Стоимость экономических потерь от ДТП впервые были рассчитаны в США и Великобритании в середине XX века. С тех пор они рассчитываются во всех странах, в которых высокий уровень автомобилизации.

В этой связи необходимо привести список расходов, которые включаются в экономические потери от ДТП:

- Расходы - связанные с лечением, в них входит амбулаторное и стационарное лечение, перевозка и транспортировка людей получивших ранения;
- Расходы на реабилитацию, санаторная реабилитация или переоборудование жилья;
- Расходы – связанные с недополученной продукцией, т.е. расходы при гибели человека или если он приобрел нетрудоспособность;
- Административные расходы – оплата услуг полиции, страховые услуги и судебные издержки;
- Расходы – связанные с повреждением имущества, это ремонт или замена автотранспортного средства;
- Расходы - связанные с нанесением морального ущерба;
- Иные расходы.

В Европе провели исследования экономического потери от ДТП и представили следующие статистические данные, которые показывают стоимость ущерба в различных странах (таблица 1) [8].

Таблица 1

Официальная экономическая оценка стоимости дорожно-транспортных происшествий с погибшими (в долларах США, млн.)

Страна	Общая стоимость ДТП	Стоимость человеческой жизни
Швейцария	2,75	1,71
США	2,71	1,98
Финляндия	1,79	1,10
Швеция	1,79	1,63
Великобритания	1,21	1,20
Германия	0,85	*
Дания	0,80	0,53
Австрия	0,75	*
Бельгия	0,51	0,02
Люксембург	0,44	*
Норвегия	0,42	*
Франция	0,30	0,02
Португалия	0,29	*
Испания	0,22	0,07
Нидерланды	0,13	*

\* Эта составляющая стоимости не включена в национальные расчеты стоимости.

В статистике приведены 15 стран с высоким уровнем автомобилизации, которая отражает стоимость ДТП, в которых имеются погибшие, а вернее сумма, выделяемая на предотвращение этого ДТП. Показатели «Стоимость человеческой жизни» входят в общую

сумму стоимости ДТП. Эти цифры показывают приоритет безопасности каждой отдельной страны.

Существуют графики, отражающие негативные последствия автомобилизации (Рис.1; Рис.2). Динамика аварийности, в нашей стране, находится на стабильно-отрицательном уровне.

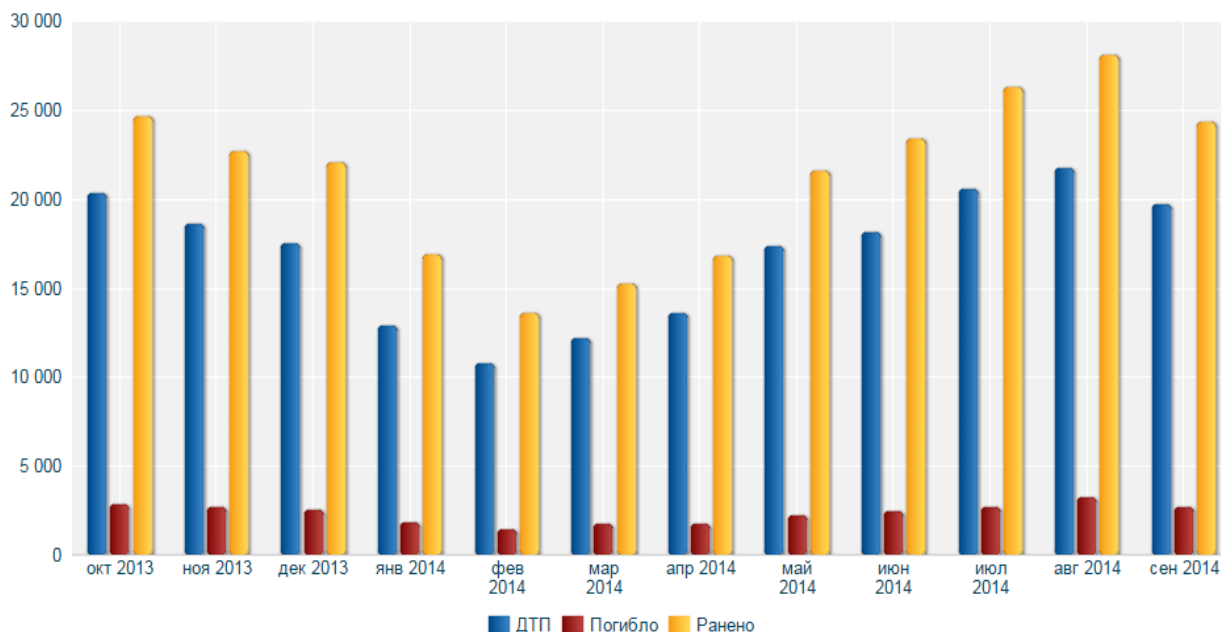


Рисунок 1 – Количество ДТП с пострадавшими, число погибших и раненых за последний год в Российской Федерации [11]

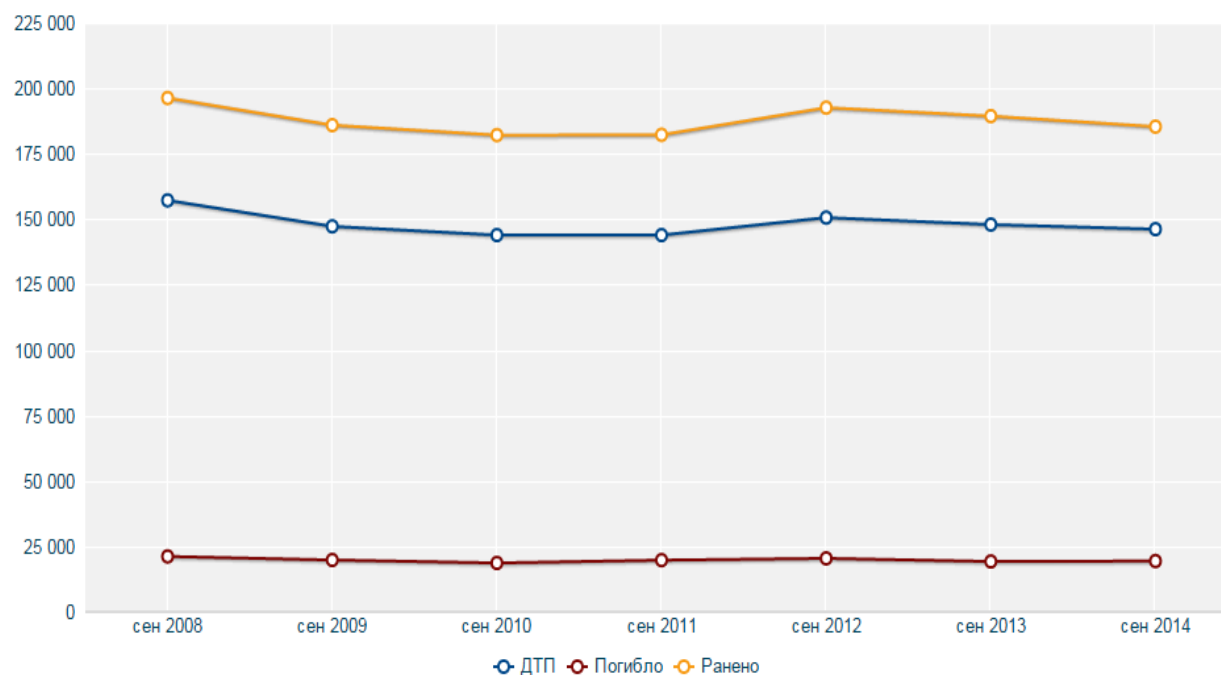


Рисунок 2 – Динамика основных показателей аварийности за 7 лет в Российской Федерации

Чтобы снижать аварийность и отрицательные факторы автомобилизации, нужно постоянно улучшать транспортную инфраструктуру. В качестве приоритетных задач по повышению уровня безопасности, можно отнести:

- Строительство и реконструкция дорог общего пользования;
- Постройка новых дорог высшего класса, т.е. магистрали и скоростные трассы для улучшения пропускной способности;
- Снижение нагрузки на транспортную сеть.

Естественно, необходимо принимать усилия для улучшения подготовки водителей, проводить качественные технические осмотры транспортных средств. Совершенствовать законодательства и ужесточения наказаний для лиц, создающих риск для себя и других участников дорожного движения.

Существует ряд стран-лидеров с высоким уровнем обеспечения безопасности дорожного движения. Практически все они используют идентичные меры в решении проблем автомобилизации. В эти меры входят:

- 1) Анализ и оценка безопасности дорожного движения на ранних стадиях проектирования дорожных проектов;
- 2) Систематическое определение особо опасных участков дорожной сети и повышения их безопасности;
- 3) Ужесточение требований законодательства, регулирующие скоростной режим, нарушения правил дорожного движения;
- 4) Осуществление успешных целевых национальных программ связанные с увеличением уровня безопасности дорожного движения;
- 5) Пропаганда активного и пассивного оборудования транспортных средств, связанное со снижением вероятности ДТП и тяжести от их последствий;
- 6) Повышение оперативной работы и результатов действий всех экстренных служб помощи при ДТП [9].

В качестве примера можно привести программу по обеспечению безопасности движения, которая была принята в Швеции в 1997 году – «Цель – ноль». Результатом этой программы должно стать обеспечение полного отсутствия летальных исходов и тяжелых травм в результате дорожных аварий. В ее основе лежит концепция охраны здоровья населения. Другой пример это Голландская национальная программа «Устойчивой безопасности». Она действовала с 1998 года, и её главной стратегической целью было сокращения смертельных случаев на 50% и травм на 40%.

В Российской Федерации существует концепция федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах". Главная задача заключается в повышении уровня безопасности транспортной системы, сокращения темпов роста количества дорожно-транспортных происшествий, а также снижение тяжести их последствий, числа пострадавших и погибших. Формулирования систем приоритетных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения и системно воздействующих на причины аварийности.[10]

Можно сделать заключение о том, что мировая автомобилизация имеет свои положительные и отрицательные качества. В первую очередь это ощутимый прогресс социально-экономического плана. Улучшение инфраструктуры и удовлетворения потребностей населения – следствие этого прогресса. Но стоит обратить внимание на проблемы связанные с аварийностью, травматизмом, высоким уровнем социально-экономических потерь от ДТП. Нужно повышать уровень безопасности дорожного движения и снижать риски от дорожных аварий. Прогресс в автомобилизации неизменно связан с отрицательными последствиями, а это значит, что обществу нужно больше уделять времени и ресурсов на ликвидацию этих последствий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Логистика автомобильного транспорта: концепции, методы, модели / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, В.Б. Бережная и др. М.: Финансы и статистика, 2002., Экология/Г.А. Акимова, А.В. Хаскин, М.ЮНИТИ, 2006г.
2. Методика оценки и расчета нормативов социально экономического ущерба от ДТП. Министерство транспорта Российской Федерации. - Москва, 2006.
3. Баринова Л.Д. К оценке экологического риска на транспорте. Сер. Транспорт: наука, техника, управление. Изд. ВИНТИ. 2002. № 4.
4. «Безопасность дорожного движения» Лукьянов В.В. Москва, Транспорт, 1983.
5. «Организация дорожного движения», Г.И. Клинковштейн, Москва, Транспорт, 1982.
6. Чванов В.В. Влияние развития и состояния дорожной сети на уровень безопасности движения на дорогах России. М.: Информавтодор, 2003. — С. 64.
7. Чванов В.В. Системный анализ факторов, способствующих дорожной аварийности в Российской Федерации//Дороги и мосты. Сб. ФГУП РОСДОРНИИ, вып. 16/2. — М., 2006. — С. 43–60.
8. Справочник по безопасности дорожного движения. Осло, 1996.
9. Сборник «Принципы и инструменты повышения безопасности дорожного движения на дорогах общего пользования. Международный опыт» / Еева-Лииза Хаапаниemi, Ю. Торниайнен, Е. Сваткова, Ю. Хювяринен, 2008г. — С. 24.
10. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70149350/>
11. <http://www.gibdd.ru/stat/charts/?type=original>

### Раздел 3

## СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

**Р.Х. БУРХАНОВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

### БЕЗВИБРАЦИОННОЕ УПЛОТНЕНИЕ ЖЕСТКОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ

*В данной статье раскрыт вопрос уплотнения жесткой бетонной смеси без использования вибрационных машин. Представлены результаты исследований различных методов уплотнения и предложены наиболее эффективные из них.*

**Ключевые слова:** бетонные смеси, уплотнение, эффективность, безвибрационный метод.

**R.H. BURHANOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

### VIBRATION-FREE SEAL HARD CONCRETE MIX

*This article discloses a tough question compaction of the concrete mix without the use of vibrating machines. The results of studies of different methods of sealing and offered the most effective ones.*

**Keywords:** concrete mixture, seal, efficiency, vibration-free method.

Общей задачей для всех методов уплотнения является получение изделий хорошего качества с заданными физико-механическими показателями.

При этом установление количественных зависимостей между показателями бетонной смеси и задаваемыми параметрами уплотняющих машин требуют отчетливого понимания сущности метода формования.

При уплотнении жестких бетонных смесей особый интерес представляют безвибрационные методы уплотнения, к которым можно отнести уплотнение смеси коническим или плоским штампами, совершающими сложное пространственное движение [1,2].

В работе [1] представлены результаты исследований уплотнения ж.б.с. различными способами, анализ которых показывает, что с увеличением жесткости смеси прочность бетона возрастает при уплотнении её прессованием, вибропрессованием и рабочим органом в виде конусного штампа с тупым углом при вершине.(рис. 1).

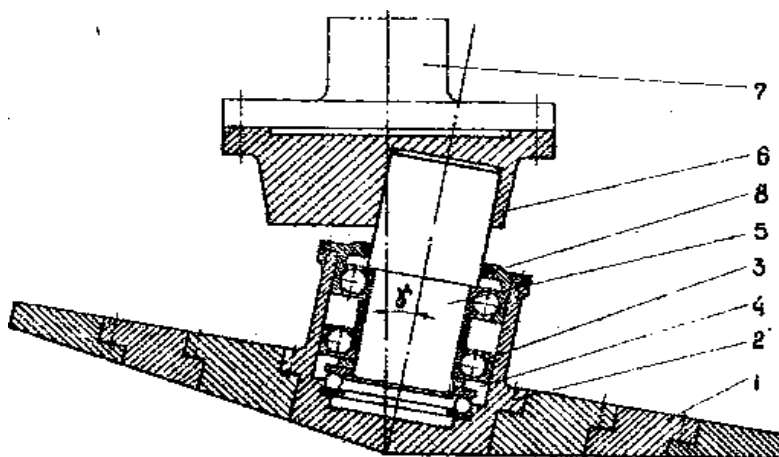


Рисунок 1 – Конический штамп с тупым углом при вершине для уплотнения строительных материалов

1 – составной штамп; 2 – стакан; 3,4 – подшипниковый узел; 5 – наклонная ось; 6 – ступица с наклонным отверстием; 7 – приводной вал; 8- крышка подшипника.

Наибольшей эффективностью отличается последний способ, так как ему соответствуют максимальная прочность, наибольшая производительность при наименьшей энергоёмкости. Так энергоёмкость уплотнения данным рабочим органом в 1,5 раза меньше чем при прессовании и в 2,2 раза меньше чем при вибропрессовании. Уплотняющее усилие при этом значительно меньше по сравнению с прессованием. Качество получаемого бетона характеризовалось дополнительно следующими показателями: прочность при изгибе - 4,8 МПа, потеря прочности после 200 циклов замораживания и оттаивания - 6 %. Следует отметить, что данное оборудование позволяет использовать при формировании тротуарных плит мелкие пески с модулем крупности до 1,2 при соответствующем подборе состава смеси.

При этом элементарный акт воздействия конического рабочего органа (сферодвижущего) на смесь представляет собой локальное действия нормальных и касательных сил при статическом и динамическом характере нагрузки. Однако, данный метод уплотнения жестких бетонных смесей реализуется в основном при формировании мелкогабаритных изделий, таких как фигурные элементы дорожного мощения, цементно-песчаная черепица и другие виды продукции. Это связано с тем, что глубина активной зоны для данного способа не превышает минимального размера пятна контакта рабочего органа с уплотняемым материалом [1].

Существенный недостаток, выявленный при эксплуатации оборудования это разброс прочности бетона по поверхности плит, который достигает до 30%, что снижает эффективность установки [1].

В работе Шелякина А.П.[2] рассмотрено устройство для уплотнения жесткой бетонной смеси, в котором процесс уплотнения осуществляется путем воздействия на свободно - лежащую на поверхности смеси плиту циркуляционной вертикальной нагрузкой (рис.2). В результате плита, деформируя смесь, совершает движение по поверхности воображаемой сферы, центр которой перемещается по вертикальной оси. И по мере увеличения плотности смеси угол наклона плиты уменьшается до нуля.

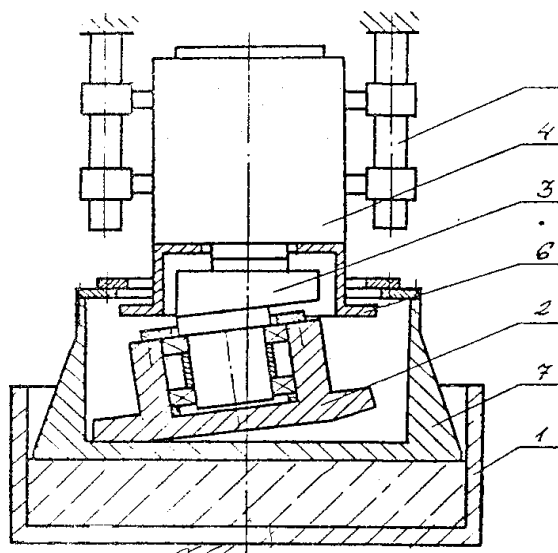


Рисунок 2 – Схема устройства для уплотнения бетонной смеси с адаптацией угловых параметров

- 1 – форма, 2 – прецессирующий движитель (усеченный конус), 3 – коленообразный приводной вал, 4 – привод, 5 – направляющие, 6 – фиксатор, 7 – уплотняющая плита (сферодвижущий штамп).

Подобный характер приложения и действия нагрузки создает наиболее благоприятные условия для достижения высокой плотности и прочности бетона. Однако при этом толщина уплотняемого слоя смеси остается так же незначительной и соответствует 0,5

минимального размера уплотняемой плиты в плане [2]. При увеличении толщины уплотняемого слоя смеси резко снижается однородность плотности смеси по высоте залегания. Для повышения равномерности распределения плотности и увеличения толщины уплотняемого слоя желательно двустороннее прессование, как например, при формовании силикатного кирпича и формованных смесей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурханов Р.Х. Исследование и создание оборудования с прецессирующим рабочим органом для уплотнения жестких бетонных смесей (на примере производства тротуарных плит): - Дис. ...канд. техн. наук / Р.Х. Бурханов – Саратов. 1982.-156 с.

2. Шелякин А.П. Определение параметров бетоноуплотняющего оборудования со сферодвижущимся посредником: - Дис. ... канд. техн. наук /А.П. Шелякин. – Саратов, 2005. – 126 с.

**В.В. ИВАНОВ, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Вл.В. ИВАНОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **АНАЛИЗ ОБРАБОТАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСНОВАНИИ ЕДИНИЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АБРАЗИВНЫХ ЧАСТИЦ**

*В данной статье рассмотрен оптимальный методологический подход к исследованию процесса гидроабразивного резания посредством анализа обработанных поверхностей на основании единичного взаимодействия абразивных частиц математического моделирования. Основным содержанием исследования является рассмотрение механизма разрушения и образования микрорельефа после гидроабразивного резания.*

***Ключевые слова:** абразивное зерно, гидроабразивное резание, имитационное моделирование, микрорезание.*

**V.V. IVANOV, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**Vl.V. IVANOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **ANALYSIS OF THE TREATED SURFACE BASED ON A SINGLE INTERACTION BETWEEN ABRASIVE PARTICLES**

*This article discusses the best methodological approach to the study of the process of waterjet cutting through analysis of machined surfaces on the basis of a single interaction of the abrasive particles of mathematical modeling. The main content of the study is to examine the mechanism of destruction and formation of microrelief after waterjet cutting .*

***Keywords:** abrasive grain , pressure water cutting , simulation , microcutting.*

Главный интерес представляет регулирование технологической системы гидроабразивного резания по установлению зависимостей основных технологических параметров от выходных параметров (шероховатость полученной поверхности, ширина реза и т.д.).

Такие закономерности можно получить по результатам регрессионного анализа экспериментальных данных. Однако использование полученных, зависимостей будет ограничено относительно узкими областями корректировки параметров.

Более разносторонним является подход, который основывается на определении устанавливаемых зависимостей вследствие имитационного моделирования. Исполнение данного подхода предусматривает построение математической модели процесса гидроабразивного резания. В настоящий момент вопросы по построению математической модели изучаемого процесса в литературных источниках в полной мере не рассмотрено.

Для рационального подхода направленного на создание математической модели регулирования процесса гидроабразивного резания требуется изучение механизма разрушения материала при воздействии абразивных частиц, движущихся со сверхзвуковой скоростью.

Исследование механизма разрушения и образования микрорельефа проводится на основании микроскопического исследования поверхностей после гидроабразивного резания, которые выявили, что процесс разрушения материалов с разными физико-механическими свойствами приблизительно постоянен [1, 2, 3].

В связи с этим характер съема материала рассматривается как совокупность одновременного действия нескольких механизмов разрушения (см. рисунок 1):

1. Хрупкое разрушение, которое возникает в результате многократного ударного воздействия абразивных частиц. У пластичных и хрупких материалов данный механизм разрушения является доминирующим.

2. Микрорезание, следы которого наблюдаются на фотоснимках, а у более пластичных материалов просматриваются следы субмикрорельефа отдельных граней абразивных частиц, что дополняет принцип процесса резания отдельными абразивными частицами. Микроанализ установил, что в процессе резания участвуют несколько граней

абразивных зерен, отдельные грани и вдобавок микровыступы на отдельных гранях абразивных зерен. Вследствие данного взаимодействия зерен с поверхностью микрорезание от ударов представляет собой чередование выступов и впадин, различных по форме и глубине.

3. Усталостное разрушение возникает вследствие того, что напряжения, создаваемые отдельными абразивными зернами, находящимися в линейной и упругой областях меньше предела прочности материала, впрочем, циклические (периодические) силовые нагрузки от возникающего потока принимают участие в процессе разрушения.

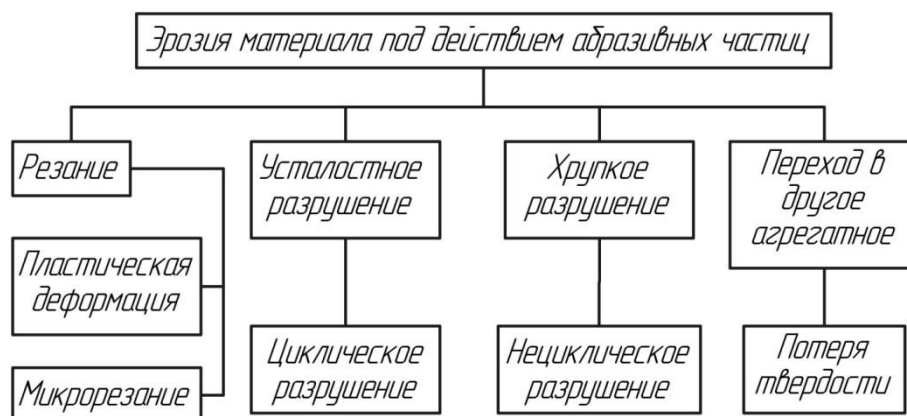


Рисунок 1 - Механизмы эрозии материала при воздействии абразивных частиц

Приведенные механизмы разрушения обрабатываемого материала могут оказывать действие в комбинации. Однако все же доминирующим представляется микрорезание, так как в процессе резания удельный сьем металла высок. Доминирование того или другого механизма разрушения находится в зависимости от кинетической энергии абразивных частиц, формы абразивных зерен, свойств окружающей среды, физико-механических свойств материалов и т.д. При изучении механизма разрушения можно указать то, что не все абразивные зерна одинаково участвуют в процессе резания. Часть из них, врезается в материал, снимает стружку. Другая - производит скобление поверхности без съема стружки. Третья часть, в результате соударения с обрабатываемой поверхностью, выдавливают материал в сторону. Полученные в результате пластической деформации микровыступы, срезаются набегающим потоком абразивных зерен, вследствие наличия у них ослабленных оснований.

При перемещении струи численность контактных зон уменьшается согласно ординате полусферы в радиальном направлении к подаче.

Следовательно, интенсивность процесса разрушения материала на периферии меньше, чем в центре вследствие прохождения большого количества абразивных зерен и поэтому объем срезаемого материала приходящегося на единичную абразивную частицу возрастает от центра к периферии. Это объясняется наличием наверху поверхности реза коротких и глубоких следов, образующихся в результате отрыва микрочастиц удаляемого материала. Вследствие расширения струи вектор скорости зерен на периферии сосредоточен вглубь материала, что ведет к увеличению толщины срезаемого припуска.

Едва скорость частицы уменьшится - процесс раскрытия трещин завершится, поток жидкости вынесет ее из области контактного взаимодействия, что поясняет формирование навалов в конце следов. С этой позиции заслуживает внимание то, что на абразивную частицу кроме того оказывается влияние со стороны потока жидкости. Едва струя разрежет материал, струя жидкости в периферийной области поменяет направленность движения в сторону формирования воронки, что благоприятствует уносу абразивных зерен из области контактного взаимодействия.

Из оценки процесса разрушения следует, что на формирование окончательного вида поверхности, прежде всего, оказывает влияние скорость подачи сопла. Режущий фронт в радиальном направлении к подаче представляет собой кривую, вид которой подчиняется скорости перемещения струи.

Вследствие этого сложность и многофакторность процесса микроразрушения обрабатываемого материала в области резания под влиянием струи и её элементов, в математической модели образования поверхности реза можно выделить несколько упрощенных схем:

1. Микрорезание производится при однократном применении силы летящего абразивного зерна, достаточной по значению для отрыва микрочастицы обрабатываемого материала и обладающей высокой твердостью в сравнении с ним.

2. Процесс эрозионного разрушения материала осуществляется под влиянием импульсной нагрузки при ударном эффекте единичной абразивной частицы.

3. Фрикционно-контактно-усталостное разрушение материала определяется вследствие бомбардировки поверхности каплями и абразивными частицами, а образующиеся напряжения и деформации достигают разрушающих значений.

4. Проникающее ударное действие капель жидкости об обрабатываемую поверхность с уже сформированными трещинами и эрозионными раковинами не является причиной возникновения локального разрушения материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев, А. В. Повышение производительности пакетной резки материалов гидроабразивной струей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Александр Васильевич Михеев; науч. рук. Г. В. Барсуков. - Орел, 2009. - 173 с.

2. Поручников, В. Б. Проникание конуса в сжимаемую жидкость [Текст] / В. Б. Поручников // ПММ. - 1973. - Вып. 1. - С. 84 - 93.

3. Сагомоян, А. Я. Проникание [Текст] / А. Я. Сагомоян. - М.: Моск. ун-т, 1974.

**В.В. ИВАНОВ, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**Вл.В. ИВАНОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ ПОСРЕДСТВОМ ОПТИМИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ**

*В данной статье рассмотрено современное состояние процесса гидроабразивного резания. Основным содержанием исследования является поиск методологического подхода к повышению производительности процесса гидроабразивной резки. Выявлена и обоснована необходимость создания имитационной модели процесса гидроабразивного резания*

**Ключевые слова:** гидроабразивная резка, абразив, математическая модель.

**V.V. IVANOV, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**Vl.V. IVANOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **IMPROVING THE PERFORMANCE OF WATERJET CUTTING THROUGH THE OPTIMIZATION OF RATIONAL PROCESSING PARAMETERS**

*This article discusses the current state of the process of waterjet cutting. The main content of the study is to find a methodological approach to improved performance waterjet cutting process. Identified and justified the need to create a simulation model of the process of waterjet cutting.*

**Keywords:** waterjet cutting, abrasive, mathematical model.

Одной из важнейших задач современной науки и техники является изыскание новых методов обработки материалов, обеспечивающих высокую производительность и качество обработки, при одновременном повышении надежности и долговечности деталей машин и механизмов, а также снижении себестоимости обработки изделий.

В настоящее время в мировой практике накоплен значительный опыт резания материалов по сложному контуру с использованием способов обработки и разделения твердого тела на части потоками энергии при помощи электрофизического, электрохимического и физико-химического воздействия.

К числу таких перспективных процессов разделения материалов следует отнести гидроабразивное резание, основанное на процессах разрушения под действием сверхзвукового потока жидкости и абразива [1].

Первые работы по исследованию технологии гидрорезания начались в бывшем СССР в конце 50-х начале 60-х годов прошлого века. Но первыми запатентовали способ гидроструйной обработки материалов представители фирмы McCartney Manufacturing's (США) и успешно внедрили его в 1971 году на заводе Alton Vox Board Co. для резки материалов.

С тех пор технологии гидрорезания и гидроабразивного резания уверенно вошли в мировой арсенал самых современных универсальных способов физико-технической обработки материалов, обладающих широкими технологическими возможностями. Перспективность использования, технико-экономическая эффективность данных технологий отмечена в работах отечественных и зарубежных ученых: Р.А. Тихомиров, В.Ф. Бабанин, Е.Н. Петухов, Г. В. Барсуков, А.А. Барзов, И.И. Шапиро, А.А. Семерчан, И.З. Зайченко, И.В. Петко, В.С. Гуенко, В.А. Слабодянюк, В.А. Потапов, И.И. Шапиро, Ю.А. Пономарев, О.И. Скирденко, В.Н. Подураев, В.А. Новиков, А.Ф. Саленко, А. Momber, M. Hashish, R. Kovacevic, H. Louis, J. Wiedemeier, E. Geskin, R. Mohan, Y. Zhang, D. Arola, M. Ramulu, J. Chao, J. Zeng и др.

Гидроабразивная струя осуществляет резание посредством ударного воздействия абразивных частиц на обрабатываемый материал, вызывая срез, эрозию, эффект микромеханической обработки и разрушения под действием быстроизменяющегося поля местных напряжений.

Данная технология используется:

- в машиностроении для обработки большинства известных материалов, в том числе и специальных (алюминий, высокопрочная сталь, титан, медь, инструментальная сталь, керамика, кевлар, высокопрочные пластмассы, плексиглас, стекло);
- в автомобильной промышленности для резания материалов внутренней отделки салона (фальш-потолков, ковровые покрытия, облицовка панелей, приборная панель, облицовка дверей, шумоизоляция);
- в авиа-космической промышленности для обработки материалов внутренней отделки салона, элементов из титана, жаропрочных материалов, алюминия;
- в радиоэлектронной промышленности для резания монтажных плат, удаления изоляции, снятие облоя с корпусов микросхем;
- в строительстве для резания мозаики, металлических деталей, керамической и мраморной плитки, стекла сложного контура, бетонных конструкций, расчистки швов;
- в легкой промышленности для резания различных тканей, трикотажных, нетканых, дублированных материалов и искусственных кож;
- в пищевой промышленности для резания мяса, рыбы, овощей и других отраслях промышленности.

Технология гидроабразивного резания идеальна для вырезки материалов, которые являются чувствительными к температуре. После резания струей не требуется дополнительная механическая обработка и не наблюдается упрочнения поверхности реза и прижогов.

Принципиальным технологическим преимуществом гидроабразивного резания является отсутствие теплового воздействия на поверхность детали, которое связано с важнейшей характеристикой любого процесса обработки материала - производительность. Производительность процесса, как правило, выражается скоростью подачи инструмента относительно детали, а также объемом удаленного материала в единицу времени.

Несмотря на большое количество работ по проблемам математического моделирования процесса гидроабразивного резания, в настоящее время отсутствуют общие подходы к ее исследованию. С учетом этого можно условно разделить всю совокупность физических процессов, происходящих в гидроабразивной струе, на отдельные модельные процессы, выполнить их анализ и моделирование, а результат общую модель струи получить, как суперпозицию моделей отдельных процессов. В рамках поставленной задачи явления, происходящие в гидроабразивной струе, могут быть, по нашему мнению, описаны и объяснены из анализа следующих теоретических моделей процесса гидроабразивного резания:

- двухмерные модели в направлении подачи;
- трехмерные модели в направлении подачи;
- модель энергетического баланса;
- моделирование формы режущего фронта;
- моделирование объема срезаемого слоя и глубины резания;
- модель процесса гидроабразивной обработки, основанная на закручивании струи рабочей жидкости.

Наибольший интерес представляет модель процесса гидроабразивной обработки, основанная на закручивании струи рабочей жидкости в виду того, что в процессе обработки гидродинамические параметры гидроабразивной струи снижаются, а именно уменьшается ее скорость, увеличивается распыл струи, все служит причиной к увеличению площади контактирования струи с обрабатываемой поверхностью и уменьшению удельного давления резания, интенсивному возрастанию энергоемкости процесса и снижению технологических параметров обработки в процессе гидроабразивной резки. Вследствие чего, эти причины являются предпосылками к снижению показателей качества обрабатываемых материалов,

что во многих случаях имеет первостепенное значение. Следовательно, получение струи с высокими показателями гидродинамических характеристик представляет важнейшую задачу успешного использования гидроабразивных струй.

В нашем случае, предпосылкой к изучению процесса являются результаты исследований [2, 3, 4, 5], которые отмечают увеличение режущей способности и повышение производительности гидроабразивной резки, вследствие закручивания струи рабочей жидкости путем нарезания в смесительной трубке спиралеобразной канавки.

Вопрос о реологической модели, наилучшим способом описывающей поведение процесса гидроабразивной резки, основанного на закручивании струи рабочей жидкости, окончательно еще не решен.

Несмотря на большое количество источников литературы, их количество ограничено и не содержит полного обоснования выбора рациональных параметров гидроабразивной обработки. Во многих источниках указывается лишь возможность применения закручивания гидроабразивной струи без указания характеристик процесса обработки. Поэтому вопрос определения и исследования обоснования выбора рациональных параметров гидроабразивной обработки, оказывающих влияние на повышение производительности и качества процесса гидроабразивной резки, является в настоящее время актуальным в области машиностроения.

Таким образом, встает задача создания имитационной модели процесса гидроабразивного резания, которая позволит рассчитывать характеристики струи и организовывать наиболее эффективный технологический процесс гидроабразивной обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров Р.А. Гидрорезание судостроительных материалов [Текст] / Р.А. Тихомиров, В.Ф. Бабин, Е.Н. Петухов. – Л.: Судостроение, 1987. – 164 с.
2. Пат. № 2466008 Российская Федерация. Способ формирования струи жидкости для резания материалов и устройство для его реализации / Шпилев В. В., Решетников М. К., Капильник С. И., Берета Н. Н., Кутин А. С. Оpubл. 10.11.2012. Бюл. №31.
3. Иванов, В. В. Вопросы моделирования двухфазной турбулентной струи / В. В. Иванов, В. В. Шпилев, А. Г. Мирошкин // Технологическое обеспечение качества машин и приборов: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф., ноябрь 2011 г. - Пенза: ПДЗ, 2011. - С. 46 - 48.
4. Метод увеличения режущей способности гидроабразивной струи [Текст] / В. В. Шпилев [и др.] // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011: сб. науч. тр. SWorld по материалам Междунар. науч.-практ. конф. - Вып. 4. - Т. 6. - Одесса: Черноморье, 2011. - С. 18 - 23.
5. Экспериментальные исследования гидроабразивной обработки [Текст] / В. В. Шпилев [и др.] // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011: сб. науч. тр. SWorld по материалам Междунар. науч.-практ. конф. - Вып. 4. Т. 6. - Одесса: Черноморье, 2011. - С. 23 - 26.

**О.Л. КУЗНЕЦОВА, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**С.А. РАЙКОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ**

*В статье приводится анализ технологий и оборудования для изготовления полых буронабивных свай. В результате анализа установлено, что исключить недостатки существующих технологий изготовления полых буронабивных свай позволит применение рабочего органа с кольцевым коническим пуансоном. Приводится описание рабочего органа и технологии возведения полых буронабивных свай с его применением.*

**Ключевые слова:** оборудование для изготовления полых , рабочий орган для изготовления полых буронабивных свай, кольцевой конический пуансон.

**O.L. KUZNETSOVA, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**S.A. RAJKOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **ANALYSE EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES FOR BORED PILES**

*The article provides an analysis of technologies and equipment for the manufacture of hollow bored piles. The analysis found that the disadvantages of existing technologies producing hollow bored piles allow the use of the working body with an annular tapered punch. The description of the tool and the construction technology of hollow bored piles with its use.*

**Keywords:** equipment for manufacturing hollow, working body for manufacturing hollow bored piles, circular conical punch.

С каждым годом возрастают объемы работ по строительству зданий и сооружений, в том числе максимально близко расположенных к центральным районам городов в условиях плотной городской застройки.

На сегодняшний день строительство гражданских и промышленных зданий невозможно представить без сооружения свайного фундамента. Широкое распространение свайные фундаменты получили за счет большого количества технологий их сооружения. Наиболее распространенными технологиями являются: ударный, вибрационный и виброударный способы погружения свай, сооружение свай непосредственно в грунте (буронабивные сваи) и статический метод погружения свай (задавливаемые сваи).

Применение ударного или ударно – вибрационного способа погружения свай в условиях плотной городской застройки крайне нежелательно и опасно. Это связано с наличием динамического воздействия, передающегося через грунт, на фундаменты близко расположенных зданий, что негативно влияет на фундаменты этих зданий и может привести к появлению трещин и даже к частичным обрушениям.

В условиях плотной городской застройки наиболее целесообразно применять методы сооружения свай без динамического воздействия на грунт. К таким методам можно отнести метод сооружения свай непосредственно в грунте – буронабивные сваи.

Однако метод возведения буронабивных свай является довольно дорогостоящим и зачастую стоимость такого фундамента может составлять 15% сметной стоимости всего здания. Это связано с большим количеством технологических операций, предусматривающих бурение скважины, прокачку скважины бетоном, погружение армирующего каркаса, при этом возникают сложности с контролем качества бетонирования и обеспечением оплошности ствола сваи.

Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций буронабивных свай является разработка методов устройства пустотелых свай [1,2].

Применение свай-оболочки вместо сваи сплошного сечения равного диаметра позволяет, как правило, принимать расчетное сопротивление основания по полному сечению оболочки. Это возможно благодаря образованию уплотненного грунтового ядра во

внутренней полости сваи при ее погружении или путем устройства железобетонной пробки (днища) в нижней части сваи после ее устройства. Таким образом, наибольший эффект от применения пустотелых свай может быть получен в грунтах с низким расчетным сопротивлением, а также при использовании высокопрочных бетонов [1].

Незначительный объем применения пустотелых буронабивных свай объясняется технологическими трудностями устройства внутренней полости. Начиная с 60-х годов XX в. в США, Японии, СССР и других странах предложено (запатентовано) значительное число оригинальных способов устройства буронабивных свай-оболочек. Однако оценка их эффективности затруднена, поскольку большинство из них не внедрено. И только незначительная часть имеет опытное, как правило, одноразовое внедрение.

Анализ опубликованных и запатентованных способов показывает, что большинство технологий изготовления полых буронабивных свай базируется на применении различного вида сердечников (в том числе надувных), извлекаемых после бетонирования стенок сваи, или вибросердечников, извлекаемых в процессе подачи и уплотнения бетонной смеси.

Вибросердечник (рисунок 1) представляет собой корпус 1 из секций труб, опертых одна на другую, причем внутри каждой секции размещены вибраторы. При включении каждый вибратор вибрирует в основном ту секцию, в которой он расположен, то есть виброуплотняет бетон ствола сваи, прилегающей к данной секции. Буронабивные сваи-оболочки устраивают в устойчивых грунтах, не требующих закрепления стенок скважин.

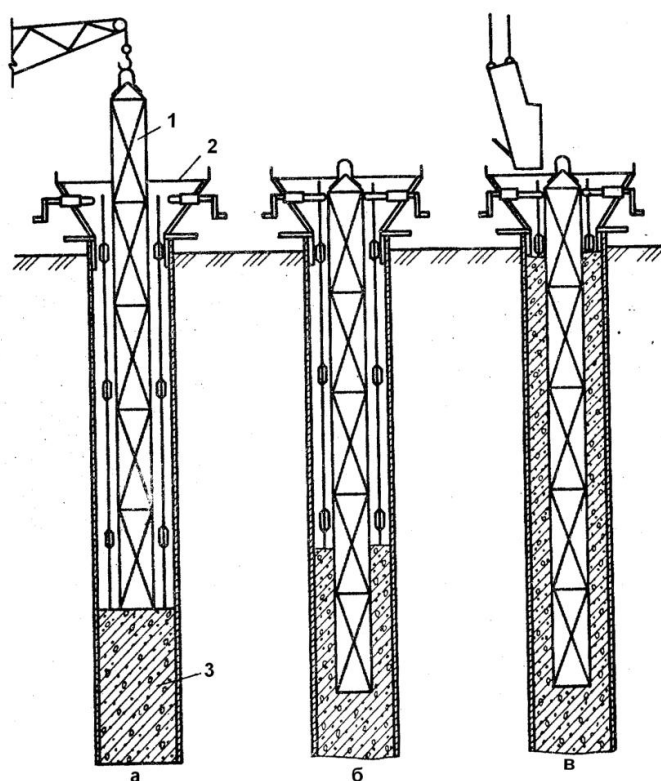


Рисунок 1 – Изготовление полых набивной сваи с применением вибросердечника

Работы выполняют в следующем порядке (рисунок 1). Буровым станком проходят скважину требуемых размеров. Устанавливают бункер-дозатор 2 для приема бетонной смеси. В скважину опускают арматурный каркас с направляющими скобами, которые обеспечивают центрирование каркаса относительно поперечного кольцевого сечения сваи, а также вибросердечника относительно каркаса. Выполняют бетонирование ствола сваи на высоту 3...4 м. Устанавливают вибросердечник 1 на бетонную смесь, включают вибраторы нижней секции и выполняют виброуплотнение смеси при одновременном погружении вибросердечника (рисунок 1 а). Когда расстояние от нижнего конца погружающего в

бетонную смесь вибросердечника до пяты сваи составит 0,7 ее диаметра, или 0,5 м, его положение фиксируют с помощью кронштейнов бункера-дозатора (рисунок 1 б). Затем выполняют виброукладку бетонной смеси оставшейся части ствола. Поочередно включая вибраторы, добиваются полного заполнения скважины после чего производят дифференцированное по высоте ствола виброуплотнение бетонной смеси в течение 5... 8 мин (рисунок 1 в).. По окончании виброуплотнения включают все вибраторы и извлекают вибросердечник. По мере извлечения секций вибраторы отключают, затем устраивают ствол сплошного сечения в верхнем торце сваи длиной, равной ее диаметру, и оформляют голову сваи.

Обычно скважины для буронабивных свай проходят с помощью навесного оборудования к крану МКГ-25 грузоподъемностью 25 т, этим же краном извлекают вибросердечник из сваи.

Оборудование с вибросердечниками для изготовления полых буронабивных свай обладает рядом *недостатков*:

- большая материалоемкость оборудования, необходимость использовать краны большой грузоподъемности;
- низкая производительность, обусловленная длительностью виброуплотнения смеси и необходимостью оставлять сердечник в свае до момента твердения бетона;
- необходимость использования бетонных смесей с большим содержанием воды для обеспечения подвижности смеси для лучшего заполнения кольцевой полости между сердечником и грунтом. Повышенное содержание влаги приводит к расслоению бетонной смеси и большой усадке ствола сваи, что снижает её контакт с грунтом.

В настоящее время проводятся исследования по разработке технологии изготовления полых буронабивных свай методом радиального прессования.

При изготовлении свай-оболочек методом радиального прессования в бетонной смеси, подаваемой в скважину, передаются радиальные усилия, которые приводят к формированию стенки скважины и вдавливанию смеси в околоствойный грунт. Это обстоятельство обуславливает высокие сопротивления грунта по боковой поверхности сваи и, следовательно, высокую несущую способность сваи по грунту.

Формование ствола сваи осуществляется с помощью вращающейся роликовой головки (рисунок 2). Жесткая бетонная смесь, поступающая в скважину, прижимается к стенкам скважины под влиянием центробежных сил и образует стенку оболочки заданной толщины. При этом ролики выполняют роль уплотняющего устройства, а цилиндрическое основание — роль заглаживающего элемента.

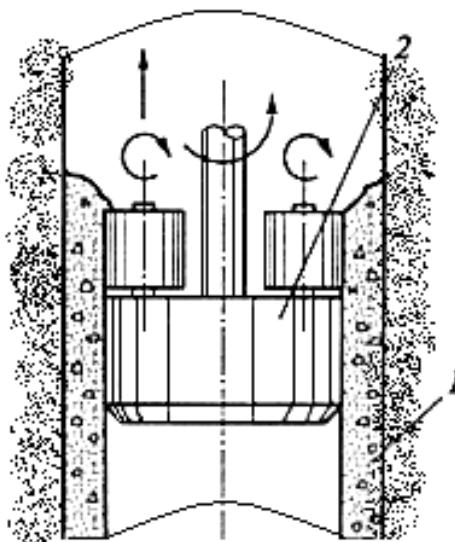


Рисунок 2 – Изготовление полых свай методом радиального прессования  
1 – стенка сваи; 2 – роликовая головка

Однако данный вид радиального прессования бетонной смеси при возведении свай-оболочек обладает рядом *недостатков*:

- невозможность обеспечить высокую и равную прочность ствола сваи, так как прикладываемое радиальное усилие недостаточно для уплотнения слоя смеси, равного толщине стенки сваи;

- необходимость заполнения внутренней полости сваи, для предотвращения её обрушения в момент изготовления, что повышает материалоемкость свайного фундамента.

Для широкого внедрения в производство приведенных методов устройства пустотелых буронабивных свай безусловно необходим значительный объем дополнительных исследовательских и проектно-конструкторских работ по созданию агрегатов, позволяющих в едином цикле осуществлять все составляющие операции комплексного процесса устройства сваи.

В Саратовском государственном техническом университете на кафедре «Строительные и дорожные машины» разработана конструкция оборудования для изготовления полых буронабивных свай методом, совмещающим осевое и хърадиальное прессования (Патент SU 1604924) (рисунок 3).

Устройство для возведения набивной сваи-оболочки содержит приводной вал 1 с муфтой 2 и фланцем 3. Фланец 3 имеет торцовый выступ, который входит по скользящей посадке в паз уплотняющего пуансона 4 с конической рабочей поверхностью 5. Выше уплотняющего пуансона установлен полый корпус 6, состоящий из цилиндрической средней части 7 и верхней спиралевидной конической части 8, сопряженной с бетонолитной трубой 9. На нижней части полого вала 1, имеющего упорный бурт 10, установлен соосно полый сердечник 11 с возможностью свободного вращения вокруг вала 1. Выше муфты 2 на полом валу 1 имеются выпускные отверстия. 12.

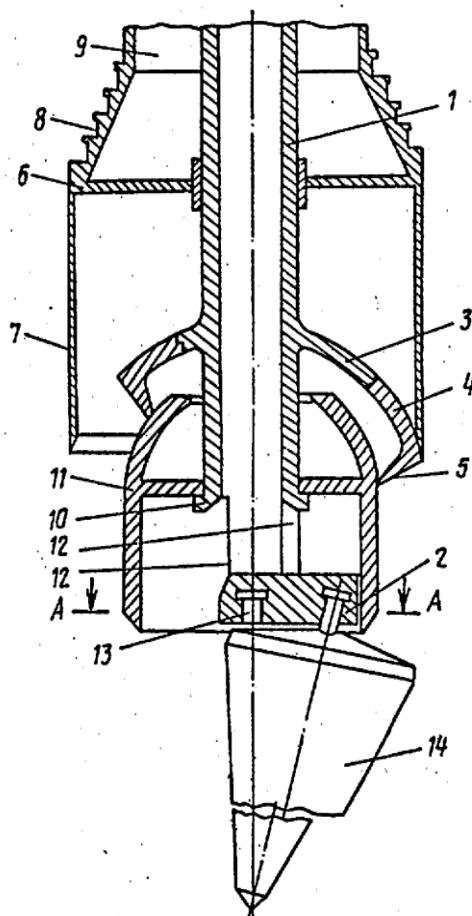


Рисунок 3 – Устройство для изготовления набивной сваи-оболочки с коническим рабочим органом

Муфта 2 имеет спиралевидный паз 13, по которому перемещается конический наконечник 14.

Давление от устройства передается на бетонную смесь по нормали к конической поверхности 5 уплотняющего пуансона 4. Такой способ передачи давления позволяет создавать в уплотняемой смеси как радиальные, так и осевые напряжения, тем самым осуществляется совмещение способов осевого и радиального прессования.

На нижней части полого вала 1, имеющего упорный бурт 10, установлен соосно полый сердечник 11 с возможностью свободного вращения. вокруг вала 1.

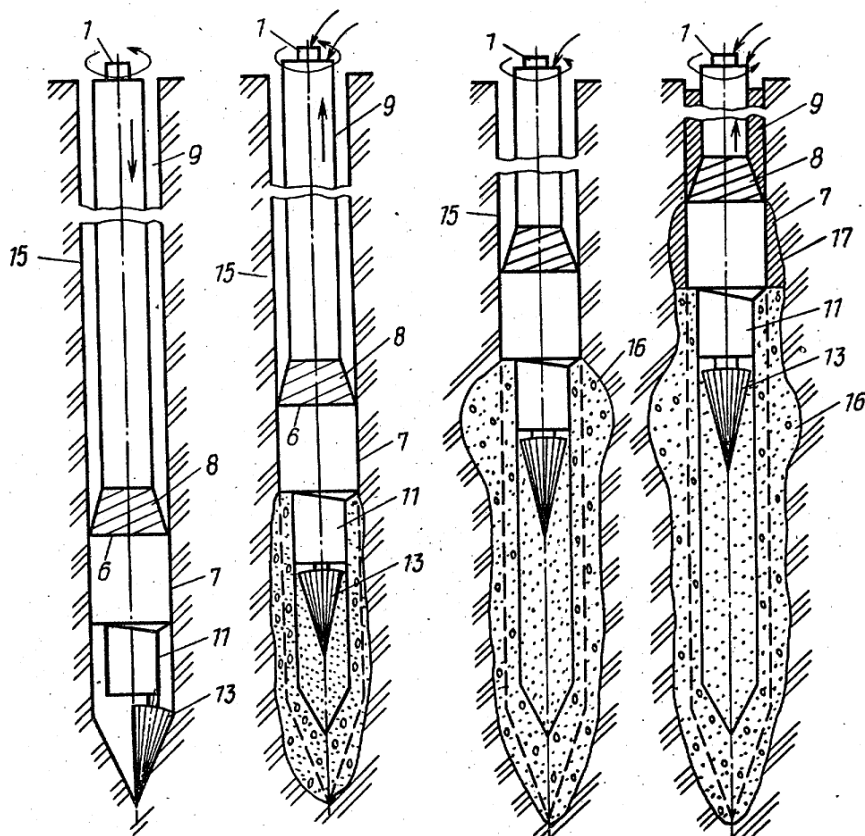


Рисунок 4—Технология изготовления набивной сваи-оболочки коническим рабочим органом

Устройство работает следующим образом (рисунок 4). Полый вал 1 и соединенная с ним бетонолитная труба 9 приводятся во вращение (привод не показан) с одновременным осевым напором, в результате чего осуществляется процесс образования скважины 15, что обеспечивается коническим наконечником 14, который, совершая круговое движение вокруг вертикальной оси, уплотняет грунт в стороны. При этом цилиндрическая часть 7 корпуса 6 является элементом, компенсирующим реакцию грунта. После окончания процесса образования скважины 15 изменяют направление вращения привода, и наконечник 14, перемещаясь по пазу 13 муфты 2, устанавливается соосно валу 1. Затем начинают подачу в скважину бетонной смеси через бетонолитную трубу 9. При вращении вала 1 фланец 3 перемещается по уплотняющему пуансону 4 и заставляет его перекатываться рабочей поверхностью 5 по кольцевому зазору между стенкой скважины 15 и сердечником 11, где находится бетонная смесь, поступающая туда через серповидный зазор между стенкой корпуса 6 и линией пересечения рабочей конусной 5 и сферической поверхностей 5 и сферической поверхностей 5 и сферической поверхностей 5 уплотняющего пуансона 4. В процессе перекатывания пуансона 4 происходит непрерывное послойное уплотнение бетонной смеси. При этом создается горизонтальное давление на стенки скважины 15, вследствие чего происходит уплотнение околосвайного грунта и

увеличение первоначального диаметра скважины. Процесс уплотнения бетонной смеси сопровождается самопроизвольным подъемом уплотняющего пуансона 4 и сердечника 11, который формирует внутреннюю полость сваи. Заполнение внутренней полости сваи производят одновременно с ее изготовлением, подавая наполнитель через полый вал 1 и выпускные отверстия 12.

Если на каком-либо уровне сваи требуется создать уширение 16, то для этого полый вал 1 фиксируют от вертикального перемещения, например, создают значительный осевой напор. В этом случае бетонная смесь, поступающая под рабочую коническую поверхность 5 уплотняющего пуансона 4, деформируется им в стороны, формируя тем самым уширение 16. При необходимости создания защитных оболочек 17 вокруг сваи скважину 15 заполняют специальным материалом, который вдавливаются при подъеме устройства в стенки скважины 15 спиралевидной поверхностью верхней конической части 8 корпуса 6.

Использование оборудования с кольцевым штампом позволяет осуществлять ряд мероприятий, обеспечивающих высокое удельное сопротивление полых набивных свай и снижение затрат на их изготовление:

- данный рабочий орган позволяет уплотнять жесткие бетонные смеси ( водоцементное отношение  $V/C = 0,28 \div 0,32$  ), что приводит к экономии цемента, а также сводит к минимуму потери несущей способности сваи по грунту из-за усадки бетона в процессе твердения;

- послойное уплотнение бетонной смеси слоями небольших толщин (3-5 см) и значительные контактные давления обеспечивают высокую и равную прочность ствола сваи;

- в процессе уплотнения бетонной смеси на стенки скважины передается давление до 180 кПа, величина которого зависит от осевого напора. Это обстоятельство позволяет повышать несущую способность сваи по грунту и придавать им различную форму, не используя дополнительных механизмов.

Для подтверждения эффективности рабочего органа были проведены испытания натурального образца оборудования [3,4,5].

## ЛИТЕРАТУРА

1. [www.drillings.ru/svai-obil.html](http://www.drillings.ru/svai-obil.html). ru – Пустотелые набивные сваи
2. Кузнецова, О.Л. Оборудование для изготовления полых буронабивных свай / О.Л.Кузнецова // Вестник Саратовского государственного технического университета. №2(71).Выпуск 2. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2013. – С.126-131
3. Кузнецова, О.Л. Результаты испытания оборудования для изготовления полых буронабивных свай / О.Л.Кузнецова, С.В. Кузнецов // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2011 – С.51 -54
4. Кузнецова, О.Л. Новое оборудование для уплотнения грунтов в стесненных условиях строительства / О.Л.Кузнецова, В.Е. Танчик // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т , 2013 – С.54 -58
5. Сферодвижущиеся рабочие органы уплотняющих машин и оборудования: монография / И.Г. Мартюченко [и др.]; под ред. И.Г. Мартюченко. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. - 112с.

**С.В. КУЗНЕЦОВ, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**И.С. ЛАЗАРЕВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС МЕТОДОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»**

*В статье приводится описание конструкции нового оборудования для возведения профильтрационных завес методом «стена в грунте». Приводятся результаты экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность данного оборудования*

***Ключевые слова:** оборудование для профильтрационных завес методом «стена в грунте», грунтоцементные сваи, рабочий орган с секторным коническим штампом*

**S.V. KUZNETSOV, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**I.S. LAZAREV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **NEW EQUIPMENT FOR THE CONSTRUCTION OF IMPERVIOUS THE VEIL OF THE METHOD OF "SLURRY WALL"**

*The article describes the design of new equipment for the construction profiltratsionnyh curtain method "wall in the ground." The results of experimental studies confirming the effectiveness of this equipment*

***Keywords:** equipment for profiltratsionnyh curtains method of "slurry wall" grouting piles, the working body of the sector conical die.*

В настоящее время в крупных городах возникает необходимость возведения подземных сооружений. Строительство при этом производится при неблагоприятных условиях: плотная городская застройка, наличие подземных коммуникаций и канализации, отсутствие воздействия на фундаменты близлежащих зданий, бесшумность строительства и т.д.

В этих условиях наиболее перспективной является технология «стена в грунте», широко применяемая при строительстве в черте города, при реконструкции зданий и сооружений, в гидротехническом строительстве.

С использованием технологии «стена в грунте» также можно сооружать:

- туннели мелкого заложения для метро;
- подземные гаражи, переходы и развязки на автомобильных дорогах;
- емкости для хранения жидкости и отстойники;
- профильтрационные завесы

Противофильтрационные завесы (рис. 1) – вертикальные и горизонтальные водонепроницаемые перегородки в грунте, расположенные с одной или нескольких сторон от источника фильтрации для преграждения движения грунтовых вод к защищаемым от подтопления сооружениям. Наиболее эффективны профильтрационные завесы, доведенные до водоупора — слабо или водонепроницаемых грунтов. Инъекционные профильтрационные завесы сооружаются методом поэтапного разбуривания или пробивания скважин с последующим нагнетанием в них цементного раствора, закрепляющего грунт.

Сущность технологии «стена в грунте» заключается в том, что в грунте устраивают выемки и траншеи различной конфигурации в плане, в которых возводят ограждающие конструкции подземного сооружения из монолитного или сборного железобетона, затем под защитой этих конструкций разрабатывают внутреннее грунтовое ядро, устраивают днище и воздвигают внутренние конструкции.

В настоящее время существует множество способов возведения «стены в грунте». В практике отечественного фундаментостроения в последнее время отчетливо выявились направления разработки и внедрения новых конструкций и технологий ведения свайных

работ [1]. К ним относится устройство грунтоцементных свай, т.е. свай, которые изготавливаются из закрепленного цементом грунта буровой скважины.

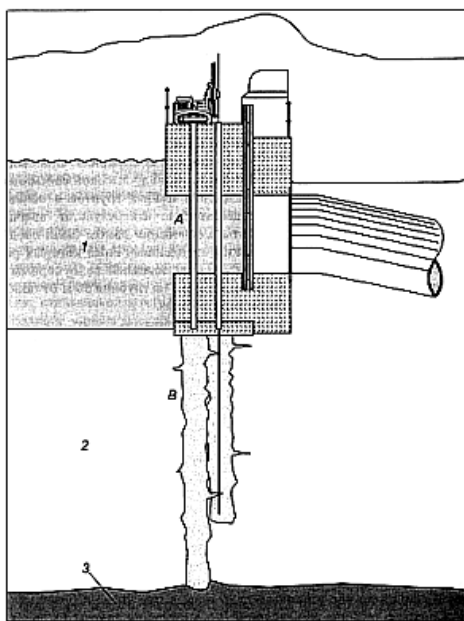


Рисунок 1 – Противофильтрационная завеса (для противосейсмической защиты) из пересекающихся грунтобетонных колонн

Грунтоцементные сваи изготавливают диаметром 0,4-1,0 м, длиной до 20 м и применяют при строительстве новых зданий и реконструкции существующих. Метод заключается в устройстве ограждающей конструкции из сплошного ряда вертикальных грунтоцементных свай.

Технологическая схема изготовления грунтоцементных свай буросмесительным способом включает в себя следующие операции:

- бурение приемной скважины диаметром на 0,1 м больше диаметра сваи (буросмесителя) шнековым буром на выбросе глубиной 0,5-2 м, что зависит от длины устраиваемой сваи и физических свойств используемого грунта. Указанная приемная скважина необходима для принятия избытка цементогрунтовой смеси, образовавшейся при введении в грунт воды и цемента. Глубина этой скважины определяется в зависимости от физических свойств грунта (природной влажности и пористости) и количества вводимого вяжущего;

- бурение грунта лопастным буросмесителем с одновременным введением воды в количестве необходимым для перехода размельченного лессового грунта в текучее состояние, что обеспечивается влажностью грунта, которая должна быть больше влажности на границе текучести;

- выглубление буросмесителя с одновременной подачей водоцементной суспензии в объеме, обеспечивающем поступление в грунтовую массу требуемого количества цемента;

- установка арматурного каркаса в текучую грунтоцементную смесь.

Существующие методы возведения ограждающих конструкций из грунтоцементных свай обладают рядом недостатков:

- сложность применяемого оборудования. Его обычно изготавливают на базе серийно выпускаемого бурового оборудования, оснащенного комплексом насосного оборудования, т.к. необходимо создание большого давления струй воды и воздуха. Так, европейские и японские компании используют струи, подаваемой под давлением 40...70 МПа. При этом применяют струйные насадки диаметром от 1,5 до 2 мм, редко до 3 мм. Для таких значений диаметров насадок существует реальная опасность их забивки. Необходимо использовать очень чистый цемент с определенным соотношением содержания частиц

разных размеров. Для того, чтобы улучшить разрушение грунта и снизить энергозатраты в новых конструкциях мониторов введены сопла, подающие под давлением воздух (0,45 МПа) и воду (5 МПа). Это также требует установки дополнительных насосов и компрессоров, что делает оборудование более сложным, включающим комплекс различных агрегатов;

- невозможность прогнозирования размеров и качество изготавливаемых свай. Это объясняется тем, что размыв грунта зависит от многих факторов, например от вида грунта, характер залегания пластов и т.д. Поэтому нельзя оценить размеры свай и рассчитать свайный фундамент, в связи с этим, количество свай в фундаменте необоснованно завышают;

- наличие большого количества воды, которая остается в скважине, а затем приводит к расслоению грунтоцементной смеси;

- значительные сроки изготовления свай, т.к. требуется время для фильтрации большого количества воды в окружающий грунт;

- невозможность уплотнения грунтоцементной смеси и, как следствие, низкая прочность получаемого материала сваи (0,73 МПа);

- для качественного перемешивания цементного раствора с грунтом требуется несколько проходов буросмесительного рабочего органа;

- высокий коэффициент фильтрации готовой «стены в грунте», вследствие чего невозможно использовать данный метод для возведения противофильтрационных завес. Завеса, выполненная без уплотнения грунтобетона обычно имеет весьма низкую водопроницаемость, порядка  $10^{-9}$  см/сек. Но такая водопроницаемость может быть в основном на небольшой глубине и при достаточно одинаковых свойствах грунтов. Повышение коэффициента фильтрации до  $10^{-7}$  см/сек может иметь место на значительных глубинах и при более сложных условиях распространения завесы, когда необходимо уменьшать ее проницаемость за счет заполнения образовавшихся «окон», уменьшения расстояния между осями колонн или назначая дополнительные линии колонн. С учетом того, что полной сплошности завесы удастся достичь не всегда, расчетное значение её коэффициента фильтрации рекомендуется принимать, равным  $1,5 \cdot 10^{-5}$  см/сек.

В Саратовском государственном техническом университете на кафедре «Строительные и дорожные машины» проводятся исследования оборудования для изготовления грунтоцементных свай. Новый способ изготовления грунтоцементных свай заключается в применении секторного конического штампа, совершающего сферическое движение [2,3].

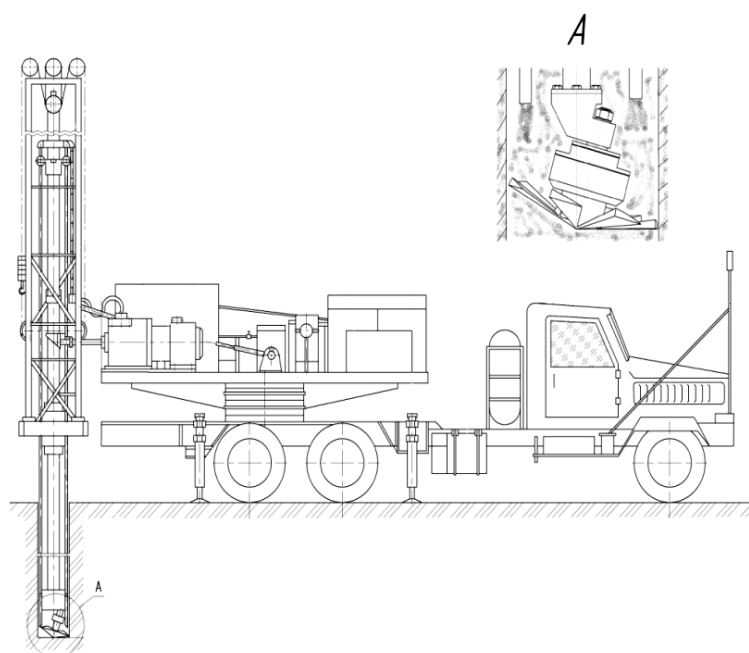


Рисунок 2 – Оборудование для изготовления «стены в грунте»

Оборудование состоит из серийно выпускаемой буровой установки и рабочего органа оригинальной конструкции (рис. 2).

При вращении вертикального вала в сторону, обеспечивающую погружение рабочего органа, штамп под действием приложенного осевого усилия производит послойную срезку и измельчение грунта заостренными кромками секторов. Одновременно в рабочую зону подается цементный раствор, который смешивается с разрыхленным грунтом.

При вращении вертикального вала в противоположном направлении происходит растормаживание обгонной муфты, при этом штамп совершает прецессирующее движение.

При одновременном воздействии на орган вертикальной статической нагрузки (уплотняющего усилия) и прецессирующего движения происходит периодическое накатывание секторов штампа на грунт, просыпающийся небольшими порциями в межсекторное пространство. Послойно, порциями уплотняя под собой грунт, рабочий орган, преодолевая уплотняющее усилие, постепенно выходит на поверхность, оставляя под собой столб уплотненного грунта – грунтоцементную сваю. Далее производится уплотнение следующего слоя.

В результате образуется тело сваи с более низким коэффициентом фильтрации, чем при традиционном способе возведения «стены в грунте».

Для определения коэффициента фильтрации образца грунтоцементной сваи, выполненного с использованием секторного конического штампа, проводились экспериментальные исследования. По нормам [4] коэффициент фильтрации твердеющих и пластичных заполнителей завес не должен превышать  $0,6 \cdot 10^{-5}$  см/сек. Коэффициент фильтрации экспериментальных образцов грунтоцемента, изготовленного с уплотнением материала секторным коническим штампом, составляет в среднем  $0,498 \cdot 10^{-5}$  см/сек. Следовательно, оборудование с секторным коническим штампом эффективно использовать при создании противофильтрационных завес и других подобных инженерных сооружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров, А. А. Свайные работы: учеб. пособие / А. А. Гончаров. - М.: ИЦ "Академия", 2008. - 96 с.
2. Kuznetsova O.L., Kuznetsov S.V., Tanchic V.E. New technology and equipment for fixing a potentially unstable soil //Proceedings of the 2nd International Academic Conference «Applied and Fundamental Studies». – St. Louis, Missouri, USA. – P. 204–208.
3. Кузнецова О.Л. Новое оборудование для укрепления потенциально неустойчивых грунтов методом «стена в грунте» / О.Л.Кузнецова, С.В.Кузнецов, В.Е.Танчик //Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. Тр., СГТУ. – Саратов, 2011. – С.60-63.
4. СНиП 2.06.14-85 «Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод».

**И.Г. МАРТЮЧЕНКО, д.т.н., профессор СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**С.В. ИВАНОВ, ассистент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ**

*При всем многообразии существующих средств механизации недостаточно решенным остается вопрос механизации небольших объемов работ при отрицательных температурах в стесненных условиях строительства.*

*Поэтому в настоящее время совершенствование и создание специального механизированного инструмента является актуальной задачей современного строительного производства.*

*В работе предлагается новое оборудование, для разработки мерзлых грунтов осуществляющее безударное разрушение грунта крупным сколом и рассматривается математическое описание процесса воздействия рабочих органов на разрабатываемую среду.*

**Ключевые слова:** оборудование, разработка, грунт мёрзлый.

**I.G. MARTYUCHENKO, Dr., Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**S.V. IVANOV, Assistant SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **EQUIPMENT FOR THE DEVELOPMENT OF FROZEN SOILS**

*With all the variety of existing mechanization insufficiently solved the question remains mechanization of small quantities at low temperatures in the cramped conditions of construction.*

*Therefore, in the present improvement, and special mechanized tools is an important task of the modern construction industry.*

*This paper proposes a new equipment for the development of frozen soils engaged in unstressed destruction of soil with large cleavage and mathematical description of the process of influence of the working bodies of the designed environment.*

**Keywords:** equipment, development, ice- soil .

В настоящее время разработка небольших объемов грунта в сложных условиях строительства производится двумя способами это использование ручных отбойных молотков и применение немеханизированных способов разработки (рис.1.).



Рисунок 1 – Производство земляных работ в зимнее время

Наибольшее распространение получили ручные отбойные молотки за счет отсутствия других перспективных машин способных конкурировать с ними на современном рынке и несмотря на значительные недостатки к которым относятся как ударно – вибрационные нагрузки и повышенный уровень шума, этот инструмент остается единственным на рынке.

Поэтому в данный момент создание и совершенствование специального малогабаритного оборудования и механизированного ручного инструмента, которые соответствовали сложным условиям производимых работ при отрицательных температурах, является первостепенной задачей.

Одним из перспективных оборудований совершающих механическое разрушение может, является мерзлоторыхлительное оборудование, осуществляющее менее энергоемкий процесс разрушения, а именно отрыв в сторону открытой стенки забоя. Данное оборудование имеет в своем составе рабочие органы, состоящие из винтовых наконечников осуществляющих тяговую функцию, и рыхлящих штанг осуществляющих разрушающую функцию за счет увеличения сечения штанг к их основанию (рис.2.). [1,2] .

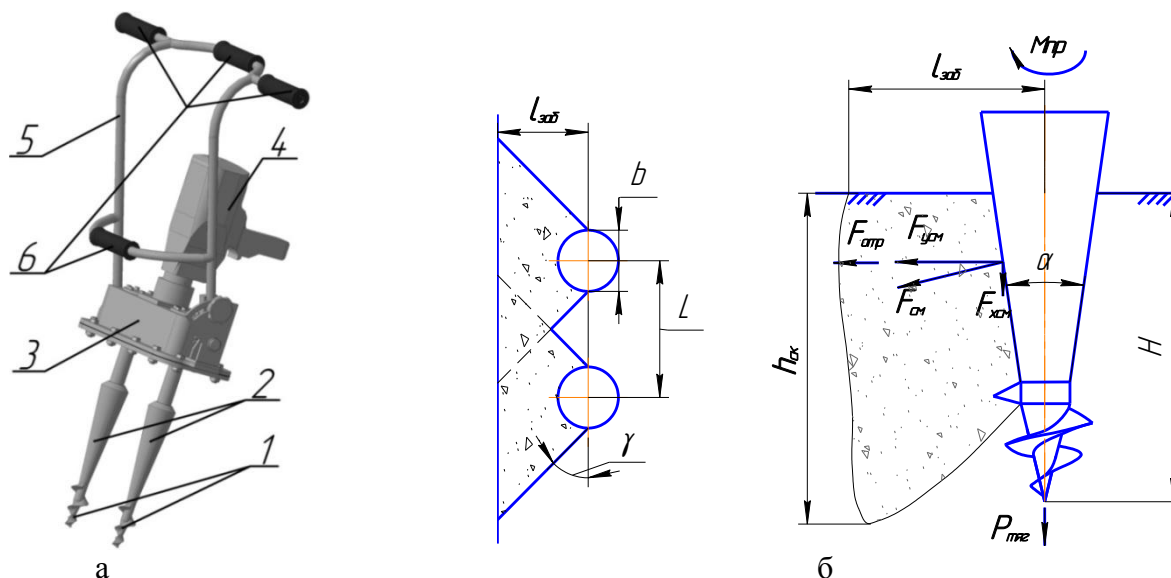


Рисунок 2 – Мерзлоторыхлительный инструмент – а:

1- винтовыми наконечниками, 2- две штанги переменного сечения, 3- корпус, 4-привод, 5-рама, 6- рукояти.

Процесс разрушение грунта в забой мерзлоторыхлительным инструментом – б.

Для эффективной работы мерзлоторыхлительного инструмента необходимо выполнение условия, при котором винтовые наконечники, завинчиваясь в грунт, обеспечивают способность погружения за собой рыхлящих штанг до достижения критической глубины, при которой произойдет отрыв элемента грунта в сторону забоя.

Данное условие обеспечивается силовым балансом между тяговой возможностью винтовых наконечников и силами сопротивления внедрению данных наконечников, а также силами внешней нагрузки, приложенные к винтовым наконечникам от воздействия сил сопротивления рыхлящих штанг конусной формы [3,4].

В общем виде данное условие имеет вид:

$$P_{тяг} = \sum P_{i,среза} \geq F_{спр} = T = \sum P_i + W \quad (1)$$

- где:
- $P_{тяг}$  – тяговая возможность винтового наконечника;
  - $F_{спр}$  – сила сопротивления внедрению рабочего органа;
  - $T$  – сила сопротивления внедрению заднего участка винтового наконечника;
  - $W$  – силы внешней нагрузки;
  - $\sum P_i$  – сумма сил сопротивления грунта вдавлению на составных поверхностях винтового наконечника;
  - $\sum P_{i,среза}$  – сумма сил сопротивления грунта срезу на поверхности конического и цилиндрического участков винтовой лопасти.

Тяговая возможность винтовых наконечников характеризуется несущей способностью грунта, которая является величиной суммы сопротивлений грунта срезу по поверхности конического и цилиндрического участков винтовой лопасти  $\sum P_{i.среза}$  с учетом вычета внутренних сил сопротивлений грунта сжатию на данных участках винтовой лопасти от действия, приложенных к ней нагрузок:

$$P_{тяг} = (P_{1.среза} - T_1) + (P_{2.среза} - T_2) - W \quad (2)$$

где:  $T_1, T_2$  – сила сжатия грунта верхней винтовой лопастью на коническом и цилиндрическом участках от действия приложенных нагрузок;

Силы  $T_1, T_2$  являются внутренними силами сопротивления внедрению винтового наконечника под действием приложенной нагрузки, поэтому при вычитании этих сил из уравнения для определения тягового усилия мы определим тот запас тяговой возможности, который можно реализовать в силах внешней нагрузки приложенных к винтовым наконечникам. То есть в нашем случае при работе мерзлоторыхлительного оборудования это являются сила сопротивления внедрению рыхлящих штанг.

Исходя из запаса тяговой возможности винтовых наконечников необходимо определить эффективные геометрические параметры рыхлящих штанг для реализации отношения наибольшего объема скалываемого грунта от геометрических параметров штанг при минимальной энергоёмкости процесса разрушения. Параметры рыхлящих штанг влияют на сопротивление грунта внедрению  $F_{и}$  что соответствует силам внешней нагрузки  $W$ , приложенных к винтовым наконечникам (рис.2.).

$$W = 2F_{и} = F_{см} + F_{тр} + F_{отр} \quad (3)$$

где:  $F_{и}$  – сила сопротивления грунта внедрению рыхлящих штанг;  
 $F_{см}$  – сила сопротивления грунта смятию рыхлящими штангами;  
 $F_{тр}$  – сила сопротивления грунта трению по поверхности штанг;  
 $F_{отр}$  – сила сопротивления грунта отрыву в сторону забоя.

Данная зависимость характеризуется внешней силой воздействующей на винтовые наконечники и выражает процесс взаимодействия рыхлящих штанг направленных на разрушение грунтового массива, а также позволяет определить влияние геометрических параметров на эффективность процесса разрушения с учетом запаса тяговой возможности винтовых наконечников в соответствии с уравнением силового баланса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 118983 Россия, МПК E02F 5/30. Устройство для разработки мерзлого грунта /И.Г. Мартюченко, С.В. Иванов (Россия). - № 2012109312/03; заявл. 12.03.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22.- 5с.:ил.
2. Мартюченко, И.Г. Ручной инструмент для разработки мерзлых грунтов/ И.Г. Мартюченко, С.В.Иванов// Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-27: сб. тр. XVII междунар. науч. конф.: в 12 т. /СГТУ. - Саратов, 2014.- Т.12.-С.136.
3. Мартюченко И.Г. Винтовые рабочие органы машин для разработки мерзлых грунтов / И.Г. Мартюченко.: Монография.- М.: Научная мысль.- ИНФА-М, 2014.-200с.

**В.Е. ТАНЧИК, к.т.н., доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**  
**А.О. ЧУРИКОВ, студент СГТУ им. Гагарина Ю.А., г. Саратов**

## **ПРОБЛЕМА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА**

*В данной статье рассмотрен вопрос уплотнения грунта в стеснённых условиях строительства. В результате недоуплотнения имеют место большие просадки грунтов, вызывающие разрушение искусственных сооружений. Оборудование, разработанное на кафедре «Строительные и дорожные машины» позволяет решить эту проблему.*

*Ключевые слова: уплотнение грунта, стеснённые условия, оборудование.*

**V.E. TANCHIK, Ph.D., Associate Professor SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**  
**A.O. CHURIKOV, student SSTU Y.A. Gagarin, Saratov**

## **PROBLEM SOIL COMPACTION IN CRAMPED UNDER CONSTRUCTION**

*In this article the question of soil compaction in the cramped conditions of construction. As a result, there are large nedouplotneniya subsidence, causing the destruction of man-made structures. The equipment developed at the department "Building and road machines" can solve this problem.*

*Keywords: soil compaction, constrained in terms of equipment.*

Изучение отечественного и зарубежного опыта показывает, что при уплотнении обработанных насыпок пазух подземных конструкций, как правило, используются традиционные методы послойного уплотнения грунтов, такие, как укатка, трамбование, вибротрамбование и др., которые при уплотнении обработанных насыпок требуют значительных затрат немеханизированного труда, и при этом не обеспечивают высокого качества работ, существенно задерживают последующие технологические операции строительства. Кроме того, на практике обработанную насыпку выполняют часто с помощью бульдозеров и самосвалов слоем значительной толщины или полностью на высоту пазухи котлована. Такие слои не могут быть качественно уплотнены существующими средствами.

В результате недоуплотнения имеют место большие просадки грунтов, вызывающие разрушение искусственных сооружений. Просевшие из-за недоуплотнения грунта участки приходится повторно насыпать, иногда слоем до метра высотой, щебнем, гравием, песком, бетоном и другими материалами. При этом ремонт не исключает повторения просадок, так как стабилизация осадки грунта наступает лишь через несколько лет.

На кафедре «Строительные и дорожные машины» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. создано сменное оборудование для уплотнения грунтов в труднодоступных местах [1,2].

Грунтоуплотняющее оборудование (рисунок 1) представляет собой секторный конический штамп 1, ось которого расположена под углом к оси вращения вертикального вала 5, соединенного с гидравлическим приводом. В конструкции предусмотрена обгонная муфта 2, соединяющая секторный конический штамп с приводным валом. Каждый из секторов штампа имеет режущую кромку, позволяющую рабочему органу погружаться в грунт вращением (забуриваться).

При вращении вертикального вала 5 штамп 1 совершает сложное движение, вращаясь вокруг собственной оси и оси приводного вала.

Особенностью работы грунтоуплотняющего рабочего органа является его способность к самовыглублению с одновременным уплотнением подштампового слоя материала при предварительном его внедрении в уплотняемый массив.

Грунтоуплотняющее оборудование выполняется в качестве навесного оборудования к экскаватору.

Принцип работы оборудования заключается в следующем (рисунок 1).

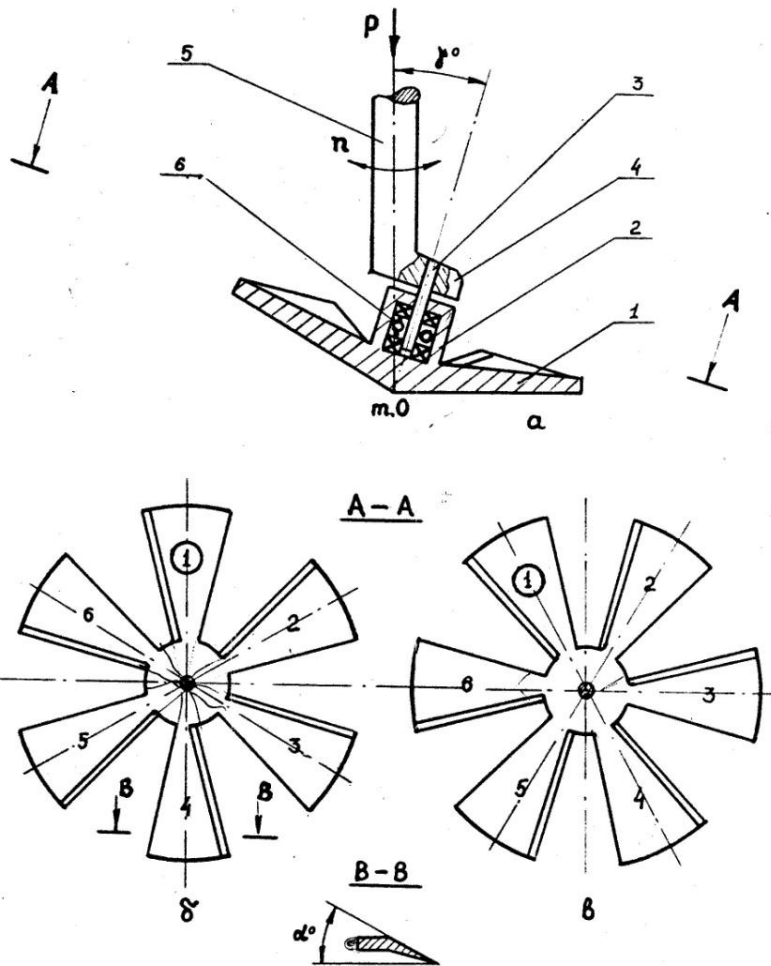
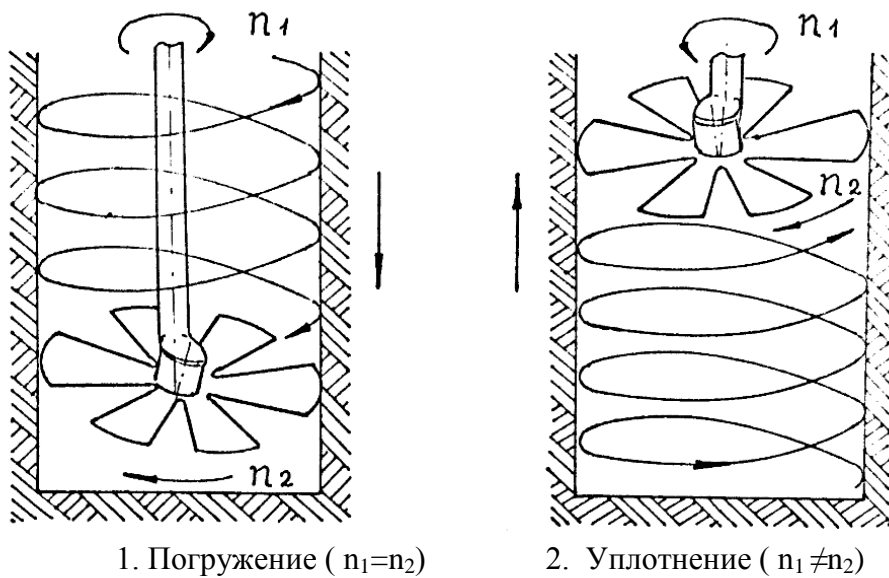


Рисунок 1 – Схема секторного рабочего органа

а) прецессирующий секторный рабочий орган; б) исходное положение секторов штампа; в) положение штампа в момент, соответствующий повороту приводного вала на  $360^{\circ}$



1. Погружение ( $n_1 = n_2$ )

2. Уплотнение ( $n_1 \neq n_2$ )

Рисунок 2 – Схема работы прецессирующего секторного грунтоуплотняющего рабочего органа

Рабочий орган грунтоуплотнителя наводят на нужную отметку, манипулируя стрелой и рукоятью экскаватора, и опускают на поверхность грунта. Включают привод вращательного движения вертикального вала 5 в направлении, обеспечивающим блокировку обгонной муфты 2. Штамп 1, вращаясь вместе со шпинделем, при одновременном приложении вертикальной нагрузки (напорного усилия) и крутящего момента, воздействуя на грунт режущей кромкой секторов, погружается (забурируется) в массив на необходимую глубину.

При достижении необходимой глубины погружения рабочего органа включается реверс приводного вала, происходит растормаживание обгонной муфты 2, и штамп 1 при этом совершает сложное вращательное движение вокруг собственной оси и оси приводного вала при одновременном воздействии на него вертикальной статической нагрузки (рис.2). Это приводит к периодическому накатыванию на грунт секторов штампа. Подача уплотняемого материала под штамп в межсекторные пространства осуществляется естественным образом за счет сил гравитации. Послойно уплотняя под собой грунт, рабочий орган, преодолевая сопротивления статического пригруза, постепенно выходит на поверхность, оставляя под собой в грунтовом массиве цилиндрический столб уплотненного грунта - грунтовую сваю. За один полный оборот вертикального вала деформация материала незначительная, но так как вращение вертикального вала происходит большой частотой, то в целом деформации в единицу времени достигают значительных величин.

После завершения операции уплотнения производится перестановка рабочего органа на новую отметку и, таким образом, прорабатывается массив грунта, подлежащего уплотнению. При расположении точек погружения достаточно близко друг от друга достигается высокое качество уплотнения всего грунтового массива. По окончании каждого цикла уплотнения на поверхности массива образуются конусообразные воронки.

Для улучшения качества уплотнения и ликвидации дополнительных операций по засыпке и уплотнению грунта в образовавшихся воронках рекомендуется засыпать траншею «с шапкой». По мере уплотнения «шапка» оседает и, уплотняясь, грунт будет соответствовать нулевой отметке. Окончательно производится планировка поверхности массива с помощью бульдозерного оборудования базового трактора.

Характер воздействия секторного штампа, совершающего сферическое движение, на грунт обуславливает ряд достоинств, к которым можно отнести:

- непрерывность воздействия статических нагрузок на рабочий орган;
- цикличность передачи уплотняющей энергии уплотняемому грунту;
- естественный характер повышения удельных давлений;
- отсутствие ударных нагрузок, шума и вибрации при работе оборудования.

Проведенные испытания рабочего оборудования на базе экскаватора ЭО-2621 подтвердили эффективность оборудования с секторным рабочим органом для уплотнения грунта в стесненных условиях [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Танчик В.Е. Новое оборудование для уплотнения грунтов в стесненных условиях строительства // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях / О.Л.Кузнецова, В.Е.Танчик. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2013. – С.54-58
2. Сферодвижущиеся рабочие органы уплотняющих машин и оборудования: монография / И. Г. Мартюченко [и др.] ; под ред. И. Г. Мартюченко. – Саратов : Сарат. гос. техн.ун-т, 2004. – 112 с.
3. Танчик В.Е. Оборудование для уплотнения грунтов в стесненных условиях строительства // Вестник развития науки и образования. – 2014.- №3. – С.145-147.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Раздел 1

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ СЕРВИСА ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

<b>Альмеев Р.И., Бычков А.В.</b> Диагностирование технического состояния двигателя ЗМЗ 4602.10 с помощью мотор-тестера МТ-10.....	4
<b>Бабенин Е.В., Ченцов Е.А., Королевская Е.В.</b> Совершенствование заправки газообразным топливом.....	12
<b>Виноградов А.Н., Кушалиев Д.К.</b> Применение в автомобильных подшипниках для реверсивного движения конического пружинного вкладыша.....	16
<b>Гребенников А.С., Обельцев А.С., Демьяненко Д.В.</b> Совершенствование системы управления техническим состоянием автомобилей в АТП.....	21
<b>Гребенников С.А., Зеленков С.А.</b> Повышение топливной экономичности легковых автомобилей.....	24
<b>Данилов И.К., Антонов Д.Н., Никитин Е.В.</b> Анализ конструкций стендов для обкатки и испытания ДВС.....	31
<b>Данилов И.К., Попова И.М., Марусин А.В., Марусин А.В., Сычѐв А.М.</b> Моделирование процессов диагностирования встроенной системой транспортного средства.....	34
<b>Денисов А.С., Куверин И.Ю.</b> Особенности поэтапной разработки прибора для диагностирования двигателей внутреннего сгорания на базе микроконтроллера ATMEGA644.....	39
<b>Иванов И.Г., Догот Д.Г.</b> Технология восстановления силового каркаса несущего кузова легкового автомобиля после ДТП.....	46
<b>Иванов И.Г., Иванов А.А., Аргасцев А.А.</b> Перспективы использования электромобилей в качестве городских такси.....	52
<b>Иванов И.Г., Лапшин А.С.</b> Ремонт изношенных алюминиевых блоков цилиндров двигателей легковых автомобилей методом гильзования.....	55
<b>Кожинская А.В.</b> Анализ опасных примесей в моторном масле и их влияние на повреждения деталей двигателя.....	61
<b>Кривошапов С.И.</b> Математическая модель расчета выбросов вредных веществ на транспорте.....	65
<b>Марусин А.В., Марусин А.В., Попова И.М., Данилов И.К., Сычѐв А.М.</b> Анализ применяемых алгоритмов встроенной системы технической диагностики дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей.....	70
<b>Мунин А.А.</b> Основные свойства и характеристики интерметаллидных наплавочных покрытий и современные способы их получения.....	75
<b>Сафиуллин Р.Н., Марусин А.В., Марусин А.В.</b> Повышение эффективности функционирования ДВС автотранспортных средств в диапазоне эксплуатационных режимов на основе применения автоматизированной системы стендовых испытаний.....	79
<b>Сычѐв А.М., Гребенников И.А.</b> Моделирование крутильных колебаний в приводе стенда для испытаний и диагностики систем топливоподачи дизелей.....	86
<b>Сычѐв А.М., Карпунин А.А.</b> Разработка стенда для диагностики элементов систем автоматического регулирования дизелей.....	91

<b>Сычѳв А.М., Темербаев А.М.</b> К вопросу о разработке электрогидравлического корректора в системе газораспределительного механизма дизеля.....	95
---	----

## Раздел 2

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК И БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

<b>Басков В.Н., Рейн А.Р.</b> К вопросу об энергетических затратах водителя при перевозочном процессе.....	99
<b>Гусев С.А., Моросин В.С.</b> Управление транспортно-логистическими системами: факторы развития.....	102
<b>Кожуховская Л.Я., Гималов И.Р.</b> Анализ характеристик взаимодействия автотранспортного средства с дорожным полотном на сложных участках дороги.....	106
<b>Кожуховская Л.Я., Гималов И.Р.</b> Управление безопасностью дорожного движения с помощью современных технологий.....	109
<b>Муравьева Н.А., Семѳнов И.С.</b> Роль интеллектуальных транспортных систем в управлении транспортными потоками.....	113
<b>Попова И.М., Жигалина Д.О., Попова Е.А.</b> Система контроля усталости водителя как фактор, предупреждающий возникновение аварийных ситуаций.....	119
<b>Попова И.М., Маринин Д.И.</b> Влияние показателей характеристик водителя на безопасность движения.....	123
<b>Попова И.М., Самойлова А.М.</b> Подготовка водителей как фактор безопасности дорожного движения.....	128
<b>Сафиулин Р.Р., Марусин А.В.</b> Разработка методики снижения размера вреда, причиняемого дорожному полотну при транспортировании тяжеловесных грузов автомобильным транспортом.....	132
<b>Сафиулин Р.Н., Сафиулин Р.Р., Марусин А.В., Марусин А.В.</b> Концептуальные подходы к изучению интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств (ИБТС).....	137
<b>Ягузинская И.Ю., Викторов И.В.</b> Социально-экономические потери общества вследствие автомобилизации.....	144

## Раздел 3

### СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

<b>Бурханов Р.Х.</b> Безвибрационное оборудование для формования дорожных изделий....	149
<b>Иванов В.В., Иванов Вл.В.</b> Анализ обработанных поверхностей на основании единичного взаимодействия абразивных частиц.....	152
<b>Иванов В.В., Иванов Вл.В.</b> Повышение производительности процесса гидроабразивной резки посредством оптимизации рациональных параметров обработки.....	155
<b>Кузнецова О.Л., Райков С.А.</b> Анализ оборудования и технологий для изготовления буронабивных свай.....	158

<b>Лазарев И.С., Кузнецов С.В.</b> Новое оборудование для возведения противофильтрационных завес методом «Стена в грунте».....	164
<b>Мартюченко И.Г., Иванов С.В.</b> Оборудование для разработки мерзлых грунтов.....	168
<b>Танчик В.Е., Чуриков А.О.</b> Проблема уплотнения грунтов в стесненных условиях строительства.....	171

Научное издание

**Актуальные вопросы транспорта  
в современных условиях**

**Сборник научных статей  
по материалам Международной  
научно-практической конференции  
28 октября 2014 г.**

Отв. редактор: И.К. Данилов  
Зам. отв. редактора: И.Г. Иванов  
Компьютерная вёрстка: И.Г. Иванов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.  
410054, Саратов, ул. Политехническая, 77.