

**АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКАЯ  
АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА»  
ФГБОУ ВО «МАЙКОПСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**ОТКРЫТОЙ МЕЖВУЗОВСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ ДНЮ НАУКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**8 февраля 2024 г.**

**Донецк, Майкоп 2024 г.**

### **Оргкомитет конференции**

**Энглези И. П.**, д.т.н., доц., ректор Донецкой академии транспорта.

**Куижева С. К.**, д.э.н., доц., ректор Майкопского государственного технологического университета.

**Прилепский Ю. В.**, к.т.н., доц., проректор по научной работе ДАТ.

**Овсянникова Т. А.**, д.ф.н., профессор, проректор по научной работе и инновационному развитию МГТУ.

**Беданок М. К.**, д.э.н., профессор, Декан инженерного факультета МГТУ.

**Шевякова О. П.**, зам. декана по научной работе МГТУ.

**Мойся Д. Л.**, к.т.н., проректор по учебной работе, зав. кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» ДАТ.

**Ткачева Я. С.**, к.э.н., доц., зав. кафедрой «Автомобильный транспорт» МГТУ.

**Гукетлев Ю. Х.**, д.э.н., профессор МГТУ.

Ответственный за проведение Открытой межвузовской конференции:

Прилепский Ю.В., к.т.н., доц., проректор по научной работе ДАТ.

Рекомендовано к печати Ученым советом Донецкой академии транспорта (протокол № 6 от 15.02.2024).

Сборник материалов открытой межвузовской конференции, посвященной Дню науки в Российской Федерации 8 февраля 2024 года.- Донецк (ДАТ), Майкоп (МГТУ), 2024.- 72 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

стр

<b>Шевченко С.В., Гурова В. Р. ОБ АКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОМФОРТА И БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ</b>	4
<b>Ткачева Я.С., Шаповалова Н.Г., Бжентхалова И.М. КИКШЕРИНГ, КАК ЭЛЕМЕНТ ДОСУГА В ТУРИСТКО-РЕКРЕАЦИОННОМ КОМПЛЕКСЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ)</b>	9
<b>Прилепский Ю.В., Целуйко Л.В., Стародубцева Е.И., Гуртовенко А.И. УЛУЧШЕНИЕ СИСТЕМЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЗА СЧЕТ ЧАСТОТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛА</b>	14
<b>Артамонова В.В., Артамонов А.М., Машинина Н.Г.. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК АВТОПОЕЗДАМИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО СЕРПАНТИНУ В УСЛОВИЯХ ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ</b>	28
<b>Калинин А.В., Голованик Д.В., Бабич А.А. ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ФОРМИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВОЙ СЕТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ</b>	32
<b>Савенко Э.С., Веремьев Д.С., Антонов Д.Д., Сергеев В.Л. ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВС МЕТОДОМ ШИРОКОСЛОЙНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ СРЕДЫ</b>	35
<b>Леженко Д.С., Гук Г.А. ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО СЕРВИСНЫХ УСЛУГ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ</b>	43
<b>Мойся Д.Л., Куплинов А.В., Бобров В.В., Бова В.А., Бережный И.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ МАНЕВРЕННОСТИ ДЛИННОБАЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>	46
<b>Ткачева Я.С., Шаповалова Н.Г., Бжентхалова И.М. РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА МАЙКОПА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ</b>	53
<b>Прилепский Ю.В., Целуйко Л.В., Гуртовенко А.И., Стародубцева Е.И. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ С НАКОПИТЕЛЯМИ КОНДЕНСАТОРНОГО ТИПА</b>	58
<b>Кулиш А.Е., Коломоец С.А., Горбенко В.В., Маныч В.Н. СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАСПЫЛЕНИЯ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЯХ</b>	69

УДК 656.1

*С.В. Шевченко, ст. преподаватель кафедры «ТТ»  
В.Р. Гурова, студ. гр. 1-ТТП-20  
Автономная некоммерческая образовательная организация  
высшего образования «Донецкая академия транспорта»*

## **ОБ АКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОМФОРТА И БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены актуальные технологии для повышения комфорта и безопасности дорожного движения.

**Ключевые слова.** Безопасность дорожного движения, происшествие дорожно-транспортное, технологии инновационные, участник движения, средство автотранспортное, дорога

Каждый год в дорожных авариях во всем мире гибнет 1,25 млн человек. Почти половина из жертв ДТП - мотоциклисты и пешеходы. Такие цифры приводит Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в своем новом отчете. Во многих регионах эта проблема усугубляется. Пешеходы и велосипедисты также входят в число наименее защищенных групп, на которые приходится 22 и 4% случаев смерти в мире соответственно [1, 2].

В итоге 49% погибших на дорогах не являются автомобилистами. При этом гибель в автокатастрофе остается причиной смерти номер один для людей в возрасте от 15 до 29 лет.

Количество новаторских идей и инновационных технологий, внедряемых в автомобильной сфере с целью сохранить жизни на дорогах, беспрестанно растет. Рассмотрим некоторые из них [ 2].

### Спасательная памятка (rescue sheet)

В последние годы в Европе ведется активная просветительская кампания по внедрению в жизнь автомобилистов так называемых спасательных памяток (по-английски - rescue sheet). Их задача помочь работникам аварийных служб извлекать из попавших в ДТП машин заблокированных в них людей, делая это максимально быстро и безопасно. Тем самым повышая шанс врачей уложиться в правило «золотого часа» - времени, когда жизненно важно оказать первую квалифицированную помощь тяжело пострадавшим.

Rescue sheet представляет собой обыкновенный лист бумаги формата А4 с распечатанной на нем цветной схемой расположения в автомобиле деталей и узлов, представляющих потенциальную опасность. Предназначен он для спасателей, чтобы они при работе на месте аварии ненароком не получили удар током, не перебили газогенератор подушки безопасности или не столкнулись с другими неприятными сюрпризами. Кроме того, памятка точно указывает места, где легче всего разрезать искореженную машину, чтобы без лишних усилий одолеть высокопрочные стальные конструкции. Предварительно заламинированный документ рекомендуется всегда возить с собой, надежно закрепив его под солнцезащитным козырьком со стороны водителя. Одновременно с этим необходимо наклеить на внутренней стороне лобового стекла специальный стикер, оповещающий работников аварийных служб о наличии спасательного листа в машине. Наклейка крепится либо под зеркалом заднего вида, либо в правом верхнем или нижнем углу стекла слева от водителя. Главное, она не должна препятствовать обзору

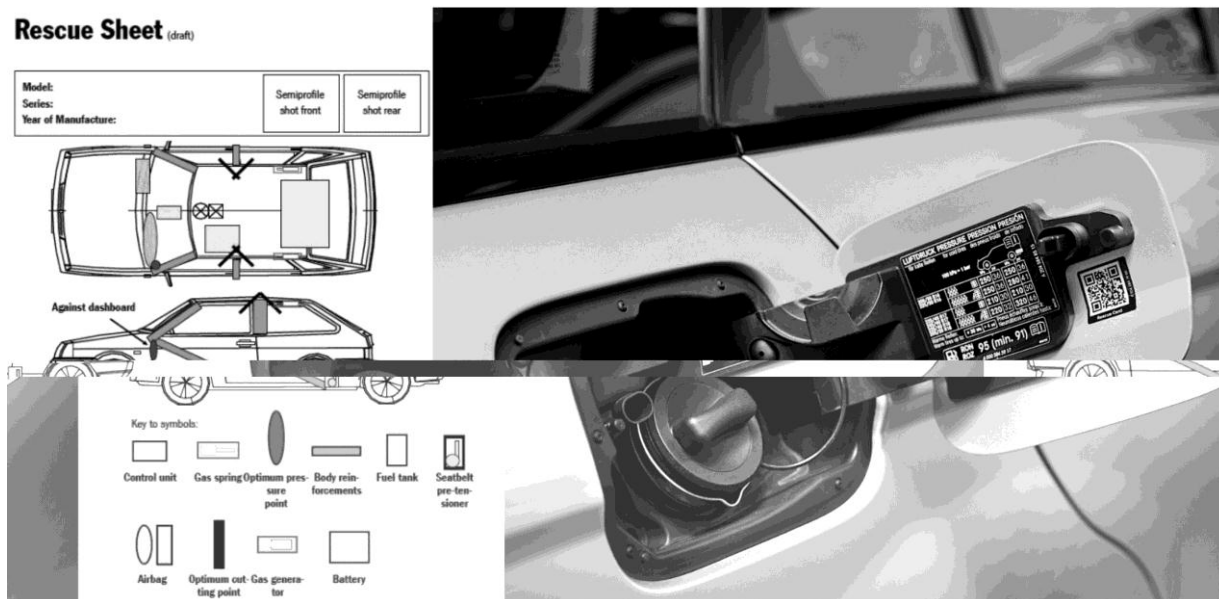


Рисунок 1 – Пример спасательной памятки (rescue sheet) и применения QR-кода для получения информации спасателями

Серьезнее всех к этой проблеме подошел Daimler AG. С 2013 года концерн приступил к выпуску новых автомобилей Mercedes-Benz, предусмотрительно нанося на них QR-код, в котором зашифрована вся необходимая техническая информация для спасателей. Эта маленькая квадратная наклейка крепится к внутренней стороне люка топливного бака и к центральной стойке кузова с противоположной стороны. Для получения спасательных данных достаточно просто навести на нее камеру смартфона или планшета. Немцы не стали патентовать свое изобретение, призывая всех автопроизводителей мира последовать ее примеру и сделать наличие QR-кода в машинах обязательным.

#### «Умный» пешеходный переход

Ежегодно в Испании около 11 тысяч человек становятся жертвами автомобильных наездов, при этом 10 тысяч из них в городской черте. Чтобы побороть эту печальную статистику, на одной из улиц каталонского городка Камбрильс в провинции Таррагона оборудовали необычный пешеходный переход со светодиодной подсветкой, вмонтированной прямо в дорожное покрытие. Стоит приблизиться к нему на определенное расстояние, как датчики давления тут же включают обрамляющие зебру LED-огни, сигнализирующие водителям о необходимости остановиться. Одновременно с этим загораются два знака, обозначающих пешеходный переход. Гаснут они, только когда последний человек покидает опасную зону.

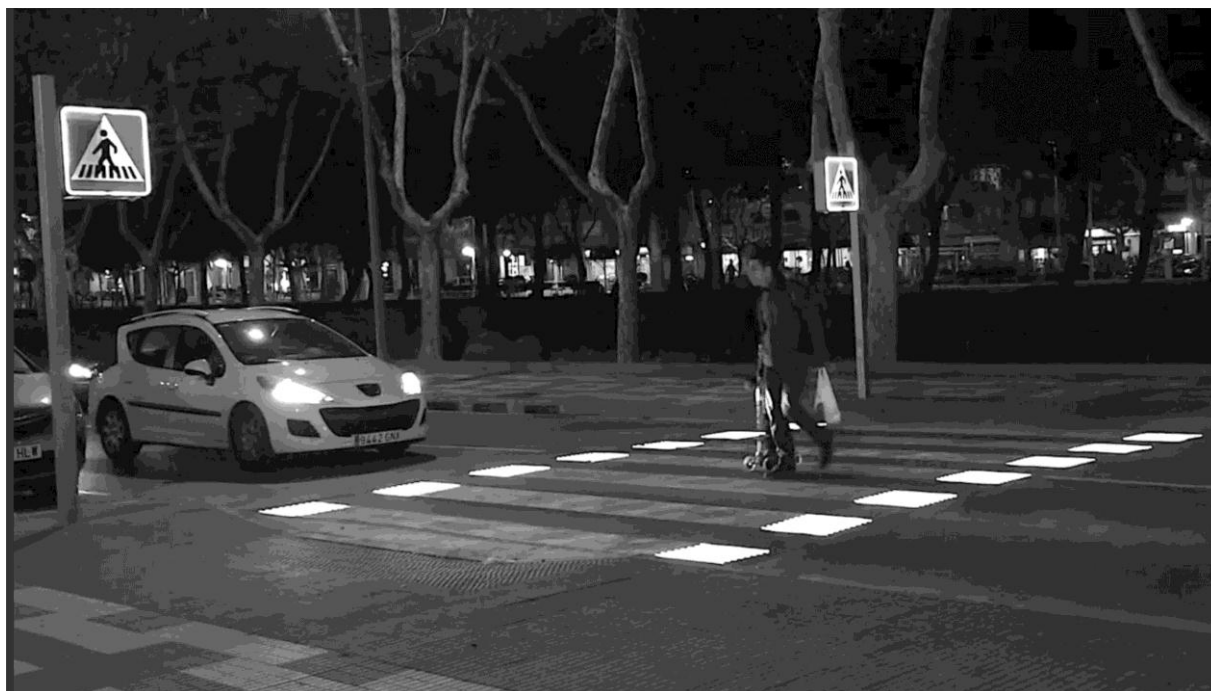


Рисунок 2 – Использование LED-подсветки для пешеходных переходов

Стоимость такой предупреждающей системы колеблется от 9 до 10 тыс. евро, что, конечно, ощутимо для казны государства. Хотя при монтаже во время укладки дорожного полотна ее обустройство обойдется несколько дешевле. По мнению специалистов компании Llumtraffic, разработавших «умную зебру», переход с подсветкой значительно сократит количество наездов на пешеходов в темное время суток. В будущем также планируется оборудовать аналогичными светодиодными огнями крутые повороты, опасные переезды и другие сложные объекты дорожной инфраструктуры.

**Оторвись от мобильного телефона!**

Число зависимых от смартфонов людей растет день ото дня. Даже по городским улицам они умудряются перемещаться, уткнувшись в экраны своих аппаратов. Их страшит лишь одно - потеря связи с виртуальным информационным пространством. И немудрено, что эти люди частенько попадают под колеса автомобилей. Как уберечь их от собственной глупости, а заодно защитить и водителей от встречи с такими неадекватными пешеходами?

Свой способ предложили шведские художники Якоб Сэмплер и Эмиль Тиисман. Они придумали новый дорожный знак, напоминающий пешеходам о необходимости оторвать взгляд от мобильного при пересечении проезжей части. Это знак треугольной формы с красной окантовкой, на желтом поле которого изображены силуэты мужчины и женщины, склонившиеся над телефонами. Новые знаки уже появились на улицах Стокгольма, хотя, по правде говоря, эффективность их довольно сомнительна. Ведь крепятся они довольно высоко над землей, и чтобы заметить их, нужно поднять голову. Скорее всего, они больше призывают к бдительности водителей.



Рисунок 3 – Использование новых дорожных знаков и надписей на дорожном покрытии

А вот в Испании поступили практичнее. Они решили, что раз взгляд зависимых людей постоянно устремлен вниз, то гораздо действеннее размещать предупреждения об опасности прямо на асфальте. Так муниципальные власти города Сан-Себастьян-де-лос-Рейес, расположенного неподалеку от Мадрида, в качестве эксперимента перед некоторыми пешеходными переходами нанесли на дорожное полотно надпись «Не наступай на меня, когда пользуешься мобильником». Все-таки больше шансов, что такой наземный призыв возымеет свое действие.

#### Распознавание усталости водителя

Незаметно накапливающееся из-за длительного пребывания за рулем утомление является одной из частых причин аварий. Водители переоценивают свои физические возможности и вовремя не останавливаются, чтобы передохнуть и восстановить силы. Именно для таких утомленных рулем автомобилистов американская компания Harman International Industries, специализирующаяся на производстве мультимедиа, создала систему, способную распознавать и квалифицировать симптомы усталости водителей по их зрачкам.

Устройство представляет собой видеокамеру, прикрепленную к центру приборной панели, которая в режиме нон-стоп следит за зрачками находящегося за рулем человека. Она контролирует их расширение как признак нарастающей когнитивной нагрузки и, сопоставляя эти данные с сигналами от других систем безопасности автомобиля, на основе сложного алгоритма с помощью специального программного обеспечения определяет наличие усталости и ее степень. Кроме того, она также предупреждает водителя об опасности, когда он пребывает в состоянии чрезмерной эйфории или слишком часто отвлекается от дороги. Бдительная система пока проходит экспериментальную обкатку. Но ее разработчики уверены, что уже в ближайшем будущем она станет неотъемлемой частью серийных автомобилей.

#### Незамерзающая дорога

Ученые из американского Университета Небраски-Линкольна разработали специальный бетон, с помощью электричества расплавляющий на своей поверхности снег и лед без применения химических реагентов. Свои полезные свойства этот материал приобретает за счет стальной стружки и углеродных частиц, составляющих 20% от общего состава бетонной смеси. Прежде всего, необычное покрытие планируют использовать при возведении дорог вокруг сервисных зон в аэропортах, где происходят разгрузка/погрузка багажа, подвоз питания, заправка топлива. Это, по мнению авиационных специалистов, существенно сократит задержки вылетов в зимнее время. Также большие надежды изобретатели возлагают и на использование электропроводящего бетона в автодорожной сфере. В частности, из него уже построили автотрассу через мост Roca Spur Bridge, расположенный в 15 милях южнее города Линкольн.

Ученые утверждают, что дорожное покрытие из нового материала прослужит дольше, чем обычный бетон, так как для его очистки от снега и льда не требуется применение ни соли, ни химических веществ, которые приводят к коррозии и к тому же загрязняют грунтовые воды. Кроме того, затраты на его электроподогрев в несколько раз ниже, чем поддержание его в безопасном для автомобильного движения состоянии за счет традиционных антиобледенителей. Еще одно необычное свойство электропроводящего бетона - он защищает от электромагнитных волн, в том числе радиочастотных волн, излучаемых мобильными телефонами. Происходит это оттого, что при его изготовлении вместо песка и известняка используют минерал под названием магнетит. Такая характерная особенность, по мнению разработчиков, может заинтересовать компании, озабоченные проблемой промышленного шпионажа, или даже спецслужбы.

#### Превентивная диагностика

Компания Bosch, ведущий мировой поставщик автоэлектроники и запчастей, разработала систему дистанционной диагностики неисправностей машин. Создана она, прежде всего, в помощь руководителям транспортных предприятий, существенно упрощая им задачу по эффективному управлению своим автопарком. Ее цель с помощью специального программного обеспечения заблаговременно выявлять любые сбои в работе автомобильных узлов и механизмов, тем самым предупреждая возможные аварии.

Беспроводная телематическая система при поддержке собственного облака IoT непрерывно в режиме реального времени считывает информацию о машине через диагностический порт OBD и отправляет данные и коды ошибок посредством интернета в многоканальную сеть своего call-центра. Служба работает круглосуточно и предлагает помощь на 25 языках мира. А провести ремонтные мероприятия можно в тысячах мастерских сети Bosch по всей Европе.

Внедрение такой разработки, по мнению экспертов, позволит надежнее контролировать техническое состояние транспортных средств и своевременно проводить их надлежащее техобслуживание, чтобы избежать непредвиденных дорогостоящих поломок в дороге, а также предотвратить несчастные случаи, которые они могли бы спровоцировать.

**Выводы.** В ВОЗ уверены, что наибольших успехов в снижении смертности в результате ДТП можно добиться благодаря улучшению законодательства, обеспечению исполнения и повышению безопасности дорог и транспортных средств. Для уменьшения смертности в ДТП также требуется создание современной системы экстренной медицинской помощи при дорожных происшествиях. Как мы видим, актуальность снижения смертности на автодорогах с каждым годом будет только расти. Вместе с этим будет расти и число идей, разработок, инноваций, будут усложняться технологии в стремлении снизить смертность и травматизм участников движения в ДТП на дорогах.

#### *Список литературы*

1. URL:<https://www.zr.ru/> - Загл. с экрана.
2. Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса : материалы IV Международной научно-практической конференции, г. Новокузнецк, 27-29 ноября 2014 г. / отв. ред. к.т.н. С. И. Климашин ; ред. кол. Ю. Е. Воронов [и др.]. – Новокузнецк : Филиал КузГТУ в г. Новокузнецке, 2014. – 439 с.

**S.V. Shevchenko, V.R. Gurova. About current technologies to improve comfort and road safety**

**Annotation.** This article discusses current technologies to improve comfort and road safety

**Keywords.** Road safety, traffic accident, innovative technologies, traffic participant, motor vehicle, road



УДК 656.01

*Ткачева Я.С., зав. кафедрой автомобильного транспорта, канд. экон. наук, доц.,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Майкопский государственный технологический университет»  
Шапалова Н.Г., доцент кафедры автомобильного транспорта, канд. экон. наук, доц.,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Майкопский государственный технологический университет»  
Бжентхалова И.М., преподаватель, Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный  
технологический университет»*

### **КИКШЕРИНГ, КАК ЭЛЕМЕНТ ДОСУГА В ТУРИСТКО-РЕКРЕАЦИОННОМ КОМПЛЕКСЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ)**

*Аннотация.* В статье рассматривается вопрос открытия пункта проката электрического транспорта в городе Майкопе. Это будет развлекательным заведением, которое покажет гражданам преимущество электрического транспорта над остальными и способствует популяризации данного вида транспорта и преимуществ «совместного владения». Рассмотрены мировые тенденции в данном направлении и перспективные варианты проката самокатов и бизнес-идеи.

*Ключевые слова:* кикшеринг, электросамокат, бизнес-идея, Республика Адыгея, прокат.

Деловая и экономическая активность в городах растёт с каждым годом, что служит мощным толчком для повышения уровня жизни горожан, и всего населения Земли в целом. В городах, в которых работает большое количество инновационных компаний, транспортная система играет самую важную роль. С каждым годом меняются подходы к городской мобильности, ведь горожане нуждаются в более качественном транспортном сервисе. За последние несколько лет в наиболее развитых городах стали появляться сервисы облачного проката электросамокатов. Однако сегодня в Москве наблюдается спрос на данный сервис в рекреационных целях, но не для повседневных поездок. Многие пользователи сервисов кикшеринга считают, что повседневные поездки на электросамокатах невозможны. Именно поэтому рассматриваемую проблему можно считать актуальной.

С начала 2000-х годов отмечается появление шеринговых центров и развитие экономики совместного пользования или долевого участия в пользовании благом за определенную сумму (но без права владения этим благом), то есть шеринг-экономики [15]. За последнее десятилетие шеринг стал одной из основных идей, изменивших представление о потреблении.

В экономике совместного потребления отмечаются несколько иные ориентиры потребительского поведения [2]. Коллективное использование товаров и услуг позволяет наиболее эффективно расходовать ресурсы, затрачиваемые на производство материальных благ. При этом, арендная плата за продукт является наиболее доступной, в отличие от полного владения тем же продуктом. Модель совместного потребления, или же шеринга, широко внедряется в различных сферах бизнеса, в том числе в транспортной сфере. Во многих мегаполисах сегодня можно воспользоваться каршерингом, прокатом велосипедов и электросамокатов.

Подобные сервисы открывают новые возможности для городской мобильности. По сути, они являются более комфортным транспортом «последней мили» - транспортом для

совершения небольших поездок от станций скоростного внеуличного транспорта до конкретных пунктов назначения.

Кикшеринг можно считать наиболее инновационной системой краткосрочной аренды транспортных средств, в отличие от каршеринга или байкшеринга. Массовое использование электросамокатов в качестве городского транспорта началось сравнительно недавно. Сервисы проката электросамокатов впервые появились в США в 2017 году. Запрос на недорогое и комфортное перемещение с использованием электросамокатов был настолько велик, что к 2018 году компания Bird, которая впервые запустила кикшеринг в Санта-Монике в Калифорнии, оценивалась в \$2 миллиарда [3]. На рынке проката электросамокатов довольно скоро появились новые игроки, такие как Spin, Jump и Skip. Повышенный интерес к кикшерингу позволил привлечь значительные инвестиции в данные компании.

В России сервисы проката электросамокатов появились в 2018 году. Сегодня арендовать электросамокаты можно в более чем 30 городах. Наибольшим спросом пользуются электросамокаты таких компаний, как Whoosh, Urent, Molnia и другие [4]. Первым отечественным сервисом проката электросамокатов стал «Делимобиль».

Прокат электросамокатов за последние несколько лет стал настоящим трендом. Интересно, что первооткрывателем этого бизнеса был предприниматель из России Василий Быков, зарегистрировавший в 2015 году компанию Samocat Sharing. В 2016 году у его компании уже была на руках первая рабочая версия самокатной станции. Сама же идея уже витала в воздухе по всему миру и в 2016 году студентами в Сингапуре был создан подобный стартап под названием Telepod. Но мощным толчком в развитии индустрии стал успешный стартап бывшего топ-менеджера Uber Трэвиса Вандерзанена. Он покинул свой пост в 2016 году из-за подозрения в промышленном шпионаже, а спустя год запустил станцию аренды самокатов в Санта-Монике под брендом Bird, являющегося сегодня одним из самых крупных провайдеров по прокату самокатов в мире.

Несмотря на множество предложений в этой сфере, всё же остаются перспективные варианты проката самокатов и бизнес-идеи, способные принести прибыль. Например:

- организовать аренду в городах на периферии страны, куда не успели добраться ритейлеры;
- запустить транспортный сервис для детей;
- реализовать прокат необычного электротранспорта - с удобным сидением, большими колёсами, подсветкой.

Открываться лучше всего в крупных парках, неподалёку от достопримечательностей, мест отдыха. Можно работать без приложения - многие опасаются или не умеют пользоваться онлайн-платежами, однако с удовольствием возьмут транспорт за наличные.

Параллельно с бизнесом по прокату электросамокатов некоторые предприниматели предлагают клиентам дополнительные услуги - покупку, ремонт, покраску. Для выбора успешной идеи важно тщательно проанализировать рынок и запросы аудитории.

Кикшеринг представляет собой систему предоставления самокатов или электросамокатов в краткосрочную аренду. Услуга стала очень популярна в последние годы. Электросамокат можно арендовать с поминутной оплатой.

Причины по которым люди выбирают кикшеринг:

1. Удобство - электросамокат легко объезжает все пробки, при необходимости можно ускориться на пешеходных улицах.
2. Лёгкость в использовании - для того чтобы поехать нужно встать одной ногой на платформу, оттолкнуться другой и нажать на рычаг газа на руле.
3. Экономия сил и времени - ехать всегда проще, чем идти.
4. Быстрая аренда - регистрация в приложении занимает 2 минуты.
5. Комфорт - не нужно прилагать лишних усилий, самокат едет сам.

По информации «Трушеринг», на сегодняшний день российский рынок кикшеринга состоит из 90 тысяч самокатов, 40 приложений и 10 миллионов человек. В 2023 году в

России было 30 тысяч самокатов, а к концу 2024 ожидается 130 тысяч, поделился представитель кикшеринга Urent. По его словам, рынок вырастет минимум в 4 раза. Если измерять ёмкость рынка в деньгах, то это 10 миллиардов в этом году и 25 в потенциале.

Кикшеринг набирает популярность по следующим причинам:

1. Быстрое открытие бизнеса (от пары недель до пары месяцев);
2. Небольшой финансовый стартап;
3. Несложная логистика;
4. Быстрая окупаемость проекта;
5. Не нужны затраты для обучения персонала.
6. Финансовая сторона кикшеринга

Стоимость проката самокатов довольно разная, её устанавливают сами организаторы. В среднем по России 30 минут аренды стоят от 150 до 200 руб. За это время можно преодолеть расстояние до 500 метров, а полностью заряженный самокат способен проехать 30 километров. В день можно покатасть до 30 человек при стопроцентной зарядке. Доход выходит около 6 тысяч рублей. А в месяц доход может доходить до 200 тысяч рублей. И это только от одного самоката. Чем больше электросамокатов будет в аренде, тем выше будет доход.

На сегодня наиболее известные сервисы кикшеринга в России: Whoosh, «Карусель», Urent, E-Motion, Lite, Eleven, Molnia, toGO, Busy-Fly, «ПоПути» и др. По различным оценкам Whoosh и Urent занимают около 80% всего рынка.

Чтобы уверенно запустить свой бизнес в городе, население которого составляет до 150 тыс. человек, понадобится примерно 50-100 самокатов. На их приобретение и оснащение придется потратиться от 100 тыс. долларов или 6 млн руб.

Большую часть дополнительных расходов составляет разработка программного обеспечения. Она расходует десятки миллионов рублей и требует много времени, поделился директор по инвестициям «Карусели» Сергей Четвериков. При запуске франшизы такой необходимости нет, т.к. можно пользоваться софтом партнёра.

Например, франшиза Urent обещает окупиться в течение одного сезона при вложениях 4,5 млн руб. на покупку 300 самокатов недорогой модели. В ответ франчайзи должен отчислять комиссию 9-15% со всех платежей.

Если воспользоваться франшизой «Карусели», то первоначальные вложения составляют 3,6 млн руб. на 150 самокатов. Окупается данная франшиза в течение 7 месяцев, то есть за один сезон. За пользование сервисом франчайзи платит комиссию 15%.

Уровень конкуренции в этой сфере напрямую зависит от размера локального рынка. По подсчётам Четверикова, самая сильная конкуренция в Сочи: там 13 операторов, в Москве в своё время только 9. Сооснователь Urent Андрей Азаров предполагает, что рынок столицы может вырасти до 100 тыс. электросамокатов, на данный момент их около 30 тыс. Перспективными считаются также следующие города: Иркутск, Красноярск, Кемерово, Владивосток, Томск, Саратов и Оренбург, исходит из предположения франшизы Urent.

Сложности бизнеса. Прокат электросамокатов, как и любой бизнес, имеет свои нюансы. Исходя из расположения сервиса необходимо учитывать качество дорожного покрытия, погодные условия, юридические требования и запреты к эксплуатации оборудования, наличие велодорожек и т.д.

Особенности бизнес-проекта: Сезонность. На Юге, Краснодаре и Сочи сезон прокатов длится круглый год. В средней полосе - 7 месяцев.

Техническое оборудование. Станция проката нуждается в перезагрузке, мелком ремонте, очистке самокатов. Эту роль исполняют франчайзи. Он пользуется услугами уже существующим сервисом обслуживания или может создать свой, зарабатывая при этом до 20% от выручки на обслуживании партнёров.

Обслуживание клиентов. Станция полностью автоматизирована, на ней нет кнопок или экранов. Клиент взаимодействует с системой через приложение. Благодаря системе Samocat Cloud легко обеспечивается до 100 тысяч поездок одновременно.

Вандализм - если станция находится на улице, то есть риск столкнуться с вандалами. В закрытых помещениях такой риск минимальный.

Чтобы взять в аренду самокат, нужно скачать соответствующее приложение в Google Play или App Store. Далее необходимо привязать банковскую карту и отсканировать QR-код на самокате, чтобы разблокировать замок, который необходим, чтобы самокат не украли.

Оплата аренды производится за фактическое время использования транспортного средства. Это может быть поминутная, получасовая или почасовая оплата, а так же пройденные километры. Когда поездка закончится с карты спишут сумму денег за поездку. Зарядки самоката хватает, как правило, на 12-15 часов движения.

Одни используют самокаты, как развлечение, другие же как один из способов передвижения по городу, но статистика показывает следующие, что электросамокаты оказывают негативные последствия для общества – это большое количество ДТП, возгорание электросистемы и другие последствия и это делает кикшеринг не безопасным для общества и является большой проблемой для городской системы общественного транспорта.

На данный момент рынок кикшеринга в России – быстрорастущий, очень популярный и актуальный. Но смотря на все негативные последствия он требует более безопасного подхода для общества. В 2021 году он взлетел на 200% - 230% и оценивается в 12 млрд рублей.

По прогнозам экспертов, к 2024 году рынок кикшеринга в России вырастет в 3 - 4 раза - до 30 - 40 млрд рублей. Количество пользователей тоже увеличится - до 40 - 50 млн человек. Они будут совершать примерно 230 млн поездок в год.

Предлагается разработанный маршрут для арендованных электросамокатов по территории зоны отдыха. За территорию зоны отдыха была взята гора Мэздах по территории зоны отдыха передвижение людей будет осуществлять только на электросамокатах по круговому движению, там будут оборудованы зоны отдыха, остановки, смотровые площадки на г. Майкоп и фото зоны, по всему периметру зоны отдыха будут расположены тревожные кнопки и видеонаблюдение, в случае не исправности электросамоката или других причин, при нажатии на тревожную кнопку на место происшествия выезжает группа специалистов.

Пункт проката предлагается изготовить по всем современным технологиям. Пункт проката будет разбит на несколько основных частей - офисную и обслуживающую. В офисной части располагаются директор, бухгалтер, менеджер и диспетчеры и охрана. Здесь же осуществляется работа с клиентами.

В обслуживающей части производится ремонт, обслуживание и зарядка электротранспорта. Кроме того, здесь же хранится автомобиль, который доставляет на места проката заряженные электросамокаты и привозит разряженные.

Кикшеринг, применить не только в туристско-рекреационном комплексе Республики Адыгея, и в других регионах России, где можно использовать в качестве транспорта не только электросамокаты, но и электробагги, а в зимний период можно переходить на другой вид транспорта например лыжи.

### Список литературы:

1. Санатов, Д.В. Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России: экспертно-аналитический доклад / Д.В. Санатов, А.М. Абакумов, А.Ю. Айдемиров [и др.]; под ред. А.И. Боровкова, В.Н. Княгинина. - СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. - 44 с. 5. Slowik P. Automation in the long haul: Challenges and opportunities of autonomous heavyduty trucking in the United States / P. Slowik, B. Sharpe // The international

council on clean transportation. — 2018. — URL: [https://theicct.org/sites/default/files/publications/Automation\\_longhaul\\_WorkingPaper-06\\_20180328.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/Automation_longhaul_WorkingPaper-06_20180328.pdf).

2. Кашкаров, А. П. Современные электромобили. Устройство, отличия, выбор для российских дорог : практическое руководство / А. П. Кашкаров. - Москва : ДМК Пресс, 2018. - 92 с. - ISBN 978-5-97060-568-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1908705>

3. Бегиашвили А. Московский каршеринг стал мировым лидером по автопарку. URL: <https://truesharing.ru/tp/19274/>

**Tkacheva Ya.S., Shapovalova N.G., Bzhenthalova I.M. Kicksharing as an element of leisure in a tourist and recreational complex (on the example of the Republic of Adygea)**

**Annotation.** The article discusses the issue of opening an electric vehicle rental point in the city of Maykop. It will be an entertainment facility that will show citizens the advantage of electric transport over others and promote the popularization of this type of transport and the benefits of "shared ownership". The world trends in this direction and promising options for scooter rental and business ideas are considered

**Keywords:** kicksharing, electric scooter, business idea, Republic of Adygea, rental

УДК 629.424.1:621.319.4

*Ю.В. Прилепский, к.т.н., доцент, Донецкая академия транспорта;*  
*Л.В. Целуйко, ассистент каф. «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей» ФГБОУ*  
*ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»*  
*Е.И. Стародубцева, студ. гр. 1-АТР-22Мз, Донецкая академия транспорта;*  
*А.И. Гуртовенко, студ. гр. 1-АТР-22Мз, Донецкая академия транспорта*

## **УЛУЧШЕНИЕ СИСТЕМЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЗА СЧЕТ ЧАСТОТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛА**

**Аннотация.** Техническое состояние энергетической установки любого транспортного средства в значительной мере определяет эффективность его эксплуатации. Все это в полной мере касается автотранспортных средств, оснащенных поршневыми двигателями внутреннего сгорания. Данная работа посвящена разработке бортовой системы вибродиагностики поршневых ДВС для прогнозирования их технического состояния на последующие периоды эксплуатации

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, вибродиагностика, частотное разделение вибросигнала

### **Постановка задачи.**

Объектом исследования является диагностическое оборудование транспортных систем с использованием системы фиксации и анализа упругих колебаний, генерируемых работающим поршневым двигателем внутреннего сгорания. Целью работы является совершенствование методов и аппаратного обеспечения диагностики ДВС АТС с помощью анализа упругих колебаний для выявления отклонений в работе двигателя и определения сроков ремонтов механизмов и агрегатов ДВС на последующие периоды.

В Донецкой академии транспорта проводятся работы по совершенствованию бортовой системы вибродиагностики, которая позволяет оценить техническое состояние двигателей внутреннего сгорания, его изменение в процессе эксплуатации автотранспортного средства. Такой подход предоставляет возможность планировать сроки технического обслуживания и ремонтов энергетических установок автотранспортных средств по выработанным критериям и сократить затраты на их проведение.

### **Основная часть**

Анализ литературы по вибродиагностике ДВС позволил выделить типовой сигнал от двигателя (см. рисунок 1), представляющий упругие колебания примерно одинаковой частоты с изменяющейся в пределах цикла амплитудой.

Как следует из приведенных материалов, виброколебания, генерируемые работающим ДВС, можно наблюдать и фиксировать с помощью датчиков:

- датчики перемещения;
- датчики скорости (велосиметры);
- датчики ускорения (акселерометры).

С точки зрения информативности предпочтение следует отдать датчикам ускорения, так как колебательные процессы проще и точнее всего зафиксировать именно динамичными датчиками.

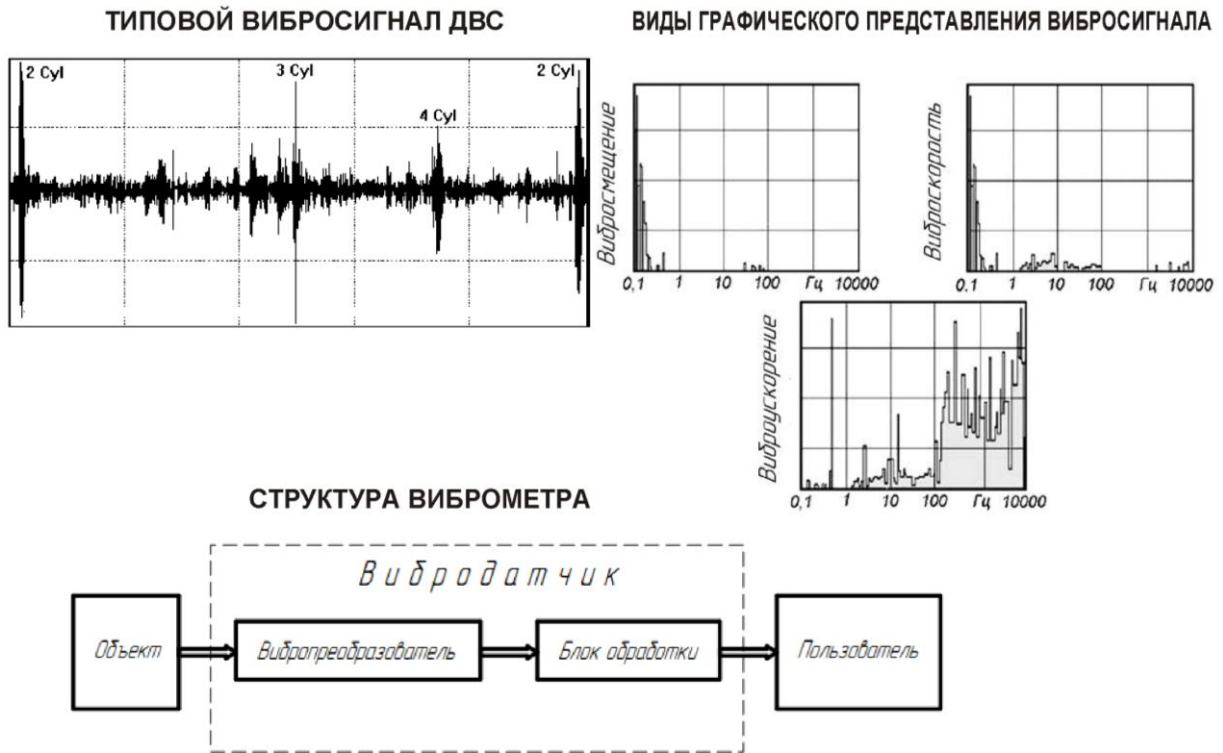
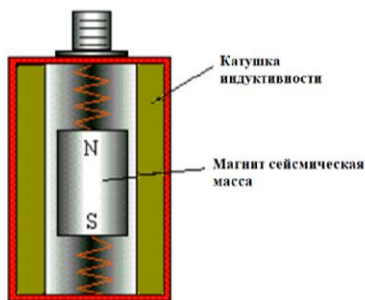


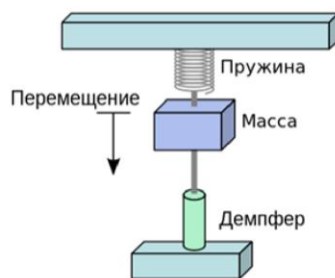
Рисунок 1 – Типовая форма вибросигнала от ДВС и структура виброметра

По конструкции и сложности датчики также существенно отличаются друг от друга в пределах даже одного типа (см. рисунок 2).

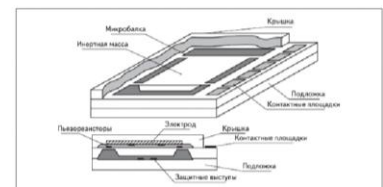
**ДАТЧИК ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И СКОРОСТИ**



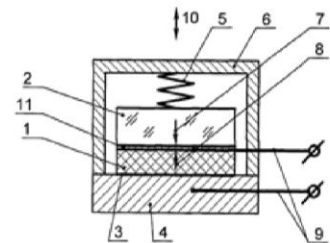
**ПРОСТЕЙШАЯ СХЕМА ДАТЧИКА УСКОРЕНИЯ (АКСЕЛЕРОМЕТРА)**



**Пьезорезистивный акселерометр**

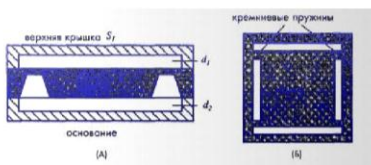


**Пьезоэлектрический акселерометр**



**ОСНОВНЫЕ ТИПЫ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ**

**Емкостной акселерометр**



**Пьезорезистивный акселерометр**

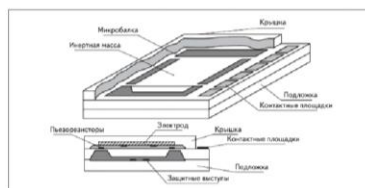


Рисунок 2 – Конструкции вибродатчиков

После анализа технических характеристик датчиков выбор остановили на пьезоэлектрических акселерометрах. Дополнительным преимуществом пьезоэлектрических акселерометров является отсутствие необходимости во внешнем электропитании, поскольку датчики вырабатывают собственное ЭДС, амплитуда которой зависит от величины ускорения в данный момент.

Для экспериментов были использованы 2 типа акселерометров: датчик 18.3855 и датчик Д14.507 (см. рисунок 3). Акселерометр 18.3855 широко используется в автомобилестроении в качестве датчика детонации, а датчик Д14.507 – в схемах шахтной автоматики.



Рисунок 3 – Вибродатчики, выбранные для исследований

Исследования проводили в 3 этапа. На первом этапе осуществляли сравнительную оценку работы датчиков на импровизированном источнике колебаний (настольное электроточило со смещенным центром тяжести на абразивном диске) (см. рисунок 4). Этот этап посвящен опробованию выбранных датчиков с целью дальнейшего их использования в экспериментах

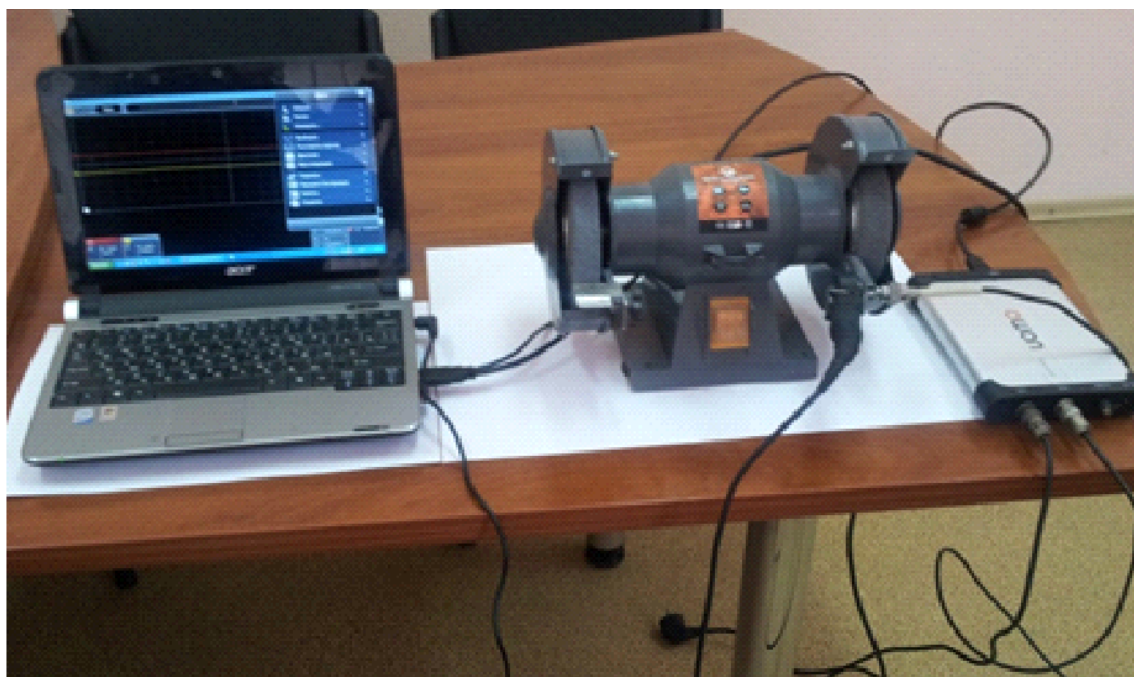


Рисунок 4 – Измерительный комплекс с имитатором вибрации

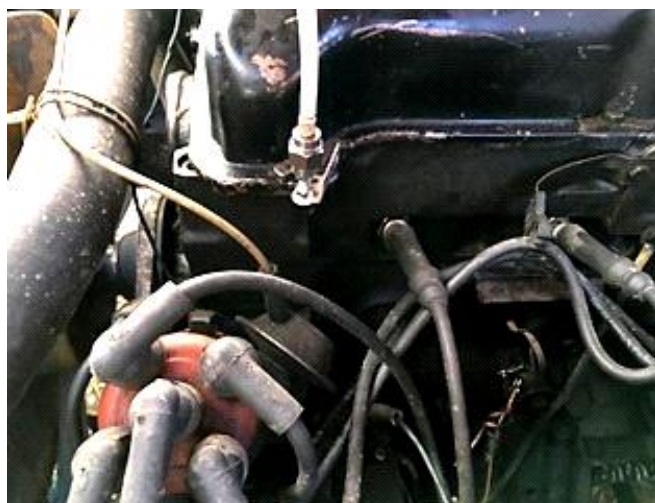


На втором этапе исследования проводили на работающем стендовом (на бетонном фундаменте) рядном 6-ти цилиндровом дизельном двигателе внутреннего сгорания К461М1. Вибродатчик закреплялся на головке блока цилиндров возле 1-го цилиндра (см. рисунок 5).



Рисунок 5 – Вибродатчик, закрепленный на головке блока цилиндров дизельного ДВС К461М1

На третьем этапе эксперименты проводили на автомобильном рядном 4-х цилиндровом бензиновом двигателе внутреннего сгорания GM20E (см. рисунок 6).



а)



б)

Рисунок 6 – закрепление вибродатчиков Д14.507 (а) и 18.3855 (б) на головке блока цилиндров ДВС GM20E

Для метрологического обеспечения экспериментов использовали осциллографы (см. рисунок 7):

- электронно-лучевой двухканальный осциллограф С-1-79 (для наблюдения вибросигнала);

- цифровой двухканальный USB осциллограф «Disco 2» (для наблюдения и записи вибросигнала при работе с дизельным ДВС);
- цифровой двухканальный USB осциллограф «OWON» (для наблюдения и записи вибросигнала при работе с бензиновым ДВС).



Рисунок 7 – Электронно-лучевой (а) и цифровые (б и в) осциллографы, использованные в экспериментах

Типовая осциллограмма вибросигнала, записанная от работающего ДВС K461M1 представлена на рисунке 8.

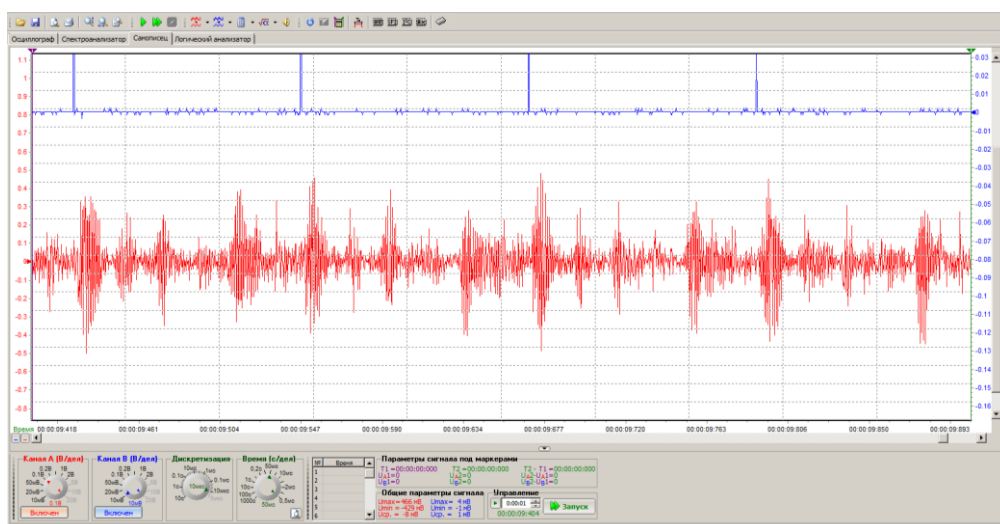


Рисунок 8 - Вид осциллограммы вибросигнала и сигнала положения поршня первого цилиндра в верхней мертвой точке в начале рабочего хода при частоте вращения коленчатого вала 1000 об/мин

После обработки осциллограммы по 30 последовательным циклам для 1-го цилиндра получены показатели стабильности амплитуды вибросигнала в условиях установившегося режима работы ДВС (см. таблицу 1).

Как следует из приведенных результатов, процессы, протекающие в ДВС и значения амплитуды упругих колебаний, вызванных этими процессами, отличаются довольно высокими показателями стабильности и могут быть использованы в качестве количественных критериев работы ДВС

Таблица 1 – Показатели стабильности вибросигнала для 1-го цилиндра в установившемся режиме работы ДВС К461М1

Текущие величины сигнала вибродатчика, $U_m$ , В				
0,87	0,82	0,91	0,84	0,92
0,88	0,94	0,93	0,95	0,97
0,94	0,88	0,90	0,85	0,92
0,90	0,93	0,91	1,01	0,91
0,84	1,00	0,89	0,90	0,96
0,85	0,98	0,95	1,00	0,94
Показатели стабильности вибросигнала				
$\bar{U} = \frac{\sum U_m}{n} = \mathbf{0,92}$		$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (U_m - \bar{U})^2} = \mathbf{0,049}$		

Кроме того, исследовали:

- влияние частоты вращения коленчатого вала на амплитуду вибросигнала от 1-го цилиндра (см. рисунок 9);
- влияние удаленности цилиндра от вибродатчика на амплитуду вибросигнала на частоте вращения коленвала 1000 об/мин с учетом порядка работы цилиндров в ДВС К461М1: 1-5-3-6-2-4 (см. рисунок 10);
- влияние нагрузки на выходе коленвала ДВС на величину вибросигнала от 1-го цилиндра на частоте вращения коленвала 1000 об/мин (см. рисунок 11). В качестве нагрузки использовали генератор ЕСС5-93-4У2 с реостатной ванной.

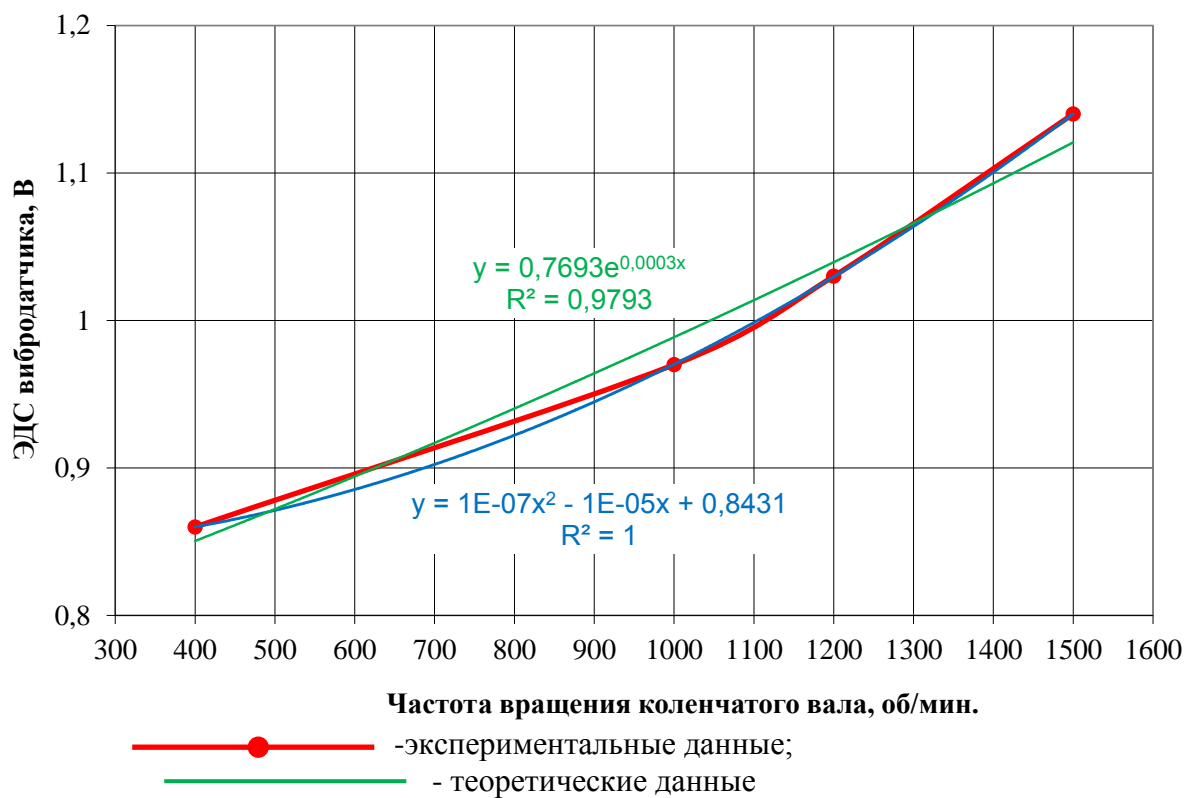


Рисунок 9 – Изменение амплитуды вибросигнала 1-го цилиндра от частоты вращения коленчатого вала ДВС

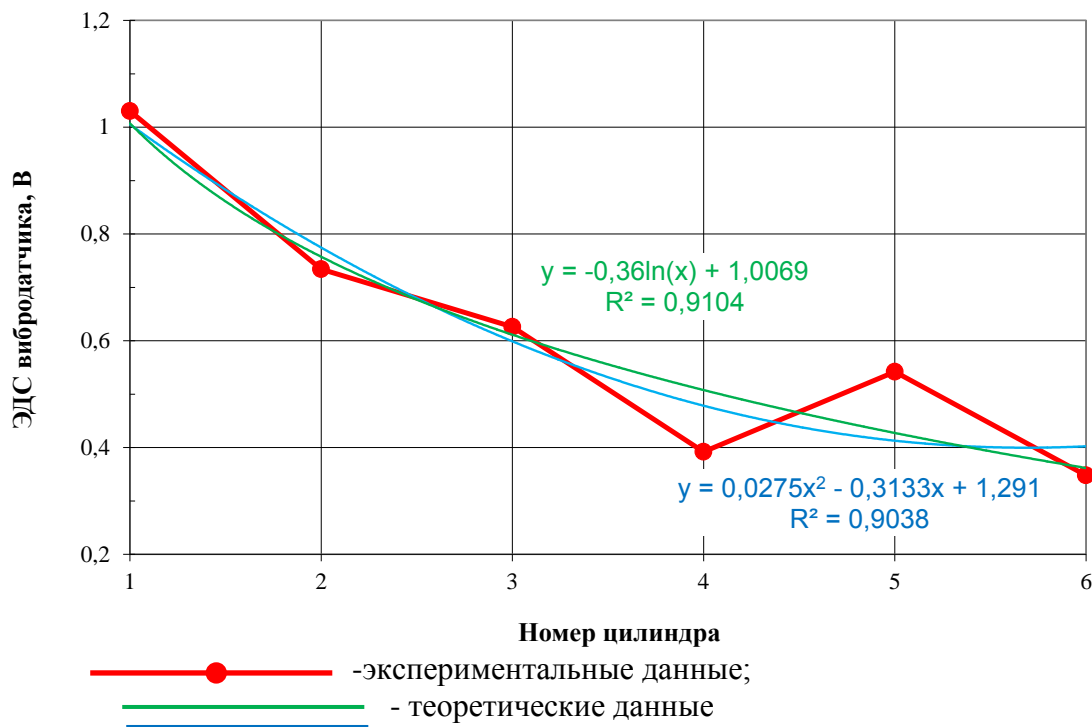


Рисунок 10 – Значения амплитуды вибросигнала по цилиндрам ДВС К461М1 на частоте вращения 1000 об/мин

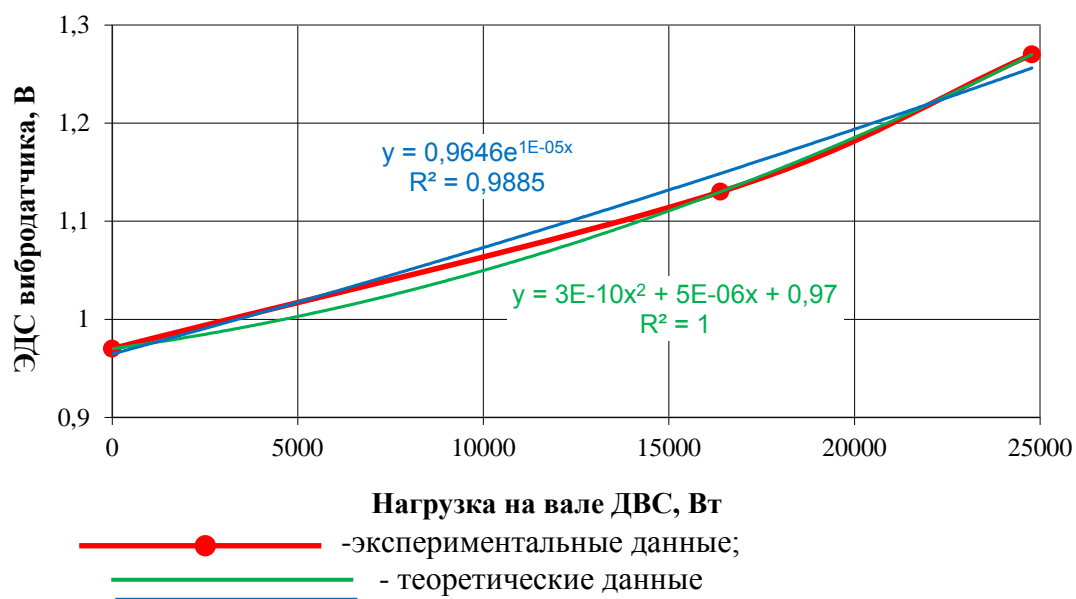


Рисунок 11 – Значения амплитуды вибросигнала по цилиндрам ДВС К461М1 на частоте вращения 1000 об/мин

Оценку приемлемости результатов полученных математических зависимостей осуществляли на основе коэффициента детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sigma^2}{\sigma_y^2}, \quad (1)$$

где  $\sigma^2$  - дисперсия случайной ошибки модели.

В результате получены и выбраны следующие формульные выражения графических зависимостей:

- величины амплитуды вибросигнала 1-го цилиндра от частоты вращения коленвала:

$$\text{ЭДС} = 10^{-7} n^2 - 10^{-5} n + 0,8431, \quad (2)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вал, об/мин.

- величины амплитуды вибросигнала от удаленности цилиндра от вибродатчика:

$$\text{ЭДС} = -0,36 \cdot \ln N + 1,0069, \quad (3)$$

где  $N$  – порядковый номер цилиндра.

- величины амплитуды вибросигнала от нагрузки на выходе коленвала ДВС:

$$\text{ЭДС} = 3 \cdot 10^{-10} \cdot P_M^2 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot P_M + 0,97, \quad (4)$$

где  $P_M$  - мощность нагрузки на вале двигателя внутреннего сгорания, Вт.

Как следует из приведенных результатов, определены зависимости амплитуды вибросигнала от основных параметров работы дизельного поршневого двигателя внутреннего сгорания и показана принципиальная возможность одним вибродатчиком осуществлять контроль качества работы цилиндров в многоцилиндровых ДВС.

На третьем этапе эксперименты проводили на на автомобильном рядном 4-х цилиндровом бензиновом двигателе внутреннего сгорания GM20E с последовательностью работы цилиндров: 1-3-4-2.

Полученные осциллограммы вибросигнала при различных режимах работы ДВС представлены на рисунке 12.

Как следует из приведенных осциллограмм, в общем сигнале на всех частотах вращения коленчатого вала четко выявляются две составляющие: низкочастотная от колебаний двигателя внутреннего сгорания на упругих опорах и высокочастотная составляющая, которая отображает процессы, происходящие в цилиндрах ДВС. Для анализа обоих процессов их с помощью программного обеспечения разделяли на низкочастотную составляющую и высокочастотную составляющую. Такой подход приемлем только на стадии исследования процесса и абсолютно непригоден в процессе диагностики ДВС и его управления из-за длительности и трудоемкости.

На основе записанных осциллограмм исследованы влияния технологических параметров на характеристики вибросигнала:

- стабильность амплитуды вибросигнала в пределах последовательных циклов работы на установившемся режиме работы ДВС GM20E № 0203957.

- влияние удаленности цилиндра от вибродатчика на амплитуду вибросигнала;

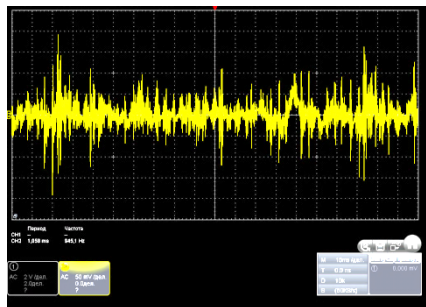
- влияние скорости вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания на амплитуду вибросигнала.

Как следует из приведенных осциллограмм вибросигнала, оба вибродатчика в достаточно полной мере реагируют на упругие колебания, генерируемые ДВС. Вместе с тем, характер восприятия упругих колебаний датчиками имеет существенные отличия.

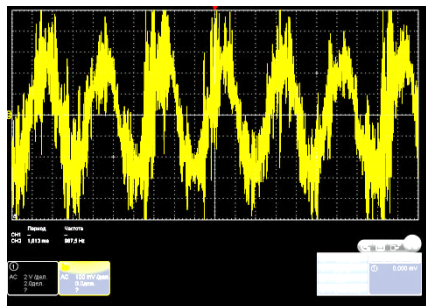
Так, датчик 18.3855 оказался более чувствительным в широком частотном диапазоне колебаний вибросигнала, ввиду чего и с учетом его распространенности в дальнейших исследованиях решено использовать именно его.



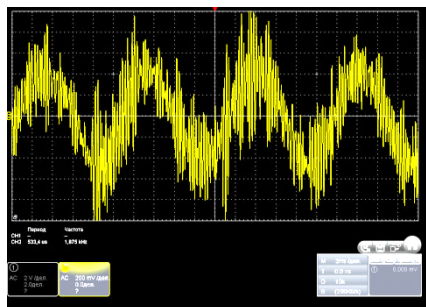
Датчики: 18.3855



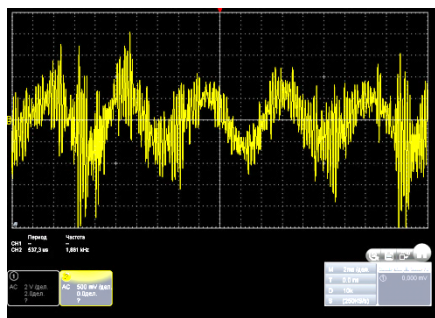
500 мВ/дел.; 10 мс/дел



1 В/дел.; 5 мс/дел

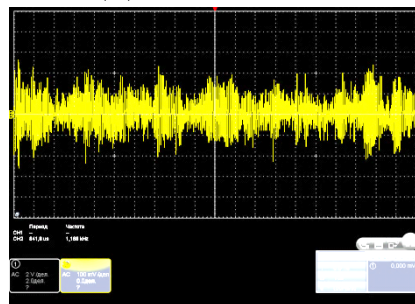


2 В/дел.; 2 мс/дел

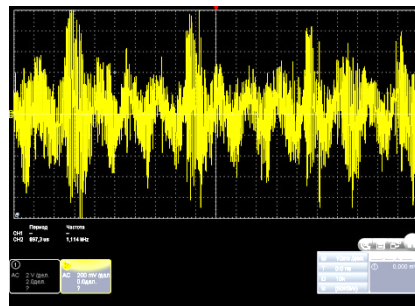


5 В/дел.; 2 мс/дел

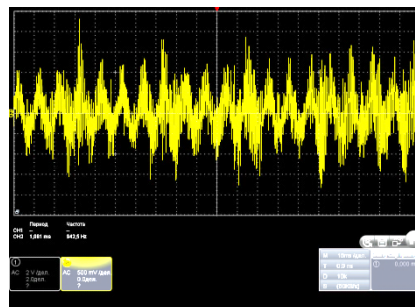
Д14.507



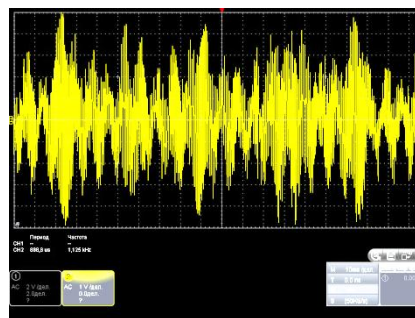
0,1 В/дел.; 10 мс/дел



0,2 В/дел.; 10 мс/дел



0,5 В/дел.; 10 мс/дел



10 В/дел.; 10 мс/дел

а)

б)

в)

г)

а) – 980 об/мин.; б) – 2000 об/мин.; в) – 3000 об/мин.; г) – 4000 об/мин.

Рисунок 12 – Осциллограммы вибросигналов ДВС GM20E

Оценка амплитуды вибросигнала осуществлялась по высокочастотной составляющей, при этом, оценивался ее амплитудный размах от среднего значения.

Стабильность амплитуды оценивали по 10 последовательным циклам, по их значениям для первого цилиндра. Первый цилиндр, находящийся рядом с закрепленным на

головке блока цилиндров вибродатчиком, генерирует вибросигнал с наибольшей амплитудой на записанной осциллограмме. Результаты оценки стабильности амплитуды вибросигнала приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты замеров размаха амплитуды вибросигнала датчика 18.3855 от первого цилиндра при частоте вращения коленчатого вала 980 об/мин

Текущие величины сигнала вибродатчика, $U_m$ , В	
3,18	3,06
3,12	3,14
2,93	3,08
3,03	3,1
3,11	3,13
Показатели стабильности вибросигнала	
$\bar{U} = \frac{\sum U_m}{n} = 3,088$	$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (U_m - \bar{U})^2} = 0,0697$

Зависимость амплитуды вибросигнала для 1-го цилиндра от частоты вращения коленвала представлена на рисунке 13.

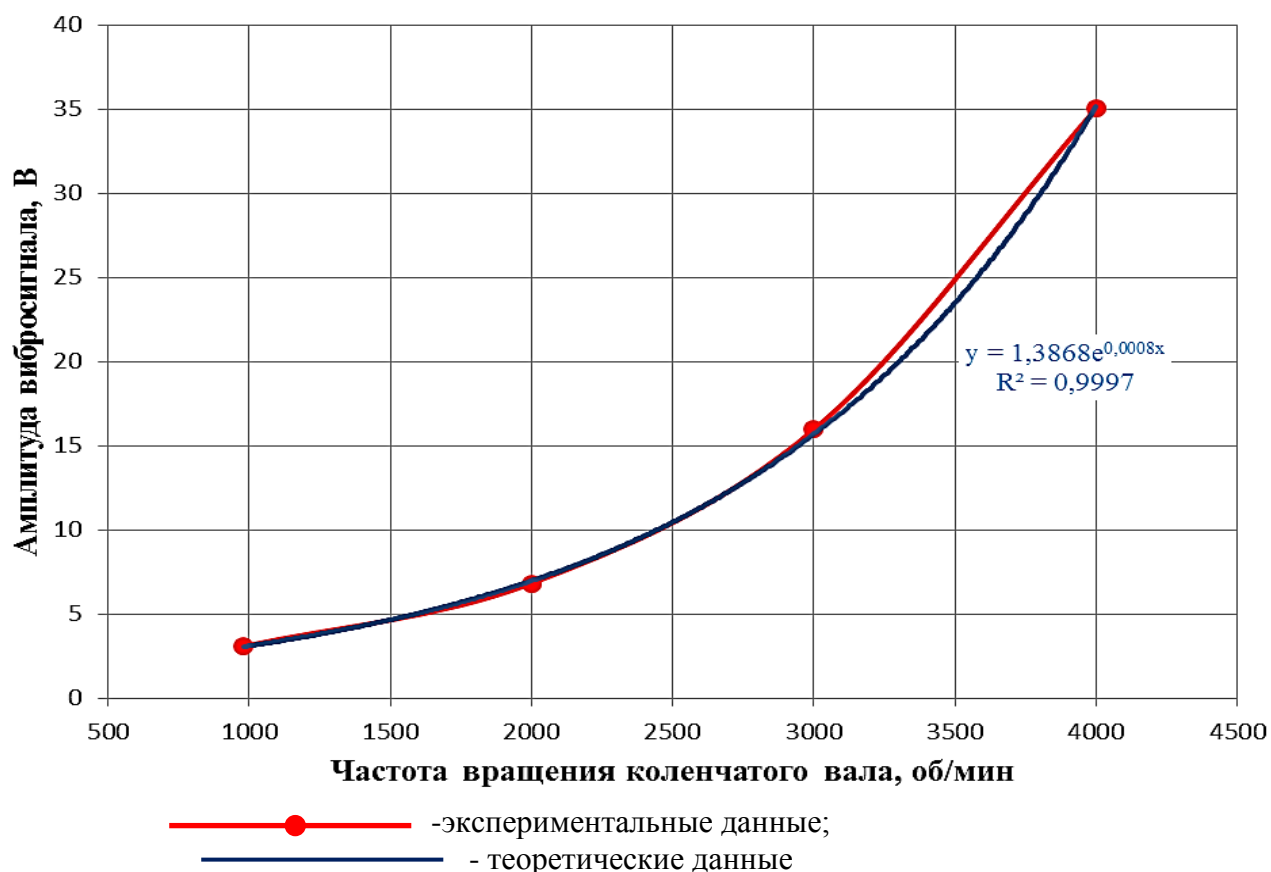


Рисунок 13 – Зависимость амплитуды вибросигнала от частоты вращения коленчатого вала

Влияние удаленности цилиндра от вибродатчика на амплитуду вибросигнала представлено в графическом виде на рисунке 14.

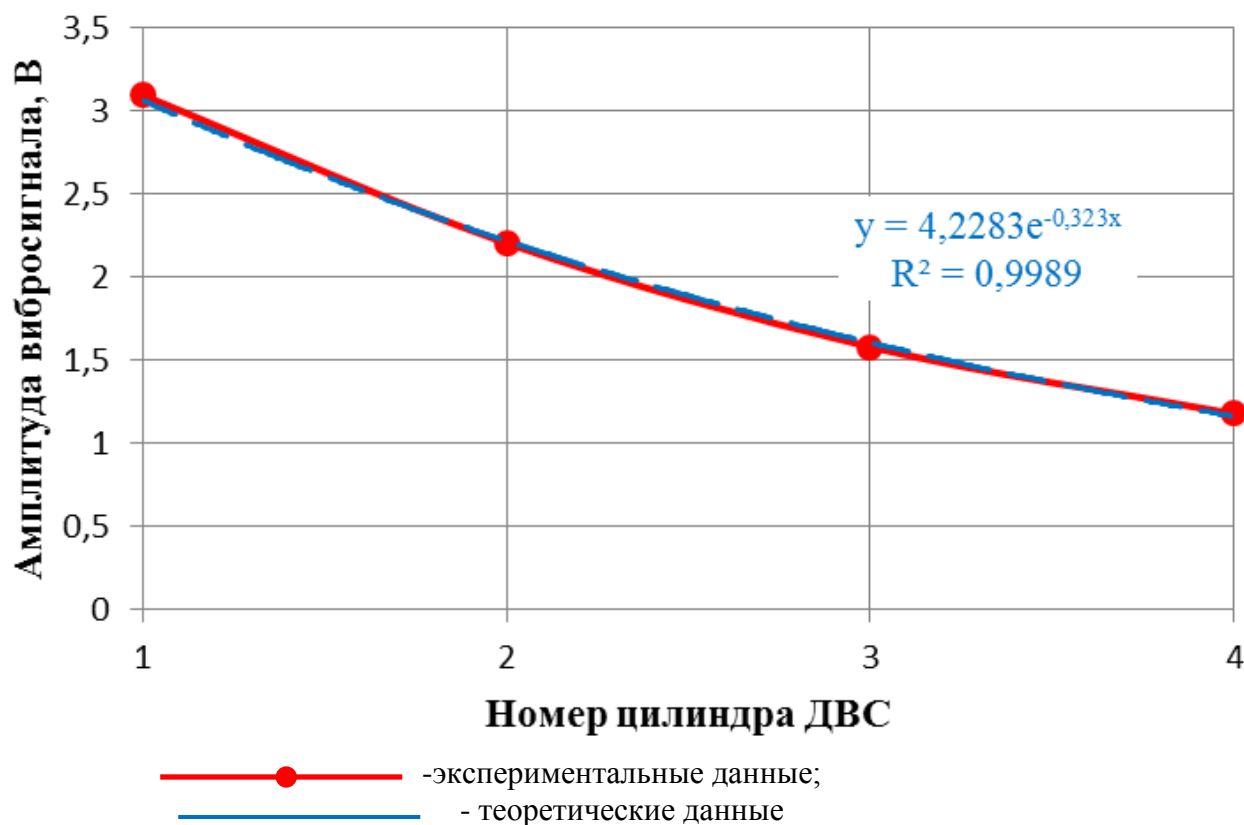


Рисунок 14 – Значения амплитуды вибросигнала по цилиндрам ДВС

После математической обработки получили формульные зависимости:

- зависимость амплитуды вибросигнала 1-го цилиндра от частоты вращения коленчатого вала ДВС GM20E:

$$U = 1,3868 \cdot e^{0,0008n}, \quad (5)$$

где  $U$  – амплитуда вибросигнала, В;

$n$  – частота вращения коленчатого вала, об/мин;

- зависимость амплитуды вибросигнала от удаленности цилиндра от вибродатчика на частоте вращения коленчатого вала 1000 об/мин:

$$U = 4,2283 \cdot e^{-0,323N}, \quad (6)$$

где  $U$  – амплитуда вибросигнала, В;

$N$  – номер цилиндра в геометрическом порядке.

Полученные результаты доказывают возможность использования одного датчика для оценки амплитуды вибросигналов от цилиндров в многоцилиндровых двигателях внутреннего сгорания с учетом угасания амплитудных значений по мере удаления цилиндров от датчика.

Вместе с тем, обработка записанного вибросигнала от ДВС GM20E потребовала значительных усилий и длительности процесса обработки. Причина этого – добавление к информационному вибросигналу (как при экспериментах с жестко закрепленным на бетонном фундаменте дизельном ДВС K461M1) относительно низкочастотного сигнала от



раскачки ДВС на упругих опорах в автотранспортном средстве. В связи с этим возникает необходимость дополнительной процедуры в виде частотной фильтрации вибросигнала.

Фильтрация оцифрованного сигнала резко снижает дискретизацию замеров и их точность. Поэтому в работе решено осуществлять фильтрацию аналогового сигнала до его оцифровки. Идеальная форма вибросигнала представлена на рисунке 15.

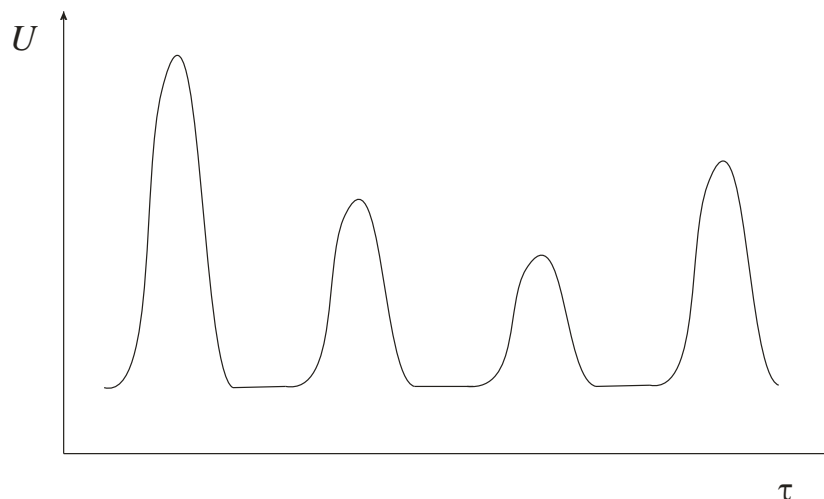


Рисунок 15 – Схематичное изображение формы вибросигнала, которую желательно обеспечить перед оцифровкой

В аналоговой форме для этой цели можно использовать LC и RC фильтры, принципиальные схемы которых приведены на рисунке 16.

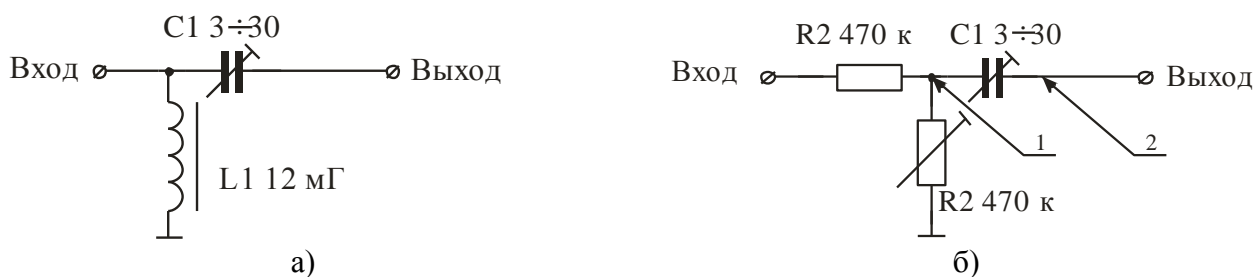


Рисунок 16 – Принципиальные схемы LC (а) и RC (б) фильтров

Поскольку индуктивность L1 имеет значительные габариты, решено в экспериментах использовать RC-фильтр с замерами амплитуды сигнала в точках 1 и 2 (см. рис. 16,б).

В качестве источника сигнала использовали генератор колебаний ГУК-1.

Результаты замеров амплитуды колебаний в точках 1 и 2 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты замеров амплитуды колебаний в точках 1 и 2 фильтра (см. рис. 16)

Частота сигнала, кГц	Амплитуда сигнала, мВ		Ослабление сигнала $U_2/U_1$
	точка 1	Точка 2	
0,4477	462	38	0,0823
0,7937	462	50	0,1082
3,994	462	80	0,1732
14	462	82	0,1775

В графической форме зависимость величины ослабления сигнала от частоты колебаний представлена на рисунке 17.

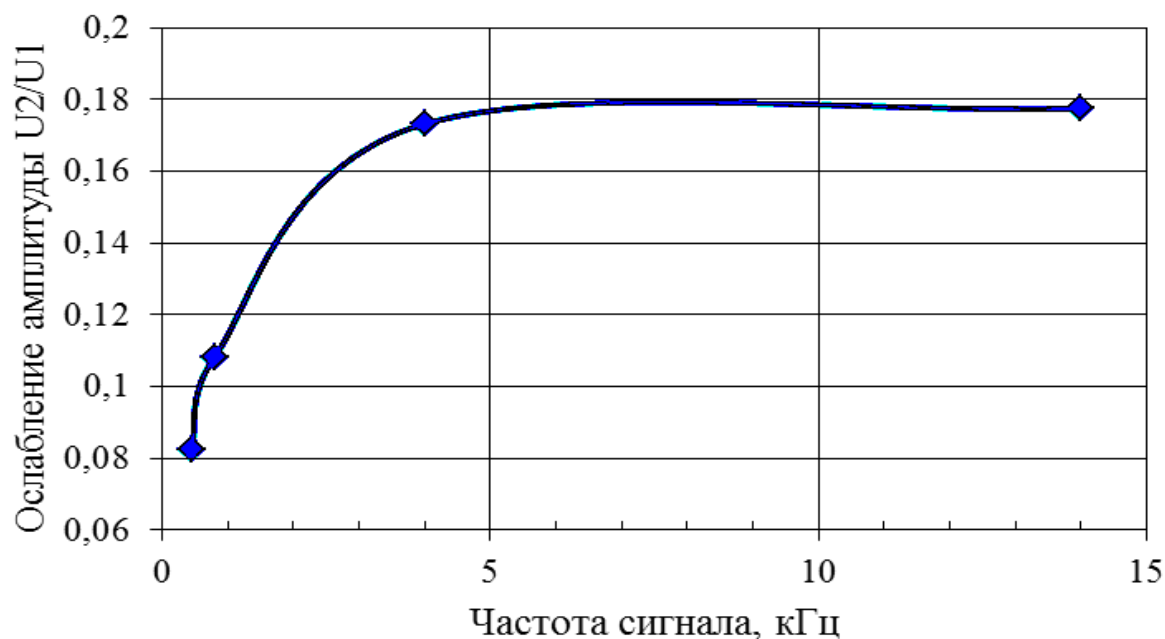


Рисунок 17 – Зависимость уровня ослабления сигнала в RC фильтре от частоты

Поскольку высокочастотная составляющая имеет частоту упругих колебаний на уровне 5 кГц, принципиальная схема RC фильтра (см. рис. 16,б) вполне приемлема для использования в дальнейших экспериментах.

### Выводы

1. Проведен детальный аналитический обзор по применению методик виброанализа в процессе диагностики двигателей внутреннего сгорания. Показано, что в настоящее время системы виброанализа находятся на стадии создания или используются на стендовых испытаниях для отдельных узлов.

2. Испытания датчиков для виброанализа позволили выбрать для экспериментов акселерометры 18.3855 и Д15 с достаточно высокой чувствительностью и приемлемой амплитудно-частотной характеристикой.

3. Опробование системы виброанализа на 6-ти цилиндровом рядном поршневом дизельном двигателе внутреннего сгорания K461M1, жестко закрепленном на бетонном фундаменте, показало принципиальную возможность получения информации о техническом состоянии ДВС и процессах, происходящих в каждом цилиндре при различных режимах работы ДВС при использовании всего одного датчика вибросигнала.

4. Получены математические зависимости амплитуды вибросигнала от режимов работы ДВС с высокой достоверностью результатов, что позволяет использовать систему вибродиагностики в бортовой измерительный комплекс с возможностью прогнозирования технического состояния ДВС на последующие периоды и планировать сроки технического обслуживания и ремонтов.

5. Вместе с тем, при проведении экспериментов на 4-х цилиндровом бензиновом двигателе GM20E на упругих опорах легкового автомобиля, обнаружилась дополнительная низкочастотная составляющая, синхронная частоте вращения коленчатого вала ДВС от раскочки на упругих опорах, что в значительной мере затрудняет процесс виброанализа.

6. Для устранения выявленного эффекта в работе предложена и опробована принципиальная схема частотного RC фильтра для выделения сигнала частотой 4,5 кГц и выше.

### Список использованной литературы

1. Сальников А.Ф. Виброакустическая диагностика технических объектов: учебное пособие / А.Ф. Сальников. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.
2. Левин В.И. Вибродиагностика машин и механизмов: учеб. пособие / В.И. Левин, Л.Н. Патрикеев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 106 с. ISBN 978-5-7782-1433-0.
3. Борисенко А.Н. Современные информационно–измерительные системы вибродиагностики ДВС [Текст] / А.Н. Борисенко, П.С. Обод, О.В. Лавриненко // Вестник Харьковского ХПИ. – 2010. - №39. – С. 132-137.
4. Бабак В. Методы и средства вибродиагностики узлов когенерационных установок / В. Бабак, В. Берегун, А. Красильников // Scientific proceeding of stume «NTD days 2017».- June, 2017.- С. 141 – 145. ISSN 1310-3946.
5. Виброакустическая диагностика и снижение виброактивности судовых механизмов. Попков В. И. - Л., «Судоостроенне», 1974, 224 с.
6. Волков В.П., Направление использования вибродиагностики в автосервисе / В.П. Волков, В.М. Мищенко // Вісті Автомобільно–дорожнього інституту. – 2007. – Вып. № 2. с 31–35.
16. Маренич А.С. Выбор датчиков для вибродиагностики двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.С. Маренич, С.А. Ткачев, Ю.В. Прилепский // М-лы IV Респ. науч.-практич. конференції молодих учених и студентів «Проблеми и перспективи розвитку транспортної отрасли».- Донецкая академия транспорта, г. Донецк, 2018. – С. 58-61.
17. Прилепский Ю.В. Опробование датчиков для вибродиагностики на бензиновом двигателе внутреннего сгорания [Текст] / Ю.В. Прилепский, А.С. Маренич, С.А. Ткачев // М-лы IV Международной науч.-практической конференции «Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса».- Донецкая академия транспорта, г. Донецк, 2018. – С. 147-152.

### ***Yu.V. Prilepsky, L.V. Tseluiko, E.I. Starodubtseva, A.I. Gurtovenko. Improvement of the vibration diagnostics system due to frequency filtering of the signal***

***Annotation.*** *The technical condition of the power plant of any vehicle largely determines the efficiency of its operation. All this fully applies to vehicles equipped with reciprocating internal combustion engines. This work is devoted to the development of an on-board vibration diagnostics system for reciprocating internal combustion engines to predict their technical condition for subsequent periods of operation*

***Keywords:*** *internal combustion engine, vibration diagnostics, frequency separation of the vibration signal*

УДК [656.025.4:338.48]

**В.В. Артамонова, канд. техн. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный  
технологический университет», г.Майкоп, Россия**  
**А.М. Артамонов, канд. техн. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный  
технологический университет», г.Майкоп, Россия**  
**Н.Г. Машина, канд.экон.наук,  
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный  
технологический университет», г.Майкоп, Россия**

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК АВТОПОЕЗДАМИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО СЕРПАНТИНУ В УСЛОВИЯХ ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы повышения безопасности грузоперевозок автопоездами при движении по серпантину в условиях туристического кластера Республики Адыгея, обозначены проблемы и пути их решения*

***Ключевые слова:** автопоезда, грузовые перевозки, туристический кластер, курсовая устойчивость*

Сегодня в Республике Адыгея активно развивается туристический кластер, как один из главных драйверов развития региональной экономики в будущем. В условиях труднодоступности путешествий за рубеж становится популярным внутренний туризм. Так, объем туристического потока в Адыгею по итогам 2023 года оценивается как выросший на 2,4% — до 512 тысяч человек. При этом Адыгея выделяется на общефедеральном фоне, попадает в ТОП-5 самых популярных направлений для приключенческого туризма.

Сдерживающий фактор для туризма в Адыгее — инфраструктура. Для её развития необходимо значительное увеличение грузопотоков при одновременном обеспечении безопасности грузоперевозок в условиях горного рельефа местности.

Тяжелые грузовики существенно отличаются от легковых автомобилей большей массой в сочетании с более высоким центром тяжести и дополнительными степенями свободы, обусловленными движением с прицепом. Следовательно, автопоезда могут подвергаться неустойчивым состояниям, выходящим далеко за рамки заноса. К таким состояниям относятся складывание автопоездов, вызываемое, к примеру, заносом прицепа и опрокидывание, вызываемое большим поперечным ускорением [1-3].

Цель исследования – разработка предложений по применению систем, позволяющих удерживать автомобиль в пределах заданной водителем траектории при различных дорожных условиях и режимах движения.

Для достижения цели нами предлагается установить на грузовые автомобили, участвующие в доставке грузов в горную местность туристического кластера республики Адыгея, адаптивную подвеску от российской компании Truck-help, представляющую собой активную систему подрессоривания автомобиля, которая управляет вертикальным перемещением колёс относительно кузова. Система позволяет уменьшить до минимума крен кузова в стационарных (равномерное, прямолинейное движение) и нестационарных (разгон, торможение, поворот, буксировка прицепа) режимах движения автомобиля (рис.1)[4].

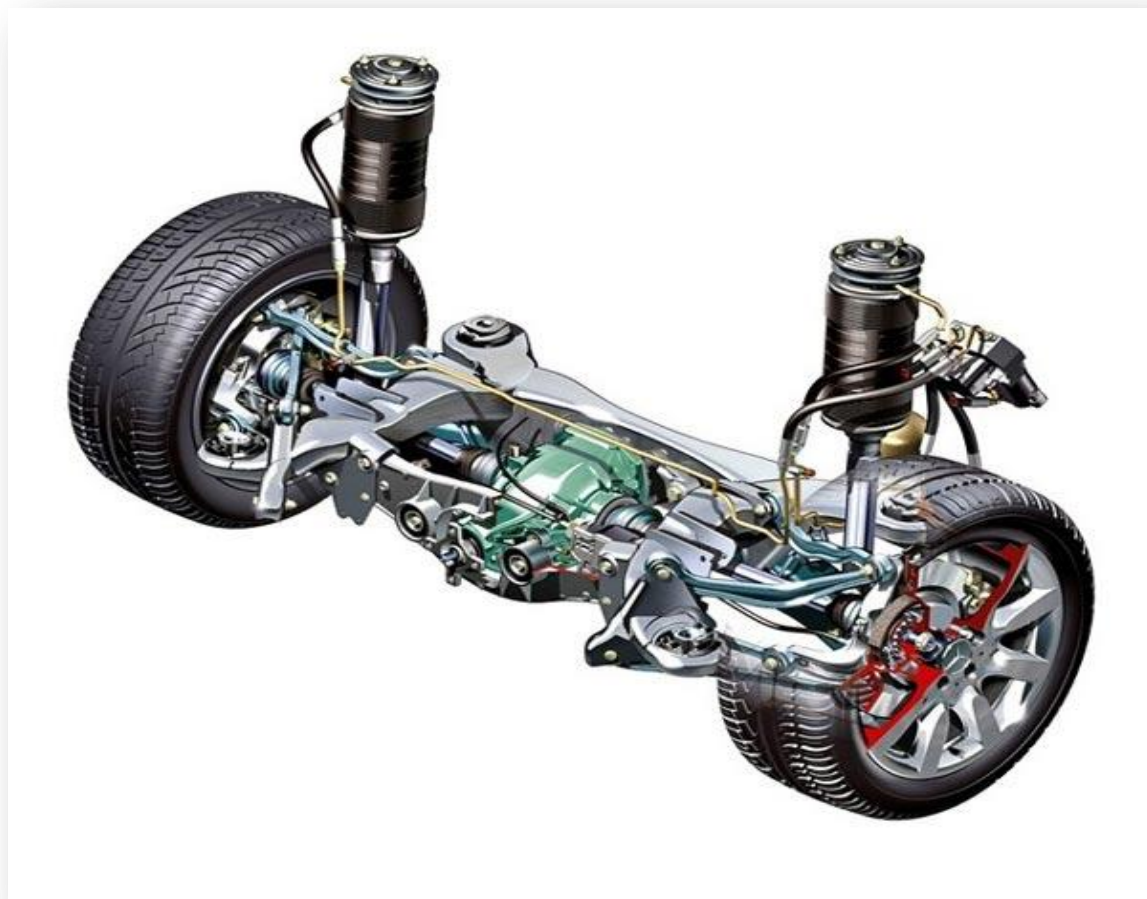


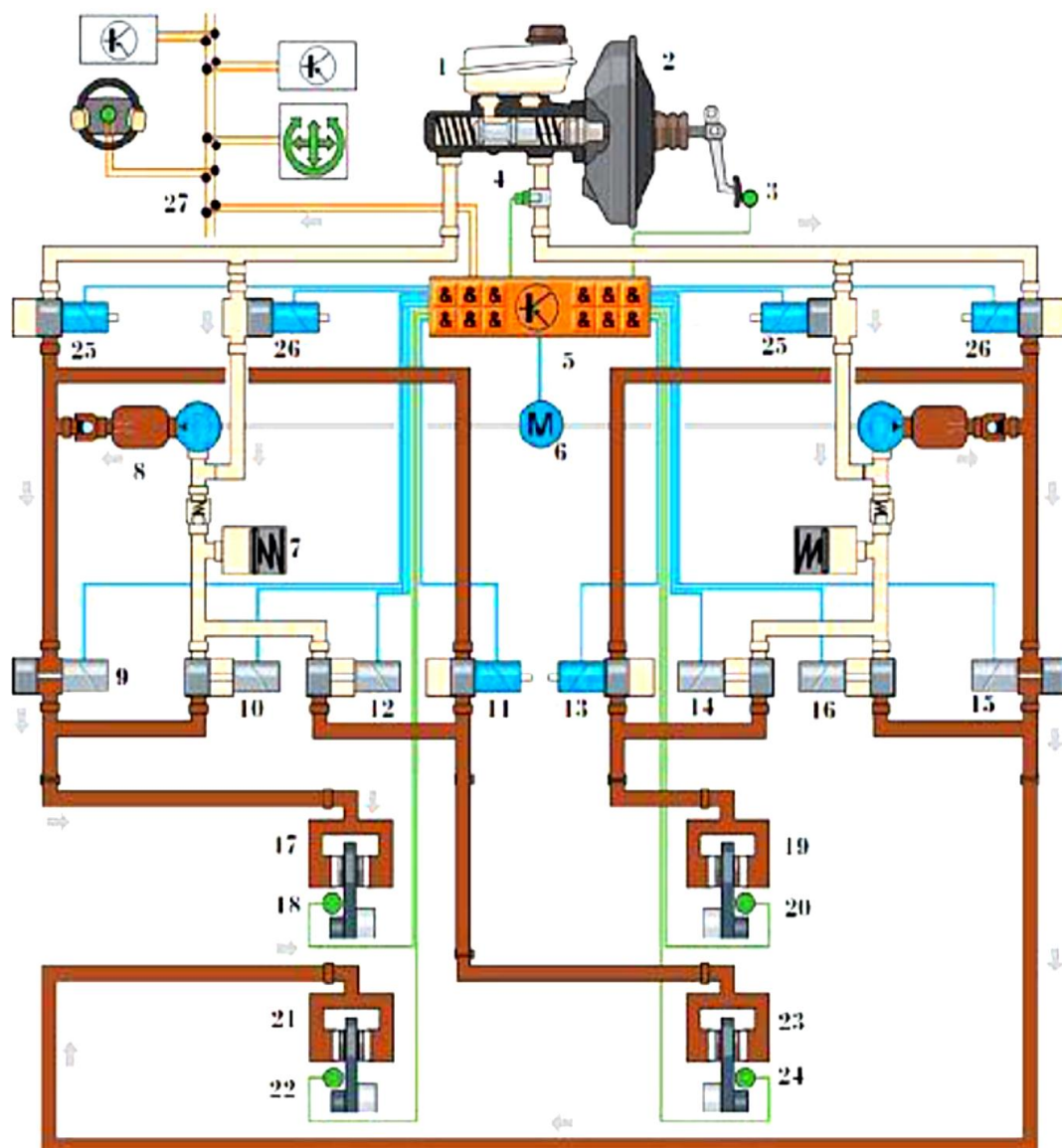
Рисунок 1 – Адаптивная подвеска

В данной системе используются специальные электродвигатели, которые в свою очередь интегрированы блоком управления и датчиками, собирающими и передающими информацию о нагрузке на каждое из колёс. Блок управления даёт команду на определённый электродвигатель, который влияет на положение кузова относительно колёс, для того чтобы транспортное средство было минимально подвержено боковым нагрузкам, крену, центробежной силы для обеспечения более безопасного передвижения автомобиля.

Принцип работы такой системы прост.

От каждого датчика давления, установленного на пневмоподвеске прицепа/полуприцепа протягивается кабель, по аналогии с тягачом, обеспечивающий передачу информации от датчиков на блок «Прицеп». Передающий блок «Прицеп» устанавливается на переходной раме полуприцепа и запитывается от розетки ABS. От блока «Прицеп» информация передается на блок «Мастер», который обрабатывает данные всех датчиков и передает на смартфон в виде нагрузок.

Схема системы курсовой устойчивости автомобиля приведена на рис.2.



1 – компенсационный бачок; 2 – вакуумный усилитель тормозов; 3 – датчик положения педали тормоза; 4 – датчик давления в тормозной системе; 5 – блок управления; 6 – насос обратной подачи; 7 – аккумулятор давления; 8 – демпфирующая камера; 9 – впускной клапан переднего левого тормозного механизма; 10 – выпускной клапан привода переднего левого тормозного механизма; 11 – впускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 12 – выпускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 13 – впускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 14 – выпускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 15 – впускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 16 – выпускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 17 – передний левый тормозной цилиндр; 18 – датчик частоты вращения переднего левого колеса; 19 – передний правый тормозной цилиндр; 20 – датчик частоты вращения переднего правого колеса; 21 – задний левый тормозной цилиндр; 22 – датчик частоты вращения заднего левого колеса; 23 – задний правый тормозной цилиндр; 24 – датчик частоты вращения заднего правого колеса; 25 – переключающий клапан; 26 – клапан высокого давления; 27 – шина обмена данными

Рисунок 2 - Схема системы курсовой устойчивости автомобиля

При этом следует отметить, что адаптивная подвеска имеет контроллер (блок управления), который выполняет функции обработки данных и подачи сигналов на исполнительные механизмы. Панель управления предназначена для настройки подвески под разные режимы и рельефы местности. Датчики выполняют функцию сенсоров, собирающих информацию об автомобиле, такими датчиками являются: датчик положения кузова, датчики ускорения и т.д. Исполнительный механизм (таковым может выступать пневмо- или электромагнитная система), главной задачей которого, является изменение параметров подвески во время движения транспорта, выполнение маневра и т.д.

Таким образом, считаем, что применение адаптивной подвески позволит повысить безопасность грузоперевозок автопоездами при движении по серпантину в условиях туристического кластера Республики Адыгея.

### Список литературы

1. Пугачёв, И.Н., Горев, А.Э., Олеценко, Е.М. Организация и безопасность дорожного движения : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.
2. Безопасность автомобиля [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.systemsauto.ru> — (Дата обращения 14.10.2023);
3. За рулем [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.zr.ru> — (Дата обращения 24.12.2023)
4. Швалёв, С. Г. Принцип работы системы курсовой устойчивости автомобиля / С. Г. Швалёв. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 2 (136). — С. 213-216. — URL: <https://moluch.ru/archive/136/38240/> (дата обращения: 14.01.2024).

**V.V. Artamonova, A.M. Artamonov, N.G. Mashinina. Improving the safety of freight transportation by road trains when traveling along the serpentine in the conditions of the tourist cluster of the Republic of Adygea**

*Abstract.* The article discusses the issues of improving the safety of freight transportation by road trains when traveling along the serpentine in the conditions of the tourist cluster of the Republic of Adygea, identifies problems and ways to solve them

**Key words:** road trains, freight transportation, tourist cluster, exchange rate stability



УДК 656.01

*А.В. Калинин, старший преподаватель,  
Д. В. Голованик, магистрант,  
А. А. Бабич, студентка, бакалавр  
АНОО ВО «Донецкая академия транспорта», г. Донецк*

## **ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ФОРМИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВОЙ СЕТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТАРНО-ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ**

***Аннотация.** На основании проведенного анализа существующих критериев оценки эффективности процесса доставки тарно-штучных грузов обоснованы критерии, по которым становится возможно оценить долю расходов на доставку грузов в розничной торговой сети.*

***Ключевые слова:** организация, транспортный процесс, тарно-штучный груз, эффективность, сеть розничная.*

При решении задач, связанных с организацией доставки тарно-штучных грузов к конечному потребителю, аналитическое решение данного вида задач, практически невозможно, а проведение экспериментальных исследований и натурных испытаний требует больших затрат времени и средств. В связи с этим в исследованиях предлагается применять разные методы моделирования исследуемых систем и объектов.

Математическое моделирование - один из основных инструментов при возникновении необходимости изучить сложные процессы [1,2]. Сущность этой методологии лежит в замене исходного объекта математической моделью с последующим изучением (исследованием) модели на основании аналитических методов и вычислительно-логических алгоритмов, которые реализуются с помощью компьютерных программ. Работа с моделью позволяет относительно быстро исследовать основные особенности поведения при любых возможных ситуациях. Одновременно с изучением модели, вычислительные эксперименты с моделями объектов позволяют, опираясь на мощность современных математических и вычислительных методов и технического инструментария информатики, тщательно и достаточно глубоко изучать объект в подробном виде.

Статистические модели получают за счет обработки экспериментальных данных, собранных на исследуемом объекте. Структура статистической модели выбирается произвольно. Соответствие модели объекта ограничивается исключительно количественным аспектом, область применения - ближайшим окружением точек, в которых проводились наблюдения. Построение таких моделей не является слишком длительным и трудоемким [3].

Метод статистического моделирования дает возможность работать с большим количеством данных, полученных при исследовании массовых процессов на реальном объекте. Эти процессы являются случайными, в связи с этим необходимо анализировать случайные, вероятностные или стохастические связи, в которых каждому аргументу соответствует множество значений функций. Несмотря на случайный характер связи, рассеивания имеют вполне определенные закономерности, которые и устанавливаются математической статистикой. Статистическое моделирование позволяет с помощью средств математической статистики определить природу полученных данных.

Минимизация целевой функции достигается за счет оптимизации логистических и маркетинговых параметров процесса доставки тарно-штучных грузов в логистической системе розничной торговой сети на этапе «последней мили».



Для нахождения оптимума по количеству пунктов заезда на маршруте и радиусу половинного спроса необходимо найти производные по  $n_3$  и  $r_c$  математической модели и решить систему уравнений. Производные полученной математической модели определяют доли логистических затрат на доставку мелкопартионных грузов в логистической системе розничной торговой сети на этапе «последней мили» являются иррациональными уравнениями. Поэтому получение аналитического решения при использовании модели в данном виде невозможно. Необходимо использовать численные методы решения. Для обеспечения возможности аналитического решения необходимо упростить модель, но без потери необходимого уровня детализации и точности. Определить закономерности воздействия внешних факторов и внутренних параметров логистической сети на долю логистических расходов на доставку тарно-штучных грузов аналитически невозможно, только с помощью численного эксперимента.

Анализ модели доли расходов на транспортировку позволил определить переменные и постоянные факторы, которые вероятно влияют на эффективность системы доставки грузов в розничную торговую сети. Переменными величинами являются: плотность дислокации торговых точек ( $\lambda$ , ед/км<sup>2</sup>), доля товарооборота сети ( $\delta_c$ , %), стоимость товарооборота потребительских товаров в регионе, ( $TO$ , р./т.), стоимость среднего чека на рынке ( $C_{cp}$ , р.), средний радиус обслуживания в регионе ( $R_{cp}$ , км.), коэффициент использования грузоподъемности ( $\gamma_{ст}$ ). Постоянные факторы: техническая скорость автомобиля ( $V_m$ , км/ч), норма расхода времени на погрузку/разгрузку ( $\tau_{п/р}$ , т/ч), дополнительное время на оформление документов ( $t_d$ , ч), коэффициенты регрессионной модели зависимости себестоимости автомобильных перевозок от грузоподъемности автомобиля.

### **Выводы**

В результате анализа существующих методов проведения теоретических исследований определена целесообразность использования преимуществ аналитических и экспериментальных методов и методов имитационного и математического моделирования для исследования процесса доставки тарно-штучных грузов в логистической системе розничной торговой сети. На основании проведенного анализа существующих критериев оценки эффективности процесса доставки тарно-штучных грузов обоснованы критерии, по которым становится возможно оценить долю расходов на доставку грузов в розничной торговой сети с объемом получаемых сетью доходов и обосновать целесообразность ввода в состав сети нового объекта.

### **Список литературы**

1. Лебедев В.В. Математическое моделирование социальноэкономических процессов. Москва: Изограф, 1997. 125 с.
2. Евгеньев Г.Б. Системология инженерных знаний. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 376 с.
3. Статистическое моделирование и прогнозирование / под ред. А.Г. Гранберга. Москва: Финансы и статистика, 1990. 383 с.
4. Вельможин А. В. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2006 - 560 с.
5. Майборода М. Е. Грузовые автомобильные перевозки: учебное пособие / М. Е. Майборода, В. В. Бернадский. - Изд. Второй Ростов н / Д: Феникс, 2008. - 442 с.
6. Эйхлер Л. В. Разработка модели управления постоянными затратами грузового автотранспортного предприятия: Монография. / Л. В. Эйхлер, А. В. Фалалеева. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. - 167 с.
7. Миротин Л. Б. Логистика. Управление в грузовых транспортно-логистических системах / Л.Б. Миротин. - М.: Юристъ, 2002. - 414 с.

8. Афанасьев Л. Л. и др. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для студентов вузов / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. М. Цукерберг. - второй изд., Перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1984. - 333 с.

*A.V. Kalinin, D. V. Golovanik, A. A. Babich. Substantiation of criteria for the formation of a distribution logistics system of a retail trade network for the transportation of packaged goods*

*Annotation. Based on the analysis of existing criteria for evaluating the effectiveness of the process of delivering packaged goods, the criteria by which it becomes possible to estimate the share of cargo delivery costs in a retail chain are justified.*

*Keywords: organization, transport process, package cargo, efficiency, retail network.*

УДК 62-233.123

Э.С. Савенко, Д.С. Веремьев, Д.Д. Антонов, Д.М. Долгих В.Л. Сергеев,  
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВС МЕТОДОМ ШИРОКОСЛОЙНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ СРЕДЫ**

**Аннотация.** В статье изложен метод восстановления стальных коленчатых валов автомобильных двигателей внутреннего сгорания за счет применения способа электродуговой наплавки по винтовой линии порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ под флюсом АН - 44У1 для шатунных шеек, и восстановление коренных шеек широкослойной электродуговой наплавкой той же проволокой без применения дополнительной защитной среды, что не вызывает появления значительных деформаций укорочения коленчатых валов. В случае выполнения требований технической эксплуатации автомобильного транспорта, используя этот технологический процесс восстановления коленчатого вала автомобильного двигателя при предельном износе его коренных шеек, равном 70 мкм, можно обеспечить послеремонтный ресурс агрегата в 280 тыс. км, т. е. как у нового изделия. В работе также предложены соответствующие рациональные режимы наплавки шатунных и коренных шеек коленчатых валов двигателей автомобиля ЗИЛ 4331.

**Ключевые слова:** восстановление, наплавка, износ, ремонтный размер, коленчатый вал, термообработка, предел выносливости, износостойкость, эксплуатация, пробег, долговечность, испытание.

### **Постановка задачи**

Основная задача создания и повсеместного внедрения принципиально новой техники и материалов заключается в экономии сырья и топливно-энергетических ресурсов, а также во вторичном использовании материальных ресурсов. В связи с этим большое значение имеет разработка прогрессивных технологических процессов, в особенности процессов восстановления деталей массового производства. К последним относятся коленчатые валы автомобильных двигателей.

Наиболее характерными дефектами коленчатых валов автомобильных двигателей при ремонте являются износ коренных и шатунных шеек, обусловленный высокими удельными поверхностными нагрузками, а также трещины усталостного характера вследствие знакопеременных и циклических нагрузок, воздействующих на шейки. Восстановление коленчатого вала является сложной проблемой, поскольку к качеству и геометрическим параметрам его рабочих поверхностей предъявляются высокие требования. Наиболее перспективным направлением восстановления коленчатых валов автомобильных двигателей, является нанесение на изношенные поверхности упрочняющих покрытий [1,2,3,4].

Целью исследования является совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов автомобильных двигателей способом электродуговой наплавки по винтовой линии порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ под флюсом АН - 44У1 для шатунных шеек, и восстановление коренных шеек широкослойной электродуговой наплавкой той же проволокой без применения дополнительной защитной среды.

Задачи исследования:

- обосновать целесообразность и определить направление исследования по совершенствованию технологии восстановления и упрочнения шеек коленчатых валов автомобильных двигателей комбинированным способом электродуговой наплавки широкослойной и по винтовой линии порошковой проволокой;

- найти рациональные значения параметров технологического процесса восстановления коленчатого вала двигателя при предельном износе коренных шеек, равном 70 мкм, и обеспечить послеремонтный ресурс 280 тыс. км, т. е. как у нового изделия;

- обосновать технологические режимы восстановления шеек коленчатых валов рассматриваемым способом, обеспечивающие повышение эффективности их восстановления и эксплуатационных свойств покрытия.

Научная новизна результатов работы:

- получены новые зависимости критериев от факторов процесса наплавки, отличающиеся возможностью определения рациональных параметров и режимов процесса, с целью создания более прочного покрытия и уменьшения внутренних напряжений в нем;

- обоснованы режимы и параметры комбинированного способа восстановления шеек коленчатых валов, отличающиеся рациональными значениями и обеспечивающие совершенствование технологического процесса в направлении повышения износостойкости и долговечности покрытия.

Практическая значимость заключается в совершенствовании технологического процесса по восстановлению и упрочнению шеек коленчатых валов автомобильных двигателей на основе способа электродуговой наплавки по винтовой линии порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ под флюсом АН - 44УІ для шатунных шеек, и восстановление коренных шеек широкослойной электродуговой наплавкой той же проволокой без применения дополнительной защитной среды, а также в апробации и внедрении разработанных оборудования и рекомендаций на предприятиях по ремонту двигателей и автомобилей.

### **Основная часть**

Большинство авторемонтных предприятий, ремонтирующих двигатели ЗИЛ, восстанавливают изношенные шейки коленчатых валов электродуговой наплавкой проволокой Нп - 30ХГСА под флюсом АН - 348А с легирующими добавками феррохрома и графита. Многолетний опыт эксплуатации отремонтированных двигателей автомобилей ЗИЛ 4331 с такими коленчатыми валами показал, что их послеремонтные ресурсы значительно ниже нормативных, не превышают 80 тыс. км пробега автомобилей и составляют не более 35-40 % доремонтного ресурса двигателя [5, 6, 7].

Такие перспективные способы восстановления коленчатых валов, как наплавка углеродистыми и легированными проволоками под флюсом с последующей термической обработкой детали, различные виды газотермического напыления, наращивание гальванических покрытий, электронапекание порошков широкого применения в производстве не получили и используются только на отдельных предприятиях [8, 9,10].

Институтом им. Е.О. Патона разработан технологический процесс восстановления шатунных шеек электродуговой наплавкой по винтовой линии порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ (ТУ ИЭС 486 - 85) под флюсом АН - 44УІ. Коренные шейки восстанавливаются широкослойной электродуговой наплавкой той же проволокой без применения дополнительной защитной среды. Наплавка шатунных шеек производится с применением головки А-580 на переоборудованных токарных станках; коренные шейки наплавляются на установке УД-209 [11,12,13].

Производственный опыт применения разработанного процесса на 1-м Донецком авторемонтном заводе показал, что он обеспечивает хорошее формирование и стабильное качество наплавленного металла, отсутствие пор, раковин, а также хорошую обрабатываемость и улучшение условий работы сварщиков.

Предварительные исследования возможности использования широкослойной наплавки порошковой проволокой ПП-Нп40ХГ2СМНТФ для восстановления шатунных шеек показали, что в этом случае невозможно устранить значительные деформации укорочения коленчатого вала, которое составляет 1,2...1,5 мм. Поэтому восстановление шатунных шеек осуществлялось наплавкой указанной порошковой проволокой по винтовой линии, что не вызывало появления значительных деформаций укорочения вала. Для обеспечения хорошего формирования и стабильного качества наплавленного металла при винтовой наплавке, которая характеризуется меньшим тепловложением, чем широкослойная наплавка, использовался новый бесфтористый, легко отделяющийся флюс АН-44У1. Применение указанного флюса при наплавке проволокой ПП - Нп40Х4Г2СМНТФ не требует введения в него легирующих добавок и создает значительно лучшие экологические условия работы сварщика.

На 1-м Донецком авторемонтном заводе проведены всесторонние исследования физико-механических свойств наплавленного металла, показателей долговечности коленчатых валов двигателей автомобилей ЗИЛ 4331, восстановленных с применением новых сварочных материалов.

Структура, твердость, микротвердость наплавленного металла определялись общеизвестными методами с использованием приборов МИМ- 8, ПМТ-3, ТП и прибора Роквелла. Установлено, что микроструктура наплавленного металла состоит из мартенсита высокодисперсного строения, микротвердость которого  $H_{\mu}$  находится в пределах от 7100 до 8400 МПа, и остаточного аустенита ( $H_{\mu}$  от 7100 до 7800 МПа). Вблизи зоны сплавления выше границы наблюдаются структуры троостита, карбиды и незначительное количество мартенсита ниже границы - основные структуры сорбит и феррит. В зоне термического влияния преобладающей структурой является сорбитообразный перлит. Наплавленный металл характеризуется стабильной твердостью, которая находится в пределах 52...61 HRC. Среднее значение составляет HRC 56,5.

Деформации наплавленных деталей определялись замерами линейных размеров коленчатого вала и биения коренных шеек до и после наплавки с точностью 0,01 мм. Результаты замеров 15 коленчатых валов показали, что максимальное укорочение их не превышает 0,8 мм, а биение коренных шеек, которое находится в пределах 0,56...0,81 мм, легко устраняется правкой.

Усталостные испытания образцов, вырезанных из натуральных коленчатых валов, проводили на стендах УМП-02 на 1-м Донецком авторемонтном заводе при знакопеременном изгибе обычным методом в соответствии с требованиями ГОСТ 25.502-79. Как видно из рисунка 1, предел выносливости коленчатых валов, восстановленных наплавкой с применением новых сварочных материалов (80 МПа), на 40 % меньше, чем нового изделия (130 МПа), что вызвано появлением в процессе наплавки растягивающих напряжений. Высокий отпуск при 500°C в течение 1 ч позволяет снять растягивающие напряжения и повысить сопротивление усталости восстановленных наплавкой коленчатых валов до 85-90 % предела выносливости нового изделия (см. рис. 1, кривая 3). Твердость шеек таких термически обработанных коленчатых валов в связи с применением для наплавки высоколегированной проволоки снижается только на 4-5 HRC.

Исследования износостойкости наплавленного металла производились на образцах в лабораторных условиях, а так же путем сравнительных ресурсных эксплуатационных испытаний коленчатых валов.

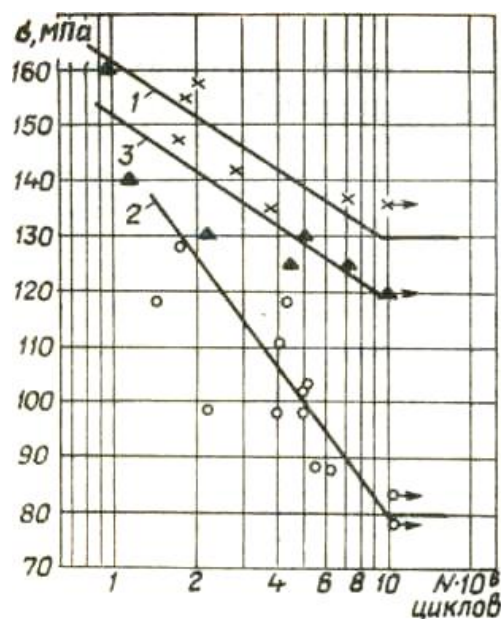


Рисунок 1. Кривые усталости нового коленчатого вала (1), восстановленного наплавкой с применением новых сварочных материалов без термообработки (2) и с последующей термообработкой (3).

Сравнительные лабораторные испытания на износостойкость образцов-роликов, вырезанных из шеек нового (эталон) и восстановленных наплавкой коленчатых валов проводились в паре с контробразцами, изготовленными из сталеалюминиевых вкладышей. Испытания проводились на машине трения мод. 2070 СМТ-1 при нагрузке 4,3 МПа, частоте вращения ролика  $600 \text{ мин}^{-1}$ , капельной подаче смазки (масло АС-8) с добавлением в зону трения 0,2 % абразива в виде карбида титана дисперсностью 8...15 мкм. Износ роликов и колодок определяли с использованием профилографа мод. 252, кругломера мод. 290 и аналитических весов мод. ВЛР-200. Установлено, что образцы-ролики, вырезанные из шеек коленчатых валов, восстановленных наплавкой порошковой проволокой ПП - Нп40Х4Г2-СМНТФ, в 1,46 раза меньше изнашиваются, чем эталонные образцы (сталь 45, 52-56 НРС). Износ колодок, работавших в паре с наплавленным металлом, в 1,39 раза больше, чем контробразцов, испытываемых в паре с эталонными роликами.

Проведены испытания 34 двигателей ЗИЛ-4331 с опытными коленчатыми валами, восстановленными наплавкой. При этом у десяти валов часть коренных шеек (три из пяти) восстанавливалась на 1-м Донецком авторемонтном заводе электродуговой наплавкой по винтовой линии проволокой Нп-30ХГСА под флюсом АН-348А с легирующими добавками (феррохромом и графитом). Сборка и обкатка двигателей с опытными коленчатыми валами производились в соответствии с требованиями руководства по капитальному ремонту автомобилей ЗИЛ 4331.

В процессе контрольной эксплуатации проведенной на 1-м Донецком авторемонтном заводе 21 двигатель при пробегах 10-56 тыс. км снят с автомобилей в связи с нарушением правил технической эксплуатации, а также преждевременным выходом из строя деталей цилиндропоршневой группы, блоков и головок цилиндров, вкладышей коленчатых валов.

Таблица 1 - Статистические характеристики темпов износа коренных шеек восстановленных коленчатых валов двигателей автомобиля ЗИЛ 4331

Способ наплавки коренных шеек	Размер выборки (количество шеек)	Средний зазор мкм	Средний квадратический зазор мкм	Коэффициент вариации	Границы доверительных интервалов среднего зазора мкм, при уровне достоверности, %	
					95	99
Порошковой проволокой ПП-Нп 40Х4Г2СМНТФ	14	1,59	0,543	0,342	1,275...1,905	1,105...2,015
Проволокой Нп-30ХГСА под флюсом АН-348А с легирующими добавками	21	2,95	0,450	0,153	2,763...3,137	2,678...3,222

Таблица 2. Статистические характеристики темпов нарастания зазоров в сопряжении коренная шейка - вкладыш восстановленных коленчатых валов двигателей автомобиля ЗИЛ 4331

Способ наплавки коренных шеек	Размер выборки (количество шеек)	Средний зазор, мкм	Средний квадратический зазор, мкм	Коэффициент вариации	Границы доверительных интервалов среднего зазора мкм, при уровне достоверности, %	
					95	99
Порошковой проволокой ПП-Нп 40Х4Г2СМНТФ	14	0,437	0,265	0,605	0,284...0,590	0,230...0,644
Проволокой Нп-30ХГСА под флюсом АН-348А с легирующими добавками	21	1,032	0,593	0,575	0,787...1,277	0,785...1,289

Эксплуатация остальных 13 двигателей прекращена при пробегах автомобилей 83- 146 тыс. км. Семь из этих двигателей сняты с автомобилей при пробегах, превысивших нормативный послеремонтный ресурс (102 тыс. км).

Статистические характеристики послеремонтных ресурсов 13 двигателей ЗИЛ-4331 с коленчатыми валами, восстановленными наплавкой с применением новых сварочных материалов, следующие: средний ресурс - 112,8 тыс. км; средний квадратический ресурс - 18,8 тыс. км; коэффициент вариации - 0,167; границы доверительных интервалов среднего ресурса при 95 % уровне достоверности - 102,5 - 121,1 тыс. км.

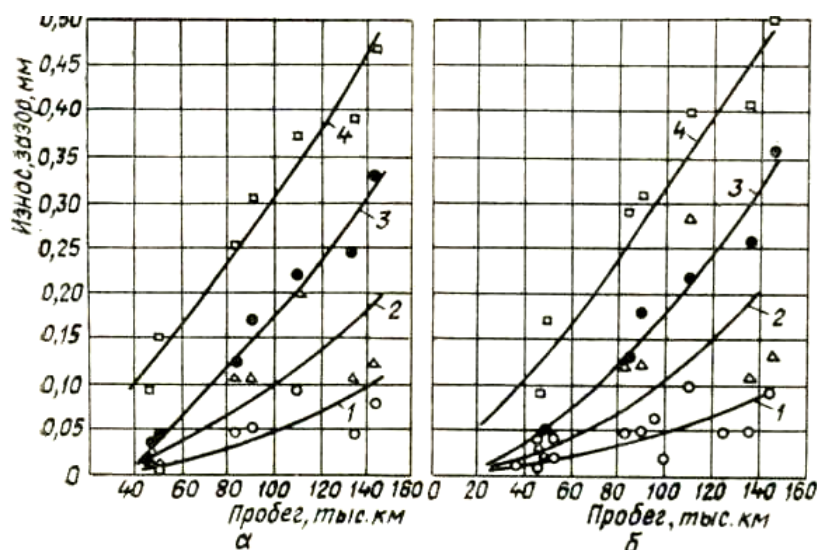


Рисунок 2. Средние (а) и максимальные (б) износы коренных шеек (1, 2) и зазоры (3, 4) в сопряжении коренная шейка - вкладыш коленчатых валов двигателей, восстановленных наплавкой порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ (1, 3) и проволокой Нп-3ОХГСА под флюсом АН 348А с легирующими добавками (2, 4).

Статистические характеристики темпов износов коренных шеек и нарастания зазоров в сопряжении коренная шейка - вкладыш коленчатых валов, восстановленных наплавкой порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ, а также проволокой Нп-3ОХГСА под флюсом АН-348А с легирующими добавками, приведены в таблицах 1, 2 и соответственно и на рисунке 2.

Таблица 3. Режимы наплавки коленчатых валов двигателя автомобиля ЗИЛ 4331

Параметры наплавки	Режимы наплавки	
	Шатунные шейки (наплавка по винтовой линии)	Коренные шейки (широкослойная наплавка)
Сила тока, А	220-230	200-220
Напряжение, В	25-27	24-25
Скорость подачи проволоки, м/ч	208	206
Число оборотов вала, мин <sup>-1</sup>	3	0,4
Шаг наплавки, мм/об	3	-
Вылет электрода, мм	15-20	15-20
Смещение с зенита, мм	5-7	5-7
Марка флюса	АН-44У1	-
Марка электродной про волоки, диаметр, мм	ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ, 2	ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ, 2
Диаметр шейки после наплавки, мм	67,5-68,0	76,5-77,0
Диаметр подающих роликов, мм	40	40
Ток	Постоянный	Постоянный
Полярность	Обратная	Обратная
Источники питания	ПСО-500	ВДУ-506



Как следует из данных таблиц 1, 2 и рисунка 2, темпы изнашивания коренных шеек и нарастания зазоров в сопряжении коренная шейка-вкладыш коленчатых валов, восстановленных наплавкой порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ, в 2,35 и 1,9 раза соответственно меньше аналогичных показателей деталей, наплавленных проволокой Нп - 30ХГСА под флюсом АН-348А с легирующими добавками.

В результате исследований отработаны рациональные режимы наплавки шатунных и коренных шеек коленчатых валов двигателей автомобилей ЗИЛ 4331 (таблица 3), разработана технологическая документация на процесс, освоено на 1-м Донецком авторемонтном заводе в промышленных масштабах восстановление указанных валов с применением новых сварочных материалов и оборудования, поставка которых обеспечена заводу.

#### **Заключение**

Как видно из приведенных данных, послеремонтные ресурсы 13 двигателей, составляющих примерно 40 % объема наблюдаемых, с коленчатыми валами, восстановленными наплавкой с применением новых сварочных материалов, превышают нормативное значение (102 тыс. км) при уровне достоверности 95 %. Характерно, что средний износ коренных шеек коленчатых валов девяти двигателей (из 13) составляет 0,25 мкм на 1000 км пробега автомобилей. Это указывает на большие потенциальные возможности способа восстановления коленчатых валов наплавкой порошковой проволокой ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ. В случае выполнения требований технической эксплуатации, используя этот технологический процесс восстановления коленчатого вала двигателя автомобиля ЗИЛ 4331 при предельном износе коренных шеек, равном 70 мкм, можно обеспечить послеремонтный ресурс  $70 \cdot 1000 / 0,25 = 280$  тыс. км, т. е. как у нового изделия.

#### **Список литературы**

1. Блюменштейн, В. Ю. Способы восстановления деталей и процессы реновации машин: учебное пособие / В. Ю. Блюменштейн, М. С. Махалов. - Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва, 2016. - 139 с. - ISBN 978-5-906888-23-5. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/109135.html> (дата обращения: 10.11.2021). - Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Ли, Р. И. Технологии восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники: учебное пособие / Р. И. Ли. - Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. - 379 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/55672.html> (дата обращения: 10.11.2021). - Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Зверев, Е. А. Технологический процесс восстановления изношенных деталей машин методами газотермического напыления: учебно-методическое пособие / Е. А. Зверев. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 64 с. - ISBN 978-5-7782-4059-9. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99226.html> (дата обращения: 10.11.2021). - Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Иванов, В. П. Ремонт автомобилей : учебное пособие / В. П. Иванов, В. К. Ярошевич, А. С. Савич. - Минск : Вышэйшая школа, 2009. - 383 с. - ISBN 978-985-06-1539-8. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/21750.html> (дата обращения: 17.01.2022). - Режим доступа: для авторизир. пользователей.
5. Папшев, В. А. Техника транспорта, обслуживание и ремонт. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей : учебное пособие / В. А. Папшев, Г. А. Родимов. - 2-е изд. - Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. - 141 с. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. - URL:

<https://www.iprbookshop.ru/90944.html> (дата обращения: 17.01.2022). - Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Савич, Е. Л. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей : учебное пособие / Е. Л. Савич, Е. А. Гурский ; под редакцией Е. Л. Савича. - Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. - 427 с. - ISBN 978-985-503-959-5. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/94328.html> (дата обращения: 17.01.2022). - Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Варис, В. С. Ремонт двигателей автомобилей : учебное пособие для СПО / В. С. Варис. - Саратов : Профобразование, Ай Пи Эр Медиа, 2019. - 233 с. - ISBN 978-5-4486-0496-6, 978-5-4488-0220-1. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/79434.html> (дата обращения: 17.01.2022). - Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/79434>

8. Pegel, H. Electrohydraulic sheet metal forming with flexible tools. / H. Pegel, L. Langstadtler, M. Herrmann, C. Schenck, B. Kuhfuss - Текст: электронный // MATEC Web of Conferences. - 2018. - № 190. - URL: [https://www.matecconferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/49/mateconf\\_icnft2018\\_12001.pdf](https://www.matecconferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/49/mateconf_icnft2018_12001.pdf).

9. Zhutchkov, A. I. Pressing of tubes in tube slabs using multiple electrical discharge in liquid / A. I. Zhutchkov, N. T. Zinoviev, G. P. Filatov. - Текст: непосредственный // PLASMA PHYSICS AND PLASMA TECHNOLOGY: III International Conference, Minsk, 18-22 September. - 2000. - P.558-561.

10. Chace, W. G. Classification of Wire Explosions. - Текст: непосредственный / W. G. Chace, M. A. Levine // J. Appl. Phys. - 1960. - № 31. - P. 1298.

11. Hairer E., Wanner G. Solving ordinary differential equations II: Stiff and differential-algebraic problems. 2nd ed. — Berlin, New York: Springer-Verlag, 1996. — ISBN 978-3-540-60452-5.

12. Automotive engineering. Powertrain, chassis system and vehicle body / Edited by David A. Crolla. — Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2009, - 828 p.

13. Lumley John L. Engines an introduction / John L. Lumley. — New York: Cambridge University Press, 1999, - 268 p. - ISBN 978-0-521-64277-4.

**E.S. Savenko, D.S. Veremiev, D.D. Antonov, D.M. Dolgikh V.L. Sergeev. Restoration of internal combustion engine crankshafts by wide-layer electric arc surfacing without the use of an additional protective medium.**

**Annotation.** The article describes a method for restoring steel crankshafts of internal combustion engines by using the method of electric arc surfacing along a helical line with powder wire ПП-Нп40Х4Г2СМНТФ under flux АН - 44У1 for connecting rod necks, and restoring the root necks by wide-angle electric arc surfacing with the same wire without the use of an additional protective medium, does not cause significant deformations of the shortening of the crankshafts. If the requirements of technical operation are met, using this technological process of restoring the engine crankshaft with extreme wear of the root necks, Exactly 70 microns can provide a repair resource of 280 thousand km, that is, like a new product. The appropriate rational modes of surfacing of the connecting rod and main journals of the crankshafts of ZIL-4331 engines also proposes in the work.

**Keywords:** restoration, surfacing, wear, repair size, crankshaft, heat treatment, endurance limit, wear resistance, operation, mileage, durability, testing.

УДК УДК 656.135.5

*Леженко Д.С., магистр инженерного факультета группа ЭМК 11  
Научный руководитель: Гук Г.А. доцент, канд. техн. наук  
ФГБОУ ВО «Майкопский Государственный Технологический Университет»*

## **ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО СЕРВИСНЫХ УСЛУГ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

***Аннотация:** В статье рассматриваются вопросы деятельности автосервисных предприятий, факторы влияющие на качество сервисных услуг, а также их влияние на безопасность транспортного процесса.*

***Ключевые слова:** Сервис, автомобили, запчасти, квалификация, сервисное оборудование, автомобилизация, отказ агрегатов, дорожно-транспортное происшествие.*

### **Постановка задачи**

В современном мире появляется все больше автомобилей и люди не представляют свою жизнь без них. Но нередко случается так что средство передвижение дает сбой в самый неподходящий момент и в большинстве случаев это происходит из-за ненадлежащего и несвоевременного обслуживания автомобиля. Задачей сервисных предприятий является устранение неисправностей и повышение эффективности процесса технической эксплуатации автомобилей за счёт применения современных средств диагностики и ремонта.

### **Основная часть**

Большую часть серьезных неисправностей довольно легко устранить на этапе зарождения, а вот если его пропустить, ремонт может обойтись очень дорого. Конечно, большая доля числа отказов агрегатов; узлов, систем автомобилей происходит и из-за низкого качества выполненных работ по ТО и ТР. Как правило это связано с нарушением технологической дисциплины, недостаточным уровнем механизации трудоемких процессов и плохой оснащённостью диагностического оборудования.

На сколько актуальна данная проблема можно узнать и из увеличивающегося числа жалоб автовладельцев на качество сервисных услуг, все чаще происходят ДТП из-за неисправности подвижного состава.

Только в Республике Адыгея за 2023 год произошло 278 дорожно-транспортных происшествий с легковыми автомобилями и 34 с грузовым подвижным составом. Многие из этих ДТП произошли по причине неисправности рулевого управления, тормозной системы или невнимательности водителя. В приведённом ниже рисунке (Рис. 1) представлена статистика дорожно-транспортных происшествий в Республике Адыгея за 2023 год [1].

Понять проблему почему так происходит мы сможем немного углубившись в процесс предоставляемых сервисных услуг. В большинстве автосервисов отмечается: дефицит квалифицированных сотрудников, использование устаревшего сервисного оборудования, отсутствие или недостаток качественных, оригинальных запчастей, а так же завышенная цена на сервисное обслуживание.

В данный момент Россия проходит средний этап автомобилизации, в 2021 г. обеспеченность населения легковыми автомобилями составила 328 ед., что выше, чем в 2010 г. По состоянию на конец 2022-го в России на учете стояли 50,6 млн легковых автомобилей [2]. При этом население страны сейчас насчитывает 145,5 млн человек, уровень обеспеченности легковыми автомобилями составляет 348 единиц на 1000 человек. В столице республики Адыгея, в городе Майкопе, по статданным на 2022 г. проживет 163766 чел.[3] Многие из них имеют один или два автомобиля в эксплуатации.

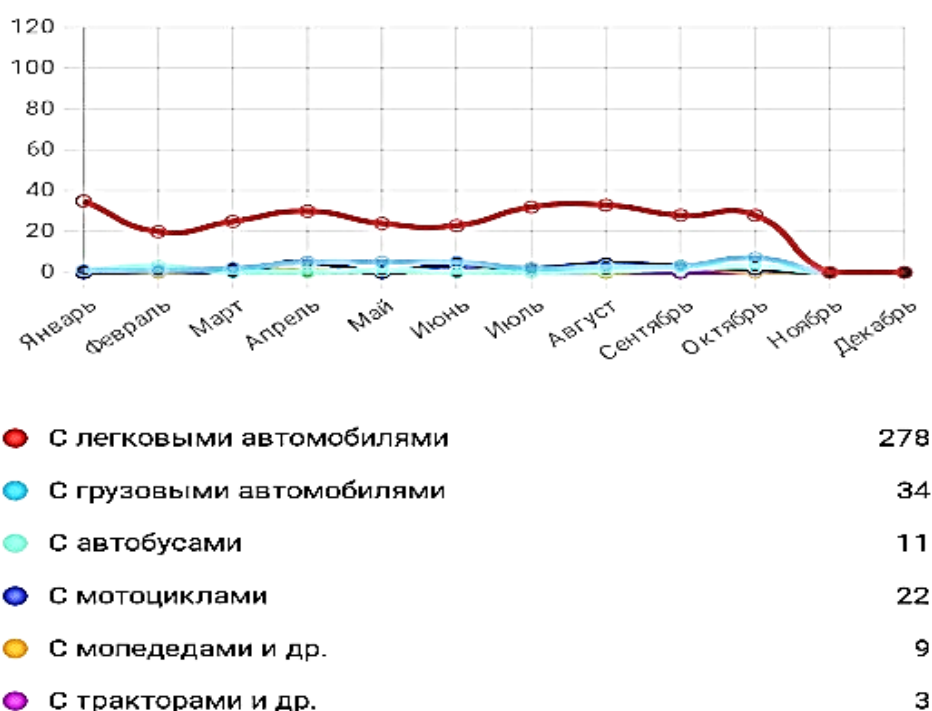


Рисунок 1- Количество ДТП по видам ТС в Республике Адыгея 2023г

На рисунке 2 отображен график количества собственных автомобилей на 1000 человек населения в Республике Адыгея

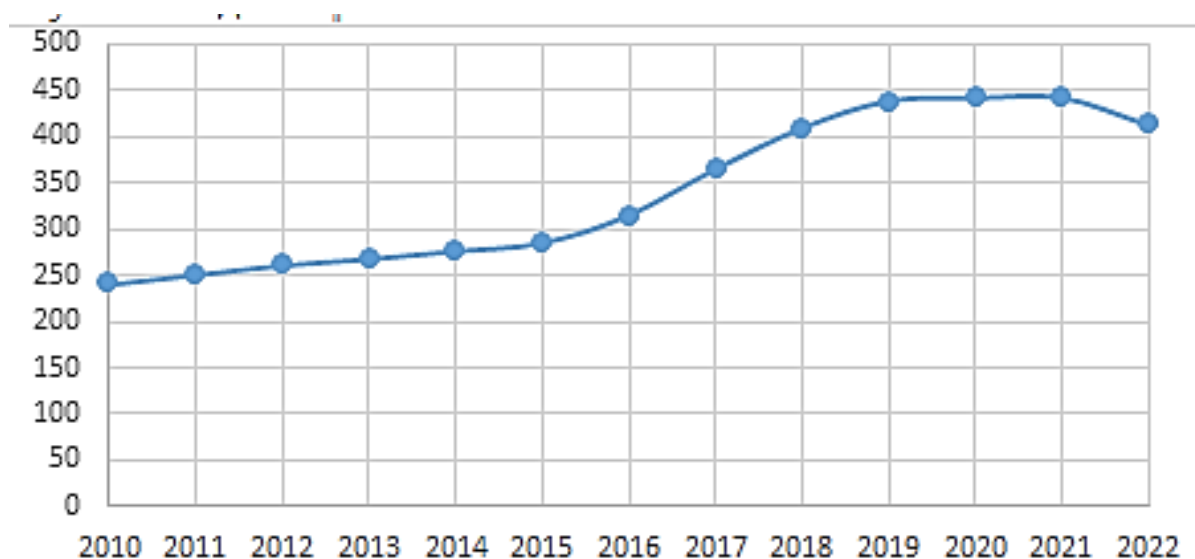


Рисунок 3 - Динамика числа легковых автомобилей на 1000 чел. в РСФСР и РФ в период 1970-2021 гг.

Также немаловажным фактором является и то, что большинство приобретаемых автомобилей в Республике имеют большой пробег (Рис.4) и следовательно требующих сервисные услуги уже в начале использования. Но как правило на этот сервис уже не достаёт финансовых сбережений и получается, что транспортное средство выезжает на дорогу в заведомо аварийном состоянии.



Рисунок 4 – Количество приобретаемых поддержанных автомобилей по отношению к новым

### **Выводы**

Из выше изложенного следует, что основными факторами влияющими на сервисное обслуживание являются значительное увеличение количества автомобилей, недостаток ремонтных площадей, качественных запчастей, устаревшее сервисное оборудование, а также недостаточная квалификация сервисных сотрудников.

Для улучшения сложившейся ситуации в секторе автосервисных услуг необходимо:

- Увеличение количества сотрудников и повышение их квалификации (обучение, наставничество и т.д.);
- Приобретение современного более технологичного оборудования и модернизация старого;
- Повышение мотивации сервисных рабочих (зарплата, условия труда и др.);
- Рассмотрение новых путей импорт-замещения качественных запчастей;
- Проведение рекламы сервисного предприятия для привлечения новых потенциальных клиентов.

### **Список литературы**

1. Статистика ДТП по Республике Адыгея <https://rusdtp.ru/stat-dtp/respublika-adygeya-adygeya>
2. Рыбин Н.Н. Предприятия автосервиса: Производственно-техническая база: Учебное пособие. - Курган: Изд-во Курганского ГУ, 2006. - 149 с.
3. Численность населения в Майкопе <https://investim.guru/stati/chislennost-naseleniya-v-maykope-na-2023-god-aktualnye-dannye-i-prognozy>

### **Lezhenko D.S., Guk G.A. Factors influencing the quality of services in modern conditions**

**Abstract:** The article discusses the issues of car service companies, factors affecting the quality of services, as well as their impact on the safety of the transport process.

**Keywords:** Service, cars, spare parts, qualification, service equipment, motorization, failure of aggregates, traffic accident.

УДК 629.113

Мойся Д.Л. к.т.н., Куплинов А.В., ст. пр., Бобров В.В., студент,  
Бова В.А., студент, Бережный И.Р., студент,  
Донецкая академия транспорта

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАНЕВРЕННОСТИ ДЛИННОБАЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА БАЗЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Аннотация.** Решена задача маневренности седельного длиннобазного автопоезда, состоящего из двухосного тягача и одноосного полуприцепа. Построены фазовые портреты системы при различных скоростях, которые позволяют оценить область притяжения прямолинейного движения

**Ключевые слова:** автопоезд, звено, маневренность, траектория

### Постановка задачи

Целью научной работы является исследование маневренности и, определение множества стационарных режимов движений, обеспечивающих необходимую маневренность при прохождении круговой габаритной полосы.

В настоящее время для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов для нужд различных отраслей экономики страны требуется специализированный подвижной состав. В связи с этим одним из основных направлений развития транспортной системы является использование автопоездов, позволяющих увеличить производительность подвижного состава и снизить себестоимость грузоперевозок. Эффективность этого вида транспорта зависит от сочетания его свойств, которые проявляются в процессе эксплуатации. Они определяют пригодность этих транспортных средств для использования в определенных условиях эксплуатации. Одним из важнейших свойств автопоезда является маневренность, т. е. возможность совершать повороты с радиусом кривизны и общей шириной коридора определяется геометрическими характеристиками дорог общего пользования.

Однако различия действующих правил дорожного движения на территории различных стран приносит неудобства водителям. Больше всего этому подвержены автопоезда, так как в связи с ПДД допустимая длина с грузом в зависимости от государства может сильно отличаться, а для перевозчиков объем груза зачастую более важен, чем его вес, так как грузопместимость прицепа напрямую связана с его размерами. Также увеличение длины тягача с грузом может позволить совершать более крупногабаритные контейнерные перевозки, что повлечет за собой экономическую выгоду.

Для использования таких автопоездов имеет место внедрение самоподруливающих осей полуприцепа, которые улучшат маневренность, в следствии чего более длинный автопоезд сможет проходить круговой габаритный коридор, соответствующий стандартам ЕС.

### Основная часть

Для наиболее полного описания и исследования возможных стационарных состояний седельного автопоезда с жестким рулевым управлением необходимо выбрать подходящую математическую модель и соответствующие переменные состояния (рис. 1).

Передняя ось тягача может поворачиваться на угол  $\theta$ . Связь между звеньями осуществляется цилиндрическим шарниром, который допускает свободное относительное поворачивание звеньев в плоскости их движения.

Конфигурация каждого звена описывается координатами  $x_i$  и  $y_i$  его центра масс  $C_i$  и курсовым углом  $\psi_i$  (который заключен между продольной осью соответствующего звена и осью  $x$  неподвижной системы координат).

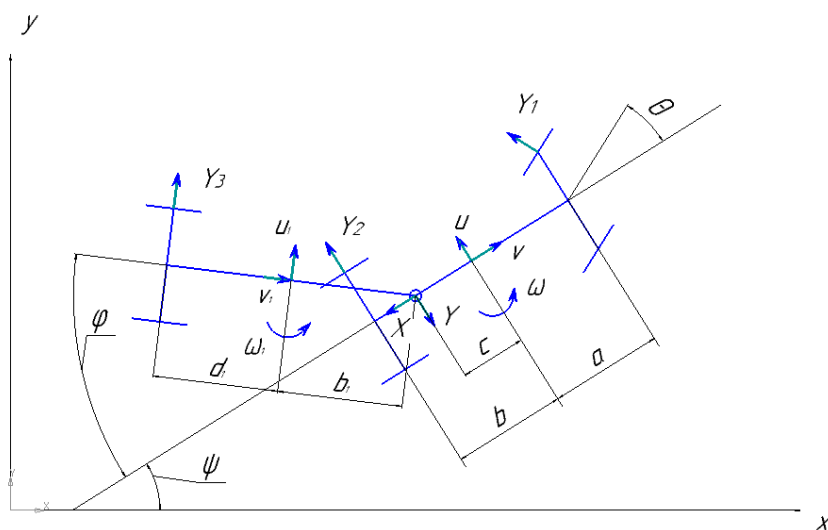


Рисунок 1 - Схема движения автопоезда.

Параметры системы:  $v$  – продольная составляющая скорости центра масс тягача;  $a, b$  – расстояние от центра масс тягача до дочек крепления передней и задней оси тягача;  $c$  – расстояние от центра масс тягача до дочки сцепки с задним звеном;  $d$  – расстояние от центра масс заднего звена до точки сцепки;  $2K$  – габаритная ширина автопоезда;  $k_f$  – коэффициент трения; коэффициенты увода на осях ( $k_1, k_2, k_3$ ); коэффициенты сцепления при определении боковых сил увода ( $\chi_1, \chi_2, \chi_3$ ); устанавливаемый угол поворота колес управляемого модуля  $\theta$ , боковая реакция полотна дороги ( $Y_1, Y_2, Y_3$ ).

Обозначим через  $C, C_1, m, m_1, I, I_1, \omega = \dot{\psi}, \omega_1 = \dot{\psi}_1, \phi$  центры масс, массы, центральные моменты инерции относительно соответствующих вертикальных осей, абсолютные угловые скорости ведущего и ведомого звеньев и угол складывания (заключен между продольными осями тягача и полуприцепа). Тогда:

$$\omega_1 = \omega - \dot{\phi}.$$

Зададим абсолютные скорости точек  $C, C_1$  разложениями по ортам соответствующих базисов:

$$\begin{aligned} v_c &= i_0 v + j_0 u, & v_{c1} &= i_1 v_1 + j_1 u_1, \\ v &= x \cdot \cos\psi + y \cdot \sin\psi, & u &= -x \cdot \sin\psi + y \cdot \cos\psi, \\ v_1 &= v \cdot \cos\phi - (u - \omega \cdot c) \cdot \sin\phi, & u_1 &= v \cdot \sin\phi + (u - \omega \cdot c) \cdot \cos\phi. \end{aligned} \quad (1)$$

Система дифференциальных уравнений движения автопоезда описывает изменение фазовых переменных ( $u, \omega, \phi, \Phi$ ):  $u$  – поперечная составляющая скорости центра масс тягача (квазискорость),  $U$  – ее производная в подвижной системе координат;  $\Omega$  – угловое ускорение относительно вертикальной оси;  $\Phi$  – скорость складывания угла  $\phi$ ;  $\mathbf{P}\mathbf{P}$  – угловое ускорение ведомого звена относительно вертикальной оси.

Среди различных теорий качения упругодеформируемых колес наибольшее распространение получила аксиоматика, согласно которой боковая реакция  $Y_i$  полотна дороги, приложенная в центре пятна контакта катящегося упругого колеса, является функцией лишь так называемого угла увода  $\delta_i$ .

Приведенные углы бокового увода колесных осей определяются выражениями

$$\begin{aligned}\delta_1 &= \theta - \operatorname{arctg} \frac{(u + a\omega)}{v}; \\ \delta_2 &= \operatorname{arctg} \frac{-u + b\omega}{v}; \\ \delta_3 &= \operatorname{arctg} \frac{-u_1 + b_1\omega_1}{v_1}.\end{aligned}\quad (2)$$

Зависимости сил бокового увода, имеющие эмпирическое происхождение [1], можно аппроксимировать выражениями (монотонно возрастающая функция, имеющая характер кривой насыщения)

$$Y_i = k_i \delta_i / \sqrt{(1 + (k_i \delta_i / \chi_i Z_i)^2)}, \quad (3)$$

где  $Z_i$  – реакции опорной поверхности на осях.

Пренебрегая перераспределением нормальных реакций между боковыми колесами, будем считать боковые колеса каждой оси замененными одним приведенным колесом с центром в середине оси. Тогда:

$$\begin{aligned}Z_1 &= \frac{1}{l} [mgb - m_2 g \frac{b_1}{L_1} (c - b)]; \\ Z_2 &= \frac{1}{l} [mga + m_2 g \frac{b_1}{L_1} (c + a)]; \\ Z_3 &= m_2 g \frac{d_1}{L_1}; \quad l = a + b; \quad L_1 = d_1 + b_1.\end{aligned}\quad (4)$$

Вывод дифференциальных уравнений плоскопараллельного движения седельного автопоезда методом сечений [3].

Применяя метод сечений, получим следующие уравнения плоскопараллельного движения, в проекциях на оси неизменно связанные со звеньями, для тягача и полуприцепа соответственно

1. Уравнения движения тягача:

$$\begin{aligned}m(V - u\omega) + X + Y_1 \sin(\theta) &= 0; \\ m(U + v\omega) - Y - Y_1 \cos(\theta) - Y_2 &= 0; \\ J\Omega + Yc - Y_1 a \cos(\theta) + Y_2 b &= 0.\end{aligned}\quad (5)$$

2. Уравнения движения прицепа:

$$\begin{aligned}m_1(V_1 - u_1\omega_1) - X \cos(\varphi) - Y \sin(\varphi) &= 0; \\ m_1(U_1 + v_1\omega_1) - X \sin(\varphi) + Y \cos(\varphi) - Y_3 &= 0; \\ J_1\Omega_1 - X b_1 \sin(\varphi) + Y b_1 \cos(\varphi) + Y_3 d_1 &= 0.\end{aligned}\quad (6)$$

Исключая из (5) и (6) уравнения внутренние силы  $X, Y$  взаимодействия подсистем, получим систему нелинейных дифференциальных уравнений (7):

По переменной  $v$ :

$$m(V - u\omega) - Y_3 \sin(\varphi) + m_1 d_1 \varphi \sin(\varphi) - m_1 d_1 \Omega \sin(\varphi) + m_1 d_1 \Phi^2 \cos(\varphi) - 2m_1 d_1 \Phi \omega \cos(\varphi) + m_1 d_1 \omega^2 \cos(\varphi) - \omega u m_1 + V m_1 + \omega^2 m_1 c + Y_1 \sin(\theta) = 0;$$

По переменной  $u$ :



$$m(U + v\omega) + 2m_1d_1\Phi\omega \sin(\varphi) - m_1d_1\Phi^2\sin(\varphi) - m_1d_1\omega^2\sin(\varphi) - m_1d_1\Omega \cos(\varphi) + m_1d_1PP \cos(\varphi) + U m_1 - Y_3 \cos(\varphi) - \Omega m_1c + \omega v m_1 - Y_1 \cos(\theta) - Y_2=0;$$

По переменной  $\omega$ :

(7)

$$J\Omega - (2 m_1d_1\Phi\omega \sin(\varphi) - m_1d_1\Phi^2\sin(\varphi) - m_1d_1\omega^2\sin(\varphi) - m_1d_1\Omega \cos(\varphi) + m_1d_1PP \cos(\varphi) + U m_1 - Y_3 \cos(\varphi) - \Omega m_1c + \omega v m_1 )c - Y_1a \cos(\theta) + Y_2b=0;$$

По углам складывания:

$$J_1(\Omega - PP) + (Y_3 \sin(\varphi) - m_1d_1PP \sin(\varphi) + m_1d_1\Omega \sin(\varphi) - m_1d_1\Phi^2\cos(\varphi) + 2 m_1d_1\Phi\omega \cos(\varphi) - m_1d_1\omega^2\cos(\varphi) + \omega v m_1 - V m_1 - \omega^2 m_1c ) d_1 \sin(\varphi) - (2 m_1d_1\Phi\omega \sin(\varphi) - m_1d_1\Phi^2\sin(\varphi) - m_1d_1\omega^2\sin(\varphi) - m_1d_1\Omega \cos(\varphi) + m_1d_1PP \cos(\varphi) + U m_1 - Y_3 \cos(\varphi) - \Omega m_1c + \omega v m_1 ) d_1 \cos(\varphi) + Y_3b_1=0;$$

Результаты численного анализа математической модели автопоезда.

Применяя численные методы интегрирования в пакете «Maple» получим следующие результаты численного анализа математической модели автопоезда:

Нахождение круговых стационарных режимов движения.

Стационарным решениям (состояниям равновесия, особым точкам, точкам покоя)  $\omega = \text{const}$ ,  $u = \text{const}$ ,  $\varphi = \text{const}$  системы при  $v = \text{const}$  и  $\theta = \text{const}$  отвечают круговые траектории всех точек двухзвенника на плоскости дороги.

Задание параметров системы:

$m=8000$  кг,  $m_2=38000$  кг,  $a=0,9$  м,  $b=2.85$  м,  $c=1.88$  м,  $b_1=2,8$  м,  $d_1=5.4$  м,  $v=4.5$  м/с,  $\theta=0.38$ ,  $k_1=160000$  Н,  $k_2=326000$  Н,  $k_3=365000$  Н,  $J=0.35*m*a*b$  кгм<sup>2</sup>,  $J_2=0.8*m_1*d_1*b_1$  кгм<sup>2</sup>,  $\chi_i=0,8$ ,  $K=1.247$ м.

Подставляя в решения системы уравнений (8) заданные параметры и различные значения управляющих параметров  $v$  и  $\theta$  получим следующие результаты.

Так значениям  $v=4.8$ м/с и  $\theta=0.42$ рад соответствует круговой стационарный режим, траектория движения центра тяжести тягача в плоскости дороги при этом и положение самого тягача представлены на рис.2

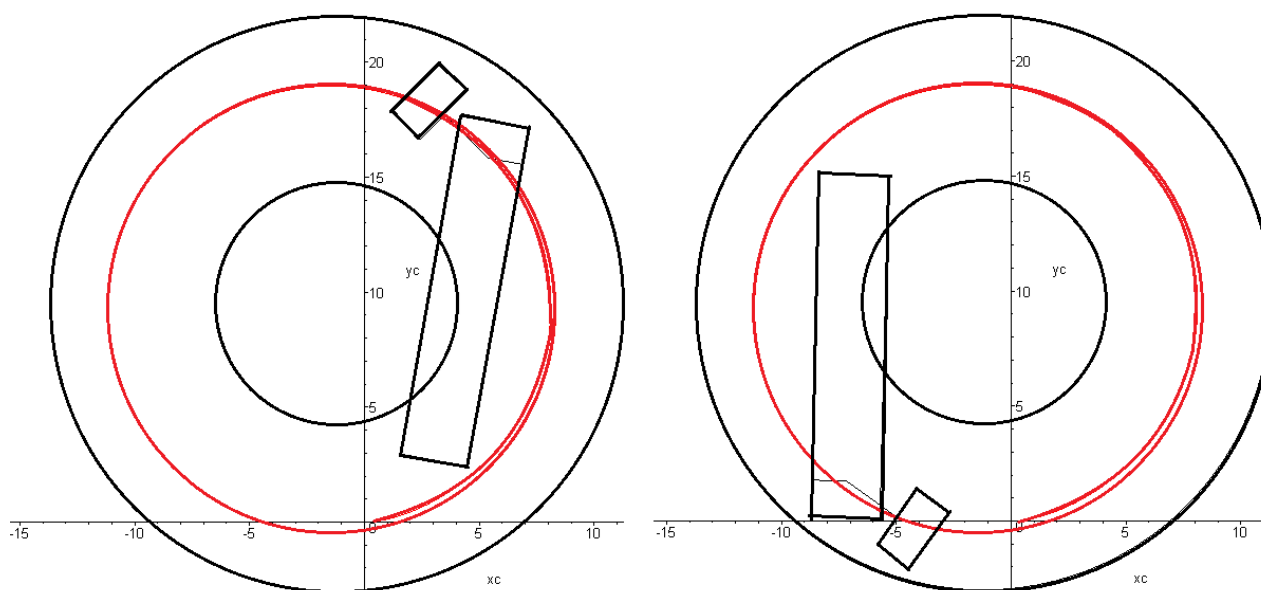


Рисунок 2 – Траектория центра тяжести тягача в плоскости дороги ( $v=4.8$ м/с и  $\theta=0.42$ рад)

При  $v=5\text{ м/с}$  и  $\theta=0,36$  рад получим круговой стационарный режим см. рис.3.

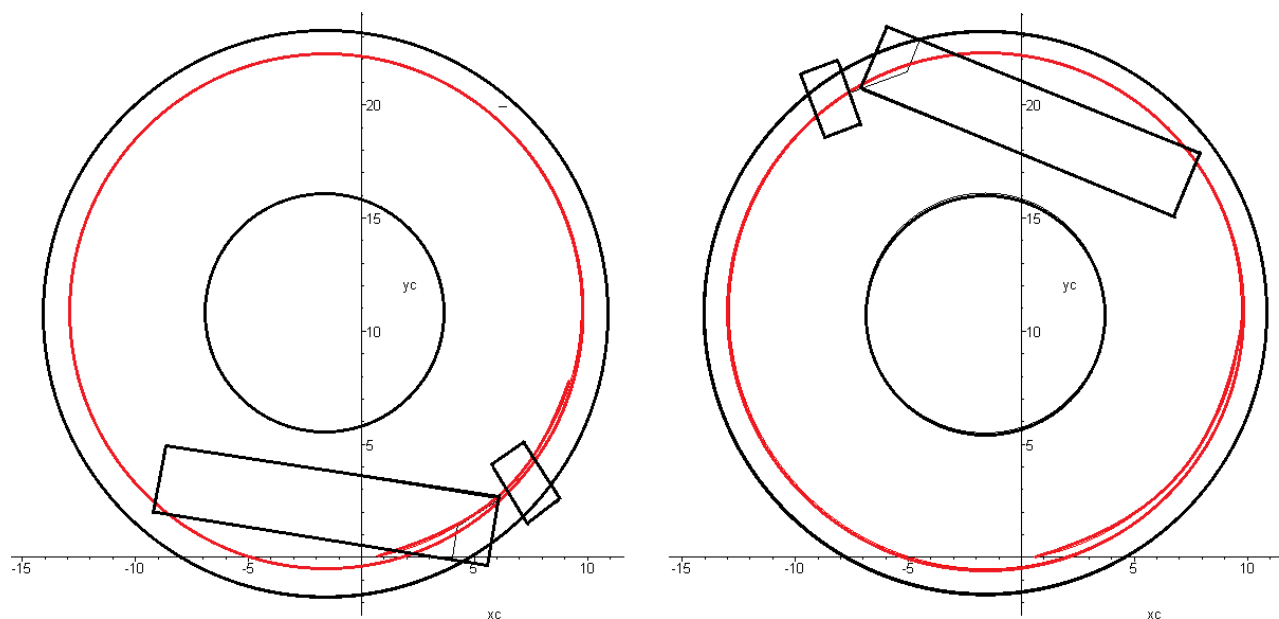


Рисунок 3 – Траектория центра тяжести тягача в плоскости дороги ( $v=5\text{ м/с}$  и  $\theta=0,36\text{ рад}$ ).

На рисунках 2 и 3 показаны положения автопоезда при движении по круговому коридору, габариты которого соответствуют стандартам ЕС. Видно, что при заданных управляющих параметрах, в первом случае полуприцеп, а во втором случае тягач и полуприцеп выходят за габариты коридора.

Очевидно, существуют такие значения  $v$  и  $\theta$  при, которых автопоезд будет проходить круговой коридор, вписываясь в его габариты.

Методом последовательных приближений были подобраны управляющие параметры  $v=4,5\text{ м/с}$  и  $\theta=0,38\text{ рад}$ , которым соответствует стационарный круговой режим с траекторией, приведенной на рис.4.

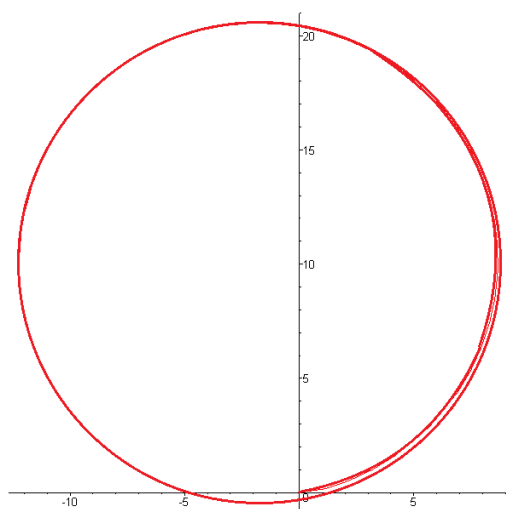


Рисунок 4 – Траектория центра тяжести тягача в плоскости дороги (получена численным интегрированием в среде пакета «Maple»).

Данная траектория соответствует прохождению автопоездом кругового коридора, габариты которого соответствуют стандартам ЕС.

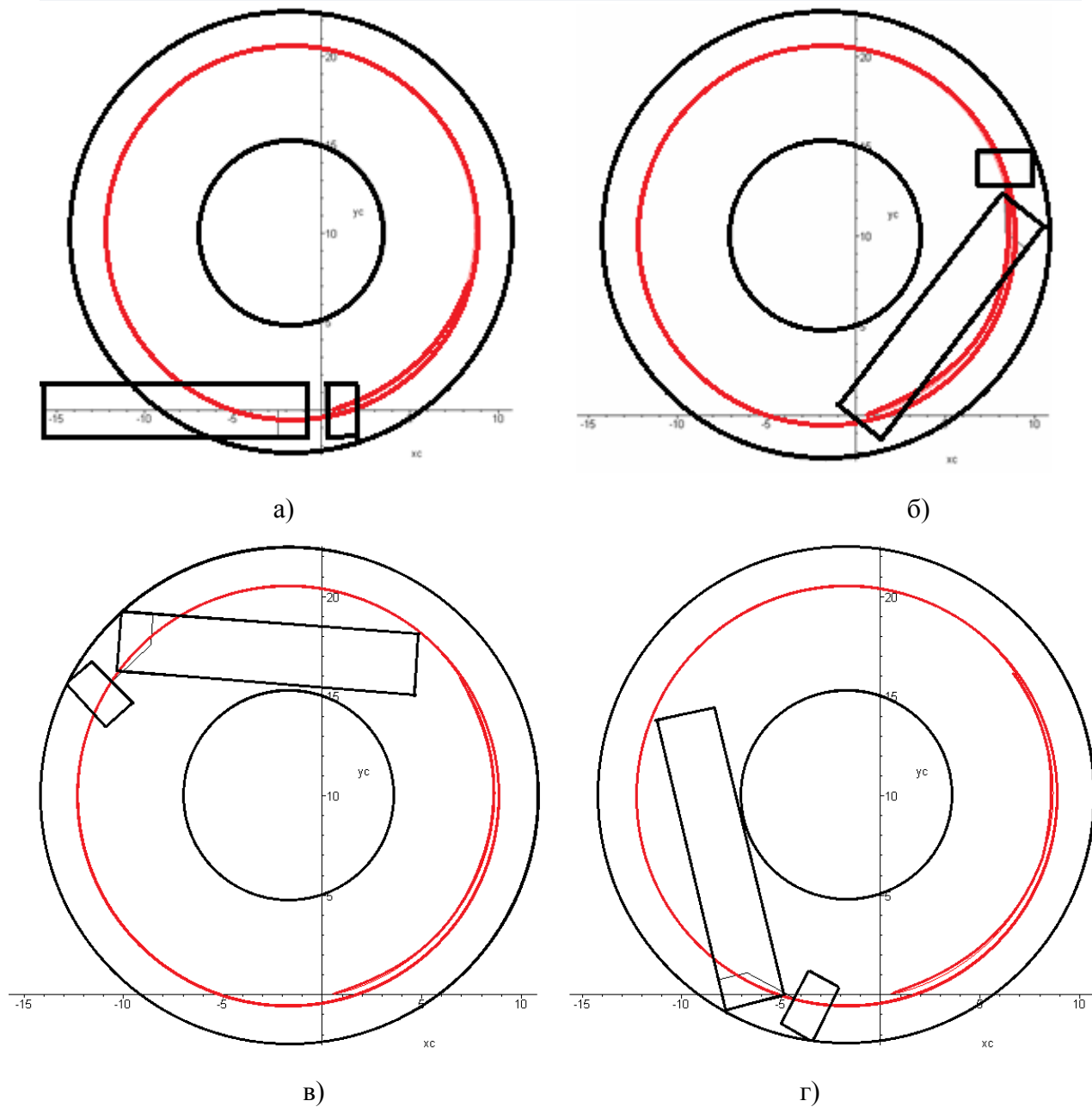


Рисунок 5 – Прохождение автопоездом кругового коридора (габариты коридора соответствуют стандартам ЕС), рис. а – входение в коридор, рис б, в, г – прохождение коридора.

### Выводы

Построена математическая модель двухзвенного автопоезда, состоящего из тягача и прицепа и определены факторы, влияющие на маневренность.

Исследована маневренность модели седельного автопоезда, определены множества стационарных режимов движений, обеспечивающих необходимую маневренность при прохождении круговой габаритной полосы.

Для выбранных конструктивных параметров модели определены значения скорости и угла поворота управляемых колес, которые обеспечивают прохождение автопоезда по кольцевому габаритному коридору.

**Список использованных источников**

1. Рокар И. Неустойчивость в механике. – М.: Изд-во иностр. Лит., 1959. – 288с.
2. Лобас Л.Г., Вербицкий В.Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин. - Киев: Наук. думка, 1990. – 232 с.
3. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1975. – 216с.
4. Вербицкий В.Г., Лобас Л.Г. Вещественные бифуркации двухзвенных систем с качением// Прикл. математика и механика. – 1996. – 60, №3. – С. 418–425.

**Moisia D.L., Kuplinov A.V., Bobrov V.V., Bova V.A., Berezhny I.R. Maneuverability of long-range road trains**

**Annotation.** The problem of maneuverability of a long-wheelbase truck train consisting of a two-axle tractor and a single-axle semi-trailer has been solved. Phase portraits of the system at different speeds are constructed, which allow us to estimate the area of attraction of rectilinear motion

**Keywords:** road train, link, maneuverability, trajectory

УДК 656.01

*Ткачева Я.С., зав. кафедрой автомобильного транспорта, канд. экон. наук, доц.,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Майкопский государственный технологический университет»*

*Шапалова Н.Г., доцент кафедры автомобильного транспорта, канд. экон. наук, доц.,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Майкопский государственный технологический университет»*

*Бжентхалова И.М., преподаватель, Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный  
технологический университет»*

## **РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА МАЙКОПА РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ**

***Аннотация:** Транспортная инфраструктура является связующим звеном во внешних и внутренних взаимосвязях территориальной целостности региона и обеспечивает производственную связь между отраслями народного хозяйства. Функциями транспортной инфраструктура является удовлетворение потребностей экономических субъектов в транспортных объектах, формирование транспортной сети региона, обеспечение взаимодействия между различными видами транспорта, повышение уровня социально-экономического развития региона.*

*В современных реалиях трудно представить функционирование и развитие города или региона без транспортной инфраструктуры. Рассматривая актуальность данного вопроса можно сделать вывод, что функционирование города или региона зависит от хорошо развитой транспортной инфраструктуры, которая способствует обеспечению удовлетворение потребностей населения качественными услугами в транспортной сфере и развитию экономики производства.*

***Ключевые слова:** транспорт, транспортная инфраструктура, финансирование, город Майкоп.*

Развитие и эффективность функционирования транспортной инфраструктуры является важнейшим фактором экономического роста транспортного комплекса и внешнеэкономической деятельности региона.

В условиях конкурентоспособности и высокой производительности труда транспорт обеспечивает не только удовлетворение потребностей населения качественными услугами в транспортной сфере, но и активно воздействует на весь процесс расширенного воспроизводства формируя тем самым высокую конкурентоспособность региона.

Развитие транспортной инфраструктуры необходимо направить на повышение качества транспортного обслуживания. С этой целью предлагается:

1. Продолжение работы по оптимизации маршрутов движения транспорта, уровня загрузки улично-дорожной сети на основе изучения спроса.
2. Реконструкция и модернизация систем управления дорожным движением (включая элементы интеллектуальных транспортных систем на улично-дорожной сети).
3. Обновление подвижного состава.
4. Реконструкция пересечения автомобильной дороги.

5. Совершенствование инфраструктуры для легкового автомобильного транспорта включая развитие единого парковочного пространства.
6. Продолжение работы по устройству безопасных пешеходных переходов.
7. Обустройство городских маршрутов для велосипедистов.

В связи с этим рассмотрим комплексные мероприятия по развитию транспортной инфраструктуры города Майкопа.

*Мероприятия по развитию транспорта общего пользования, созданию транспортно-пересадочных узлов*

Городской транспорт общего пользования является важнейшей составной частью социальной и производственной инфраструктуры территории. Его устойчивое функционирование является одним из показателей качества жизни населения. В 2023 году проведено обследование пассажиропотока на городском электрическом транспорте с целью определения размеров пассажиропотоков по маршрутам и графикам движения троллейбусов, определения количества пассажиров, перевозимых по проездным билетам длительного пользования, расчета средней дальности поездки пассажира.

Обследование пассажиропотока показало, что средняя дальность поездки одного пассажира в троллейбусе в 2023 году по сравнению с 2018 годом возросла с 2,6 км до 3,14 км; доля пассажиров, пользующихся билетами длительного пользования, в сентябре 2023 года по сравнению с маем 2018 года возросла с 21,9 % до 29,2 %.

По результатам данного обследования произведена корректировка маршрутной схемы, составления расписаний движения транспортных средств, распределения их по маршрутам; произведен расчет технико-эксплуатационных показателей, необходимого количества подвижного состава, разработаны мероприятия по улучшению перевозки пассажиров в часы «пик»; даны рекомендации по улучшению обслуживания населения города пассажирским транспортом.

С этой целью предлагаются следующие мероприятия:

1. Проведение работ по замене аварийных опор контактной сети троллейбуса.
2. Установка новых остановочных пунктов.

Установка на остановочных пунктах дорожного знака 5.16. «Место остановки автобуса и (или) троллейбуса».

3. Оборудование остановочных пунктов электронными табло с расписанием, управляемых с помощью системы ГЛОНАСС как элемента интеллектуальных транспортных систем («умная остановка»).

4. Адаптация остановочных пунктов общественного транспорта и подходов к остановочным пунктам для обеспечения доступности инвалидам и другим маломобильным группам.

5. Оборудование остановочных пунктов системой Wi-Fi.

6. Оборудование остановочных пунктов системой видеofиксации.

*Мероприятия по развитию инфраструктуры для легкового автомобильного транспорта, включая развитие единого парковочного пространства*

По развитию инфраструктуры для легкового автомобильного транспорта, включая развитие единого парковочного пространства, предлагается реализовать следующий комплекс мероприятий:

- модернизация светофорных объектов;
- проектирование и строительство светофорных объектов;
- оборудование парковочных карманов вдоль центральных автомобильных дорог возле объектов торговли и бытового обслуживания;
- предоставление муниципальных земельных участков под строительство парковок (парковочных мест);
- устройство муниципальных парковок (парковочных мест).

*Мероприятия по развитию инфраструктуры пешеходного и велосипедного передвижения*

Предлагается к реализации комплекс мероприятий по развитию инфраструктуры пешеходного и велосипедного передвижения:

- разработка проектов по созданию велопешеходных дорожек на городской территории;
- проектирование и строительство пешеходных светофорных объектов;
- оборудование пешеходных переходов в соответствии с нормативными требованиями [1].

*Мероприятия по развитию сети дорог*

Пропускная способность существующей дорожной сети, качество дорожного полотна и схема дорог рассматриваются в качестве наиболее актуальных проблем. Генеральным планом города Майкопа одной из первоочередных инженерно-технических и социальных задач признано развитие транспортной инфраструктуры.

Для реализации развития дорожной сети города Майкопа целесообразно решение следующих задач:

- вынос транзитного транспорта с городских улиц;
- создание дополнительных связей между городскими территориями;
- увеличение пропускной способности существующих улиц и дорог путем реконструкции существующей улично-дорожной сети, улучшения качества дорожного покрытия и создания улиц дублеров;
- обеспечение безопасности движения транспорта и пешеходов.

Расширение проезжих частей улиц возможно только с использованием принципа закрепления их параметров в проектируемых (перспективных) красных линиях. Предлагается разгрузить наиболее загруженные транспортом улицы путем создания улиц-дублеров, которые обеспечат более благоприятные заезды в территории городских кварталов.

*Мероприятия по внедрению интеллектуальных транспортных систем*

Наиболее эффективным решением вопроса является внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Развитие ИТС становится одним из важнейших инструментов повышения конкурентоспособности транспортного комплекса и экономики в целом, качества жизни населения. ИТС предполагает решение следующих задач:

- удовлетворение потребностей населения качественными услугами в транспортной сфере и развитию экономики производства.
- поднятие качества оказываемых услуг в транспортной сфере,
- улучшение безопасности дорожного движения,
- создание единого навигационно-информационного центра транспортного комплекса региона.

Для успешной разработки проекта ИТС, как интегрирующей системы в регионе, и дальнейшего его внедрения в городе Майкопе предлагается следующий алгоритм:

1. Определить основных участников проекта:
  - пользователей системы;
  - эксплуатирующую организацию;
  - заказчика системы;
  - контрагентов, которые будут отдавать информацию в систему.
2. Определить стратегию развития дорожно-транспортного развития.
3. Исследовать состояние дорожно-транспортного комплекса, получить количественные и качественные показатели его работы.
4. Определить круг практических и интеллектуальных задач, которые стоят перед заказчиком и эксплуатирующей организацией, пользователями системы.

5. На основании результатов проведенных работ создать концепцию ИТС, описывающую:

- цели создания ИТС;
- основные показатели, которые необходимо достичь;
- сроки построения системы;
- задачи, которые будет решать ИТС;
- перечень существующих в городе и планируемых к реализации компонентов ИТС;
- перечень участников проектов и вовлеченных организаций.

6. Получить согласование Концепции ИТС со стороны всех участников проектов, органов власти, заказчика, согласующих служб и ведомств.

7. На основании разработанной Концепции разработать проекты, отражающие все вопросы параметров, применяемых технических и программных средств, правил управления, регламенты взаимодействия всех участников проектов и вовлеченных организаций, технологических инструкций работы сотрудников ИТС, вопросы их обучения, и др.

8. Получить все необходимые согласования проектов и проектных решений.

9. Реализовать заложенные в проекте решения:

- построить и организовать аналитические и ситуационные центры, центры обработки данных, сети связи и др.;
- поставить технические средства и программное обеспечение;
- разработать и адаптировать специализированное и прикладное программное обеспечение;
- внедрить запроектированные компоненты и комплексы, провести пуско-наладку, комплексную отладку, обучение кадров;
- организовать и провести приёмочные испытания и ввод в промышленную эксплуатацию системы.

В настоящее время наиболее значимым и востребованным элементом ИТС в условиях развития улично-дорожной сети города Майкопа является установка новых и оборудование существующих остановочных пунктов.

Проект «Умная остановка» – это электронно-техническое сооружение для предоставления населению города широкого спектра автоматизированных услуг: государственных, информационных, платежных и других. Так оборудование остановочных пунктов современной системой оповещения в случае чрезвычайных ситуаций позволит установить прямую видеосвязь с полицией, службой такси и скорой помощью, оборудование остановочных пунктов видеофиксацией позволит предотвратить дорожные происшествия из-за неправильной парковки автомобилей [5].

В целом внедрение ИТС в городе Майкопе позволит решить проблемы перегруженности городских автомагистралей, повысить эффективность управления дорожным движением, повысить качество оказания автотранспортных услуг для пассажиров.

### **Выводы**

Таким образом, в ходе проведенного исследования выявлено, что транспортная инфраструктура города Майкопа функционирует со значительными перебоями и неэффективна. Развитие транспортной инфраструктуры необходимо направить на повышение качества транспортного обслуживания. Для решения основных проблем необходимо провести следующие мероприятия:

- создать единый логистический центр,
- внедрить интеллектуальные транспортные системы для обеспечения безопасного, экологически чистого и комфортного перемещения людей и грузов,
- организовать транспортно-пересадочные узлы, так как городской транспорт общего пользования является важнейшей составной частью социальной и производственной инфраструктуры территории,



- развить единое парковочное пространство,
- сформировать инфраструктуру пешеходного и велосипедного передвижения.

Неэффективное функционирование транспортной системы города Майкопа являются важнейшим фактором, сдерживающим социально-экономическое развитие региона и многократно снижающим ее конкурентоспособность.

### **Список литературы**

1. Белокуров, В.П. Модели оптимального взаимодействия пассажирского автотранспорта различных форм собственности [Текст] / В.П. Белокуров, Э.Н. Бусарин, Р.А. Кораблев, А.А. Штепа, Э.Ю. Гукетлев, Р.А. Сподарев, А.Ю. Артемов // *Альтернативные транспортные технологии*. 2018. Т. 5. № 1 (8). С. 76-79.

2. Гукетлев, Ю.Х. Зарубежный опыт развития городского пассажирского транспорта [Текст] / Ю.Х. Гукетлев, Я.С. Ткачева, Э.Ю. Гукетлев // *Новые технологии*. 2016. № 4. С. 27-32.

3. Гукетлев, Ю.Х. Пассажирский транспорт в социально-культурном пространстве городов и регионов [Текст] / Ю.Х. Гукетлев, Я.С. Ткачева, Э.Ю. Гукетлев // *Новые технологии*. 2016. № 4. С. 22-26

4. Гукетлев, Ю.Х. Управление региональным транспортным комплексом [Текст]: учебное пособие / Ю.Х. Гукетлев, И.Б. Ахунова, Х.Г. Гусарук, Э.Ю. Гукетлев - Изд. 2-е, доп. - Майкоп: Изд-во МГТУ, 2016. - 159 с.

5. Корчагин, В.А. Сложные саморазвивающиеся транспортные системы [Текст] / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, С.А. Ляпин, Ю.Н. Ризаева // *Мир транспорта и технологических машин*. 2016. № 2 (53). С. 110-116.

***Tkacheva Ya.S., Shapovalova N.G., Bzhenthalova I.M. Development of the transport infrastructure of the city of Maikop of the Republic of Adygea***

***Abstract:*** Transport infrastructure is a link in the external and internal relationships of the territorial integrity of the region and provides a production link between the branches of the national economy. The functions of the transport infrastructure are to meet the needs of economic entities in transport facilities, form the transport network of the region, ensure interaction between different modes of transport, and increase the level of socio-economic development of the region. In modern realities, it is difficult to imagine the functioning and development of a city or region without transport infrastructure. Considering the relevance of this issue, it can be concluded that the functioning of a city or region depends on a well-developed transport infrastructure, which helps to ensure that the needs of the population are met with high-quality services in the transport sector and the development of the production economy.

***Keywords:*** transport, transport infrastructure, financing, Maikop city

УДК 629.424.016.15

*Ю.В. Прилепский, к.т.н., доцент, Донецкая академия транспорта;*  
*Л.В. Целуйко, ассистент каф. «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей» ФГБОУ*  
*ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»*  
*А.И. Гуртовенко, студ. гр. 1-АТР-22Мз, Донецкая академия транспорта;*  
*Е.И. Стародубцева, студ. гр. 1-АТР-22Мз, Донецкая академия транспорта;*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ С НАКОПИТЕЛЯМИ КОНДЕНСАТОРНОГО ТИПА**

**Аннотация.** Экономия топливно-энергетических ресурсов на транспорте является одним из определяющих параметров развития транспортной отрасли. Помимо снижения затрат на топливо, уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу с отработавшими газами и негативная нагрузка на экологию. Одним из эффективных способов снижения расхода топлива является использование систем рекуперации кинетической энергии, когда на тормозных режимах энергия движения преобразуется в иной вид энергии и концентрируется в соответствующих накопителях, а используется на тяговых режимах. В данной работе исследовали возможность использования в качестве накопителей конденсаторов сверхбольшой емкости.

**Ключевые слова:** система рекуперационная, накопитель конденсаторного типа, потери на преобразовании, частота повышенная

#### **Постановка задачи**

Целью работы является повышение эффективности и надежности системы рекуперации с накопителями конденсаторного типа за счет схематических решений.

В процессе выполнения работы решались следующие задачи:

- проанализировать известные данные об использовании систем рекуперации на транспорте;
- исследовать влияние схематических решений на показатели эффективности рекуперативной системы;
- разработать схематические решения управления системой рекуперации.

В связи с ростом цен на топливно-энергетические ресурсы, актуальной задачей становится их экономия и рациональное использование. Транспорт, включая автомобильный, потребляет значительное количество топлива и является одним из главных загрязнителей окружающей среды. Поэтому, снижение потребления энергоносителей транспортными средствами является одним из важнейших направлений развития транспортной области как в плане создания новых типов, так и модернизации существующих транспортных средств.

Одним из вариантов эффективного использования топливно-энергетических ресурсов на автомобильном транспорте является рекуперация энергии движения при эксплуатации тягового подвижного состава. Так, для транспортных средств весьма эффективна система накопления энергии движения с преобразованием ее в электрическую энергию на тормозных режимах (рекуперативное торможение) с дальнейшим ее использованием на разгонных и тяговых режимах.

В настоящее время наиболее эффективным примером использованием систем рекуперации на автомобильном транспорте являются гибридные автомобили (см. рисунок

1). По уровню участия рекуперативного привода в движении автотранспортного средства можно выделить три основных типа:

- микрогибридный привод, где рекуперативная система обеспечивает только кратковременные динамические режимы движения;
- среднегибридный привод, где рекуперативная система обеспечивает как динамические режимы движения, так и относительно непродолжительные тяговые статические режимы;
- крупногибридный привод, где рекуперативная система обеспечивает динамические режимы движения, довольно продолжительные тяговые статические режимы и позволяет осуществлять движение только за счет рекуперативного привода. В данном случае мощность рекуперативного привода соизмерима с мощностью основной энергетической установки.

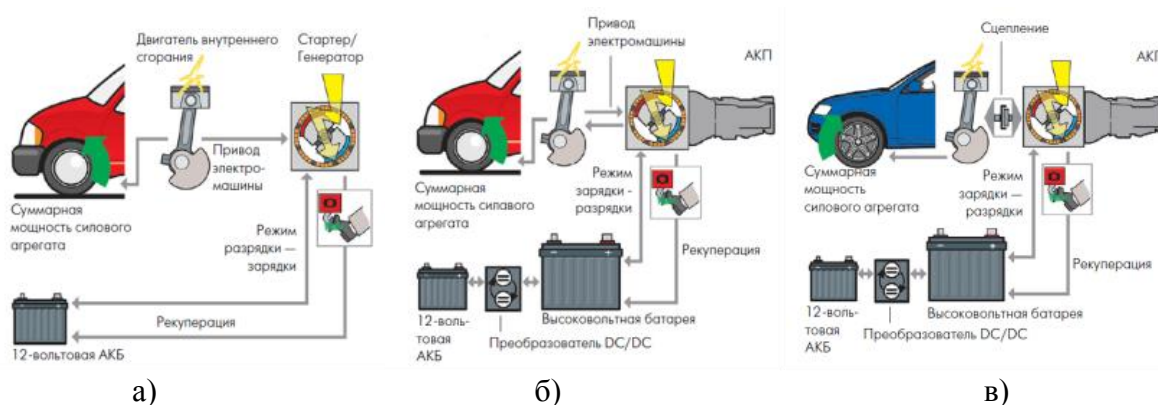


Рисунок 1 – Схемы гибридного привода с рекуперативным приводом с различным уровнем участия в движении: микрогибридный (а), среднегибридный (б) и крупногибридный (в)

По кинематической схеме включения рекуперативного привода различают (см. рисунок 2):

- параллельный привод;
- последовательный привод;
- раздельный привод.

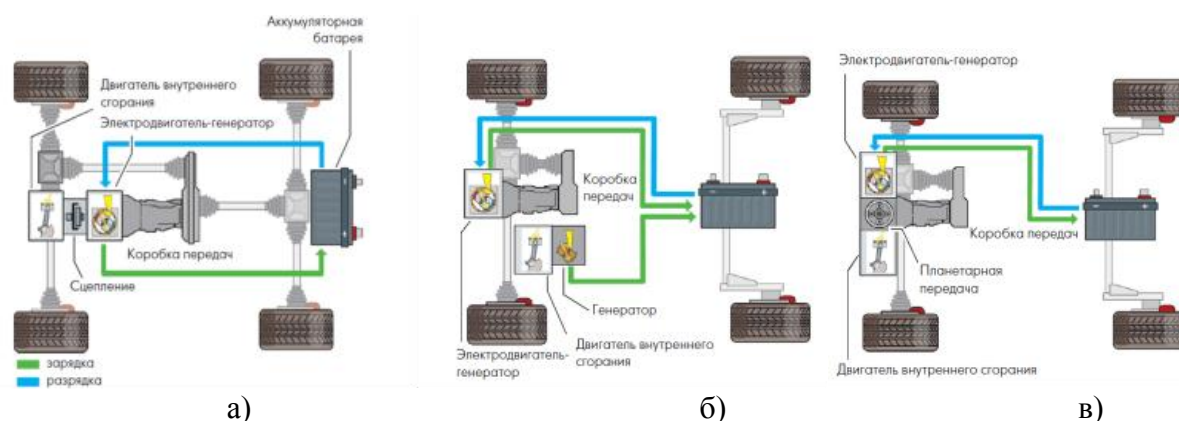


Рисунок 2 – Гибридный привод по кинематической схеме рекуперативного привода: параллельный (а), последовательный (б) и раздельный (в)

На наш взгляд наиболее приемлемым является раздельный привод не только по признаку раздельной энергетической установки, но и по мостам автомобиля.

В последнее время в качестве в качестве рекуперативного привода в подавляющем большинстве случаев используется электрический привод.

Для электрических систем используются (см. таблицу 1) щелочные или кислотные аккумуляторы, которые имеют существенные недостатки: относительно малый срок службы, необходимость регулярного обслуживания и постоянного контроля состояния, критичность к режимам перезарядки, выход из строя при хранении в разряженном состоянии, критичность к значительным зарядным и разрядным токам и так далее.

Таблица 1 - Характеристики аккумуляторов для электропривода

Тип аккумулятора	Энергия (Вт ч / кг)	Плотность энергии (Вт / л)	Удельная мощность (Вт / кг)	Энергоэффективность (%)	Жизненный цикл (количество циклов)	Рабочая температура (° C)	Стоимость (долл. США / кВтч)	Свойства
Lead acid	60-100	60-100	200-400	70-90	2000-4500	-20-60	120-150	<u>Плюсы:</u> Низкая стоимость, оработанная технология, высокая удельная мощность; <u>Минусы:</u> Низкая удельная энергия, короткий срок службы, сложное техническое обслуживание.
Ni-Fe	30-55	60-110	25-110	75	1200-4000	-10-45	150-200	<u>Плюсы:</u> Очень прочный, выдерживает физические и электрические нагрузки, большой срок службы; <u>Минусы:</u> Низкая удельная энергия, низкая мощность и плотность энергии; высокая саморазрядка; выделение водорода; высокая стоимость и высокая стоимость технического обслуживания.
Ni-Zn	60-65	120-130	150-300	76	100-300	-10-50	100-200	<u>Плюсы:</u> Высокая удельная энергия, не боится глубокого заряда / разряда, высокая пиковая мощность; <u>Минусы:</u> Высокая стоимость, сокращение жизни за счет быстрого роста дендритов.
Ni-Cd	40-50	80-100	150-350	60-90	2000-3000	-40-60	300-350	<u>Плюсы:</u> Высокая удельная энергия, не боится глубокого заряда / разряда; <u>Минусы:</u> Высокая токсичность кадмия, сложность утилизации.
Ni-MH	50-70	100-140	150-300	50-80	500-3000	-40-50	150-200	<u>Плюсы:</u> Высокая удельная энергия, большой температурный диапазон, безопасность, длительный срок службы; <u>Минусы:</u> Высокая стоимость, большой саморазряд, эффект памяти.

### Основная часть

На наш взгляд, наиболее приемлемыми являются рекуперативные системы с электрическими накопителями на конденсаторах сверхбольшой емкости (см. таблицу 2), разработанные в последнее время, которые не нуждаются в постоянном контроле и регулярном обслуживании. Кроме этого, они имеют значительно больший гарантированный срок службы по сравнению с аккумуляторами и не критичны к глубоким разрядам и значительным токам. В нашей работе использованы конденсаторы сверхбольшой емкости ЭК405 производства Российской фирмы «Эсма», показанные на рисунке 3, в количестве 10 штук на рабочее напряжение до 14 В.

Внедрению рекуперативных электрических систем на транспорте оказывает содействие также появление сверхмощных коммутирующих полупроводниковых элементов плавного регулирования электрического тока (IGBT транзисторов) (см. таблицу 3), что в сравнении с тиристорами большой мощности действуют более надежно и имеют более высокую предельную рабочую частоту. В нашей работе в силовом блоке преобразователя использовали IGBT транзисторы IRG4PC50W на ток до 50 А и максимальным напряжением в закрытом состоянии до 1000 В.

Условное изображение IGBT транзистора и его структура представлены на рисунке 4.

Таблица 2 - Характеристики конденсаторных модулей фирмы ЭСМА

Тип конденсаторного модуля	Диапазон рабочих напряжений, В	Максимальное рабочее напряжение, В	Запасаемая энергия в диапазоне рабочих напряжений при 25 °С, кДж	Внутреннее омическое сопротивление при +25 °С (-30 °С), мОм
<u>10ЭК104 S</u>	14.5-4	16	30	6 (9)
<u>20ЭК104 S</u>	29-8	32	60	12 (18)
<u>30ЭК104 H, U</u>	45-12 (42-12)	48	85 (86)	H: 21 (32), U:18 (27)
<u>10ЭК204 T, U</u>	16-8 (15-8)	17	760 (360)	5 (10)
<u>30ЭК204 T, U</u>	48-24 (45-24)	52	2300 (1000)	15 (30)
<u>10ЭК303 T, U</u>	16-8 (15-8)	17	760 (360)	2 (3)
<u>30ЭК303 T, U</u>	45-24 (45-24)	52	2300 (1000)	6 (9)
<u>10ЭК353 T, U</u>	16-8 (15-8)	17.5 (17)	760 (360)	5 (10)
<u>30ЭК353 T, U</u>	48-24 (45-24)	52 (51)	2300 (1000)	15 (30)
<u>10ЭК402 S</u>	14.5-4	16	95	3 (4)
<u>20ЭК402 (12 В) S</u>	14.5-4	16	190	2 (3)
<u>20ЭК402 (24 В) S</u>	29-8	32	190	6 (8)
<u>30ЭК402 U</u>	42-12	48	270	9 (12)
<u>10ЭК404 U</u>	15-8	17,5	110	4 (6)
<u>20ЭК404 U</u>	30-16	35	220	8 (12)
<u>30ЭК404 U</u>	45-24	52	330	12 (18)
<u>10ЭК405 S</u>	14.5-4	16	115	5 (8)
<u>20ЭК405 (12 В) S</u>	14.5-4	16	230	3 (4)
<u>20ЭК405 (24 В) S</u>	29-8	32	230	10 (16)
<u>30ЭК405 U</u>	42-12	48	320	15 (22)
<u>10ЭК501 S</u>	14.5-4	16	55	3 (5)
<u>20ЭК501 (12 В) S</u>	14.5-4	16	110	2 (3)
<u>20ЭК501 (24 В) S</u>	29-8	32	110	6 (9)
<u>30ЭК501 U</u>	42-12	48	160	9 (14)



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Конденсаторный модуль 30ЭК402 U (а), конденсаторный элемент ЭК405 (б) и набор из 10 последовательных элементов ЭК405 (в)

Таблица 3 - Характеристики IGBT транзисторов, используемых в приводах транспортных средств

Напряжение, $U_{КЭ}$ , В	Ток коллектора, $I_k$ , А					
	20	50	100	200	400/450	1000
250	—	—	—	—	CM450 HA-5F	—
600	—	—	—	—	CM400 HA-12H	—
1200	—	—	—	CM200 HA-24H	CM400 HA-24H	СМ1000 HA-24H
600	—	CM50 DY-12H	СМ100 DY-12H	CM200 DY-12H	CM400 DY-12H	—
1200	—	CM50 DY-24H	СМ100 DY-24H	CM200 DY-24H	—	—
600	CM20 TF-12H	CM50 TF-12H	СМ100 TF-12H	—	—	—
1200	CM20 TF-24H	CM50 TF-24H	СМ100 TF-24H	—	—	—
600	—	—	СМ100 E3V-12H	CM200 E3V-12H	—	—
1200	—	CM50 E3V- 24H	СМ100 E3V-24H	—	—	—

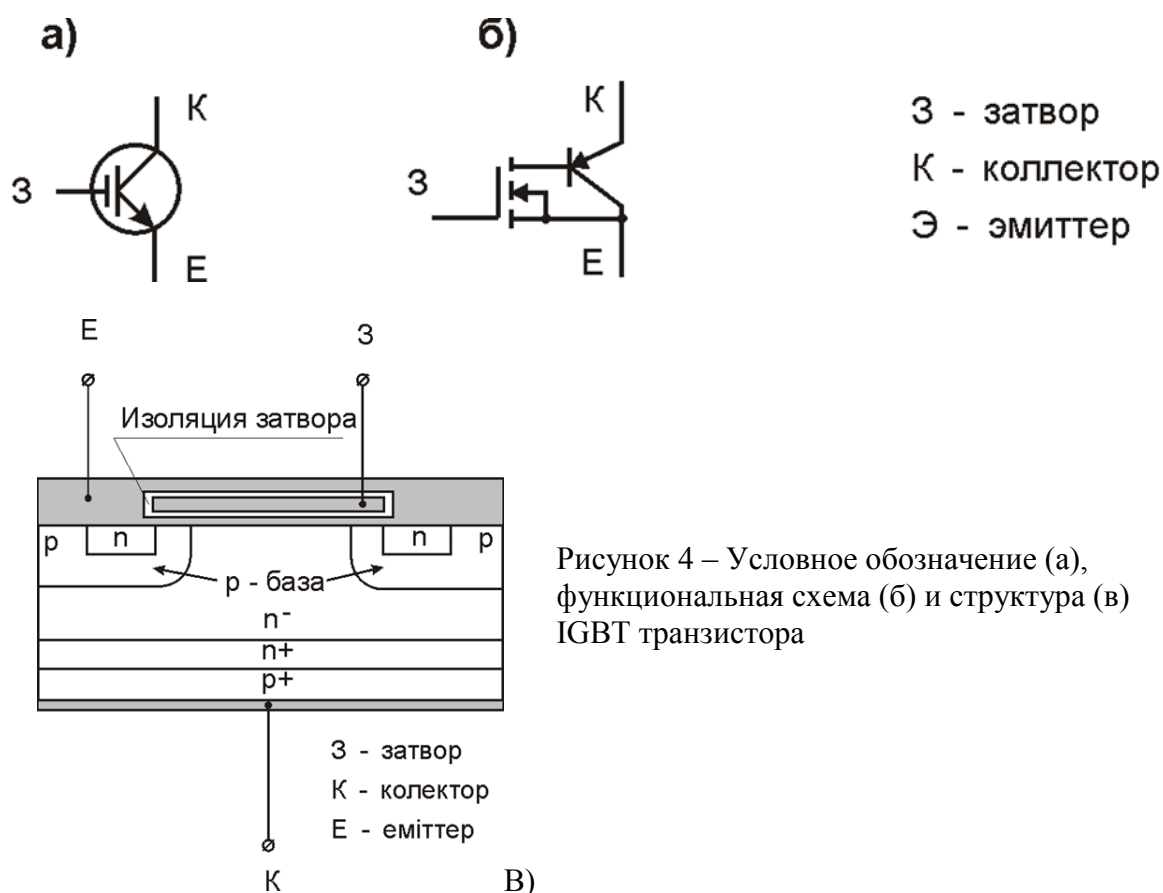


Рисунок 4 – Условное обозначение (а), функциональная схема (б) и структура (в) IGBT транзистора

Исследования проводили на действующей модели системы рекуперации (см. рисунок 5. Кинематическая связь между электрическим приводным двигателем и имитатором

внешней нагрузки осуществляется за счет клиноременной передачи с регулируемым натяжением ремня.

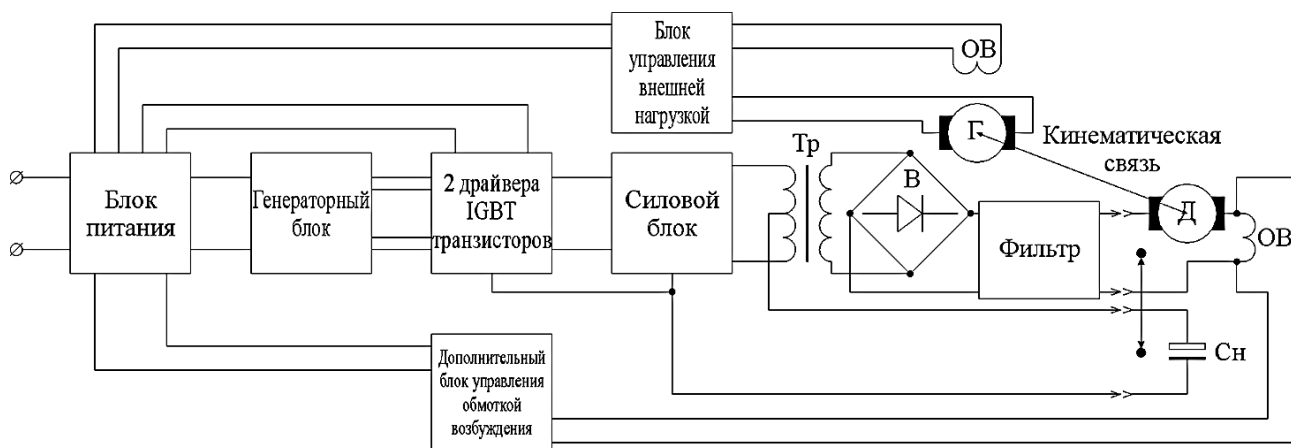


Рисунок 5 – Физическая модель рекуперативной системы транспортного средства

Электронная часть физической модели представлена следующими основными блоками:

- блок питания приборной части;
- генераторный блок рекуперативной системы;
- силовой блок на основе IGBT транзисторов со схемой согласования (драйвером);
- импульсный трансформатор (Tr) с магнитопроводом ферритного типа;
- накопитель электрической энергии (Сн) на основе конденсаторного модуля 10ЭК405;
- выпрямитель (В) переменного тока повышенной частоты.

Кинематическая связь между электрическим приводным двигателем и имитатором внешней нагрузки осуществляется за счет клиноременной передачи с регулируемым натяжением ремня (см. рисунок 6).

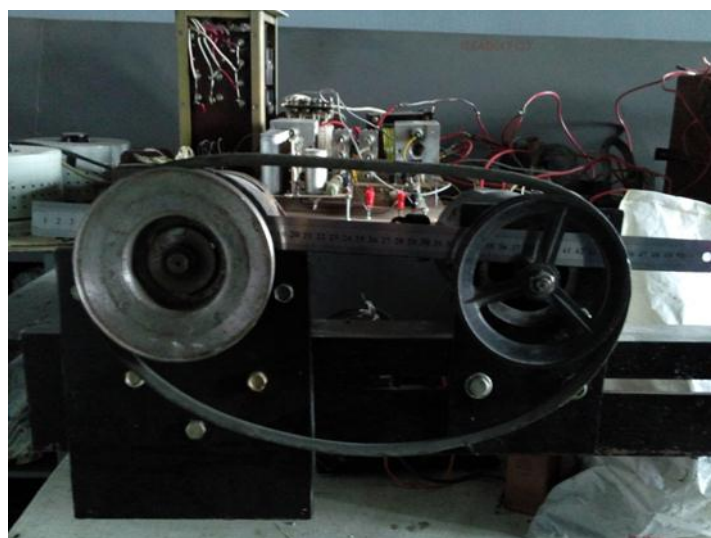


Рисунок 6 - Реализация кинематической связи за счет клиноременной передачи

На рисунке 7 представлены упрощенные принципиальные схемы силового блока, опробованные в рамках экспериментов.



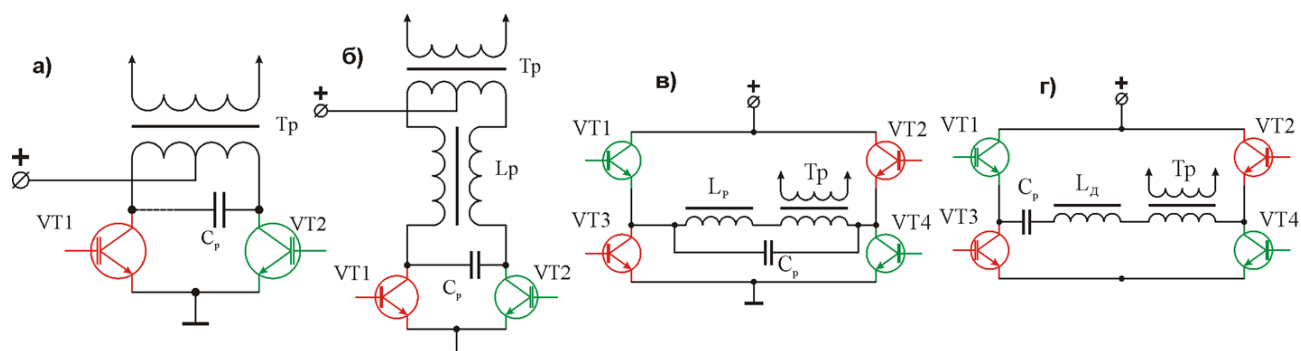


Рисунок 7 - Опробованные схемы выходного каскада силового блока

При эксплуатации силового блока (см. рис. 7,а) при больших токовых нагрузках наблюдался выход из строя силовых IGBT транзисторов. После проведенных исследований была выявлена причина – наличие эффекта защелкивания из-за наличия емкости Миллера и триггерной структуры в биполярной части IGBT транзистора. Особенно данный эффект проявляется при резком нарастании напряжения на коллекторах IGBT транзисторов.

При экспериментах, проведенных с использованием выходных каскадов, выполненных по принципиальным схемам, изображенным на рисунках 7,б, 7,в, 7,г, эффект защелкивания IGBT транзисторов не проявлялся и выхода их из строя не наблюдалось. Это объясняется значительным снижением всплесков напряжения в схеме выходного каскада силового блока, изображенного на рисунке 7,б и отсутствием всплесков напряжения при использовании схем 7,в и 7,г, что проявляется на осциллограммах напряжения на коллекторах IGBT транзисторов (см. рисунок 8).

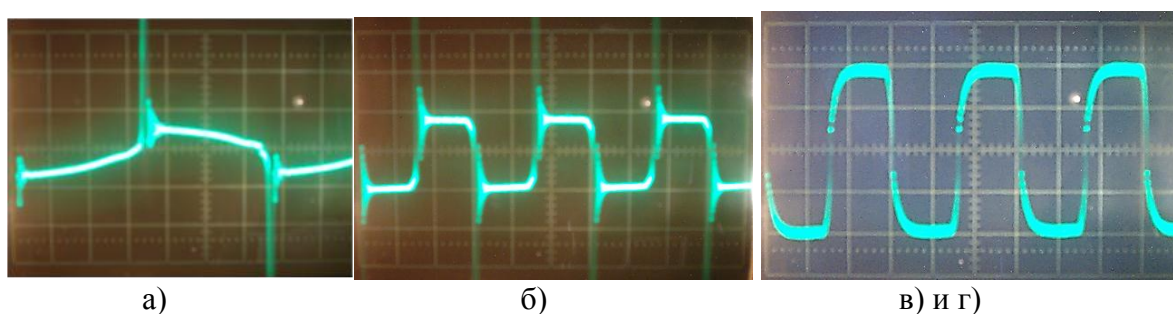


Рисунок 8 – Осциллограммы напряжения на коллекторах IGBT транзисторов (см. рис. 7)

Исследования также подтверждают повышение КПД преобразователя до 91 % с приближением формы импульсов к синусоидальной.

В ходе исследования была выявлена проблема: возможность выхода из строя цельного тороидального ферритного магнитопровода (см. рисунок 9) из-за значительных внутренних упругих напряжений, формируемых магнитострикционным эффектом от магнитного потока.

Впредь решено использовать Ш-образный ферритный магнитопровод (см. рисунок 10), в котором практически не возникают значительные магнитострикционные напряжения.





Рисунок 9 – Разрушение ферритного тороидального магнитопровода под воздействием магнитострикционного эффекта

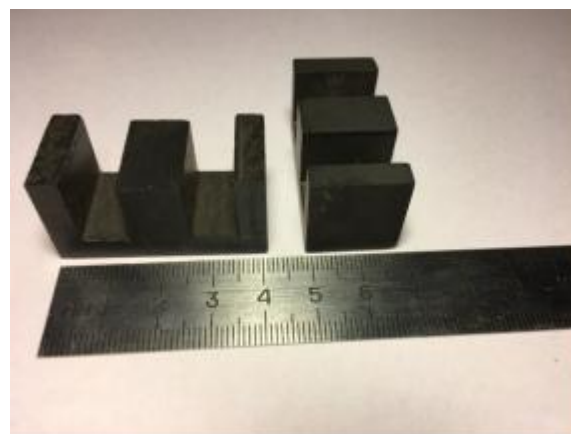
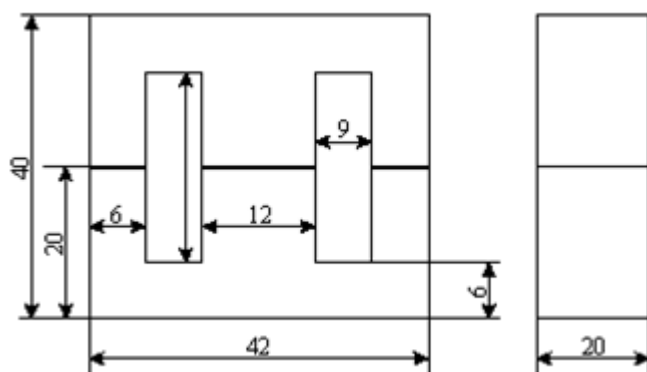
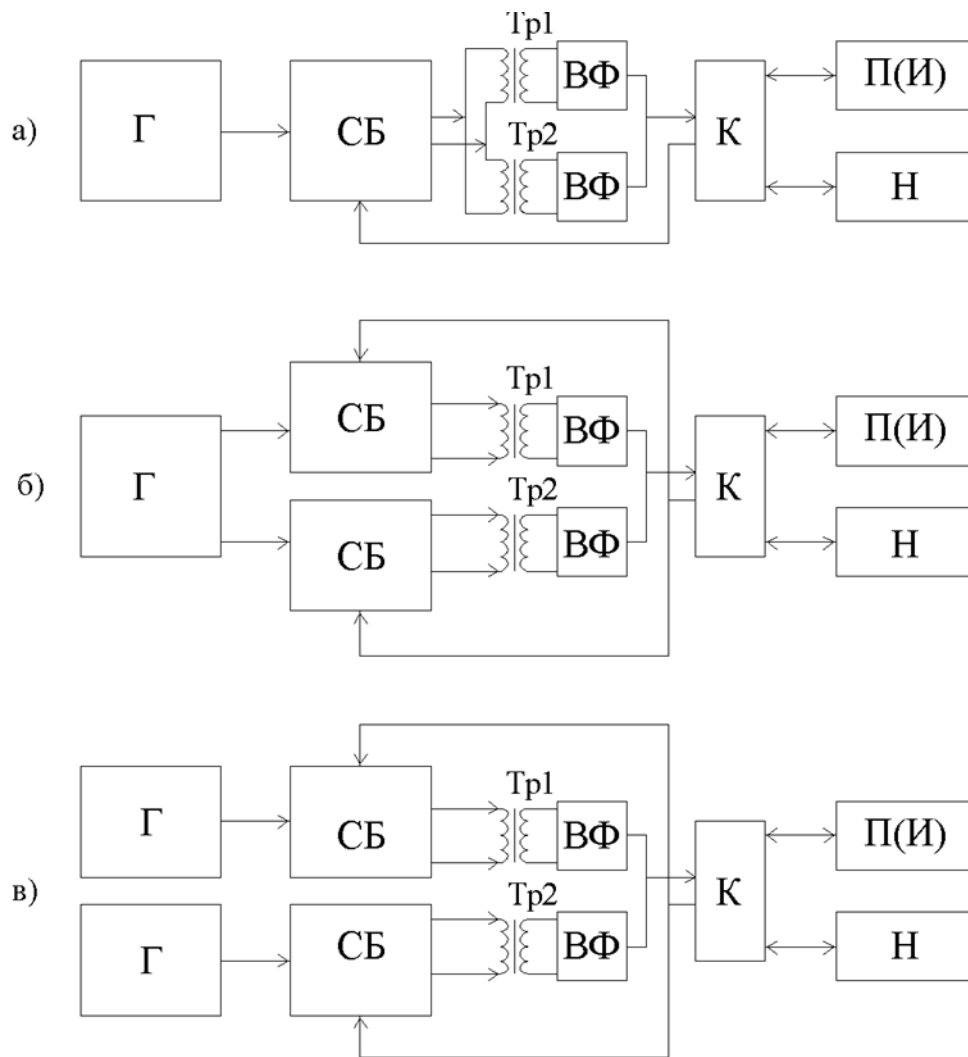


Рисунок 10 – Ш-образный ферритный магнитопровод импульсного трансформатора

Следует отметить, что проведенные эксперименты с использованием Ш-образного магнитопровода не привели к его разрушению.

Вместе с тем, для дальнейшего повышения надежности преобразователя за счет использования дискретных IGBT транзисторов вместо IGBT модулей решено силовую сеть разделить на энергетические каналы с определенным запасом по суммарной мощности каналов. Возможные схемы разделения энергетического потока на отдельные каналы представлены на рисунке 11.



Г – генератор; СБ – силовой блок; Тр – импульсный силовой трансформатор; ВФ – выпрямитель со сглаживающим фильтром; К – коммутатор; П(И) – приемник (источник) энергии; Н – накопитель энергии

Рисунок 11 - Возможные структурные схемы формирования многоканального преобразователя

Из трех вариантов с точки зрения надежности выбрана схема, представленная на рисунке 11, в.

Для испытания выбранной схемы дополнительно разработана и изготовлена схема соединения энергетических потоков на единую нагрузку (см. рисунок 12).

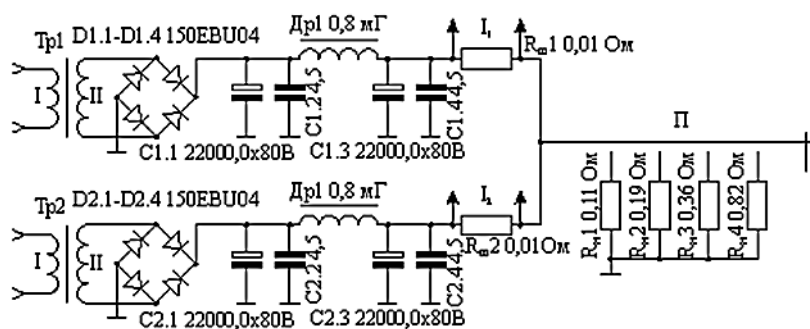


Рисунок 12 - Схема соединения каналов преобразователя в единую выходную цепь с единой нагрузкой

Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты замеров электрических параметров по каналам преобразователя

Сопротивление нагрузки, $R_{н}$ , Ом	Значения замеров величин токов				
	$I_1$ , А	$I_2$ , А	$\Delta I$ , А	$I_{\Sigma}$	$\Delta I / I_{\Sigma}$
0,82	14,3	14,1	0,2	14,2	0,014
0,36	28,3	27,5	0,8	27,9	0,029
0,19	47,9	46,3	1,6	47,1	0,034
0,11	75,5	72,7	2,8	74,1	0,038

Как следует из приведенных данных электрические параметры по каналам практически совпадают.

### Выводы

1. Показано, что использованная на начальном этапе двухплечевая схема включения импульсного трансформатора не отличается высокой надежностью из-за резкого нарастания напряжения на коллекторах IGBT транзисторов, что вызывает эффект защелкивания и приводит к выходу транзисторов из строя.

2. Опробования различных схем оконечного каскада силового бока показало, что наибольший коэффициент полезного действия достигается при использовании мостовой схемы включения IGBT транзисторов и размещения импульсного трансформатора в составе последовательного колебательного контура в диагональ мостового преобразователя. При этом форма импульсов приближается к синусоидальной.

3. Проведенные испытания цельного тороидального ферритного магнитопровода выявили возможность выхода его из строя в результате формирования поля упругих напряжений из-за магнитострикционного эффекта, что снижает надежность рекуперативной системы в процессе эксплуатации.

4. Анализ возможных схем формирования энергетических потоков по параллельным каналам преобразователя электрической энергии показал целесообразность полного разделения управляющей и силовой части, начиная от единого источника энергии до единого ее потребителя.

5. Испытания совместной работы параллельных каналов преобразователя на единую нагрузку показало практически полную сходимость электрических параметров при различных величинах нагрузки. Это подтвердило возможность параллельной работы автономных преобразовательных блоков системы рекуперации электрической энергии.

6. Разделение энергетических потоков по параллельным каналам преобразователя снижает единичную мощность компонентов электронных схем, позволяет автоматически выводить из строя поврежденный канал с равномерным перераспределением токовых нагрузок по оставшимся каналам, повышает технологичность ремонта рекуперативной системы за счет быстрой замены поврежденного канала на идентичный новый или ранее отремонтированный.

### Список использованной литературы

1. Ю. В. Черняк. Физическая модель для изучения процессов рекуперации электрической энергии тепловоза ЧМЭЗТ / Ю. В. Черняк, Ю. В. Прилепский, А. Н. Горобченко, Н. В. Володарец // Сб. научн. трудов УкрГАЗТ № 108.- Харьков, 2009.- с. 69-74.

2. Volkswagen AG Service Training VSQ - 1 Brieffach 1995 38436 Wolfsburg

3. Конденсаторные модули для гибридного транспорта: компания ЭСМА. – Режим доступа: <http://www.esma-cap.com/Use/Transportation/default.htm>.

4. Варакин А. И. Маневровый и универсальный локомотив с гибридной силовой установкой и накопителем энергии на базе электрохимических конденсаторов / А. И. Варакин, И. Н. Варакин, В.В. Менухов // Наука и техника транспорта, 2007, № 2.

5. Турута Е. Ф. Транзисторы. Справочник / Е. Ф. Турута. Том 1. – СПб.: Наука и техника, 2006. – 544 с. – ISBN 5-94387-121-7.

***Prilepsy Yu.V., Tseluiko L.V., Gurtovenko A.I., Starodubtseva E.I. Investigation of the recovery system with capacitor type accumulators***

***Annotation.*** Saving fuel and energy resources in transport is one of the defining parameters of the development of the transport industry. In addition to reducing fuel costs, the amount of harmful emissions into the atmosphere from spent gases and the negative impact on the environment are reduced. One of the effective ways to reduce fuel consumption is the use of kinetic energy recovery systems, when in braking modes the energy of movement is converted into another type of energy and concentrated in the appropriate storage devices, and is used in traction modes. In this paper, the possibility of using ultra-large capacitors as storage devices was investigated

***Keywords:*** recuperation system, capacitor type storage, conversion losses, increased frequency

УДК 629.113

*А.Е. Кулиш ст. пр., С.А. Коломоец, студень,  
В.В. Горбенко, студент, В.Н. Маньч, студент,  
Донецкая академия транспорта, г. Донецк*

## **СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАСПЫЛЕНИЯ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЯХ**

***Аннотация:** Рассмотрены пути улучшения экологических показателей дизелей. Обосновывается с точки зрения экологических параметров двигателя необходимость использования топливной аппаратуры Common Rail.*

***Ключевые слова:** автомобиль, двигатель, дизель, топливо, усовершенствование, форсунки, давление в цилиндрах.*

### **Постановка задачи**

В связи с увеличением количества автомобилей, а также ухудшением экологической ситуации в больших городах возникла необходимость поиска путей уменьшения выбросов вредных веществ автомобильными двигателями. В последние годы все большее распространение на транспорте получают дизельные двигатели. Такими двигателями оснащается подавляющее большинство грузовых автомобилей, автобусов и сельскохозяйственная техника. Расширяется применение дизелей и на легковых автомобилях. Известны такие пути улучшения экологических показателей дизельных двигателей: – нейтрализация отработавших газов; – улучшение качества топлива; – применение альтернативных видов топлива; – улучшение смесеобразования и сгорания; – рециркуляция отработавших газов. До настоящего времени практически отсутствуют систематизированные данные об уровнях выбросов различных дизельных двигателей.

Целью данного исследования является сравнение количества выбросов вредных веществ дизельных двигателей, работающих с различными видами топливной аппаратуры, и дизелей, а также выбор путей уменьшения этих выбросов.

### **Основная часть**

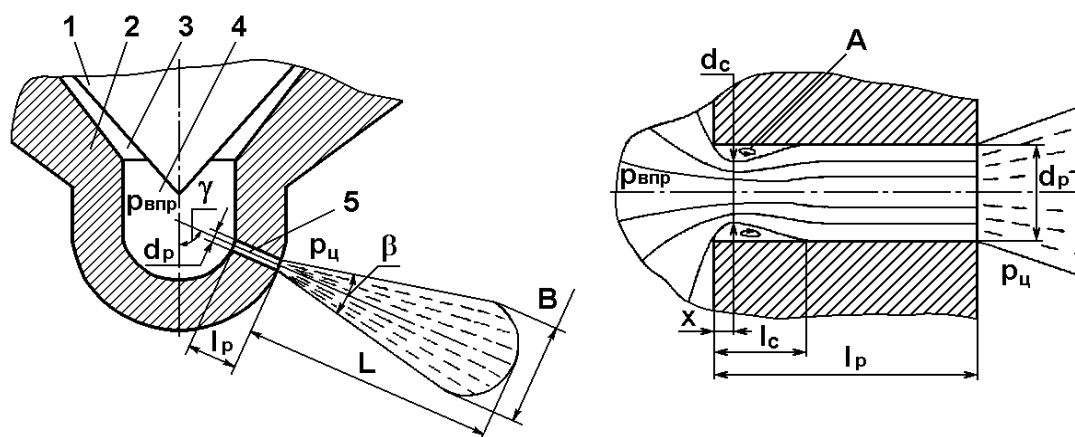
Жесткие экологические требования вынуждают моторостроительные фирмы совершенствовать конструкцию дизелей, прежде всего за счет оптимизации формы камеры сгорания и модернизации топливной аппаратуры, так как эти элементы конструкции играют важную роль в смесеобразовании и сгорании, а соответственно и в рабочем процессе дизеля. Среди автомобилей с дизелями преобладающее значение (83%) имели модели с разделенными камерами сгорания. Эти двигатели имели большие выбросы СН и большой удельный расход топлива. Поэтому в последнее десятилетие разработаны и производятся более экономичные дизели с неразделенной камерой сгорания (с непосредственным впрыском). А это, наряду с введением более жестких экологических норм, было связано с внедрением топливоподающей аппаратуры и систем автоматического управления и регулирования новых поколений. В табл. 1 приведены данные по выбросам вредных веществ дизелей с ТНВД, системой Common Rail (CR) и насос-форсункой (НФ). [1]

Главные трудности, которые сильно осложняют улучшение экологических показателей дизелей путем улучшения процессов смесеобразования и сгорания. С другой стороны, использование нейтрализаторов затруднено из-за наличия большого количества частиц сажи и кислорода в ОГ, а также их относительно невысокой температуры. В настоящее время применение для дизелей получили лишь каталитические окислительные нейтрализаторы. Они достаточно широко используются для быстроходных дизелей легковых автомобилей и небольших грузовиков.

Дизели являются основным типом двигателей для силовых. Продолжает расти доля дизелей и в мировом автопарке. При этом к началу 21 века произошло практически полное вытеснение вихрекамерных дизелей более современными дизелями с открытой камерой сгорания (КС). А это, наряду с введением более жестких экологических норм, было связано с внедрением топливной аппаратуры (ТА) и систем автоматического управления и регулирования (САР и САУ) новых поколений. [2].

В современных условиях к показателям работы дизелей предъявляется целый комплекс достаточно жестких требований. Среди этих показателей приоритетными считаются топливная экономичность и токсичность отработавших газов (ОГ). Необходимость экономного расходования топлива обусловлена продолжающимся истощением мировых запасов нефти, повышением цен на нефтепродукты и ростом выбросов в атмосферу  $\text{CO}_2$ . Поэтому при совершенствовании дизелей особое внимание обращается на снижение расхода топлива.

Качество распыления топлива в значительной степени зависит от геометрических параметров проточной части распылителей форсунок. Это объясняется особенностями течения топлива по проточной части распылителя и его истечения через распыливающие отверстия. Непосредственно перед входом в распыливающее отверстие линии тока топлива искривляются. В результате возникает неравномерное поле распределения давлений и скоростей потока. Характерно, что сразу за входным сечением распыливающего отверстия поток топлива сужается и возникает вихревое течение топлива. Здесь зарождаются и нарастают кольцевые вихри, затем частично распадающиеся и увлекаемые топливом. В этом нестационарном течении возникают пульсации давлений и скоростей в зоне отрыва, распространяющиеся на весь поток топлива в распыливающем отверстии. В результате зародившиеся у входной кромки распыливающего отверстия вихри, приводят к усилению возмущения потока топлива в этом отверстии, оказывающему влияние на последующий распад струи топлива. Но на степень струи распыливаемого топлива оказывает влияние не только характер течения топлива в распыливающем отверстии форсунки, но и возмущения потока топлива, возникающие при его течении в кольцевом канале между корпусом и иглой распылителя [4].



1 - игла, 2 - корпус, 3 - кольцевой зазор, 4 - полость под иглой, 5 - распыливающее отверстие форсунки,  $P_{впр}$  - давление впрыскивания,  $d_c$  - диаметр сжатия струи,  $x$  - сечение,  $l_c$  - длина участка, параметры струи (ее длина  $L$ , ширина  $B$ , угол раскрытия  $\beta$ ).

Рисунок 1 – Схема распылителя форсунки с геометрическими характеристиками струй распыливаемого топлива (а) и схема течения топлива по распыливающему отверстию форсунки (б)

Увеличение давлений впрыскивания улучшает процесс смесеобразования – растет длина струй распыливаемого топлива, повышается их турбулизация, распад струи топлива начинается непосредственно у распыливающего отверстия распылителя. Эти факторы приводят к улучшению качества распыливания топлива. По данным работы [5] при увеличении давления впрыскивания топлива системой типа *CommonRailc* 60 до 180 МПа длина струй топлива увеличивается с 18 до 23 см.

Не отрицая необходимости интенсификации топливоподачи, следует отметить, что совершенствование рабочего процесса дизельных двигателей возможно и с использованием других методов. В частности, известно, что качество процессов впрыскивания и распыливания топлива во многом зависят от конструктивных особенностей системы топливоподачи. [5].

Исследование процесса топливоподачи показало, что уменьшению интенсивности вихреобразования вовремя подачи основной массы топлива сопутствует увеличение относительного количества плохо распыленного топлива, подаваемого в начальный и конечный периоды процесса впрыска. Отмечено, что переход с режима номинальной мощности на промежуточные скоростные и нагрузочные режимы или режимы холостого хода вызывает значительное снижение давлений впрыска топлива. Понижается скорость течения топлива в сопловом канале и уменьшается интенсивность возникающих вихрей, что приводит к ухудшению качества распыливания топлива, подаваемого за основной период процесса впрыскивания.

Возможна подача воды в цилиндры двигателя в жидкой фазе или в виде пара. Подача водяного пара в КС может быть реализована в силовых установках, имеющих контур утилизации теплоты, отводимой от двигателя и используемой для подогрева воды и ее испарения. Для быстроходных двигателей транспортных средств предпочтительным является подача воды в КС в жидкой фазе. Наибольшее практическое применение нашли следующие способы: впрыскивание воды непосредственно в цилиндры, применение в качестве топлива водотопливной эмульсии, подача воды на всасывание (во впускной трубопровод) [6].

### **Выводы**

Анализ научных источников показал, что путем совершенствования процессов распыливания топлива и смесеобразования можно обеспечить значительное улучшение показателей транспортного дизеля. Процессы распыливания топлива и смесеобразования определяют показатели токсичности ОГ дизеля и его топливную экономичность. Улучшение качества процессов распыливания топлива и смесеобразования можно обеспечить за счет совершенствования конструкции распылителей форсунок и путем применения водотопливных эмульсий.

### **Список литературы**

1. Грехов Л.В., Габитов И.И., Неговора А.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей: Учебное пособие для ВУЗов. М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2013. 292 с.
2. Марков В.А., Девянин С.Н., Мальчук В.И. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 360 с.
3. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 344 с.
4. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоземкости дизелей на основе комплексного топливо-экологического критерия. – Харьков: Издательский центр НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с.
5. Морозов К.А. Токсичность автомобильных двигателей: – М.: Легион-Автодата, 2001. – 80

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ

Открытой межвузовской конференции, посвященной  
Дню науки в Российской Федерации

Сборник научных трудов

Компьютерная верстка: Маренич А.С.  
Корректор: Загороднова Е.М.

Оригинал-макет подготовлен отделом научной работы  
Донецкой академии транспорта  
пр. Дзержинского, 7, г. Донецк, 283086  
тел. +7-949-359-30-99