

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный  
университет (СибАДИ)»

# **ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Журнал учрежден ФГБОУ ВО «СибАДИ» в 2014 г.  
Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Эл. № ФС77-67311 от 30 сентября 2016 г.

Периодичность 4 номера в год.

Предназначен для информирования научной общественности  
о новых научных результатах, инновационных разработках  
профессорско-преподавательского состава, докторантов,  
аспирантов и студентов, а также ученых других вузов.

Выпуск 1 (9)

Март 2017 г.

Дата опубликования: 23.03.2017 г.

ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

**Главный редактор Жигadlo А.П.**, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ».

**Зам. главного редактора Корчагин П.А.**, д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СибАДИ».

#### **Редакционная коллегия:**

**Глотов Б.Н.**, д-р техн. наук, профессор Карагандинского государственного технического университета, Республика Казахстан, г. Караганда.

**Ефименко В.Н.**, доктор технических наук, декан факультета «Дорожное строительство», зав. кафедрой «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», г. Томск.

**Жусупбеков А.Ж.**, Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, г. Астана, Казахстан.

**Исаков А.Л.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», г. Новосибирск.

**Карпов В.В.**, д-р экон. наук, проф., Председатель ОНЦ СО РАН, г. Омск.

**Лис Виктор**, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмбХ (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelibberach, Германия.

**Матвеев С.А.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

**Миллер А.Е.** д-р экон. наук, профессор ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, г. Омск.

**Мочалин С.М.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

**Насковец М.Т.**, канд., техн., наук, УО «Белорусский государственный технологический университет», Республика Беларусь, г. Минск.

**Пономаренко Ю.Е.** д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск.

**Псэринос Бэзил**, доктора инженерных наук, профессор Национального технического университета, г. Афины, Греция.

**Щербаков В.С.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ».

**Editor-in-Chief – Zhigadlo A.P.**, doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector, FSBEI HE «SibADI».

**Deputy editor-in-chief – Korchagin P.A.**, doctor of technical sciences, professor, pro-rector for scientific research FSBEI HE «SibADI»

#### **Members of the editorial board:**

**Glotov B.N.**, doctor of technical sciences, professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan.

**Efimenko V. N.**, doctor of technical sciences, dean of faculty «Road construction», department chair «Highways», Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk.

**Zhusupbekov A.Z.**, Vice - President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

**Isakov A.L.**, doctor of technical sciences, professor, Siberian State University of Means of Communication (SSUMC), Novosibirsk.

**Karpov V.V.**, doctor of Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences' Siberian branch.

**Lis Victor**, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelibberach, Germany.

**Matveev S.A.**, doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

**Miller A.E.**, doctor of economic sciences, professor OMSU of F.M. Dostoyevsky, Omsk.

**Mochalin S.M.**, doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

**Naskovets M.T.**, candidate of the technical science, YO «Belarusian State Technological University», Minsk, Belarus.

**Ponomarenko Yu.E.**, doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

**Psarianos Basil**, Dr-Ing., professor Natl Technical University, Athens, Greece.

**Shcherbakov V.S.**, doctor of technical sciences, professor, FSBEI HE «SibADI», Omsk.

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

**Адрес учредителя:** 644080, г. Омск, пр. Мира 5

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС77-67311 от 30 сентября 2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций. С 2015 года представлен в Научной Электронной Библиотеке [eLIBRARY.RU](http://elibrary.ru) и включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**.

**Редакционная коллегия** осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

**Исполнительный редактор** Федосов В.В.; **Выпускающий редактор** Паравян М.К.

**Адрес редакции журнала** 644080, г. Омск, пр. Мира, 5 патентно-информационный отдел, каб. 3226.

Тел. (3812) 65-23-45. e-mail: [ttc.sibadi@yandex.ru](mailto:ttc.sibadi@yandex.ru)

Публикация статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами!

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

**Э.Р. Айтбагина**

Применение методики бизнес-планирования в централизованных перевозках строительных грузов в городах автомобильным транспортом

**М.В. Банкет, А.А. Орлов**

Особенности технического обслуживания автомобилей

**С.С. Войтенков, А.А. Белоненко**

Государственная роль в реализации управления грузовым автомобильным транспортом общего пользования

**Р.С. Жагданов**

Релейно-контактные способы управления потребителями электрической энергии

**Е.А. Компанистов**

Расчёт турбины с поворотом лопаток соплового аппарата

**В.А. Лисин**

Влияние эксплуатационных факторов на экологическую безопасность автомобилей

**В.Д. Мадеев**

Перевод карбюраторного двигателя автомобиля ваз 2107 на распределенный впрыск под нормы токсичности ЕВРО-3

**А.А. Матвеев**

Анализ физико – химических показателей диметилового эфира и этанола в сравнении с дизельным топливом

**В.Е. Непомнящих**

Подготовка генераторного газа при эксплуатации газопоршневых установок

**А.Н. Николаева, Р.К. Бижанов**

Проблемы эксплуатации и обслуживания гибридных автомобилей в условиях Сибири

**А.А. Польшкая, П.В. Литвинов**

Нетрадиционное использование каталитических покрытий в камере сгорания с целью повышения экологической безопасности ДВС

**А.А. Проскурин**

Коленчатые валы двигателя внутреннего сгорания

**А.С. Романова, А.В. Третьяков, А.В. Мелихов**

Тенденция изменения требований экологических стандартов к автотранспортным средствам

**Л.Н. Тышкевич, М.С. Шевелев**

Повышение эффективности оценки показателей качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту, методами и подходами сертификации

**Д.В. Шаповал, Л.С. Трофимова, А.К. Сергиенко**

Этапы исследования централизованных перевозок грузов подвижным составом грузового автотранспортного предприятия

### РАЗДЕЛ II СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**И.В. Бахмет, В.Б. Пермяков**

Анализ влияния температуры и скорости деформирования на интенсивность процесса уплотнения асфальтобетонных смесей

**Р.Ф. Салихов, В.И. Попков**

Обоснование энергоэффективного режима работы одноковшового экскаватора

**Д.С. Сёмкин, О.И. Польшкая**

Анализ методов ремонта магистрального трубопровода после всплытия и повышение эффективности оборудования для его заглубления до проектной отметки

### РАЗДЕЛ III ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

**А.С. Буратынская, М.А. Ращупкина**

Исследования в области производства газобетона на основе отходов ТЭЦ

**А.И. Волченко, Е.П. Хиленко, Г.И. Надыкто**

Минеральный порошок для дорожных асфальтобетонов из вторичных продуктов производства талька

**О.В. Демиденко**

Исследование надежности плиты покрытия

**А.В. Попкова, А.В. Попкова**

Обоснование модуля упругости земляного полотна из золошлаковой смеси для расчёта дорожных одежд

**М.С. Черногородова, В.Д. Галдина**

Минеральный порошок из углеродминеральных продуктов горючих сланцев

#### **РАЗДЕЛ IV ЭКОНОМИКА**

**Я.О. Афонасьева, Е.В. Романенко**

Эволюция территориальной активности предпринимательской деятельности в осуществлении процесса неоиндустриализации

**С.М. Хаирова, С.Е. Тибогарова**

Эффективность управления цепями поставок

# РАЗДЕЛ I

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

---

УДК 656.13

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ В ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ В ГОРОДАХ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

**Э.Р. Айтбагина**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье записано использование бизнес-планирования в современных экономических условиях, объект, предмет и существующая методика бизнес-планирования. Приведено краткое описание методов организации централизованных перевозок грузов в городах, описаны особенности децентрализованного и централизованного методов планирования и организации перевозок грузов, представлены варианты организации перевозок строительных грузов, включая расчет затрат, для предприятий-грузоотправителей, в условиях «инсорсинга». Приведен пример использования методики бизнес-планирования при организации централизованных перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом в современных условиях.

**Ключевые слова:** организация централизованных перевозок грузов в городах, «инсорсинг», строительные грузы, бизнес-планирование.

#### **Введение**

Специфика функционирования грузового автомобильного транспорта сегодня заключается, как правило, в частом изменении клиентуры, видов грузов и их объемов, что оказывает влияние на результаты функционирования автотранспортных систем перевозок грузов (АТСПГ) в оперативном режиме [1-2]. «В связи с тем, что автомобильный транспорт представляет собой отрасль материального производства, функционирование и развитие которой требует глубокого изучения автотранспортного (производственного) процесса, особая роль отводится комплексному бизнес-планированию (БП)» [3].

#### **Описание методики бизнес-планирования при организации централизованных перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом.**

Комплексное БП позволяет изучить транспортное производство в единстве с вопросами [3]:

- планирование показателей комплексного БП с учётом объемных, стоимостных и качественных характеристик уровня транспортного обслуживания согласно транспортной стратегии РФ до 2030 г. [4];

- описание особенностей объекта исследования;

- изучение спроса на автотранспортные услуги с учётом целевых ориентиров;

- планирование производственных показателей, а также показателей технического развития и организации производства, экономической эффективности, капитальных вложений, социального развития коллектива;

- определение потребностей в материально-технических ресурсах.

Решение вопросов комплексного БП на автомобильном транспорте направлено на [3]:

- улучшение использования имеющихся транспортных мощностей;

- развитие имеющихся транспортных мощностей;

- организацию необходимых транспортных мощностей для предпринимательской деятельности.

Роль комплексного БП в современных экономических условиях развития сводится к научно обоснованному планированию объемных, стоимостных и качественных характеристик уровня транспортного обслуживания согласно Транспортной стратегии [4].

Применительно к объемным характеристикам транспортного обслуживания в комплексном БП предусматривается планирование величины спроса на автотранспортные услуги с учётом

возможностей территориального развития экономики и социальной сферы.

По отношению к стоимостным характеристикам транспортного обслуживания в комплексном БП рассчитывается тариф, величина которого для грузовых автомобильных перевозок не повлияет на конкурентоспособность продукции других отраслей народного хозяйства и зону ее сбыта.

Качественные характеристики уровня транспортного обслуживания связаны со скоростью, своевременностью, ритмичностью, безопасностью и экологичностью функционирования транспортной системы [3].

Объектом комплексного БП на автомобильном транспорте является АТСПГ. Предметом планирования является снижение затрат на перевозку грузов.

Существующая методика БП предполагает реализацию следующих этапов [3]:

- формирование цели, задач, проблемы;
- характеристика услуги;
- маркетинговые исследования для изучения спроса;
- планирование производственных показателей при реализации услуги;
- организационный план;
- экономическое обоснование.

Проблемой БП в современных условиях функционирования АТСПГ, с учётом необходимости снижения затрат является то, что ранее разработанные теоретические положения не в должной мере согласуются с существующей практикой.

Обзор теории грузовых автомобильных перевозок показал, что наиболее эффективной и рациональной формой их организации является централизованная [1, 5-6]. Известны следующие методы организации централизованных перевозок грузов автомобильным транспортом в городах [1-2, 5-6]:

1) отправительский метод – организация централизации перевозок грузов возложена на поставщиков грузов. Преимущественно применялся при наличии на территории населенного пункта только одного поставщика подобной продукции, а также при перевозке грузов специализированным подвижным составом с ограниченным коэффициентом использования пробега за счет применения специализированных кузовов (перевозка строительных грузов, металла, нефтепродуктов, твердого топлива...);

2) отраслевой метод – организация централизации перевозок грузов возложена на сбытовую контору, которая организует сбыт продукции группы однотипных предприятий;

3) транспортный метод – предусматривает создание при автотранспортном предприятии хозрасчетной организации – экспедиции по выполнению централизованных перевозок. Такие экспедиции могут быть при крупных автотранспортных предприятиях или автомобильных управлениях и обслуживать несколько автотранспортных предприятий;

4) территориальный метод – организация централизации перевозок грузов возложена на центральную эксплуатационную службу или центральную диспетчерскую службу, которая создается на территории населенного пункта.

Для вышеуказанных методов установлено, что [2]:

– использовались, прежде всего, для перевозок строительных грузов помашинными отправлениями;

– организатором являлся один из участников транспортного процесса (автотранспортное предприятие (АТП), грузоотправитель, посредник);

– созданы и использовались при единственном собственнике – государстве;

– соответствуют работе автомобильного транспорта при «аутсорсинге», где термин «аутсорсинг» (в переводе с английского «outside resource using» – «использование внешних ресурсов») определяет последовательность организационных решений, суть которых состоит в передаче некоторых, ранее самостоятельно реализуемых организацией функций или видов деятельности внешней организации или, как принято говорить, «третьей стороне» [7].

– характеризуются достоинствами и недостатками, что предполагает необходимость определения области их рационального применения;

– им свойственны существенные отличия друг от друга в части состава участников, наличия посредника, по перевозимому грузу и др.;

– применялись в рамках договора на перевозку грузов, согласно общим правилам на перевозку грузов автомобильным транспортом [8].

С 1991 года произошли существенные изменения в практике перевозок грузов автомобильным транспортом в городах [1-2, 6, 9].

Общеизвестно, что в практике грузовых автомобильных перевозок сложились два основных метода планирования и организации транспортного процесса – децентрализованный и централизованный [1, 3].

«Централизованный метод заключается в планировании перевозок на основе заявок грузоотправителей с учетом возможностей предприятия грузового автомобильного транспорта и грузополучателей. При централизованном методе организации перевозок создавался единый комплексный план организации работы автотранспортных средств (АТС), поставщиков и потребителей груза. Разрабатывался график перевозки груза и на его основе осуществлялось оперативное планирование и управление перевозками. После совершения перевозок результаты выполненной работы сравнивались с плановыми показателями, определялись процент выполнения плана перевозок и тенденция их изменения. Данный подход, основанный на опыте работы предприятий грузового автомобильного транспорта, функционирующих продолжительное время с устойчивым характером грузопотока, был оправдан, хотя и давал определенные погрешности. Для вновь созданных АТП, а также для децентрализованного метода планирования, предусматривающего выделение АТС непосредственно поставщикам или потребителям грузов, применение разработанных моделей планирования организации перевозок приводит к значительным расхождениям плановых и фактических показателей работы парка подвижного состава. Следствием этого на практике является нерациональное планирование потребности в материальных ресурсах, неконтролируемый ход выполнения плана перевозок, начиная с хаотичного прибытия АТС и возникновения очереди в ожидании обслуживания на грузовых пунктах, заканчивая полным срывом выполнения планового задания. В результате этого планирование работы АТС и совершенствование методов планирования осуществляется на основе анализа показателей, достигнутых за прошедший период времени» [3].

Также в сложившихся условиях наблюдаются предприятия-грузоотправители (ГО), которые организуют перевозки продаваемых ими товаров собственными или привлеченными АТС [2, 6, 9], т.е. функционирующие в условиях «инсорсинга» [10] (данная практика напоминает отправительский метод организации централизованных перевозок грузов). Перевозка строительных грузов, осуществляется помашинными отправлениями на маятниковых и радиальных маршрутах [2, 9, 11]. Для данных предприятий установлены следующие варианты организации перевозок строительных грузов, включая расчет затрат [9]:

*1 вариант.* Для перевозки используются собственные АТС, договор перевозки грузов не заключается, для расчета производственной себестоимости используется методика НИИАТ [12]. В [9] представлены результаты для обоснования применения методики НИИАТ в дальнейших исследованиях.

Производственная себестоимость – включает расходы по статьям затрат на перевозку грузов (затраты, непосредственно связанные с перевозками и производством других работ и услуг) [13].

*2 вариант.* Для перевозки используются собственные АТС или арендованные АТС по договорному тарифу, договор перевозки грузов не заключается, плата за перевозку грузов установлена ГО (за рейс).

*3 вариант.* Для перевозки используются арендованные АТС с оплатой по часовому тарифу, договор перевозки грузов не заключается, предусматривается оплата за час работы АТС, причем неполный час округляется в большую сторону с шагом 30 минут.

*4 вариант.* Для перевозки используются арендованные АТС с оплатой по тарифу 1 машино-часа автотранспортных услуг для строительства, согласно [14], договор перевозки грузов не заключается, предусматривается оплата за 1 машино-час работы АТС с учетом НДС, причем неполный час округляется в большую сторону с шагом 30 минут.

*5 вариант.* Для перевозки используются собственные или арендованные АТС, договор перевозки грузов не заключается, плата на перевозку грузов заложена в стоимость товара, купленного грузополучателем.

Из вышеописанного в БП при организации централизованных перевозок строительных грузов в городах, в частности для ГО, в условиях «инсорсинга», требуется учитывать следующее:

- создание плана перевозок грузов;
- отсутствие необходимости заключения договора на перевозку грузов (собственные или арендованные АТС);

– для расчета результатов работы АТС могут быть использованы математические модели функционирования микро-, малых и средних АТСПГ, согласно классификации [15]. Причем, согласно исследованиям [11], перевозки грузов от ГО в городах могут выполняться помашинными отправками за смену в средней АСТПГ, состоящей из совокупности нескольких микро АТСПГ, где в каждой микросистеме изолированно работает одно АТС на маятниковом маршруте с обратным не груженным пробегом [15];

– необходимость применения методики НИИАТ для расчета затрат на перевозку грузов автомобилями в городах.

В результате методика БП при организации централизованных перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом, в частности для ГО, функционирующих в условиях «инсорсинга», включает в себя следующие этапы:

- формирование цели, задач, проблемы;
- характеристика услуги
- маркетинговые исследования для изучения спроса;
- планирование производственных показателей функционирования микро-, малых и средних АТСПГ в оперативном режиме;
- организационный план;
- определение величины снижения затрат на перевозку грузов от применения метода организации централизованных перевозок грузов в городах.

### **Заключение**

Изложенный материал может позволить обосновать затраты при организации централизованных перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом в условиях «инсорсинга». Представленные результаты позволяют принять управленческое решение по применению централизованной организации перевозок строительных грузов в городах автомобильным транспортом.

*Научный руководитель д.т.н., проф. Витвицкий Е.Е.*

### **Библиографический список**

- 1) Существующая практика грузовых автомобильных перевозок в городах. Методы централизованной организации: отчет о НИР (промежут.): 10-1С / СибАДИ; рук. Е. Е. Витвицкий.; исполн.: Э. Р. Айтбагина – М., 2015. – 42 с. – Библиогр.: с.39-42. – N ГР 115012130063. – N РН ИКРБС 215090860012
- 2) Айтбагина, Э. Р. Современная практика организации перевозок грузов автомобильным транспортом в городе на примере ООО «ЗЖБИ №7» / Э. Р. Айтбагина, Е. Е. Витвицкий // Техника и технологии строительства. – Электрон. дан. – Омск: ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2016. – выпуск 4(8)
- 3) Трофимова, Л. С. Основы комплексного бизнес-планирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. С. Трофимова, Е. О. Чебакова. – Омск: СибАДИ, 2016.
- 4) Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р)
- 5) Айтбагина, Э. Р. Организация централизованных перевозок грузов в городах автомобильным транспортом. Обзор организационно-технических требований / Э. Р. Айтбагина, Е. Е. Витвицкий // АТП. – 2016. – №3. – С. 28-30
- 6) Айтбагина, Э. Р. Центр оперативного управления перевозками грузов в городах / Э. Р. Айтбагина, Е. Е. Витвицкий // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации», 7-9 декабря 2016 г. / под ред. Е. Е. Витвицкого. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2016. – С. 153-160
- 7) Аникин, Б. А. Аутсорсинг и аутстаффинг: высокие технологии менеджмента: учебное пособие / Б. А. Аникин, И. Л. Рудая. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 320 с.
- 8) Общие правила перевозок грузов автомобильным транспортом (утв. Минавтотрансом РСФСР 30.07.1971). – М.: Транспорт, 1971. – 127 с.
- 9) Айтбагина, Э. Р. Обоснование инструмента исследований / Э. Р. Айтбагина, Е. Е. Витвицкий, Н. И. Юрьева // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации», 7-9 декабря 2016 г. / под ред. Е. Е. Витвицкого. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2016. – С. 160-167

- 10) Левкин, Г. Г. Логистика: теория и практика / Г. Г. Левкин. – Ростов н/Д; Феникс, 2009. – 221 с.
- 11) Витвицкий, Е. Е. Средняя автотранспортная система перевозок грузов в городах / Е. Е. Витвицкий, Е. С. Федосеев // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации», 7-9 декабря 2016 г. / под ред. Е. Е. Витвицкого. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2016. – С. 191-194
- 12) Столярова, М. Д. Трансфинплан автотранспортного предприятия (объединения) / М. Д. Столярова, В. И. Кузнецов [и др.] – М.: Транспорт, 1990. – 238 с.
- 13) Юрьева, Н. И. Результаты обзора состояния научных трудов по вопросу затрат на перевозку грузов / Н. И. Юрьева, Е. Е. Витвицкий // Технология, организация и управление автомобильными перевозками. Теория и практика: Сборник научных трудов №6. – Омск: Полиграфический центр КАН. – 2013. – №6. – С. 176-191.
- 14) Бюллетень информационных материалов для строителей, № 83 (III квартал 2016 года), в 4 частях. – Изд-во ЗАО «Сибирский центр ценообразования в строительстве, промышленности и энергетике», 2016. – С. 134
- 15) Николин, В. И. Грузовые автомобильные перевозки: монография / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин. – Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. – 480 с.

### THE APPLICATION OF METHODOLOGY OF BUSINESS PLANNING IN CENTRALIZED TRANSPORTATION OF CONSTRUCTION MATERIALS IN THE CITIES BY AUTOMOBILE TRANSPORT

E.R. Aytbagina

**Abstract.** *The article presents the use of business planning in the current economic conditions, the object and the subject, the current method of business planning. Presents a brief description of the methods of centralized organization of cargo transportation in cities, describes the features of decentralized and centralized methods of planning and organization of the cargo transportation, presents options for the organization of construction materials transportation, including cost calculation, for enterprises, operating in conditions of «insourcing». Presents an example use of the methodology of business planning in the centralized organization of construction materials transportation in cities by automobile transport in modern conditions.*

**Keywords:** *the centralized organization of cargo transportation in cities, «insourcing», construction materials, business planning.*

*Айтбагина Эльмира Руслановна (Омск, Россия) – аспирант группы ТТТ-14 АСП1 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: kaf\_oput@sibadi.org).*

*Elmira R. Aytbagina (Omsk, Russian Federation) – graduate of group TTT-14 ASP1, Federal State Institution of Higher Education "Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)" (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: kaf\_oput@sibadi.org).*

### References

- 1) Sushchestvuyushchaya praktika gruzovyh avtomobil'nyh perevozk v gorodah. Metody centralizovannoy organizacii: otchet o NIR (promezhutoch.): 10-1S / SibADI; ruk. E. E. Vitvickij.; ispoln.: EH. R. Ajtbagina – M., 2015. – 42 s. – Bibliogr.: s.39-42. – N GR 115012130063. – N RN IKRBS 215090860012
- 2) Ajtbagina, EH. R. Sovremennaya praktika organizacii perevozk gruzov avtomobil'nym transportom v gorode na primere OOO «ZZHBI №7» / EH. R. Ajtbagina, E. E. Vitvickij // Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva. – EHlektron. dan. – Омск: FGBOU VO «SibADI», 2016. – vypusk 4(8)
- 3) Trofimova, L. S. Osnovy kompleksnogo biznes-planirovaniya [EHlektronnyj resurs]: uchebnoe posobie / L. S. Trofimova, E. O. CHEbakova. – Омск: SibADI, 2016.
- 4) Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 g. (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 22 noyabrya 2008 g. № 1734-р)
- 5) Ajtbagina, EH. R. Organizaciya centralizovannyh perevozk gruzov v gorodah avtomobil'nym transportom. Obzor organizacionno-tekhnicheskikh trebovanij / EH. R. Ajtbagina, E. E. Vitvickij // ATP. – 2016. – №3. – S. 28-30
- 6) Ajtbagina, EH. R. Centr operativnogo upravleniya perevozkami gruzov v gorodah / EH. R. Ajtbagina, E. E. Vitvickij // Razvitie teorii i praktiki avtomobil'nyh perevozk, transportnoj logistiki : sbornik nauchnyh trudov kafedry «Organizaciya perevozk i upravlenie na transporte» v ramkah Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, novacii», 7-9 dekabrya 2016 g. / pod red. E. E. Vitvickogo. – EHlektron. dan. – Омск: SibADI, 2016. – S. 153-160
- 7) Anikin, B. A. Outsorsing i autstaffing: vysokie tekhnologii menedzhmenta: uchebnoe posobie / B. A. Anikin, I. L. Rudaya. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: INFRA-M, 2009. – 320 s.

- 8) Obshchie pravila perevozok gruzov avtomobil'nym transportom (utv. Minavtotransom RSFSR 30.07.1971). – M.: Transport, 1971. – 127 s.
- 9) Ajtbagina, E.H. R. Obosnovanie instrumenta issledovanij / E.H. R. Ajtbagina, E. E. Vitvickij, N. I. YUr'eva // Razvitie teorii i praktiki avtomobil'nyh perevozok, transportnoj logistiki : sbornik nauchnyh trudov kafedry «Organizaciya perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, novacii», 7-9 dekabrya 2016 g. / pod red. E. E. Vitvickogo. – EHlektron. dan. – Omsk: SibADI, 2016. – S. 160-167
- 10) Levkin, G. G. Logistika: teoriya i praktika / G. G. Levkin. – Rostov n/D; Feniks, 2009. – 221 s.
- 11) Vitvickij, E. E. Srednyaya avtotransportnaya sistema perevozok gruzov v gorodah / E. E. Vitvickij, E. S. Fedoseenkova // Razvitie teorii i praktiki avtomobil'nyh perevozok, transportnoj logistiki : sbornik nauchnyh trudov kafedry «Organizaciya perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, novacii», 7-9 dekabrya 2016 g. / pod red. E. E. Vitvickogo. – EHlektron. dan. – Omsk: SibADI, 2016. – S. 191-194
- 12) Stolyarova, M. D. Transfinplan avtotransportnogo predpriyatiya (ob"edineniya) / M. D. Stolyarova, V. I. Kuznecov [i dr.] – M.: Transport, 1990. – 238 s.
- 13) YUr'eva, N. I. Rezul'taty obzora sostoyaniya nauchnyh trudov po voprosu zatrat na perevozku gruzov / N. I. YUr'eva, E. E. Vitvickij // Tekhnologiya, organizaciya i upravlenie avtomobil'nymi perevozkami. Teoriya i praktika: Sbornik nauchnyh trudov №6. – Omsk: Poligraficheskij centr KAN. – 2013. – №6. – S. 176-191.
- 14) Byulleten' informacionnyh materialov dlya stroitelej, № 83 (III kvartal 2016 goda), v 4 chastyah. – Izd-vo ZAO «Sibirskij centr cenoobrazovaniya v stroitel'stve, promyshlennosti i ehnergetike», 2016. – S. 134
- 15) Nikolin, V. I. Gruzovye avtomobil'nye perevozki: monografiya / V. I. Nikolin, E. E. Vitvickij, S. M. Mochalin. – Izd-vo «Variant-Sibir», 2004. – 480 s.

УДК 629.331:656.13

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

**М.В. Банкет, А.А. Орлов**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

10

---

**Аннотация.** В статье описывается цель технического обслуживания, а также виды работ, производимых при техническом обслуживании. Перечислены виды технического обслуживания и особенности производимых работ. Описаны виды автотранспортных предприятий, основные системы технической эксплуатации автомобилей и их цели. Изложен смысл получения информации о состоянии системы, её анализе и обработке для принятия решений в технической эксплуатации. Выявлена проблема завышенных материальных затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобилей, перечислены необходимые задачи для решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, автомобильный транспорт, техническая эксплуатация автомобилей.

#### Введение

Основная цель ТО состоит в предупреждении и отдалении момента достижения изделием предельного состояния, а также обеспечение требований санитарно-гигиенических норм и правил. Техническое обслуживание должно обеспечивать безотказную работу подвижного состава в пределах установленных периодичностей по воздействиям, включенным в перечень операций. Если при техническом обслуживании нельзя убедиться в полной исправности отдельных узлов, то их следует снимать с автомобиля для контроля на специальных приборах и стендах. Операции технического обслуживания необходимо проводить с предварительным контролем. Основным методом выполнения контрольных работ является диагностирование, которое предназначено для определения технического состояния автомобиля, его агрегатов, узлов и систем без разборки и является технологическим элементом технического обслуживания. Целью диагностирования при техническом обслуживании заключается в определении действительной потребности в производстве работ, выполняемых не при каждом обслуживании, и прогнозировании момента возникновения отказа или неисправности.

Техническое обслуживание подвижного состава по периодичности, перечню и трудоемкости

выполняемых работ подразделяется на следующие виды: ежедневное техническое обслуживание (ЕО); первое техническое обслуживание (ТО-1); второе техническое обслуживание (ТО-2); и другое периодическое обслуживание (например, для автомобилей, оснащенных дополнительным оборудованием не транспортного назначения - буровая установка, моечно-уборочная установка и др.); сезонное техническое обслуживание (СО). За рубежом ТО обычно подразделяются на: А, В, С, Ди др.

### **Виды технического обслуживания**

При техническом обслуживании выполняются следующие основные виды работ:

- уборочно-моечные;
- контрольно-диагностические;
- регулировочные;
- крепежные;
- смазочные;
- заправочные;
- электротехнические и другие.

При изменении конструкции подвижного состава и условий эксплуатации допускается во второй части Положения для конкретных моделей) автомобилей обоснованное сокращение числа видов технического обслуживания. Все виды технического обслуживания подвижного состава проводятся в объеме перечней основных операций, приведенных в НТД и уточняемых во второй части Положения применительно к конкретному семейству подвижного состава.

ЕО включает контроль, направленный на обеспечение безопасности движения, а также работы по поддержанию надлежащего внешнего вида, заправку топливом, маслом и охлаждающей жидкостью, а для некоторых видов подвижного состава - санитарную обработку кузова.

ЕО выполняется на автотранспортном предприятии после работы подвижного состава на линии. Контроль технического состояния автомобилей перед выездом на линию, а также при смене водителей на линии осуществляется ими за счет подготовительно-заключительного времени.

ТО-1 и ТО-2 включают контрольно-диагностические, крепежные, регулировочные, смазочные и другие работы, направленные на предупреждение и выявление неисправностей, снижение интенсивности ухудшения технического состояния подвижного состава, экономию топлива и других эксплуатационных материалов, уменьшение отрицательного воздействия автомобилей на окружающую среду. Диагностические работы (процесс диагностирования) являются технологическим элементом ТО и ремонта автомобиля (контрольных операций) и дают информацию о его техническом состоянии при выполнении соответствующих работ. В зависимости от назначения, периодичности, перечня и места выполнения диагностические работы подразделяются на два вида: общее (Д-1) и поэтапное углубленное (Д-2) диагностирование.

При этом ТО-1 предназначено в основном для обеспечения работоспособности узлов и систем, обеспечивающих условия безопасности движения, экологической безопасности и топливной экономичности.

Периодичности ТО-1 и ТО-2 для автомобилей установлены нормативно-технической документацией для I категории условий эксплуатации в умеренном климатическом районе с умеренной агрессивностью окружающей среды. При этом периодичности технического обслуживания прицепов и полуприцепов равны периодичностям их тягачей. Периодичности замены масел и смазок уточняются в зависимости от типов (моделей) и конструктивных особенностей агрегатов (узлов), а также марки применяемого масла (смазки).

ТО должно обеспечивать безотказную работу агрегатов, узлов и систем автомобиля в пределах установленных периодичностей по тем воздействиям, которые включены в перечень операций.

В действующей системе ТО и ремонта для технического обслуживания рекомендуется устанавливать расчетные периодичность, трудоемкость и простой.

Техническое обслуживание выполняется на самих автотранспортных предприятиях (комплексное АТП) или на специализированных автосервисных и ремонтных предприятиях: станциях технического обслуживания, ремонтных мастерских, базах централизованного технического обслуживания.

Нормативы трудоемкости ТО-1 и ТО-2 не включают трудоемкость ЕО, причем допустимое

отклонение от нормативов периодичности технического обслуживания составляет  $\pm 10\%$ .

Нормативы, приведенные для ТО, не учитывают трудовых затрат на вспомогательные работы, которые устанавливаются в пределах не более 30% к суммарной трудоемкости технического обслуживания и текущего ремонта по автотранспортному предприятию. В состав вспомогательных работ входят: техническое обслуживание и ремонт оборудования и инструмента; транспортные и погрузочно-выгрузочные работы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом подвижного состава; перегон автомобилей внутри автотранспортных предприятий; хранение, приемка и выдача материальных ценностей; уборка производственных помещений, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом подвижного состава.

Сезонное техническое обслуживание проводится 2 раза в год и включает работы по подготовке подвижного состава к эксплуатации в холодное и теплое время года (перевод на соответствующий вид топлива, эксплуатационных материалов, шин; корректирование плотности электролита в аккумуляторной батарее, давления в шинах и др.) [1].

В качестве отдельно планируемого вида СО рекомендуется для подвижного состава, работающего в районах очень холодного, холодного, жаркого сухого и очень жаркого сухого климата. Для остальных условий сезонное техническое обслуживание совмещается преимущественно с ТО-2 с соответствующим увеличением трудоемкости. Нормативы трудоемкости СО составляют от трудоемкости ТО-2: 50 % для очень холодного и очень жаркого сухого климатических районов; 30% для холодного и жаркого сухого районов; 20% для прочих районов.

Особенностью работ ТО являются:

- поддержание технического состояния в заданных пределах;
- регулярность и плановость - выполнение с определенной, заранее заданной наработкой (периодичностью);
- выполнение, как правило, без разборки или с минимальной разборкой;
- сравнительно малая трудоемкость и продолжительность операций ТО;
- сравнительно малая наработка (периодичность в зависимости от типа подвижного состава и вида ТО колеблется от 2 до 25 тыс. км);
- выполнение операций, как правило, группами, называемыми видами ТО [2].

Автомобильный транспорт играет существенную роль в развивающемся комплексе становящейся рыночной экономике страны, регулярно обслуживая почти 3 млн. предприятий и организаций всех форм собственности, крестьянских и фермерских хозяйств и предпринимателей, а также население страны.

Так как основным производственным процессом АТП является транспортный процесс, то размеры предприятия, а также типы, марки и модели подвижного состава определяются потребностью в перевозках.

Кроме общих классификационных признаков (по форме деятельности, размерам, организационно-правовым формам), предприятия автомобильного транспорта различаются по видам оказываемых услуг, в представленной работе данная классификация наиболее уместна:

- пассажирские АТП (автобусные парки по обслуживанию городских перевозок, междугородных, экскурсионно-туристических поездок и др.), обычно располагаются в крупных городах и районных центрах — местах наибольшего количества маршрутов.
- грузовые (общего назначения, специализированные по определенным видам перевозок). Грузовые АТП располагают вблизи грузообразующих промышленных предприятий и ж.д., грузовых станций, обычно на окраинах города с целью разгрузки центра города от транспортных пробок.

- автотранспорта общего пользования;
- коммерческого и некоммерческого автотранспорта;

Прочие предприятия автотранспортного комплекса:

- транспортно-экспедиционные предприятия;
- автовокзалы и автостанции;
- специализированные предприятия по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей (фирменный сервис – дилеры, не фирменный сервис);
- авторемонтные предприятия для восстановления подвижного состава и его агрегатов; проведения капитальных ремонтов автомобилей и их переоборудования для перевозки специфических грузов;

- отраслевые учебно-курсовые комбинаты, производящих подготовку и переподготовку специалистов автомобильного транспорта.

Появление на автомобильном транспорте десятков тысяч малых предприятий и предпринимателей обострило проблему обеспечения необходимого технического состояния принадлежащих им автомобилей. Эти, особенно вновь организованные, предприятия не имели, а по экономическим соображениям и не могли иметь, собственной полноценной производственной базы, квалифицированного персонала, а часто традиций и опыта обеспечения работоспособности автомобилей на основе планово-предупредительной системы.

Развитие конкуренции на транспортном рынке требует детального и оперативного учета и оценки всех статей расходов и доходов, включая и техническое обслуживание, и ремонт, на нижних уровнях управления (цехи, участки, бригады, исполнители), возможных только при использовании новых информационных технологий — автоматизированных рабочих мест специалистов (АРМ), компьютерной и сетевой техники и др.

В настоящее время не сформулирована четкая техническая политика отрасли в сфере технической эксплуатации автотранспорта, которая ранее для всех предприятий, независимо от их ведомственной принадлежности, определялась Министерством транспорта; практически прекратились разработки и обеспечение предприятий современной авторитетной нормативно-технологической документацией.

В тоже время существенно повысились государственные требования к техническому состоянию, дорожной и экологической безопасности автотранспортных средств при производстве и эксплуатации, которые приближаются к международным.

Обеспечение этих требований в течение всего периода эксплуатации, возможно при качественном обслуживании автомобилей современными методами, на соответствующем оборудовании и технологий, адекватных уровню конструкции автомобилей [3].

Исследования, проводимые в настоящей работе, направлены на группу предприятий, в которую входят: грузовые АТП, пассажирские АТП, специализированные предприятия по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей (не фирменный сервис). Для дальнейших исследований используются данные с предприятия УМиТ-5 г. Сургута.

Одной из основных задач технической эксплуатации является определение путей и методов наиболее эффективного управления техническим состоянием и работоспособностью автомобильного парка.

Управление начинается с получения и обработки информации о состоянии системы, на основе которой принимается соответствующее решение, за которым следуют действия, переводящие управляемую систему из одного в другое необходимое состояние,

Таким образом, управление представляет собой процесс преобразования информации в определенные целенаправленные действия, переводящие управляемую систему (автомобиль, цех, предприятие или отрасль) из исходного в заданное или оптимальное состояние. К основным этапам управления и принятия решений относятся: определение цели системы; получение информации о состоянии системы; обработка и анализ информации; принятие управляющих решений; доведение решения до исполнителей; реализация управляющего воздействия и получение реакции системы.

Определение цели, стоящей перед системой технической эксплуатации, должно быть увязано с целями системы более высокого ранга и соответствовать целям автомобильного транспорта.

Важнейшими целями технической эксплуатации первого уровня являются: увеличение числа работоспособных автомобилей; повышение производительности труда персонала ИТС; сокращение затрат на поддержание парка в работоспособном состоянии. Каждая цель количественно или качественно характеризуется целевым нормативом и показателем. Целевые нормативы количественно или качественно характеризуют состояние системы при полной реализации поставленных целей. Целевые показатели определяют возможные состояния системы, т. е. степень выполнения целевых нормативов при имеющихся ограничениях и условиях работы; с их помощью можно оценивать качество работы ИТС, т. е. уровень реализации поставленных целей. Таким образом, постановка и реализация целей должны рассматриваться в рамках программно-целевого метода. Его сущность заключается в четком определении цели, стоящей перед системой и интеграции всех видов деятельности подсистем в виде программы, необходимой для достижения поставленной цели. Под программой понимается законченный во времени и пространстве комплекс мероприятий, обеспечивающих

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

достижение поставленной цели. В программах представляется совокупность материальных средств, персонала, видов деятельности, сгруппированных по принципу целевого назначения [4].

Получение информации о состоянии системы - это процесс получения данных о внешних и внутренних факторах, действующих на систему. При разработке мероприятий, направленных на повышение работоспособности, подобной информацией будут сведения об эксплуатационной надежности, о наиболее характерных отказах, вызывающих простои автомобилей в рабочее время, данные о причинах простоя и т. д. Внешними факторами являются условия эксплуатации [5].

При обработке и анализе информации проводится оценка ее точности и достоверности. Полученная информация представляется обычно в компактном виде (таблицы, графики) и позволяет судить о связях и закономерностях, действующих в системе.

Смысл принятия управляющих решений (в соответствии с целями системы и (полученной информацией) при управлении технической эксплуатацией состоит в выборе управляемых на данном уровне и наиболее эффективных факторов (объектов, подсистем), которые могут повысить целевые показатели и воздействие на них. Пути достижения цели, стоящей перед системой, могут различаться. Поэтому после построения дерева цели (ДЦ) формируют несколько вариантов деревьев систем (ДС) или программ и выбирают лучший. В ДЦ вершины характеризуют цели или функции, а в ДС - объекты и системы, которые обеспечивают реализацию функций. Структуры ДС и ДЦ могут совпадать или различаться. На рис. 1 приведены основные подсистемы ТЭА в соответствии с деревом системы (потребности в услугах и воздействиях по ТО и Р; система и организация ТО и ремонта; производственно-техническая база; персонал; система материально-технического обеспечения; подвижной состав и эксплуатационные материалы; условия эксплуатации) [6].



Рисунок 1 – Подсистемы ТЭА.

Факторы ДСТЭ подразделяются на управляемые и учитываемые. На первые воздействуют в процессе управления, а вторые учитывают при определении целевых нормативов и показателей.

На этапе доведения решения до исполнителей важной является форма передачи решения, исключая двоякое толкование его смысла, сроков выполнения и т. д. Наиболее целесообразной формой является норматив, обеспечивающий эффективное управление.

Таким образом, решение должно быть передано исполнителям в четкой, желательно нормативной форме; обеспечивающей поэтапный количественный и качественный контроль его выполнения.

Реализация управляющего воздействия изменяет состояние системы, информация о котором (в виде обратной связи) снова обрабатывается, анализируется и на ее основе корректируется прежнее или принимается новое решение.

Таким образом, управление носит многоэтапный характер, поскольку к поставленной цели приходят не за один, а за несколько шагов, последовательно корректируя действия в зависимости от достигнутых результатов. Важнейшим элементом управления является информация, сбор и анализ которой требует времени, материальных и трудовых затрат.

При принятии решений в технической эксплуатации используется вероятностная информация, характеризующая поведение или состояние совокупности автомобилей, и индивидуальная или дискретная информация, определяющая состояние или показатели работы конкретного изделия - детали, агрегата, автомобиля.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Вероятностная информация характеризуется показателями, такими как, параметр потока отказов, средняя наработка между отказами и др. Примерами вероятностной информации является распределение ресурсов деталей, трудоемкости выполнения работ, расхода материалов и т. д. Источниками получения вероятностной информации являются соответствующим образом обработанные отчетные данные действующей на автомобильном транспорте документации, а также результаты специально организованных наблюдений. К вероятностной информации следует отнести также ранее накопленный опыт, изложенный в технической литературе, справочниках, научных отчетах и т. д. Вероятностный характер данной информации проявляется в возможности полного или частичного ее использования в конкретных условиях.

Индивидуальная информация также может быть получена по отчетным данным для конкретного автомобиля (агрегата) или по результатам непосредственных наблюдений за ним. Используется она для корректировки управляющего решения применительно к данному объекту. Вероятностная и индивидуальная информация дополняют друг друга: на основании первой может быть установлен момент контроля технического состояния изделия, а целесообразность конкретных работ по поддержанию работоспособности определяется индивидуальной информацией о техническом состоянии изделия, получаемой, например, с использованием средств диагностики [7].

Целесообразность использования того или иного вида информации или пропорции их сочетания определяется технико-экономическими расчетами, оценкой представительности, точности, важности и. стоимости получения данной информации, а также важностью принимаемого решения.

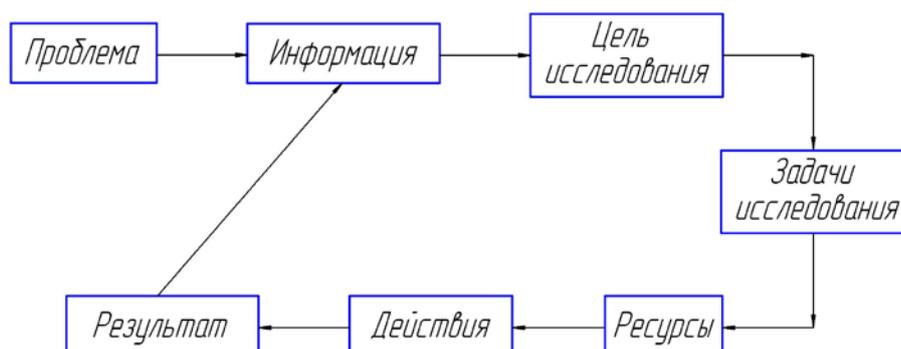


Рисунок 2 – Последовательность получения результата

Последовательность получения результата представлена на рис. 2. Проблема — в широком смысле сложный теоретический или практический вопрос, требующий изучения, разрешения; в науке — противоречивая ситуация, выступающая в виде противоположных позиций в объяснении каких-либо явлений, объектов, процессов и требующая адекватной теории для её разрешения [8]. Проблемой данных научных исследований является не эффективное проведение технологических процессов ТО с точки зрения материальных затрат, обусловленное не оптимальным количеством исполнителей. Информация — понятие, связанное с объективным свойством материальных объектов и явлений (процессов) порождать многообразие состояний, которые посредством взаимодействий (фундаментальные взаимодействия) передаются другим объектам и запечатлеваются в их структуре [9]. В рассматриваемой работе информацией является нормативная документация по ТО автомобилей и литература зарубежных, отечественных авторов по технической эксплуатации автомобилей.

### Заключение

Проведя исследование была выявлена проблема завышенных материальных затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Для снижения данной проблемы необходимо провести расчет оптимизации количества исполнителей. Для этого необходимо:

- описать технологические процессы ТО с указанием минимального и максимального количества исполнителей;
- определить параметры, на которые повлияет количество исполнителей;

- разработать математическую модель зависимостей целевых показателей от количества исполнителей;
- провести экспериментальные исследования с целью получения зависимостей целевых показателей от количества исполнителей;
- разработать рекомендации по оптимизации количества исполнителей.

Ресурсы - количественная мера возможности выполнения какой-либо деятельности; условия, позволяющие с помощью определённых преобразований получить желаемый результат [5]. Ресурсами исследований является учебный и научный фонд ФГБОУ «СибАДИ», а также электронные источники.

Действия - последовательная смена состояний объекта во времени. Действиями, проводимыми в работе, являются теоретические и экспериментальные исследования зависимостей целевых показателей от количества исполнителей.

Результат - заключительные последовательности действий или событий, выраженных качественно или количественно. Результатом научных исследований является алгоритм зависимостей целевых показателей от количества исполнителей, а также сравнение теоретических и экспериментальных исследований.

### Библиографический список

1. Фасхиев Х.А., Нуретдинов Д.И. Прогнозирование трудоёмкости технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей // Проектирование и исследование технических систем: Межвузов, науч. сб. Набережные Челны: Камский политехи, ин-т, 2003. – С. 98-105.
2. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Госстандарт России, 2001. – 27 с.
3. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей: книга 2 : учебное пособие / И. С. Туревский. – М. : Форум, 2011. – 257 с.
4. Аринин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. Техническая эксплуатация автомобилей. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 320 с.
5. Болбас М.М. Основы технической эксплуатации автомобилей. – Минск: Амалфея, 2001. – 352 с.
6. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и допол./ Е.С.Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
7. Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с.
8. Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. 1969. – 1978 с.
9. Стратонович Р. Л. Теория информации. М.: Сов. радио, 1975. — 424 с.

### FEATURES OF MAINTENANCE OF AUTOMOBILES

M.V. Banquet, A.A. Orlov

**Abstract.** *The article describes the purpose of maintenance, as well as the types of work performed during maintenance. The types of maintenance and features of the works are listed. Types of motor transport enterprises, basic systems of technical operation of cars and their purposes are described. The sense of obtaining information about the state of the system, its analysis and processing for making decisions in technical operation is stated. The problem of overestimated material costs for maintenance and repair of cars is identified, the necessary tasks for solving this problem are listed.*

**Keywords:** *maintenance, road transport, technical operation of cars.*

*Банкет Михаил Викторович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5).*

*Орлов Александр Александрович (Омск, Россия) – магистрант гр. ЭТКм-15АЗ1 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5).*

*Mikhail Viktorovich Banquet (Omsk, Russia) - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Operation and repair of cars" FGBOU VO «SibADI» (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*

*Orlov Alexander Alexandrovich (Omsk, Russia) - master student gr. ETKm-15AZ1 FGBOU VO «SibADI» (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*

## References

1. Faskhiev H.A., Nuretdinov D.I. Prognozirovaniye trudoyomkosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta gruzovyh avtomobilej // Proektirovaniye i issledovaniye tekhnicheskikh sistem: Mezhdvuzov, nauch. sb. Naberezhnye CHelny: Kamskij politekhi, in-t, 2003. – S. 98-105.
2. GOST R 51709-2001. Avtotransportnye sredstva. Trebovaniya bezopasnosti k tekhnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki. – M.: Gosstandart Rossii, 2001. – 27 s.
3. Turevskij I. S. Tekhnicheskoe obsluzhivaniye avtomobilej: kniga 2 : uchebnoe posobie / I. S. Turevskij. – M. : Forum, 2011. – 257 s.
4. Arinin I.N., Kononov S.I., Bazhenov YU.V. Tekhnicheskaya ehkspluatsiya avtomobilej. – Rostov n/D: Feniks, 2004. – 320 s.
5. Bolbas M.M. Osnovy tekhnicheskoy ehkspluatsii avtomobilej. – Minsk: Amalfeya, 2001. – 352 s.
6. Tekhnicheskaya ehkspluatsiya avtomobilej: Uchebnik dlya vuzov. 4-e izd., pererab. i dopol./ E.S.Kuznecov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov i dr. – M.: Nauka, 2001. – 535 s.
7. Hasanov R.H. Osnovy tekhnicheskoy ehkspluatsii avtomobilej: Uchebnoe posobie. - Orenburg: GOU OGU, 2003. – 193 s.
8. Bol'shaya sovetskaya ehnciklopediya. — M.: Sovetskaya ehnciklopediya. 1969. – 1978s.
9. Stratonovich R. L. Teoriya informacii. M.: Sov. radio, 1975. — 424 s.

УДК 624.15

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ РОЛЬ В РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

**С.С. Войтенков, А.А. Белоненко**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

17

***Аннотация.** Данная статья основана на результатах исследования, проведенного автодорожной ассоциацией мирового значения PIARC в 2008-2011 годах. Статья посвящена процедурам планирования, реализации и оценки административного влияния на городской грузовой транспорт, в том числе за счет применения принципов государственно-частного партнёрства. Особое внимание уделено циклически повторяющейся процедуре принятия решения PCDA при управлении грузовым автомобильным транспортом.*

***Ключевые слова:** логистика, грузовые перевозки, ассоциация, государственная роль, сотрудничество.*

### **Введение**

Перевозки грузов, в основном осуществляемые автомобильным транспортом, могут привести к возникновению ряда социальных проблем, таких как заторы, загрязнение окружающей среды и дорожно-транспортные происшествия, каждая из которых ведет к ухудшению качества жизни. Процесс управления грузовым автомобильным транспортом становится необходимым, особенно в городских условиях, где почти все другие виды транспорта не доступны.

Управленческие меры представляют собой набор стратегий, направленных на повышение безопасности и экономической эффективности работы грузовых автомобилей, а также снижение связанных с ними экологических проблем и улучшение местного качества жизни. Эти меры включают инфраструктурные и иные меры, такие как развитие дорог и распределение грузопотоков по подходящим (желаемым) маршрутам.

**Инструменты управления грузовым автомобильным транспортом.** Схема управления состоит из четырех этапов, как показано на рис. 1. После оценки, некоторые обратные связи могут быть использованы для перемещения на первую стадию идентификации проблемы [1].

PDCA цикл или цикл Деминга, является аббревиатурой «Plan-Do-Check-Act», что в переводе с английского – «планирование – действие – проверка – корректировка», это циклически повторяющийся процесс принятия решения [2].

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

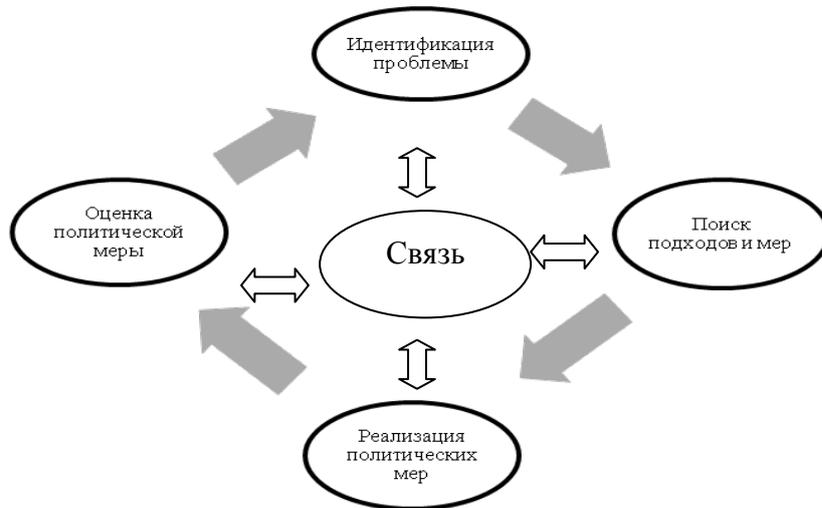


Рисунок 1 – Схема государственного управления городским грузовым транспортом

На рис. 2 отображена система управления грузовыми перевозками с помощью PDCA цикла, в которой решения по перевозке грузов могут быть усовершенствованы и реализованы более эффективно.

	Планирование (Plan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Привлечение общественности</li> <li>✓ Идентификация проблем</li> <li>✓ Выявление причин проблем</li> <li>✓ Постановка цели</li> <li>✓ Проектирование грузопотоков</li> <li>✓ Поиск комбинаций подходов и решений</li> <li>✓ Идентификация неожиданных побочных эффектов</li> <li>✓ Пилотный запуск программы</li> </ul>
	Осуществление (Do)	Реализация программы
	Проверка (Check)	Оценка программы
	Действие (Act)	Постоянное функционирование управления грузовым автомобильным транспортом

Рисунок 2 – PDCA цикл в управлении грузовым автомобильным транспортом

Построение партнерских отношений между заинтересованными сторонами требует определенных усилий и времени, но это того стоит, так как партнерские отношения приносят безусловно ценную информацию и опыт, которых практически невозможно получить иначе. Кроме того, достижение консенсуса в отношениях подразумевает более легкое решение непредвиденных проблем. Особенно это актуально для перевозок грузов в городах в условиях множества грузоотправителей, грузополучателей и автотранспортных организаций, когда задача управления грузоперевозками выходит на более высокий уровень [3,4].

Есть несколько методов для привлечения заинтересованных сторон. Одним из них является создание совместных компаний по управлению грузовым автомобильным транспортом, а другой с привлечением частных либо государственных компаний. Метод выбирается исходя из сложившихся экономических и политических условий.

Государственно-частное партнерство — это соглашение между правительственным органом и частным партнером, направленное на создание общественно значимых объектов или предоставление услуг.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Целью такого соглашения является создание объектов или предоставление услуг с большей эффективностью и с меньшими издержками, чем это мог бы сделать каждый из участников соглашения, действуя самостоятельно.

ГЧП отражает нарастающую в мировой экономике тенденцию встречного движения государства и частного сектора и успешно применяется не только на транспорте, но и в энергетике, водоснабжении, коммунальном обслуживании и других сферах. В результате применения ГЧП государство получает возможность:

- привлечь дополнительные частные инвестиции в областях, которые традиционно относились к сфере исключительно бюджетного финансирования;
- сконцентрировать усилия на наиболее свойственных государственным органам административных функциях, предоставив частному партнеру вопросы работы на рынке;
- привлечь из частного сектора лучшие управленческие кадры, технику и технологии;
- разделить затраты и риски с частным партнером;
- повысить эффективность, сократить сроки реализации проектов и повысить качество обслуживания конечных пользователей за счет рыночной ориентированности и опыта частного партнера [5].

Заинтересованными лицами по управлению грузовыми автомобильными перевозками являются компании грузоперевозчиков, владельцы торговых точек на обслуживаемых улицах, жители, муниципальные службы (полиция, технические специалисты), которые в свою очередь являются эффективным инструментом для продвижения более гибкого управления перевозкой грузов (рис. 3).

Выбор грузовладельца между автопредприятиями и частными перевозчиками зависит от многих факторов, учет которых необходим для принятия окончательного решения [5].

Привлечение общественности также является хорошим инструментом и широко используется. Это увеличивает общественный вклад на стадии планирования, что помогает административному аппарату увеличить шансы на достижение успеха. Если же администрация игнорирует заинтересованные стороны и общественность (жителей) в целом, то она не будет пользоваться одобрением и поддержкой. Строя взаимовыгодные отношения с заинтересованными сторонами, запланированный порядок действий будет поддержан, поскольку стороны уверены в своей значимости на каждой стадии планирования.

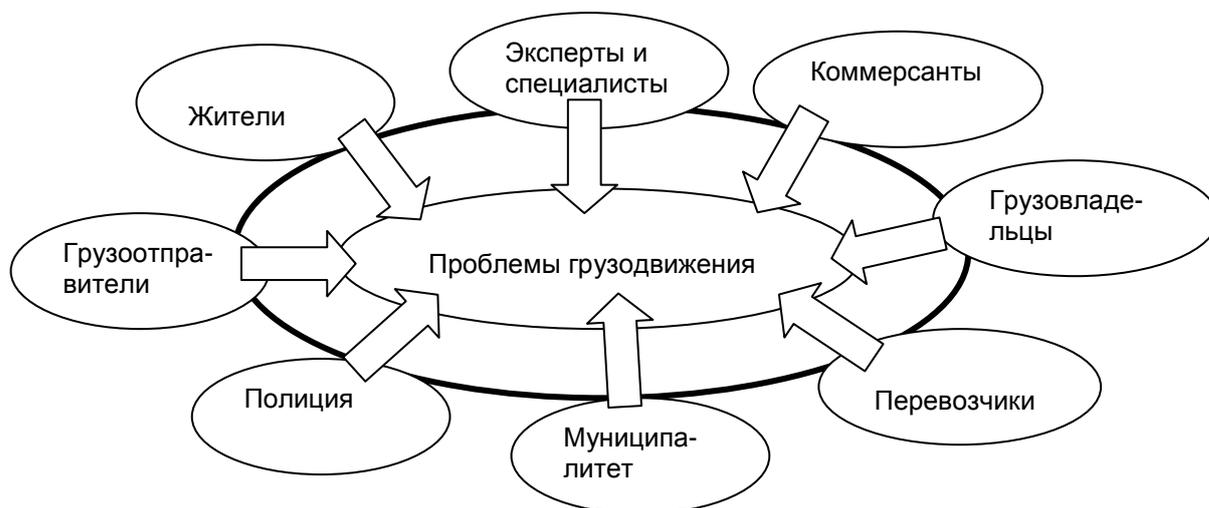


Рисунок 3 – Пример сотрудничества заинтересованных лиц

Функции заинтересованных сторон:

1. Эксперты и специалисты: консультирование;
2. Коммерсанты: торговая активность;
3. Грузовладельцы: улучшение качества логистики;
4. Перевозчики: улучшение трудовых условий;
5. Муниципалитет: связь с местной администрацией;

6. Полиция: обеспечение безопасности движения;
7. Грузоотправители: улучшение транспортной инфраструктуры.

Иногда возникшие проблемы могут быть очевидными, городская власть может постоянно обращаться по поводу образования серьезных транспортных заторов, также на вопросы безопасности и нарушения вреда экологии вредными токсичными выбросами. После определения текущих проблем определяются причины их возникновения.

Типичные проблемы городского транспорта:

1. Транспортные заторы.

Крупные грузовые автомобили с учетом их размера оказывают большое влияние на создание заторов транспорта относительно легковых автомобилей. Товары перевозятся малотоннажными грузовыми автомобилями для доставки их точно в срок. Пропускная способность снижается из-за парковки грузового транспорта на городских улицах и параллельной парковки, вызывая дополнительные заторы.

Тем не менее, существуют некоторые моменты. Перевозки на больших грузовых автомобилях способствуют сокращению количества грузовых транспортных средств на дорогах общего пользования, так как перевозят больший объем груза, чем меньшие грузовые автомобили. Для улучшения качества транспортного обслуживания поставка точно в срок должна контролироваться.

Кроме того, должны быть предусмотрены дополнительные транспортные единицы, так как погрузка и разгрузка занимает значительную часть объема транспортной деятельности.

2. Экология.

Грузовые автомобили, особенно более крупные, выделяют больше загрязняющих веществ, чем легковые транспортные средства. На дорогах присутствуют старые грузовые автомобили, выброс загрязняющих веществ которых превышает установленные нормы. Грузовые транспортные средства, особенно более крупные, тяжелее легковых транспортных средств, в результате чего выделяют более высокий уровень шума и вибрации. Стоит отметить, что операции погрузки и разгрузки очень часто происходят на улицах, что создает высокий уровень шума. Однако, учитывая грузоподъемность больших грузовых транспортных средств, их количество на дорогах будет меньше, чем мелких автомобилей, а значит и вред экологии будет нанесен в меньшей степени.

3. Проблемы безопасности.

Аварии с участием больших грузовых автомобилей имеют более серьезные последствия. Кроме того, в случае несчастного случая на дорогах общего пользования будет образован затор, значительно снижающий пропускную способность движения.

Тем не менее, число несчастных случаев с участием больших грузовых автомобилей меньше, чем с участием автомобилей небольшого размера. Это особенно заметно на статических показателях аварийности. Дорожно-транспортное происшествие с участием больших грузовых автомобилей, как правило, будет иметь более серьезные последствия. Поэтому необходимо учитывать повышенную опасность при управлении большими грузовыми автомобилями.

4. Непригодная инфраструктура.

Большие грузовые автомобили имеют большой радиус поворота. Дороги в центре города, а особенно в старых районах, как правило, узкие и не подходят для движения больших грузовых транспортных средств. Развитие инфраструктуры для осуществления свободного движения больших грузовых автомобилей требует значительных вложений.

Тем не менее, крупные грузовые автомобили играют важную роль для городских перевозок, поэтому для их использования должна быть предоставлена необходимая инфраструктура.

5. Проектирование движения грузового транспорта.

Движение грузового транспорта вызывает широкий спектр проблем. Но с другой стороны запретить их эксплуатацию невозможно, учитывая необходимость реализации социально-экономических программ. Поэтому необходимо обсуждение вопросов, касающихся движения грузовых автомобилей до места назначения, а также эффективной реализации социально-экономических программ. Требуется учитывать необходимость использования грузового транспорта, как экономически эффективного и экологически чистого способа доставки, который минимизирует пробег в городских районах, использует автомобили с низким уровнем выбросов и применяется каждый день.

Основным требованием для грузовых автомобилей при въезде в город, является движение

по кольцевым и объездным дорогам таким образом, чтобы расстояние поездки в пределах города было минимальным.

Маршруты движения грузовых автомобилей в пределах города должны проходить по магистралям, которые оказывают меньшее влияние на окружающую среду. В идеальных условиях такие дороги должны иметь достаточную ширину, бордюры и шумовые барьеры.

Грузовые автомобили не проезжающие в жилом районе используют окружную магистраль.

Грузовые автомобили используют маршруты по магистралям вблизи жилых районов, которые минимизируют пути в пределах жилых районов.

Выбор автомобилей для передвижения в городе. Большие грузовые автомобили используют на окраинах города, а доставка до терминала осуществляется на автомобилях с низким уровнем выбросов.

Выбор времени суток. Движение грузовых автомобилей не должно осуществляться в часы пик движения транспорта и пешеходов.

Грузовые перевозки между городскими районами. Желательно использование автомагистралей и основных магистралей для транспортировки между городскими районами.

Допускается массовое использование больших грузовых транспортных средств на автомагистралях и главных магистралях между городами, производственными площадями, портами, аэропортами и железнодорожными станциями.

Кольцевые и объездные дороги должны быть расположены на окраине города. С уточнением структуры и роли каждой категории дорог, в том числе магистралей, главных магистралей, второстепенных магистралей, районных дорог и др.

Перевалка груза с больших грузовых автомобилей в малые. Должны быть обеспечены перевалочные мощности для всех направлений, включая воздушный, морской, железнодорожный и автомобильный транспорт. Совместная доставка требует разработки совместного центра поставки, который используется для сбора груза, сортировки по назначению и перевалке. Средства загрузки/выгрузки объектов необходимы для обеспечения эффективного функционирования.

В городских районах, есть объекты, чувствительные к шуму и качеству жизни, такие как жилые дома, школы, больницы и другие объекты, а также чувствительные к эксплуатационной эффективности - коммерческие здания, офисы, заводы, склады и т.д. Таким образом, городская структура должна планироваться или руководствоваться таким образом, чтобы эти проблемы можно было избежать, создавая взаимодействие между городской структурой, грузовым транспортом и придорожным озеленением.

Перед обращением к чиновникам и к другим заинтересованным группам рекомендуется глубоко изучить текущее состояние (и прошлое, если возможно) грузового движения и использования земель, основных участников в области и их интересах, политику и осведомленность в проблемах логистики.

В некоторых странах организационная структура управления грузового автомобильного транспорта является слишком требовательной, что часто требует дополнительных усилий для обеспечения конкурентоспособности. Если нет положений, определяющих степень ответственности, то может быть необходимым приложить усилия для улучшения сотрудничества среди соответствующих сторон. Регулярные встречи с национальными, региональными, муниципальными чиновниками для взаимного информационного обмена могут способствовать достойной подготовке.

Национальные и муниципальные органы власти, как правило, предоставляют субсидии, предназначенные для улучшения проектов управления городскими грузоперевозками.

Ограниченные места могут быть разделены с точки зрения пространства и времени; парковочные места могут быть открыты для водителей грузового транспорта в режиме разделения машиномест. Если есть места общественного пользования, то есть возможность разработки новой парковки или провести расширенную реконструкцию дороги, чтобы парковка на улице для погрузки и разгрузки была разрешена.

### **Заключение**

В настоящей работе представлены основные проблемы функционирования городского грузового транспорта и предложены пути их решения. При этом отмечается особая роль PCDA-цикла в управлении грузовым автомобильным транспортом при сотрудничестве всех заинтересованных сторон, включая перевозчиков, грузовладельцев, органов ГИБДД, общественность, муниципалитет и др.

## Библиографический список

1. E. Taniguchi et al., "Public Sector Governance to Implement Freight Vehicle Transport Management" // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2014. Vol. 125. pp. 345–357.
2. Цикл Деминга // Википедия : свободная электронная энциклопедия : на русском языке [Электронный ресурс] // Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Цикл\\_Деминга](https://ru.wikipedia.org/wiki/Цикл_Деминга), свободный. – Загл. с экрана.
3. Войтенков, С.С. Методы теории расписаний в грузовых автомобильных перевозках / С.С. Войтенков // *Автотранспортное предприятие*, №11, 2016. С. 52-54
4. Войтенков, С.С. Управление грузовой автотранспортной системой города: состояние и перспективы / С.С. Войтенков, Е.Е. Витвицкий // *Динамика систем, механизмов и машин* / Омский государственный технический университет (Омск), №1. том 3, - 2016. – С. 314-321.
5. StudMe.org [электронный ресурс] / Учебные материалы. Государственно-частное партнерство – Электрон.дан. – М.: 2016 – Режим доступа: [http://studme.org/1247091923421/logistika/gosudarstvenno-chastnoe\\_partnerstvo\\_transporte/](http://studme.org/1247091923421/logistika/gosudarstvenno-chastnoe_partnerstvo_transporte/)- Загл. с экрана.

## PUBLIC SECTOR GOVERNANCE TO IMPLEMENT FREIGHT VEHICLE TRANSPORT MANAGEMENT

S.S. Voytenkov, A.A. Belonenko

**Abstract.** *This article is based on the results of a survey conducted by the PIARC Worldwide Road Association in 2008-2011. The article is devoted to the procedures for planning, implementing and evaluating the administrative impact on urban freight transport, including through the application of the principles of public-private partnership. Particular*

*attention is paid to the cyclical repetition of the PCDA decision making process for the management of road freight transport.*

**Keywords:** *logistics, freight transportation, association, government role, cooperation.*

*Войтенков Сергей Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент; ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр.Мира, д.5, e-mail: voiser@mail.ru).*

*Белоненко Андрей Александрович (Россия, г. Омск) – магистрант группы ТТПм-15AZ1, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр.Мира, д.5, e-mail: andr\_bel93@mail.ru).*

## Reference

1. E. Taniguchi et al., "Public Sector Governance to Implement Freight Vehicle Transport Management". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2014. vol. 125. pp. 345–357.
2. Wikipedia: free electronic encyclopedia: Tsikl Deminga [The Deming Cycle]. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Цикл\\_Деминга](https://ru.wikipedia.org/wiki/Цикл_Деминга) (Accessed 10 april 2017) (in Russian).
3. Voytenkov S. S. Theory scheduling techniques in the road freight transportation. *Autotransportnoie predpriyatie* [Motor Company], no 11, 2016. pp. 52-54 (in Russian).
4. Voytenkov S. S., Vitvitskiy E. E. Management of urban freight transport system: state and prospects. *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin* [2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics)], Omsk State Technical University (Omsk), 2016, no 1. vol 3, pp. 314-321 (in Russian).
5. StudMe.org. Uchebnye materialy. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo [Training materials. Public-private partnership]. Available at: [http://studme.org/1247091923421/logistika/gosudarstvenno-chastnoe\\_partnerstvo\\_transporte](http://studme.org/1247091923421/logistika/gosudarstvenno-chastnoe_partnerstvo_transporte/) (Accessed 10 april 2017) (in Russian)

УДК 621.313  
ББК31.621

## РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫЕ СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Р.С. Жагданов**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В работе приведен подробный анализ элементов управления асинхронным двигателем с фазным ротором и его защиты. Подробно описано взаимодействие всех элементов автоматической системы управления пуском двигателя. Убедительно доказано преимущество использования асинхронного двигателя с фазным ротором в сравнении с короткозамкнутым ротором несмотря на усложнение и удорожание двигателя и системы управления. Рассмотрена система запуска асинхронного двигателя с фазным ротором в функции тока и особенности ее функционирования. Рассмотрена перспектива области использования асинхронного двигателя с фазным ротором.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, фазный ротор, контактор, магнитный пускатель, короткозамкнутый ротор, тепловые реле.

### Введение

При эксплуатации потребителей электрической энергии возникает необходимость регулирования тока, напряжения, частоты вращения. Особенно эта необходимость проявляется при эксплуатации электрических машин, где требуется частое включение и выключение, ограничение пусковых токов, изменение частоты вращения, величины вращающего момента. Для выполнения этих задач существует большое число электрических аппаратов:

1. Коммутационные аппараты. Эти аппараты служат для включения и отключения электрических цепей. К этой группе относятся рубильники, пакетные выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, отделители, короткозамкватели, автоматические выключатели, предохранители

2. Ограничивающие аппараты. Эти аппараты предназначены для ограничения токов короткого замыкания (реакторы) и перенапряжений (разрядники)

3. Пускорегулирующие аппараты, предназначенные для пуска, регулирования частоты вращения, напряжения и тока электрических машин или для пуска и регулирования какого-либо другого потребителя. К этой группе относятся контроллеры, командоконтроллеры, контакторы, магнитные пускатели, резисторы и реостаты. Для этой группы являются характерными частые включения и отключения

### Анализ запуска асинхронных двигателей с фазным ротором

Широкое распространение в подъемных механизмах получили асинхронные двигатели с фазным ротором, где с помощью скользящих контактов можно вводить в цепь обмотки ротора добавочное сопротивление. Двигатель с фазным ротором более сложен и дороже асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, поскольку приходится изготавливать трехфазную обмотку ротора, контактное устройство и дополнительно устанавливать регулировочные резисторы. Регулировать скорость вращения можно только в сторону ее уменьшения. Механическая характеристика такого двигателя при введении в цепь ротора добавочного сопротивления становится более пологой, что делает работу двигателя менее устойчивой. Однако, критический момент не изменяет своей величины. Это дает возможность получить вращающий пусковой момент равным критическому и уменьшить пусковые токи [1, 2, 3].

Релейно-контактная схема автоматического управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции тока приведена на рис.1.

В рассматриваемой электрической системе автоматического управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором (рис.1) используется рубильник для подведения трёхфазной системы напряжения к контактору «Л» и цепям управления, плавкие предохранители для защиты от коротких замыканий, контактор «Л» для подачи напряжения через свои контакты к двигателю, реле «РБ» для подачи напряжения к цепям управления, контакторы «1У», «2У», «3У» для вывода из цепи ротора регулировочных резисторов «R1»,

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

«R2», «R3», реле «1РУ», «2РУ», «3РУ» для управления регулировочными контакторами «1У», «2У», «3У». Тепловые реле «РТ» служат для защиты двигателя от перегрузки.

Трёхфазная система напряжений через предохранители «ПР» подводится к замыкающим контактам магнитного пускателя «Л» и через предохранитель «ПР1» к кнопке «Стоп» схемы управления.

Две обмотки статора через чувствительные элементы «РТ» подключаются к линейным проводам. Если в процессе работы величина тока в обмотке статора превысит допустимое значение тепловые элементы разомкнут свои контакты «РТ» в цепи управления и отключат двигатель от сети питания.

В цепь ротора двигателя введены пусковые резисторы, шунтируемые при пуске соответствующими контакторами ускорения. Настройка реле ускорения «1РУ», «2РУ», «3РУ» должна быть произведена таким образом, чтобы токи, при которых соответствующие реле отключаются, удовлетворяли следующему неравенству [3,4,5]:  $I_{1РУ} > I_{2РУ} > I_{3РУ}$ .

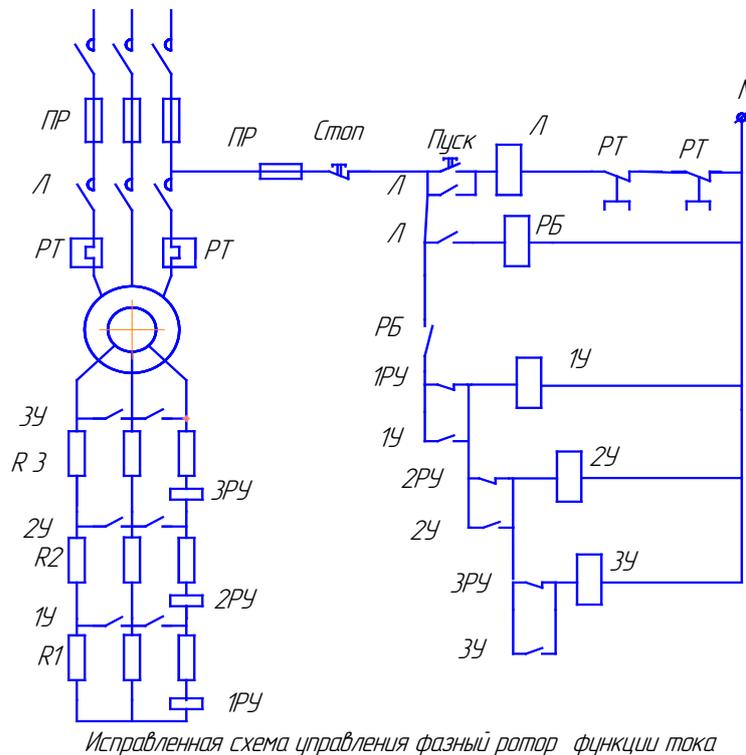


Рисунок 1 – Схема автоматического управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции тока.

Пуск двигателя осуществляется нажатием кнопки «Пуск». При этом контактор «Л» срабатывает и через свои силовые замыкающие контакты «Л» подаёт питание на обмотки статора двигателя. Двигатель начинает вращение. При этом в цепи ротора по всем пусковым резисторам «Р1», «Р2», «Р3» и по катушкам реле ускорения «1РУ», «2РУ», «3РУ» протекает большой пусковой ток. Реле ускорения срабатывают и размыкают свои размыкающие контакты «1РУ», «2РУ», «3РУ» в цепи управления.

Замыкающим блокировочным контактом «Л» в цепи управления он (контактор) шунтирует пусковую кнопку «Пуск», что позволяет больше не держать кнопку «Пуск» в нажатом состоянии. Другим блокировочным замыкающим контактом «Л» он (контактор) включает реле «РБ», которое своим замыкающим контактом «РБ» подает напряжение в цепь питания катушек ускорения: «1У», «2У», «3У».

Однако контакторы ускорения «1У», «2У», «3У» не включаются, так как размыкающий контакт «1РУ» в цепи управления будет разомкнут до тех пор пока пусковой ток в цепи ротора не уменьшится до значения, при котором реле «1РУ» отпустит и замкнёт свой размыкающий контакт «1РУ» в цепи управления.

Теперь сработает реле ускорения «1У» и своими замыкающими контактами в цепи ротора шунтирует резисторы «R1» и катушку реле ускорения «1РУ».

Ток в якорной цепи вновь резко увеличивается, но реле ускорения «1РУ» уже не срабатывает поскольку оно исключено из якорной цепи.

При дальнейшем разгоне двигателя аналогично будут работать реле ускорения «2У» и «3У» при меньших уставках тока, и соответственно будут включаться контакторы ускорения «2У» и «3У», которые шунтируют вторую и третью ступени резисторов в цепи ротора, после чего двигатель будет работать с номинальной угловой скоростью на естественной характеристике.

### **Заключение**

Реле блокировки «РБ» создаёт некоторую задержку времени, необходимую для того, чтобы ток в цепи ротора достиг значения, при котором реле ускорения «1РУ», «2РУ», «3РУ» успели открыть свои размыкающие контакты.

Эта электрическая система автоматического управления пуском асинхронного трехфазного двигателя с фазным ротором позволяет включить двигатель в трехфазную сеть напряжения одним только нажатием кнопки «Пуск».

*Научный руководитель к. т.н., доцент Н.Ф. Коцарев*

### **Библиографический список**

1. Кацман М.М. Электрические машины. М.: Выс. шк. 2003.-469 с.
2. Костенко Г.Н., Пиотровский Л.М. Электрические машины. Л., 1072. Ч.1 – 544 с.; 1973. Ч.2. -648 с.
3. Вольдек А.И. Электрические машины. Л., 1978. – 832 с.
4. Руппель Е.Ю. Элементы теории вероятностей и методы статистической обработки экспериментальных данных: Учебное пособие. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2003 -141 с.
5. Горелов С.В. Автономные источники и преобразователи электрической энергии для потребителей северных регионов/С.В. Горелов [и др.]/Науч. проблемы трансп. Сибири и Дал. Востока. -2008. -№1. - С. 239 - 243.

### **THE RELAY-CONTACT METHODS OF CONTROL OF ELECTRIC ENERGY CONSUMERS**

R.S. Zhagdanov

**Abstract.** *The paper provides a detailed analysis of the control elements of an asynchronous motor with a phase rotor and its protection. The interaction of all elements of an automatic engine start control system is described in detail. The advantage of using an asynchronous motor with a phase rotor is convincingly proved in comparison with a squirrel cage rotor despite the complication and increase in the cost of the engine and control system. The system for starting an asynchronous motor with a phase rotor as a function of the current and the features of its functioning are considered. The perspective of the field of use of an asynchronous motor with a phase rotor is considered.*

**Keywords:** *asynchronous motor, phase rotor, contactor, magnetic starter, short-circuited rotor, thermal relays.*

*Коцарев Николай Фёдорович - Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), кафедра «Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование», канд. техн. наук, доцент. 644 080, г. Омск, Проспект Мира, 5. Телефон 60 80 28.*

*Жагданов Руслан Сипулаевич, студент СибАДИ, группы ЭАТб13-А1. Телефон 60 80 28.*

*Kotsarev Nikolai Fyodorovich. Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Department "Thermal engines and tractor electrical equipment", cand. tehn. Sciences, Associate Professor. 644080, Omsk, Mira, 5. Phone 60 80 28.*

*Zhagdanov Ruslan Sipulaevich, student of SibADI, group EATb13-A1. Phone 60 80 28.*

### **References**

1. Katsman M.M. Electric cars. M.: High. Shk. 2003.-469 p.
2. Kostenko GN, Piotrovsky LM Electric cars. L., 1072. Part 1 - 544 p.; 1973. Part. -648 sec.
3. Woldek A.I. Electric cars. L., 1978. - 832 p

4. Ruppel E.Yu. Elements of the theory of probability and methods of statistical processing of experimental data: Textbook. –Omsk: SibADI Publishing House, 2003 -141 p.

5. Gorelov S.V. Autonomous sources and converters of electric energy for consumers of northern regions / S.V. Gorelov [and others] // Nauch. Transp. Siberia and Dal. East. -2008. -№1. -FROM. 239-243

УДК 621.515.5

### РАСЧЁТ ТУРБИНЫ С ПОВОРОТОМ ЛОПАТОК СОПЛОВОГО АППАРАТА

**Е.А. Компанистов**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье приведена схема газотурбинного наддува двигателя внутреннего сгорания. Для автоматического регулирования давления воздуха на выходе из центробежного компрессора предложена радиально-осевая турбина с изменяемой геометрией. Рассмотрены устройство и принцип действия агрегата наддува с поворотом лопаток соплового аппарата турбины. Дана методика расчета турбины с изменяемой геометрией соплового аппарата. Приведены результаты расчёта основных параметров турбины в зависимости от угла входа газа на лопатки турбины.

**Ключевые слова:** агрегат наддува, компрессор, турбина, сопловый аппарат, лопатка.

#### Введение

В настоящее время в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) широко используется газотурбинный наддув (рис. 1). Турбокомпрессор – это агрегат, состоящий из центробежного компрессора 2 и газовой турбины 3, рабочие колеса которых расположены на одном валу. Вал компрессора и турбины не связан с коленчатым валом двигателя 1. Поэтому турбокомпрессор называется свободным, а связь с двигателем – газовой.

Турбина работает от отработавших газов (ОГ) двигателя, энергия которых используется на привод компрессора. Газовая связь обеспечивает простоту конструктивного выполнения и удобную компоновку на двигателе всего агрегата наддува.

Газ входит в сопловой аппарат с определенной скоростью, давлением и температурой. Лопатки соплового аппарата образуют сужающие каналы (конфузоры), в которых происходит увеличение скорости, в результате понижения давления и температуры газа [1].

Из соплового аппарата газ поступает в межлопаточные каналы рабочего колеса. При движении через рабочую решётку газ обтекает лопатки, меняя при этом направление движения (рис. 2). Вследствие поворота газового потока, а в большинстве случаев и ускорения его движения возникает сила, приложенная к лопаткам. Касательная составляющая этой силы создает крутящий момент на валу турбины.

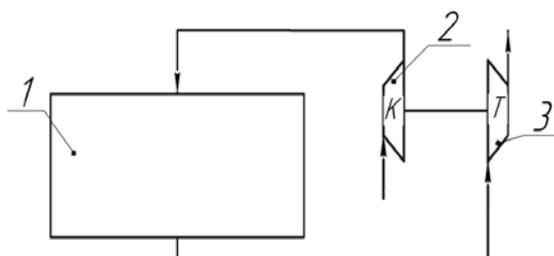


Рисунок 1 – Схема газотурбинного наддува:  
1 – ДВС; 2 – компрессор центробежного типа; 3 – турбина радиально-осевая



Рисунок 2 – Движение отработавших газов в каналах турбины радиально-осевой

Для согласования работы двигателя с турбокомпрессором используют следующие способы регулирования турбины [2]:

- поворот лопаток входного направляющего (соплового) аппарата турбины;
- изменение высоты (ширины) соплового аппарата;
- перепуск части ОГ мимо турбины в атмосферу.

В настоящее время многие фирмы, занимающиеся выпуском турбокомпрессоров («Garrett», «ККК» «Hitachi», «Mitsubishi», «Toyota»), производят турбины с изменяемой геометрией [3]. При низких частотах вращения вала двигателя и небольшом потоке ОГ, угол входа потока газа на лопатки выбирается оптимальным, равным 15 – 25 градусов. В данном случае КПД турбины становится максимальным, частота вращения колеса турбины и компрессора достигает требуемого значения, обеспечивая необходимое давление воздуха на выходе из компрессора.

При увеличении частоты вращения вала двигателя и большем потоке поступающих в корпус турбины отработавших (выпускных) газов, система автоматически изменяет угол входа газа на лопатки турбины, поддерживая степень наддува двигателя на нужном уровне и защищая сам турбокомпрессор от чрезмерно высокой скорости вращения.

На рис. 3 показан общий вид турбокомпрессора с поворотом лопаток соплового аппарата, что обеспечивает изменение угла входа потока газа на колесо турбины [4]. Движение штока, который служит для поворота лопаток соплового аппарата, обеспечивается камерой управления (регулятором давления). В полости камеры управления имеется мембрана и предварительно сжатая пружина. Когда сила на мембране будет больше силы пружины, начнется движение штока. Поступательное движение штока приводит к повороту рычагов с диском и лопаток соплового аппарата, что изменяет угол входа газа на лопатки колеса турбины.

Вместо регулятора давления механического типа применяют и регуляторы с электрическим управлением.

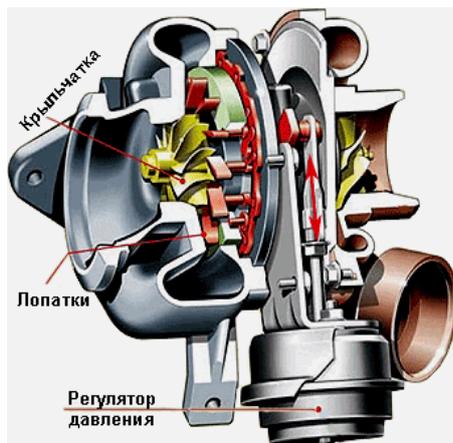


Рисунок 3 – Турбокомпрессор с автоматической системой поворота лопаток соплового аппарата турбины

### Расчёт радиально-осевой турбины и определение влияния поворота лопаток соплового аппарата на выходные параметры турбины

Расчет радиально-осевой турбины с изменяемой геометрией выполнен для четырехцилиндрового дизеля Заволжского моторного завода ЗМЗ-5148.10, с диаметром цилиндра 87 мм, ходом поршня 94 мм, рабочий объем 0,56 л, степень сжатия 19,5, частотой вращения  $3900 \text{ мин}^{-1}$ , средним эффективным давлением 1,3 МПа, мощностью 95 кВт.

При расчёте турбины определяли следующие величины: расход газа через турбину, наружный и средний диаметры колеса турбины на выходе, располагаемый перепад энтальпии, давление газа перед турбиной, окружной, внутренний и эффективный коэффициент полезного действия (КПД) турбины, мощность на валу турбины [5, 6].

Исходными данными для расчета турбины являются результаты теплового расчета двигателя и расчетные данные компрессора. Турбина должна обеспечить необходимую мощность и частоту вращения вала компрессора.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Из результатов расчета компрессора имеем следующие исходные данные:

1. частота вращения колеса компрессора,  $n_K = 120000 \text{ мин}^{-1}$ ;
2. удельная работа при адиабатном сжатии воздуха в компрессоре,  $L_{ad} = 75000 \text{ Дж/кг}$ ;
3. адиабатный КПД компрессора,  $\eta_{ad} = 0,8$ ;
4. массовый расход воздуха в каналах компрессора,  $M_K = 0,16 \text{ кг/с}$ ;
5. наружный диаметр колеса компрессора,  $D_{2K} = 0,05 \text{ м}$ .

Для ОГ двигателя принимаем:  $k = 1,34$ ;  $R = 286,4 \text{ Дж/(кг·К)}$ ; плотность газа  $\rho = 0,9 \text{ кг/м}^3$  при  $850^\circ\text{C}$ . Температура газов перед турбиной  $T_o = 850 - 950 \text{ К}$  и давление газов на входе в турбину  $P_T = P_K = 0,22 \text{ МПа}$ , давление газа за турбиной  $0,11 - 0,12 \text{ МПа}$ .

1. Расход газа через турбину с учётом сгоревшего топлива принимаем равным

$$M_T = 1,03 M_K = 0,165 \text{ кг/с.} \quad (1)$$

Наружный диаметр колеса турбины принимаем равным диаметру колеса компрессора  $D_1 = D_{2K} = 0,05 \text{ м}$ . Поэтому окружные скорости на входе в колесо турбины и выходе из колеса компрессора будут равны  $U_{1T} = U_{2K} = \pi \cdot n_K \cdot D_{2K} / 60 = 3,14 \cdot 120000 \cdot 0,05 / 60 = 314 \text{ м/с}$ . Частота вращения колеса компрессора равна частоте вращения колеса турбины  $n_K = n_T = 120000 \text{ мин}^{-1}$ . Так как колеса турбины и компрессора закреплены на одном валу, то их мощности равны друг другу [7]  $N_K = N_T = 15 \text{ кВт}$ .

У реактивных турбин скорость газа увеличивается в каналах рабочего колеса (они выполняются в виде сужающих каналов) и там же срабатывается. Для упрощения расчетов принимаем турбину активной. В такой турбине перепад энтальпии переходит в энергию скорости в сопловом аппарате. Площадь входа в колесо турбины и на выходе из турбины принимаем равной друг другу.

2. Исходя из равенства  $N_T = N_K$ , необходимый перепад энтальпии в турбине вычисляется по формуле

$$\Delta T = \frac{M_K \cdot L_{ad}}{\eta_{ad} \cdot \eta_T \cdot M_T} = \frac{0,16 \cdot 75000}{0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,165} = 113636 \text{ Дж/кг.} \quad (2)$$

3. Мощность на валу турбины определяется из выражения [4]

$$N_T = \Delta T \cdot M_T \cdot \eta_T = 113636 \cdot 0,165 \cdot 0,8 = 15000 \text{ Вт,} \quad (3)$$

где  $\Delta T$  – располагаемый перепад энтальпии (теплоперепад), Дж/кг. Энтальпия – это энергия, связанная с данным состоянием газа – температурой, давлением, скоростью;  $\eta_T$  – эффективный КПД турбины, (0,7 – 0,8).

На рис. 4 показан план скоростей на входе в колесо (точка 1) и выходе из него (точка 2). Газ выходит из колеса по среднему диаметру (расчетный вектор скорости).

При входе газа в улитку 3 турбины (площадь входа в турбину принимается равной площади на входе в компрессор) он обладает энергией скорости, температурой и давлением. Температура и давление газа переходят в кинетическую энергию в результате уменьшения сечения в выходной части соплового аппарата. Сопловый аппарат 4, образованный лопатками, закрепленными на неподвижном диске, служит для оптимального направления потока газа на лопатки колеса турбины и преобразования энергии газа в кинетическую энергию. Для автоматического регулирования давления воздуха на выходе из компрессора сопловый аппарат турбины выполняется с поворотными лопатками. Это позволяет изменять угол входа потока газа на лопатки колеса турбины и её мощность.

Турбина работает за счет кинетической энергии (скорости) ОГ двигателя. Поступая на криволинейные лопатки колеса турбины 5, поток газа обтекает их, меняет направление движения, создавая силу. Сила действует на плечо, образуя крутящий момент. В результате этого колесо турбины и компрессора приводятся во вращательное движение.

Диск соплового аппарата турбины неподвижен, поэтому в нем работа не совершается. Теплообмен с внешней средой за короткий промежуток времени очень мал, и им пренебрегаем (процесс считаем адиабатным).

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

4. Уравнение энергии для входного и выходного каналов соплового аппарата турбины имеет вид [4]

$$C_P \cdot T_1 + \frac{W_1^2}{2} = C_P \cdot T_2 + \frac{W_2^2}{2}, \quad (4)$$

где  $T$  и  $W$  – температура и скорость газа в каналах соплового аппарата.

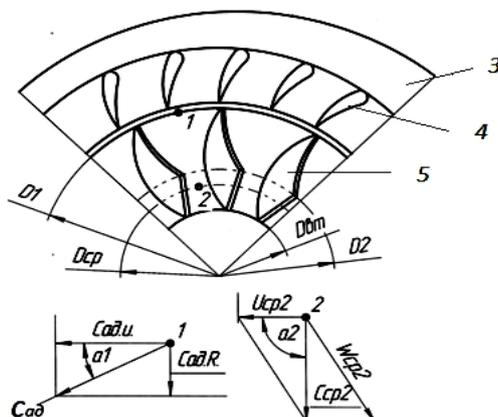


Рисунок 4 – План скоростей на входе (точка 1) в колесо турбины и выходе (точка 2):  
 $C$  – абсолютная скорость;  $W$  – относительная скорость;  $U$  – окружная скорость

Предположим, что скорость на выходе из соплового аппарата  $W_2$  полностью тормозится на лопатках колеса и переходит в энергию давления. Тогда уравнение (4) можно записать в виде

$$C_P \cdot (T_1 - T_2) = \frac{W^2}{2}.$$

5. Обозначив  $C_P \cdot (T_1 - T_2)$  через перепад энтальпии  $\mathcal{E}_T$ , а скорость  $W$  через условную адиабатную скорость истечения  $C_{Ад}$ , получим

$$C_{Ад} = \sqrt{2 \cdot \mathcal{E}_T} = \sqrt{2 \cdot 113636} = 436 \text{ м/с}. \quad (5)$$

Параметр быстроходности турбины  $b = U_{1T} / C_{Ад} = 314 / 436 = 0,72$ . Обычно в радиально-осевых турбинах  $b = 0,65 - 0,75$ .

6. Распределение перепад энтальпии турбины  $\mathcal{E}_T$  зависит от реактивности  $R_R$ , которая представляет собой отношение энтальпии, преобразуемой в энергию скорости в каналах колеса турбины  $\mathcal{E}_K$  к общей энтальпии перед турбиной  $\mathcal{E}_T$

$$R_R = \mathcal{E}_K / \mathcal{E}_T. \quad (6)$$

7. Для определения энтальпии, преобразуемой в энергию скорости в сопловом аппарате турбины  $\mathcal{E}_C$ , запишем уравнение

$$\mathcal{E}_C = (1 - R_R) \cdot \mathcal{E}_T. \quad (7)$$

Следует отметить, что если  $R_R = 0$ , то турбину называют активной. Вся энергия, подведенная к турбине, преобразуется в кинетическую энергию только в сопловом аппарате. Если  $R_R = 1$ , то турбину называют реактивной. Энергия, подведенная к турбине, преобразуется в скорость в каналах рабочего колеса и там же она преобразуется в механическую работу. Часто применяют турбины комбинированные. В нашем примере турбина по конструктивному исполнению ближе к активной турбине. Для  $R_R = 0,1376$  и  $\mathcal{E}_T = 113636$  Дж/кг величина  $\mathcal{E}_C = 98000$  Дж/кг.

8. Скорость ОГ на выходе из соплового аппарата определим из выражения

$$C_C = \varphi \sqrt{2 \cdot \mathcal{E}_C} = 0,8 \sqrt{2 \cdot 98000} = 354 \text{ м/с.} \quad (8)$$

Здесь  $\varphi = 0,8 - 0,9$  – коэффициент скорости, учитывающий потери на трение и образование вихрей в сопловом аппарате. Принимаем  $\varphi = 0,8$ .

9. Общая удельная работа (Дж/кг) при адиабатном сжатии воздуха в компрессоре находится из выражения [8]

$$L_{ad} = c_p \cdot T_a \left( \pi_k^{\left(\frac{k-1}{k}\right)} - 1 \right), \quad (9)$$

где  $c_p = 1005 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$  – удельная массовая изобарная теплоемкость воздуха;  $T_a = 293 \text{ К}$  – температура на входе в компрессор,  $k = 1,4$  – показатель адиабаты;  $\pi_k$  – степень повышения давления в компрессоре.

При  $\pi_k = 2; 2,2; 2,5; 3,0$   $L_{ad} = 62000; 75000; 82000; 106000 \text{ Дж/кг}$ .

Примерная величина  $\mathcal{E}_T = L_{ad} / 0,64$ . Для  $L_{ad} = 75000 \text{ Дж/кг}$  величина  $\mathcal{E}_T = 117187 \text{ Дж/кг}$ .

10. Внешний диаметр колеса турбины в выходном сечении

$$D_2 = (0,6 - 0,7) D_1, \quad (10)$$

где  $D_1$  – наружный диаметр колеса турбины. Принимаем  $D_2 = 0,68 \cdot D_1 = 0,68 \cdot 5 = 3,4 \text{ см}$ .

Для  $D_1 = 5 \text{ см}$ ,  $D_2 = 3,4 \text{ см}$ , диаметре втулки  $D_{BT} = 1,4 \text{ см}$ , средний диаметр  $D_{cp} = 2,4 \text{ см}$ . Средний диаметр делит на две равные части площадь выходного сечения колеса турбины.

11. Радиальная и окружная составляющие абсолютной скорости на входе в колесо равны

$$\begin{aligned} C_{CR} &= C_C \cdot \sin \alpha_1, \\ C_{CU} &= C_C \cdot \cos \alpha_1. \end{aligned} \quad (11)$$

12. Полезная работа 1 кг газа на лопатках колеса турбины ( $\text{м}^2/\text{с}^2$  или Дж/кг) равна [4]:

$$L_U = U_{1T} \cdot C_{CU} - U_{CP} \cdot C_{CP} = 314 \cdot 354 - 150,7 \cdot 100 = 96086 \text{ Дж/кг}, \quad (12)$$

где  $U_{1T}$  – окружная скорость на входе в колесо турбины, при равенстве наружных диаметров колес турбины и компрессора,  $1T = U_{2K}$ ;  $U_{cp}$  – окружная скорость на среднем диаметре выхода газа из турбины,  $U_{cp} = \omega \cdot D_{cp} / 2$ ;  $C_{cp}$  – скорость выхода газа на среднем диаметре,  $50 - 100 \text{ м/с}$ .

Угловая скорость  $\omega = \pi \cdot n_T / 30 = 3,14 \cdot 120\,000 / 30 = 12560 \text{ 1/с}$ ,  $U_{cp} = 12560 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} = 150,7 \text{ м/с}$ .

13. Мощность турбины при известном значении работы на колесе турбины  $L_U$  и расходе газа через турбину  $M_T$  может быть определена из выражения

$$N_T = L_U \cdot M_T. \quad (13)$$

14. Окружной КПД турбины оценивает эффективность работы газа на колесе без учета потерь энергии, равен  $0,8 - 0,9$

$$\eta_0 = \frac{L_u}{\mathcal{E}_T} = \frac{96086}{113636} = 0,84. \quad (14)$$

Внутренний КПД турбины есть отношение затраченной работы к подведенной работе (с учетом всех потерь). Он достигает  $0,7 - 0,8$ . К потерям энергии следует отнести потери, связанные с перетеканием газа через зазоры между колесом турбины и корпусом, а также

потери на вихреобразование и трение в каналах колеса. Потери энергии в колесе составляют примерно 10% от работы газа на колесе турбины  $L_u$ .

15. Внутренний КПД турбины характеризует способность преобразовывать энергию ОГ в механическую работу

$$\eta_B = \frac{0,9L_u}{\mathcal{E}_T} = \frac{0,9 \cdot 96086}{113636} = 0,76. \quad (15)$$

16. Эффективный КПД турбины (полный) достигает 0,7 – 0,8 и определяется из выражения

$$\eta_T = \eta_B \cdot \eta_M = 0,76 \cdot 0,96 = 0,73, \quad (16)$$

где  $\eta_M$  – механический КПД, учитывает потери энергии на трение в подшипниках скольжения, равен 0,96 – 0,98.

17. Общий КПД турбокомпрессора достигает значения 0,5–0,6 и находится по формуле

$$\eta_{об} = \eta_{ад} \cdot \eta_T = 0,8 \cdot 0,73 = 0,58. \quad (17)$$

Более полная методика расчёта компрессора и турбины для ДВС дана в работах [4, 5].

На рисунке 5 приведена схема регулирования турбины с поворотом лопаток соплового аппарата. Длина плеч рычагов поворотного устройства  $L_1 = L_2 = L_3 = 12$  мм. При повороте рычага  $L_1$  на  $5^\circ$ , лопатки также повернутся на  $5^\circ$ , увеличивая начальный угол установки лопаток с  $20$  до  $25^\circ$ . При этом изменится направление потока газа на лопатки, частота вращения и мощность турбины.

Расчеты выполнены для 6 точек при изменении хода штока 1 (рисунок 5) от 0 до 6 мм. Например, при ходе штока 1,0 мм и длине рычага  $L_1 = 12$  мм тангенс угла будет равен  $1,0/12 = 0,08$ , что соответствует углу поворота лопаток на  $5^\circ$ . Результаты расчета приведены в табл. 1. Из анализа табл. 1 следует, что увеличение угла входа потока газа на лопатки колеса турбины уменьшает окружную скорость  $C_{cu}$ , полезную работу на лопатках колеса турбины  $L_u$ , частоту вращения колеса турбины  $n_T$  и компрессора  $n_K$ , мощность турбины  $N_T$ . Автоматическое регулирование мощности турбины и частоты вращения колеса турбины и компрессора обеспечивается изменением направления газа на лопатки турбины (поворотом лопаток соплового аппарата).

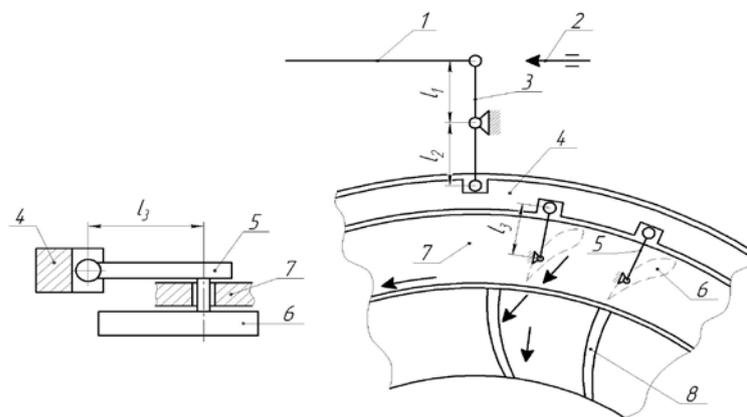


Рисунок 5 – Схема регулирования турбины с поворотом лопаток соплового аппарата:  
 1 – шток камеры управления; 2 – регулируемый ограничитель (винт); 3 – рычаг управления;  
 4 – диск поворотный; 5 – рычаг поворота лопаток соплового аппарата; 6 – корпус;  
 7 – корпус; 8 – лопатки колеса турбины

# НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 1 – Результаты расчёта турбины с поворотом лопаток соплового аппарата

Угол поворота лопаток соплового аппарата, (град)	0	5	10	15	20	25	30
Ход штока, мм	0	1	2	3	4	5	6
Угол входа потока газа на лопатки, $\alpha_1$ в град	20	25	30	35	40	45	50
$\cos \alpha_1$	0,93	0,9	0,86	0,82	0,76	0,70	0,64
$C_{cu} = C_c \cdot \cos \alpha_1$	329	318	304	290	269	248	226
Работа $L_u$ , Дж/кг	96086	81100	72960	67180	57608	48045	40470
Частота вращения колеса турбины и компрессора, мин <sup>-1</sup>	120000	102000	91417	84175	72180	60200	40500
Мощность турбины $N_T$ , кВт	15,3	12,9	11,6	10,7	9,2	7,7	6,5

## Заключение

1. Рассмотрены устройство и принцип действия агрегата наддува с изменяемой геометрией соплового аппарата турбины.
2. Приведена методика расчета турбины и соплового аппарата с поворотом лопаток.
3. Представлены результаты расчета мощности и частоты вращения колеса турбины в зависимости от изменения угла входа газа на лопатки.
4. При изменении угла входа потока газа на лопатки от 20 до 50 градусов, мощность турбины уменьшилась с 15,3 до 6,5 кВт, а частота вращения вала турбины и компрессора с 120 000 до 40 500 мин<sup>-1</sup>.

Научный руководитель доцент кафедры ТД и АТЭ Ю.П. Макушев

## Библиографический список

1. Рындин, В.В. Теплотехника : монография / В.В. Рындин. – Павлодар : Кереку, 2007. – 460 с.
2. Макушев, Ю.П. Агрегаты наддува двигателей : учебное пособие / Ю.П. Макушев, С.В. Корнеев, В.В. Рындин. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2006. – 58 с.
3. Хак, Г. Турбодвигатели и компрессоры / Г. Хак : справочное пособие.– М. : ООО Издательство «Астрель – АСТ», 2003. – 351 с.
4. Макушев, Ю.П. Агрегаты наддува двигателей : методические указания к лабораторным и практическим работам по курсу «Агрегаты наддува двигателей» профиля подготовки «Двигатели внутреннего сгорания» / сост. : Ю.П. Макушев, В.В. Рындин, Д.В. Худяков. – Омск : СибАДИ, 2013. – 84 с.
5. Федюшин, В.Г. Турбокомпрессоры : методические указания к выполнению проекта по курсу "Вентиляторы, компрессоры и газовые турбины". – М. : Типография МВТУ, 1984. – 24 с.
6. Зарянкин, А.Е. Радиально-осевые турбины малой мощности / А.Е. Зарянкин, А.Н. Шерстюк. – М. : гос. научно-техн. изд-во машин. лит. , 1963. – 248 с.
7. Лашко, В.А. Проектирование проточных частей центробежной турбины двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В.А. Лашко. – Хабаровск : Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2000. – 135 с.
8. Савельев, Г.М. Проектирование турбокомпрессоров : пособие по курсовому и дипломному проектированию / Г.М. Савельев, Б.С. Стефановский. – Ярославль, 1977. – 90 с.

## THE CALCULATION OF THE TURBINE BLADES ROTATION NOZZLE

E. A. Komunistov

**Abstract.** We are shows a diagram of the supercharging of the internal combustion engine. For automatic control of air pressure at the out of the centrifugal compressor is proposed radial-axial turbine with variable geometry. We are considers construction and principle of operation of the turbocharging unit with the rotation of the blades nozzle turbine. Given the method of calculation of the turbine with variable geometry nozzle. We are shows the results of calculation of the main parameters of the turbine depending on the inlet angle of the gas turbine blade.

**Keywords:** turbocharging unit, compressor, turbine, nozzle unit, the blades.

Макушев Юрий Петрович. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), кафедра «Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование», канд. техн. наук,

доцент. 644 080, г. Омск, Проспект Мира, 5. Телефон 60 80 28. makusev321@mail.ru.

Компанистов Евгений Андреевич, студент СибАДИ, группы ДВСб13-А1.

Makushev Yuri Petrovich. Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Department "Thermal engines and tractor electrical equipment", cand. tehn. Sciences, Associate Professor. 644080, Omsk, Mira, 5 Phone 60 80 28. makusev321@mail.ru .

Kompanistov Evgeny Andreevich, student of SibADI, group ДВСб13-А1. Phone 60 80 28.

## References

1. Ryndin, V.V. Heat engineering: monograph / V.V. Ryndin. - Pavlodar: Kereku, 2007. - 460 p.
2. Makushev, Yu.P. Units of supercharging engines: a manual / Yu.P. Makushev, S.V. Korneev, V.V. Ryndin. - Omsk: Publishing House of SibADI, 2006. - 58 p.
3. Hak, G. Turbodvigateli and compressors / G. Hak: reference manual. - M.: OOO Publishing house Astrel-AST, 2003. - 351 p.
4. Makushev, Yu.P. Units of pressurization of engines: methodical instructions to laboratory and practical work on the course "Engine supercharging units" of the training profile "Engines of internal combustion" / comp. : Yu.P. Makushev, V.V. Ryndin, D.V. Khudyakov. - Omsk: SibADI, 2013. - 84 p.
5. Fedyushin, V.G. Turbocompressors: methodical instructions for the implementation of the project at the course "Fans, compressors and gas turbines". - M.: Printing house of MVTU, 1984. - 24 p.
6. Zaryankin, A.E. Radial-axial turbines of low power / A.E. Zaryankin, A.N. Sherstyuk. - M.: state. Scientific and technical. Publishing of cars. Lit. , 1963. - 248 p.
7. Lashko, V.A. Designing of flowing parts of the centripetal turbine of internal combustion engines: textbook / V.A. Lashko. - Khabarovsk: Publishing house Khabar. State. Tech. University, 2000. - 135 p.
8. Savelyev, G.M. Designing of turbochargers: allowance for course and diploma projecting / G.M. Savelyev, B.S. Stefanovsky. - Yaroslavl, 1977. - 90 p.

УДК 629.3.014

33

---

## ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ

**В.А. Лисин**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены вопросы влияния различных нарушений в эксплуатации автомобилей на элементы, отвечающие за экологическую безопасность автомобилей, приведены примеры и раскрыты механизмы этого влияния. Определены основные неисправности датчиков концентрации кислорода, каталитических газовых нейтрализаторов, также обозначены основные причины возникновения этих неисправностей. Даны рекомендации по сохранению этих элементов в исправном состоянии.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, токсичность отработавших газов, нейтрализатор, выбросы, правила эксплуатации.

### Введение

В настоящее время экологическая безопасность автомобиля является одним из важнейших его эксплуатационных свойств. Главной составляющей, характеризующей экологичность автомобиля, справедливо считается количество различных вредных веществ в отработавших газах двигателей. И современные нормы накладывают все более жесткие ограничения на этот показатель, а производители автомобилей ищут новые способы снижения токсичности и количества отработавших газов, выбрасываемых в атмосферу в процессе эксплуатации.

Наиболее распространенным и доступным способом снижения количества выбросов вредных веществ с отработавшими газами является применение трехкомпонентной системы нейтрализации [1]. Эта система преобразует основные вредные компоненты отработавших газов ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$  и  $\text{NO}_x$ ) в безвредные вещества (вода,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ). Основные элементы этой системы – трехкомпонентный каталитический нейтрализатор и датчики концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонды), располагающиеся до и после нейтрализатора [2]. Эти элементы являются довольно сложными и дорогостоящими изделиями, при изготовлении которых используются редкоземельные и драгоценные металлы (платина, цирконий, титан и т.д.). При этом условия работы системы нейтрализации довольно жесткие – рабочая температура  $600\text{-}700^\circ\text{C}$ , место расположения – под днищем автомобиля (постоянное воздействие грязи, воды, механическое воздействие) [4,5].

Максимальная эффективность системы нейтрализации (в среднем  $90\text{-}95\%$ ) достигается только при поддержании состава топливовоздушной смеси в довольно узком диапазоне ( $0,98 < \lambda < 1,02$ ), что накладывает жесткие требования к стабильности работы систем топливоподачи и зажигания [2]. Не смотря на то, что за работу этих систем в современных автомобилях отвечает электронный блок управления со сложными программами управления и мощным процессором, во многих случаях возникновения отклонений в работе элементов системы управления двигателем блок не в силах компенсировать эти отклонения, что приводит к нарушениям стабильности работы двигателем. Это резко снижает экологическую безопасность автомобиля [3].

### Факторы снижения экологичности и их последствия

Опыт эксплуатации и наблюдения за автомобилями в условиях г. Омска позволил выделить основные негативные факторы, снижающие экологичность автомобиля и их последствия:

#### 1. Низкое качество топлива.

К сожалению, во многих случаях, в используемом топливе часто присутствуют примеси, которые при сгорании топливовоздушной смеси оседают на чувствительном элементе  $\lambda$ -зонда, а также на активной поверхности керамических сот нейтрализатора, резко снижая эффективность его работы. Это различные смолы, продукты окисления топлива, антидетонационные присадки (соединения марганца, железа) и т.д. Также большое значение имеет фракционный состав топлива, влияющий на полноту сгорания топливовоздушной смеси (рис. 1).

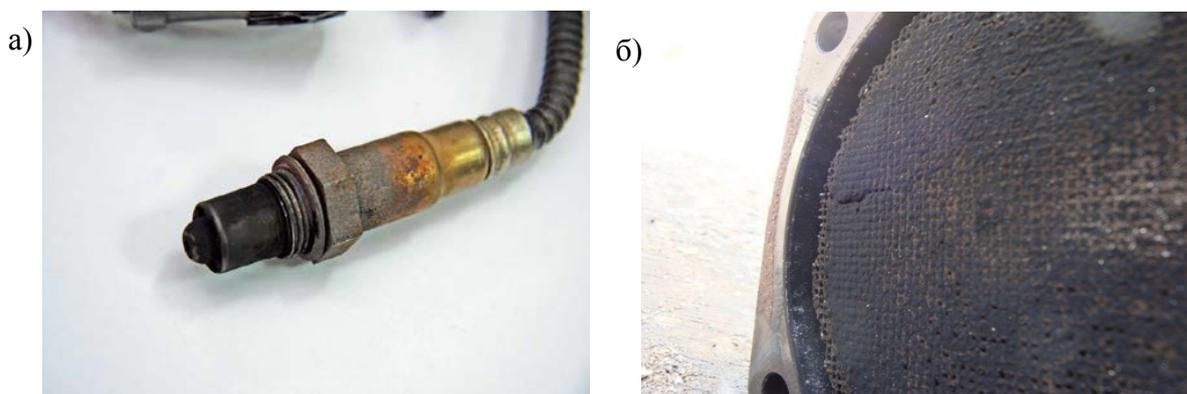


Рисунок 1 – Примеры загрязнения  $\lambda$ -зонда (а) и основы нейтрализатора (б) продуктами неполного сгорания топлива

#### 2. Нарушения в системе топливоподачи.

В процессе эксплуатации постепенно изменяются показания датчиков системы управления (например, датчика массового расхода воздуха или датчика абсолютного давления воздуха). И это неизбежно. Такие изменения в показаниях датчиков приводят к нарушениям в расчетах блоком управления необходимой топливоподачи (рис. 2). А это влечет за собой не только увеличение расхода топлива, но и значительное повышение токсичности отработавших газов, так как эффективность системы нейтрализации при отклонении состава смеси от оптимального

значения резко падает. К такому же результату может приводить значительное загрязнение топливных форсунок примесями, упомянутыми выше.



Рисунок 2 – Примеры загрязнения распылителя форсунок смолистыми отложениями

### 3. Нарушения в системе зажигания.

При любых, даже незначительных неисправностях в системе зажигания могут появляться пропуски воспламенения смеси в цилиндрах двигателя, что резко повышает содержание СН в отработавших газах. Также, при долговременной эксплуатации автомобиля с такими отклонениями вероятно ситуация, когда несгоревшее топливо начинает интенсивно догорать внутри нейтрализатора, что резко повышает температуру внутри нейтрализатора. Это приводит к снижению ресурса нейтрализатора вследствие «термического старения» [5] (снижение активности катализаторов на поверхности сот ввиду воздействия высокой температуры) либо к разрушению керамического несущего тела нейтрализатора. Наиболее распространенные неисправности, приводящие к этому: выработка ресурса свечей зажигания (рис. 3), токопроводящие отложения на изоляторах свечей зажигания (виновник - металлсодержащие антидетонационные присадки в топливе), обрыв токопроводящей жилы высоковольтного провода из-за электрической эрозии и т.д.



Рисунок 3 – Примеры неисправных свечей зажигания

### 4. Низкая температура окружающего воздуха.

Пуск двигателя при низких температурах всегда затруднен, особенно если имеются какие-либо отклонения в системах двигателя. Это приводит к увеличению числа «неудачных попыток» запуска холодного двигателя. При этом невоспламенившаяся топливовоздушная смесь неизбежно попадает в выпускную систему и, соответственно, в нейтрализатор. В дальнейшем, при последующем запуске двигателя эта смесь может воспламениться непосредственно в нейтрализаторе от нагрева отработавшими газами. Это может повлечь за собой перегрев нейтрализатора и его дальнейшее разрушение (рис. 4). При этом может быть

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

поврежден и  $\lambda$ -зонд. К тем же последствиям зачастую приводят и вышеупомянутые пропуски воспламенения смеси в цилиндре.

### 5. Беспечность водителя.

Как уже упоминалось, рабочая температура нейтрализатора около 600-700 °С, а расположен он под днищем автомобиля. Часто причиной выхода его из строя бывает проезд по глубокой луже или сугробу. При этом раскаленный нейтрализатор подвергается резкому охлаждению, что может привести к разрушению керамической основы нейтрализатора и, как следствие, выходу его из строя. К этому же может привести механическое воздействие на корпус нейтрализатора, например, удар о бордюр, наледи на дорогах и т.д. При этом может появиться трещина в керамической основе нейтрализатора, которая впоследствии может увеличиваться от вибраций, температурных перепадов. В итоге, основа разрушается, растрескивается на несколько частей (рис. 5), также может происходить осыпание основы с последующим выносом остатков в последующие части выпускной системы (резонатор, глушитель). При этом часто проходное сечение глушителей уменьшается и увеличивается сопротивление выпускной системы, что отрицательно влияет на экономические и динамические характеристики двигателя.



Рисунок 4 – Пример оплавления основы нейтрализатора



Рисунок 5 – Пример разрушения керамической основы нейтрализатора (растрескивание)

### Заключение

Как мы видим, достаточно большое количество внешних факторов могут повлиять на исправность элементов, отвечающих за экологичность автомобиля. При этом, наиболее подверженным внешнему влиянию, оказывается каталитический нейтрализатор – главный «ответственный за чистоту» отработавших газов.

Таким образом, для сохранения экологической безопасности автомобиля на протяжении всего срока эксплуатации достаточно выполнять несколько простых правил:

- необходимо использовать только рекомендуемое производителем автомобиля топливо, избегая при этом заправок в местах, не вызывающих доверия. Так как современные нормативные требования достаточно лояльны к составу топлива, очень часто производители добиваются необходимых минимальных свойств топлива путём применения различных компонентов, снижающих полноту сгорания, увеличивающих количество смол, отравляющих компоненты топливных систем автомобилей;

- необходимо своевременно выполнять регламентные работы по обслуживанию систем автомобиля, в частности системы питания, зажигания двигателя, напрямую влияющих на качество процесса сгорания топливо-воздушной смеси в камерах сгорания двигателя и, соответственно, на токсичность отработавших газов;

- при проведении обслуживания обязательно выполнять диагностирование элементов, оказывающих влияние на экологичность автомобиля. Это позволит своевременно выявить неисправные компоненты, которые могут повлиять на экологические показатели автомобиля, а также спрогнозировать изменение технического состояния этих компонентов и предупредить наступление отказа;

- при необходимости применять методы облегчения пуска двигателя в холодное время года – утепление, использование систем автоматического прогрева двигателя, применение предпусковых подогревателей и т.д. Это уменьшит фактические выбросы вредных веществ во время пуска и прогрева двигателя, а также позволит избежать возможных повреждений системы нейтрализации. Также положительным моментом в этом случае является то, что эти меры позволят сохранить ресурс двигателя, уменьшить его износ, что также положительно скажется на токсичности отработавших газов;

- помнить, что автомобиль система, состоящая из множества сложных и часто дорогостоящих элементов, требующих внимательного и бережного отношения. В частности, система нейтрализации, находящаяся под днищем автомобиля, постоянно подвержена различного рода негативным воздействиям (вода, соль, удары, вибрации), что значительно снижает её ресурс.

Стоит отметить, что одним из главных факторов, стимулирующим владельцев к поддержанию экологической безопасности автомобиля на необходимом уровне, является то, что в большинстве случаев при неисправностях, влияющих на экологичность автомобиля, также ухудшается и топливная экономичность, а нередко и динамичность автомобиля. Многие автопроизводители намеренно программируют блоки управления силовой установкой таким образом, что при возникновении неисправностей, влияющих на экологические показатели автомобиля, алгоритм работы системы меняется на так называемый «аварийный» вариант. При этом намеренно ухудшаются экономичность и разгонная динамика автомобиля.

### Библиографический список

- 1 Автомобильный справочник BOSCH: Пер. с англ.: Первое русское издание. – М.: Изд-во «За рулем», 2000. – 896 с.
- 2 Вахламов В.К. Автомобили. Основы конструкции: 4-е издание. – М.: Академия, 2008.
- 3 Росс Твег. Системы впрыска бензина. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 1998. – 144 с.: ил.
- 4 Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей: Учебное пособие. М.: СОЛОН-Р, 2001, 272 с.
- 5 Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 432 с.: ил.

### INFLUENCE OF OPERATING FACTORS ON ENVIRONMENTAL SAFETY OF AUTOMOBILES

V.A. Lysin

**Abstract.** Discusses the effect of various disturbances in the operation of vehicles on the elements responsible for the environmental safety of cars, examples and mechanisms of this influence. The main faults of sensors of oxygen concentration, catalytic gas converters, also identified the main causes of these faults. Recommendations for preservation of these elements in good condition.

**Keywords:** environmental friendly, exhaust emissions, dust emissions, operating rules.

Лусин Виталий Александрович – кандидат технических наук, доцент; ФГБОУ ВО «СибАДИ». E-mail: [lisinvitaly@mail.ru](mailto:lisinvitaly@mail.ru).

Lysin Vitalii Aleksandrovich (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical sciences, associate professor of Exploitation and car's repairing, «Siberian state automobile and road academy (SibADI)» (644080, Omsk, Mira 5, e-mail: [lisinvitaly@mail.ru](mailto:lisinvitaly@mail.ru)).

### References

- 1 Avtomobil'nyj spravocchnik BOSCH: Per. s angl.: Pervoe russkoe izdanie. – M.: Izd-vo «Za rulem», 2000. – 896 s.
- 2 Vahlamov V.K. Avtomobili. Osnovy konstrukcii: 4-e izdanie. – M.: Akademiya, 2008.
- 3 Ross Tveg. Sistemy vpryska benzina. – M.: OOO «Knizhnoe izdatel'stvo «Za rulem», 1998. – 144 s.: il.
- 4 Sosnin D.A. Avtotronika. EHлектрооборудование i sistemy bortovoj avtomatiki sovremennyh legkovyh avtomobilej: Uchebnoe posobie. M.: SOLON-R, 2001, 272 s.
- 5 Sistemy upravleniya benzinovymi dvigatelyami. Perevod s nemeckogo. Pervoe russkoe izdanie. – M.: OOO «Knizhnoe izdatel'stvo «Za rulem», 2005. – 432 s.: il.

УДК 621.43

## ПЕРЕВОД КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ 2107 НА РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ ВПРЫСК ПОД НОРМЫ ТОКСИЧНОСТИ ЕВРО-3

**В.Д. Мадеев**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема низкой экологичности большинства выпущенных автомобилей ВАЗ 2107. Показано, что основной проблемой низкой экологичности является несовершенство системы зажигания, топливной системы и системы выпуска отработавших газов двигателей, установленных на большинство выпущенных автомобилей этой модели. Предложен вариант перевода карбюраторного двигателя на распределенный впрыск. Рассмотрены конструктивные особенности установки элементов электронных систем зажигания. Выбран электронный блок управления и коммутационная аппаратура.

**Ключевые слова:** Экологические классы, электронная система управления двигателем, распределенный впрыск, система питания, система зажигания, выпуск отработавших газов, каталитический нейтрализатор.

### **Введение**

Автомобиль является источником выбросов токсичных соединений в атмосферу. В связи с неблагоприятной экологической обстановкой, в 1992 году в странах Евросоюза были приняты так называемые экологические классы, регламентирующие содержание токсичных веществ в отработавших газах автомобилей [1].

Одним из самых популярных автомобилей на дорогах России является ВАЗ 2107. Этот автомобиль выпускался с 1982 года по 2012 год включительно, однако, электронную систему управления двигателем он получил и стал соответствовать действующим экологическим классам лишь в 2006 году. Большинство автомобилей этой модели выпущены до 2006 года, имеют устаревшие системы питания и выпуска отработавших газов двигателя, не соответствуют экологическим классам, и до сих пор ездят по дорогам нашей страны, нанося вред экологии.

Двигатели, которые устанавливались на данную модель автомобилей, не отличаются конструктивно, поэтому путем не сложной модернизации систем питания, управления и выпуска отработавших газов есть возможность добиться соответствия экологическим классам, а также, оптимизации параметров работы двигателя в различных режимах работы.

### **Основные особенности контактной системы зажигания**

Изначально, с момента производства, автомобили ВАЗ 2107 имели контактную систему зажигания (рис. 1) и карбюраторную систему питания (рис. 2).

### **Особенности перевода на электронную систему зажигания**

Начиная с 2006 года, автомобили ВАЗ 2107 серийно выпускались с двигателями, уже оснащенные электронной системой управления и распределенным впрыском (рис. 3).

С 2006 по 2008 год автомобили ВАЗ 2107 соответствовали экологическому классу Евро-2, а с 2008 по 2012 год – соответствовали классу Евро-3. Двигатели этих автомобилей были построены на основе карбюраторного двигателя, от своего предшественника конструктивных отличий не имеют, поэтому для доработки необходимо использовать те компоненты, которые серийно устанавливались на автомобили ВАЗ 2107 последних годов выпуска.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

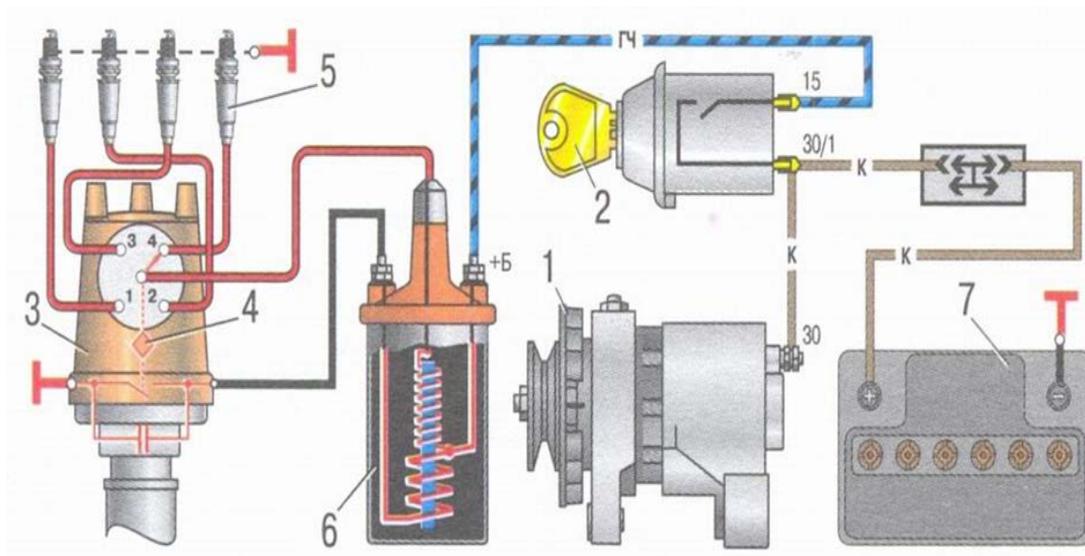


Рисунок 1 – Схема контактной системы зажигания. 1 – генератор; 2 – замок зажигания; 3 – распределитель зажигания; 4 – контактная группа; 5 – свечи зажигания; 6 – катушка зажигания; 7 – аккумуляторная батарея

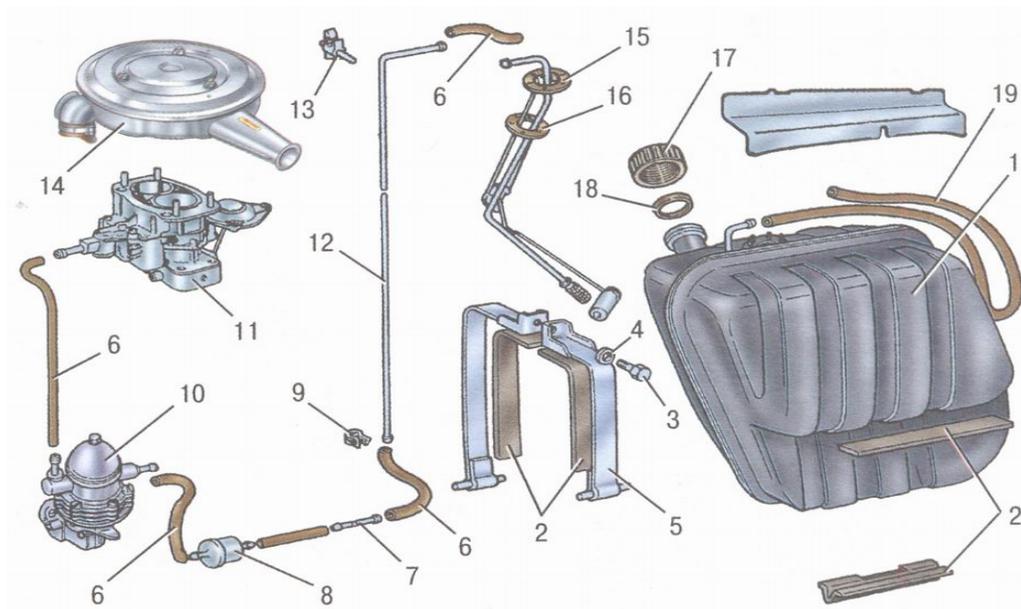


Рисунок 2 – Схема карбюраторной системы питания. 1 - топливный бак; 2 - прокладки крепления топливного бака; 3 - болт хомута крепления топливного бака; 4 - пружинная шайба; 5 - хомут крепления топливного бака; 6 - соединительные шланги; 7 - передняя трубка топливпровода; 8 - топливный фильтр; 9 - хомут крепления шлангов; 10 - топливный насос; 11 - карбюратор; 12 - задняя трубка; 13 - держатель топливпровода; 14 - воздушный фильтр; 15 - датчик указателя уровня топлива; 16 - прокладка датчика указателя уровня топлива; 17 - пробка наливной горловины топливного бака; 18 - прокладка пробки; 19 - шланг вентиляции топливного бака

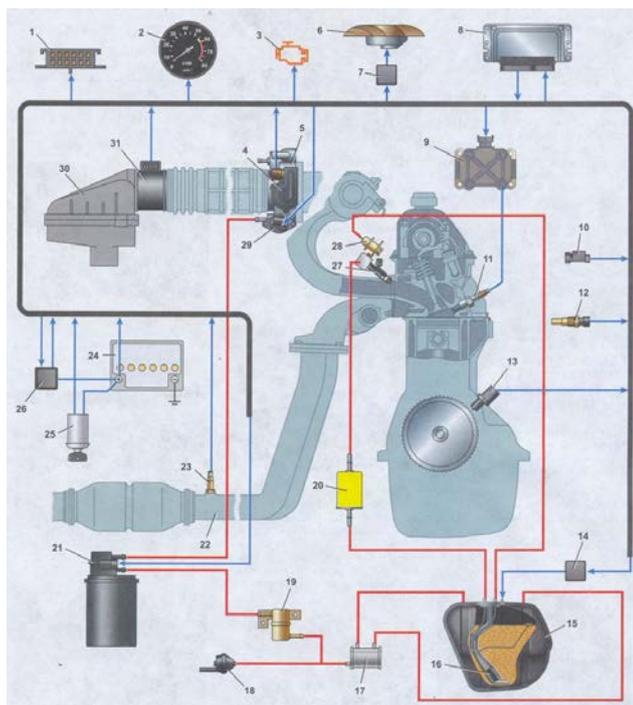


Рисунок 3 – Схема электронной системы управления двигателем.

1 - колодка диагностики двигателя; 2 - тахометр; 3 - контрольная лампа неисправности системы управления двигателем ваз 2107; 4 - датчик положения дроссельной заслонки; 5 - корпус дроссельной заслонки; 6 - электроventиль радиатора; 7 - реле электроventильера; 8 - электронный блок управления; 9 - катушка (модуль) зажигания; 10 - датчик скорости автомобиля ваз 2107; 11 - свеча зажигания; 12 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 13 - датчик положения коленчатого вала; 14 - реле электробензонасоса; 15 - топливный бак; 16 - электробензонасос; 17 - перепускной клапан; 18 - предохранительный клапан; 19 - гравитационный клапан; 20 - топливный фильтр; 21 - клапан продувки адсорбера; 22 - приемная труба; 23 - датчик концентрации кислорода; 24 - аккумуляторная батарея; 25 - выключатель (замок) зажигания; 26 - главное реле; 27 - форсунка; 28 - регулятор давления топлива; 29 - регулятор холостого хода; 30 - корпус воздушного фильтра; 31 - датчик массового расхода воздуха

Основным компонентом электронной системы управления двигателем является электронный блок управления (так называемый ЭБУ). На автомобиле ВАЗ 2107, соответствующие классу Евро-2, серийно устанавливались ЭБУ Январь 7.2. ЭБУ М73 появился на конвейере ВАЗа в 2008 году в связи с переходом на нормы токсичности Евро-3 [2]. Этот блок управления поддерживает работу со вторым датчиком концентрации кислорода, необходимым для контроля работы каталитического нейтрализатора (рис. 4).

Для связи ЭБУ с датчиками и исполнительными механизмами необходима специальная проводка, объединенная в единый жгут проводов.

Необходимо демонтировать уже имеющиеся системы зажигания и питания, топливный бак с топливной магистралью.

Для управления дроссельной заслонкой не подойдет педаль от автомобилей с карбюратором, поэтому ее необходимо заменить на аналогичную от автомобилей с распределенным впрыском, также, необходимо провести из салона под капот тросик к дроссельной заслонке.

Места установки трамблера (распределителя) зажигания и бензонасоса необходимо закрыть специальными заглушками, которые штатно устанавливаются на двигатель 2107 с распределенным впрыском (рис. 5).

Передняя крышка коленчатого вала карбюраторного двигателя ВАЗ 2107 не имеет крепления для датчика положения коленчатого вала, поэтому необходимо заменить её на крышку от двигателя ВАЗ 2107 с распределенным впрыском. То же самое касается шкива коленчатого вала, на карбюраторном двигателе шкив не имеет задающего зубчатого диска,

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

поэтому его следует установить так же, от двигателя с распределенным впрыском (рис. 6) [2,3,6].



Рисунок 4 – Электронный блок управления двигателем М73



Рисунок 5 – Расположение заглушек трамблера и бензонасоса



Рисунок 6 – Передняя крышка коленчатого вала и шкив, необходимые для установки ДПКВ

Датчик детонации и датчик фаз на двигателе VAZ 2107 в серийном производстве предусмотрены не были.

Следующим этапом будет установка впускного коллектора с дроссельной заслонкой и топливной рампы с форсунками. Впускной коллектор (ресивер) и головка блока цилиндров в месте соединения могут иметь различные диаметры впускных каналов, поэтому в таком случае будет необходима их доработка. После установки впускного коллектора, в его специальные отверстия вставляются форсунки с уплотнительными кольцами и фиксируются топливной рампой. Топливная рампа двигателя VAZ 2107 имеет регулятор давления топлива. Далее, на впускной коллектор устанавливаются дроссельная заслонка, имеющая датчик положения (ДПДЗ) и регулятор холостого хода, дроссельный патрубок, датчик массового расхода воздуха

и воздушный фильтр.

Модуль зажигания устанавливается на блок цилиндров через специальный кронштейн.

Далее монтируется топливная магистраль с обратной трубкой. Для подачи топлива используется электробензонасос, для установки которого необходимо использовать топливный бак нового образца, имеющий специальный кронштейн для крепления электробензонасоса. Топливная магистраль соединяется с топливным фильтром, от которого, в свою очередь, идет трубопровод к топливной рампе.

Для установки датчика температуры охлаждающей жидкости, в обратный патрубок системы охлаждения врезается специальный тройник, имеющий резьбу для крепления датчика.

Нормы EURO-3 предусматривают систему улавливания паров топлива, которая включает в себя так называемый адсорбер, клапан его продувки и трубопроводы. С адсорбером соединяется вентиляция топливного бака, а из адсорбера, в свою очередь, пары топлива подаются во впускной коллектор двигателя.

Система выпуска дорабатывается путем установки каталитического нейтрализатора и двух датчиков концентрации кислорода. Каталитический нейтрализатор необходимо установить после приемной трубы двигателя перед резонатором. Датчики концентрации кислорода устанавливаются до и после каталитического нейтрализатора.

Одним из заключительных этапов будет установка всех (недостающих) датчиков по своим местам, прокладка жгута проводов ко всем датчикам и исполнительным механизмам, соединение их.

Также, необходима установка блока дополнительных реле и предохранителей. Он соединяется со жгутом проводки и включает в себя главное реле, реле питания цепи электробензонасоса и реле электровентилятора; предохранители цепи главного реле, ЭБУ и электробензонасоса.

Далее устанавливается электронный блок управления двигателем с предварительно подготовленным программным обеспечением. На отечественных автомобилях его обычно располагают под панелью приборов. Жгут (коса) проводов подключается к ЭБУ и теперь можно подсоединить аккумулятор и попробовать запустить двигатель [3,4,5].

### **Заключение**

Подводя итоги, можно сказать, что перевод карбюраторного двигателя на распределенный впрыск будет полезной доработкой двигателя. Двигатель, оснащенный распределенным впрыском, имеет неоспоримые преимущества по сравнению с карбюраторным двигателем, такие как меньший расход топлива, оптимальные параметры работы двигателя во всех режимах работы, и самое главное - меньшее количество вредных соединений в выхлопных газах. Также, перевод карбюраторного двигателя на распределенный впрыск позволит автолюбителям, которые занимаются доработкой своих автомобилей, добиться максимальных характеристик двигателя при помощи так называемого чип-тюнинга.

Недостатками такой системы, по сравнению с карбюраторной, можно считать более сложное устройство и высокую стоимость некоторых компонентов, таких как ЭБУ, датчики массового расхода воздуха и концентрации кислорода, каталитический нейтрализатор. Однако, такие вложения будут оправданы приведенными выше достоинствами.

*Научный руководитель к.т.н, доцент Руппель А.А.*

### **Библиографический список**

1. Данов, Б. Электронные системы управления иностранных автомобилей: Практическое пособие / Б. Данов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 224 с.
2. Поливаев, О.И. Электронные системы управления бензиновых двигателей: Учебное пособие / О.И. Поливаев, О.М. Костиков, О.С. Ведринский. - М.: КноРус, 2011. - 96 с.
3. Ютт, В.Е. Электронные системы управления ДВС и методы их диагностирования: Учебное пособие / В.Е. Ютт., Рузавин Г.Е. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 104 с.
4. Руппель Е.Ю. Элементы теории вероятностей и методы статистической обработки экспериментальных данных: Учебное пособие. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2003 -141 с.
5. Руппель Е.Ю. К вопросу о расчете параметров в системе зажигания автомобиля / Е.Ю. Руппель, В.А. Милевский //Техника и технологии строительства. - 2015. Т. 1. С. 103-109.
6. Вишнягов, М.Г. Анализ гармонического воздействия помех на электрические сети береговых объектов водного транспорта Западной Сибири/М.Г. Вишнягов, А.А. Руппель //Науч. пробл. трансп. Сиб. и Дал. Вост. -2009. -№ 1. -С. 331-334.

## THE TRANSLATION OF THE ENGINE WITH CARBURETOR OF THE CAR VAZ 2107 ON THE DISTRIBUTED INJECTION UNDER STANDARDS OF TOXICITY OF EURO-3

V.D. Madeev

**Abstract.** This article discusses the low ecological compatibility of most VAZ 2107 vehicles. It is shown that the main problem of low environmental compatibility is the imperfection of the ignition system, the fuel system and the engine exhaust system installed on most of the produced cars of this model. The variant of transfer of the carburetor engine to the distributed injection is offered. The design features of the installation of elements of electronic ignition systems are considered. The electronic control unit and switching equipment are selected.

**Keywords:** Ecological classes, electronic control system of the engine, the distributed injection, power supply system, system of ignition, production of the fulfilled gases, catalytic converter.

Мадеев Вадим Дамирович (Россия, г. Омск) – студент, ФГБОУ ВО "СибАДИ", гр. ЭАТ6-13А1 (644080, пр. Мира, д. 5, e-mail: madeev95@mail.ru).

### References

1. Thanos, B. Electronic control systems of foreign cars / B. Danov. - M.: GLT, 2007. - 224 with.
2. Polivayev, O. I. Electronic control systems of gasoline engines: Manual / O. I. Polivayev, O. M. Kostikov, O. S. Vedrinsky. - M.: Knorus, 2011. - 96 with.
3. Yutt, V. E. Electronic control systems of DVS and methods of their diagnosing / V. E. Yutt. - M.: GLT, 2007. - 104 with.
4. Ruppel E.Yu. Elements of the theory of probability and methods of statistical processing of experimental data: Textbook. -Omsk: SibADI Publishing House, 2003 -141 p.
5. Ruppel E.Yu. On the question of calculating the parameters in the car ignition system / E.Yu. Ruppel, V.A. Milevsky // Engineering and technology of construction. - 2015. T. 1. P. 103-109.
6. Vishnyagov, M.G. Analysis of the harmonic effect of interference on electrical networks of onshore water transport facilities in Western Siberia / MG. Vishnyagov, A.A. Ruppel // Nauch. Probl. Transp. Sib. And Dahl. East. -2009. -No 1.-С. 331-334.

43

УДК 621.432

## АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА И ЭТАНОЛА В СРАВНЕНИИ С ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

**А.А. Матвеев**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** Данная работа посвящена альтернативному топливу. Переход к дизельным двигателям, являющимся более экономичными, позволяет лишь частично решить топливную проблему. Поэтому необходимо изыскивать новые альтернативные топлива. Использование альтернативных топлив ставит перед нами задачу предсказания физико-химических свойств новых топлив или стандартного нефтяного топлива при применении присадок и добавок. Одним из выходов может стать работа двигателя на новом альтернативном топливе – диметиловом эфире. Его физико-химические показатели способствуют полному устранению дымности выхлопных газов и снижению их токсичности.

**Ключевые слова:** дизель, топливо, диметиловый эфир, токсичность, экология, насыщенные пары, топливоподача.

### Введение

На современном этапе развития науки и техники двигатель внутреннего сгорания (ДВС) остается основным типом привода для большинства мобильных и стационарных установок. Но все более увеличивающийся парк ДВС требует и возрастания добычи и производства топлива.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Переход к дизельным двигателям, являющимся более экономичными, позволяет лишь частично решить топливную проблему. Поэтому необходимо изыскивать новые альтернативные топлива.

Использование альтернативных топлив ставит перед нами задачу предсказания физико-химических свойств новых топлив или стандартного нефтяного топлива при применении присадок и добавок. Исследования на эту тему крайне слабо освещаются в литературе.

Разработка новых способов смешения и растворения и математического описания воздействия соответствующих присадок и добавок в нефтяном топливе позволит значительно сократить время на разработку новых составов альтернативных топлив и предсказания их физико-химических свойств, что, в свою очередь, легче позволит довести рабочий процесс двигателя при использовании новых альтернативных топлив.

При применении стандартных углеводородных топлив с добавками или присадками различных видов альтернативных топлив возникает проблема оптимальной организации рабочего процесса. Даже при использовании стандартного нефтяного топлива достаточно затруднительно предсказать, как и на сколько изменятся параметры рабочего процесса при изменении физико-химических свойств топлива, параметров камеры сгорания (КС), топливоподачи и т.д. Для альтернативных топлив эта область еще более не исследована.

Таким образом, использование новых видов топлива ставит задачу оптимизации рабочего процесса дизеля в зависимости от физико-химических свойств используемого альтернативного топлива.

Одним из выходов может стать работа двигателя на новом альтернативном топливе – диметиловом эфире (ДМЭ). Его физико-химические показатели способствуют полному устраниению дымности выхлопных газов и снижению их токсичности. Основные свойства ДМЭ в сравнении с дизельным топливом (ДТ) этанолом приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные свойства ДМЭ, ДТ и этанола

Свойства	ДТ	ДМЭ	Этанол
Химическая формула	-	$C_2H_6O$	$C_2H_5OH$
Молярный вес, г/моль	208	46	46
Нижшая теплота сгорания, МДж/кг	42,5	27,6	25
Вязкость, мм <sup>2</sup> /с	3-6	0,15	-
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	840	660	810
Цетановое число	40...55	>55	8
Температура самовоспламенения, °С	250	235	420
Давление насыщенных паров, 10 <sup>5</sup> Па	0,003	5,1	0,17
Стехиометрическое соотношение, кг/кг	14,6	9,0	9,0
Температура кипения, °С	180...370	-25	78
Теплота парообразования, кДж/кг	250	410	904
Содерж. углерода, %	86,0	52,2	52,2
Содерж. водорода, %	14,0	13,0	13,0
Содерж. кислорода, %	-	34,8	34,8

Анализ характеристик ДМЭ в сравнении с ДТ и этанолом показывает, что ДМЭ благодаря высокому цетановому числу может быть использован в качестве топлива для дизелей. Процесс сгорания ДМЭ вызывается воспламенением от сжатия, благодаря низкой температуре воспламенения, при этом диффузионное горение продолжается при полном отсутствии образования сажи из-за отсутствия в молекуле ДМЭ связей С-С и высокому содержанию кислорода, наряду с высокой скоростью испарения.

Работы по переводу дизелей на ДМЭ ведутся как за рубежом [1, 2 и др.], так и в нашей стране [3, 4 и др.]. Однако проведенные исследования и анализ свойств ДМЭ выявляют ряд трудностей при использовании ДМЭ в качестве топлива:

Более низкая теплота сгорания требует для получения равных энергетических показателей двигателя увеличения цикловой подачи почти в два раза по сравнению с ДТ.

Низкая вязкость ДМЭ обуславливает его плохие смазывающие свойства, что приводит к высокому износу подвижных элементов топливной системы. Так же этот показатель предполагает высокий уровень утечек ДМЭ через зазоры в прецизионных парах.

Высокое давление насыщенных паров ДМЭ предполагает для исключения образования паровых пробок в ЛНД поддержания высокого давления подкачки наряду с повышенной степенью рециркуляции отсеченного топлива. Так же при использовании ДМЭ возрастает вероятность возникновения кавитационных явлений в топливной системе.

ДМЭ является химически агрессивным веществом к некоторым уплотняющим материалам и пластмассам.

Сжимаемость ДМЭ, зависящая от температуры и давления, больше, чем у ДТ. Это вызывает затруднения при впрыскивании ДМЭ при высоких температурах и на полных нагрузках при использовании штатных ТНВД.

Все вышеперечисленное, затрудняет использование ДМЭ в качестве топлива для дизелей без глубокой модернизации топливной системы. Компромиссным вариантом может служить добавка ДМЭ в традиционное дизельное топливо. Это позволяет оставить штатную систему топливоподачи дизеля и в то же время использовать (хоть и не в полном объеме) положительные качества ДМЭ, ведущие к снижению токсичности дизеля.

ДМЭ значительно отличается по физическим свойствам от дизельного топлива, в связи с этим необходимо провести расчетно-экспериментальные исследования основных моторных и физических свойств смесевое топлива и провести экспериментальные исследования работы дизеля на этом топливе.

Наиболее важным параметром топлив для дизельных двигателей является цетановое число. Отдельным вопросом является определение ЦЧ смесевых топлив, в частности с кислородосодержащими соединениями. Анализ литературных данных показывает, что принцип аддитивности при определении ЦЧ может дать неверный результат. Хотя по смыслу ЦЧ – величина, определяемая для эталонных смесей цетана с  $\alpha$ -метилнафталином на основе уравнения аддитивности.

Однако эталонные компоненты при экспериментальном определении ЦЧ отличаются по воспламеняемости, но имеют схожие физические свойства, в частности температуры кипения и значения теплоты парообразования. Поэтому различие значений периода задержки воспламенения при изменении содержания цетана в смеси с  $\alpha$ -метилнафталином определяется различием химической составляющей периода задержки при примерно равной физической составляющей.

ДМЭ отличается от ДТ значительно меньшей температурой начала кипения ( $-25^{\circ}\text{C}$  против  $170^{\circ}\text{C}$ ) и одновременно значительно большей теплотой парообразования ( $400\text{ кДж/кг}$  против  $250\text{ кДж/кг}$ ) и эти отличия вносят противоположный вклад в физическую составляющую периода задержки воспламенения. Для однозначной оценки цетанового числа полученных смесей были проведены исследования на установке ИТД-69. Результаты представлены на рис. 1.

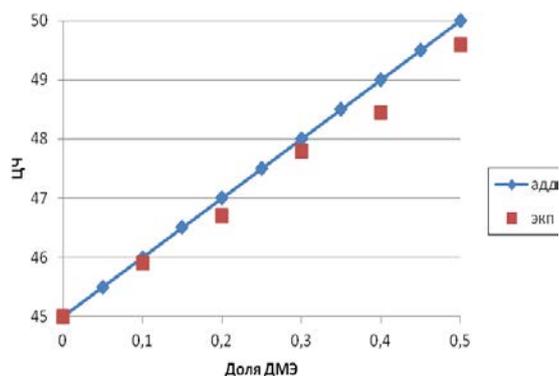


Рисунок 1 – Изменение цетанового числа смеси

Как видно из рис. 2 ЦЧ смесей, полученные экспериментальным путем, несколько ниже, чем рассчитанные по методу аддитивности [6].

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Теплота сгорания смеси ДМЭ и ДТ снижается. Это обусловлено тем, что ДМЭ имеет сам по себе более низкую низшую теплоту сгорания, чем у ДТ (27,6 МДж/кг против 42,5 МДж/кг). Зависимость низшей теплоты сгорания в зависимости от содержания ДМЭ в смеси тражена на рис. 2. Как видно из графика низшая теплота сгорания смеси снижается с увеличением доли ДМЭ, однако следует заметить, что низшая теплота сгорания стехиометрической смеси незначительно повышается, поскольку для сгорания ДМЭ требуется меньшее количество воздуха.

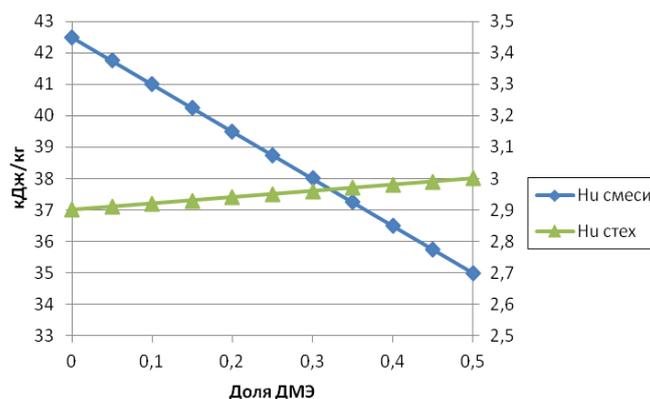


Рисунок 2 – Низшая теплота сгорания смеси (ДМЭ+ДТ) и стехиометрической смеси

Вязкость моторного топлива, так же имеет большое значение. От нее зависит не только прокачиваемость топлива, но и работа топливной аппаратуры и его распыливание в камере сгорания, а значит протекание рабочего процесса в целом. Вязкость топливо-эфирной смеси зависит от вязкости исходных веществ, однако ее расчет по принципу аддитивности будет неадекватен. В исследованиях, проведенных Кендаллом и Монроэ [6], где изучалась вязкость «идеальных» смесей органических жидкостей, было показано, что зависимости вязкости от состава криволинейны, а не прямолинейны. У многих смесей, не соответствующих определению «идеальной смеси», наблюдаются гораздо большие отклонения от прямолинейной зависимости, которые могут быть и положительными и отрицательными. Однако эти же авторы утверждают, что принцип аддитивности применять можно, но только к корням третьей степени из значений вязкости компонентов. Ими предложено эмпирическое уравнение:

$$\mu_{ni}^{1/3} = x_1 \mu_1^{1/3} + x_2 \mu_2^{1/3}, \quad (1)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  – мольные доли компонентов смеси.

Для определения вязкости смеси можно применять другое эмпирическое уравнение, предложенное Аррениусом [7], который считал аддитивными логарифмы вязкости:

$$\lg \mu_{ni} = x_1 \lg \mu_1 + x_2 \lg \mu_2, \quad (2)$$

Так как не существует однозначной методики определения вязкости смесового топлива, то в данной работе теоретический расчет вязкости смеси ДМЭ и ДТ был проведен по всем вышеизложенным методикам. Далее были проведены экспериментальные исследования вязкости смеси и определена зависимость, удовлетворяющая эксперименту. Более близкие результаты дает зависимость, предложенная Кендаллом, дающая максимальную погрешность при сравнении расчетных и экспериментальных данных в 5%. Данные расчета и эксперимента представлены на рис. 3.

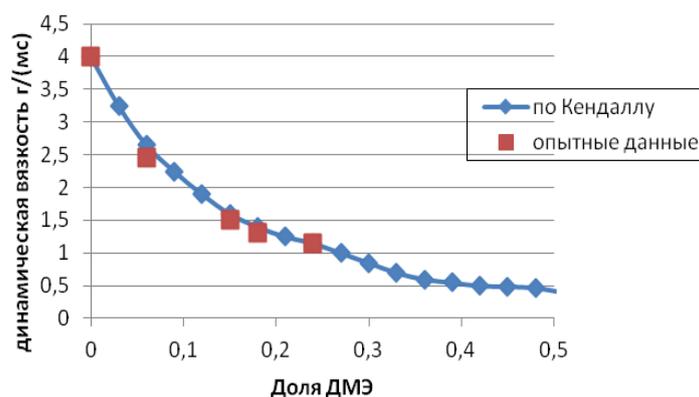


Рисунок 3 – Изменение вязкости в зависимости от состава смеси

На основании закона Рауля можно установить минимальное давление, необходимое для приведения в жидкое состояние смеси ДМЭ с ДТ. Расчетные данные по давлению насыщенных паров смесей представлены на рис. 4.

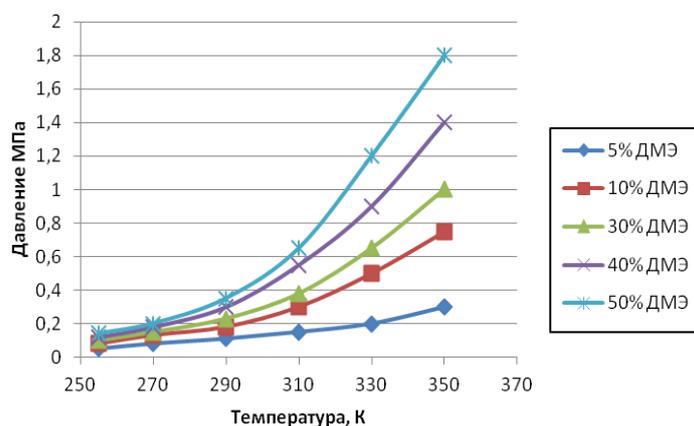


Рисунок 4 – Давление упругости насыщенных паров смесей

Элементарный состав смесевоего топлива меняется с увеличением доли ДМЭ. Причем количество водорода остается практически неизменным при одновременном снижении доли углерода и увеличении доли кислорода. Это предполагает значительное снижение выбросов сажи при работе двигателя на смесевых топливах [7]. Увеличение в опливе доли кислорода снижает теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, одновременно это ведет к снижению низшей теплоты сгорания. Плотность смесевоего топлива несколько ниже традиционного дизельного. Это обстоятельство вызывает увеличение коэффициента избытка воздуха, так как топливо дозируется по объемным показателям и весовой расход топлива окажется меньше, чем для ДТ. Увеличение цикловой подачи смесевоего топлива с учетом энергетических показателей и плотности топлива можно рассчитать по формуле:

$$V_{см} = V_{д} \frac{H_{исм} \rho_{см}}{H_{ид} \rho_{д}} = V_{д} K_{п}, \quad (3)$$

где  $K_{п}$  – коэффициент увеличения цикловой подачи смесевоего топлива по сравнению с дизельным.

Согласно этим данным штатный ТНВД при использовании смесевых топлив должен иметь запас производительности минимум в 34% при содержании 50% ДМЭ в смеси.

Некоторое повышение ЦЧ смесей по сравнению с традиционным дизельным топливом предполагает уменьшение периода задержки воспламенения.

### Заключение

Стабильность смесевых топлив с содержанием ДМЭ до 40% достаточна для их практического применения. Для увеличения доли ДМЭ в смеси необходима разработка новой методики смешивания или получение смесей непосредственно на борту транспортного средства с немедленным их использованием. Цетановое число смесевых топлив несколько выше чем у ДТ, но при этом не подчиняется закону аддитивности и должно определяться экспериментальным путем.

Моторные испытания показали возможность работы двигателя без больших конструктивных изменений на топливах с содержанием ДМЭ до 40%. Эффективные показатели двигателя при этом остаются на уровне ДТ.

Величины удельных расходов для всех смесевых топлив, приведенные в энергетическом отношении к ДТ, были примерно равны или несколько лучшими, чем у ДТ.

Добавка ДМЭ снижает температуру отработавших газов во всем диапазоне нагрузок и скоростей, тем самым уменьшает тепловую напряженность силовой установки.

Использование смесевых топлив значительно снижает дымность отработавших газов (до 3 раз), происходит снижение выбросов оксидов азота (до 30%). Однако, одновременно с этим, увеличиваются выбросы оксида углерода и углеводородов. Для снижения выбросов СН необходимо организовать работу дизеля на малых УОВ.

*Научный руководитель ст. преподаватель В.И. Подгурский*

### Библиографический список

1. Mikkelsen S.-E., Hansen J.B., Sorenson S.C. Progress with Dimethyl Ether // International Alternative Fuels Conference, USA, 1996.
2. Ofner H., Tritthart P. Alternatives to Conventional Diesel Fuel - Strategies for Clean Combustion and Utilization of Resources // AVL list. – 2000.
3. Акобия Ш.Е., Смирнова Т.Н. Перспективы снижения вредных выбросов при применении диметилэфира // Грузовик и автобус, троллейбус, трамвай. – 1999. – №2. – С.27-29.
4. Результаты испытаний дизеля, использующего в качестве топлива диметиловый эфир/ Л.Н. Голубков, Т.Р. Филипосянц, А.Г. Иванов и др. // Автомобили и двигатели: сб. научн. тр./ НАМИ, 2003. – Вып.231. – С.41-51.
5. Мамедова М.Д. Работа дизеля на сжиженном газе. – М.: Машиностроение, 1980. – 149 с.
6. В.А. Вагнер, А.М. Гвоздев. Улучшение экологических показателей дизеля путём добавки в топливо диметилового эфира. Ползуновский вестник № 4 2006. С 33-38
7. Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В. и др. Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – 464 с

### ANALYSIS OF THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF DIMETHYL ETHER AND ETHANOL IN COMPARISON WITH DIESEL FUEL

A.A. Matveev

**Abstract.** *The transition to diesel engines being more economical, only partially solves the fuel problem. It is therefore necessary to find new alternative fuels. The use of alternative fuels has set us the task of predicting physical-chemical properties of new fuels or standard fuel oil with the use of additives and additives.*

*One of the outputs may be the work of the engine on the new alternative fuel – dimethyl ether. The physico-chemical parameters contribute to the complete elimination of smokiness of the exhaust gases and decrease of their toxicity*

**Keywords:** *Diesel fuel, dimethyl ether, toxicity, ecology, saturated vapors, fuel.*

*Матвеев Александр Александрович. Студент. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), (644047. Омск ул. Гусарова 117 квартира 22 alex.matveev.13@yandex.ru ф-т 89136860608*

*Matveev Alexander Alexandrovich (Russia, Omsk). Student. Siberian state automobile and highway Academy (SibADI) (644047. Omsk Gusarova Street 117, alex.matveev.13@yandex.ru . 89136860608*

УДК 621.186.2

## ПОДГОТОВКА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК

**В.Е. Непомнящих**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация:** В данной работе мы осуществили обзор основных типов очистки генераторного газа, используемого при эксплуатации газопоршневых установок, от вредных примесей. Описали их влияние на состояние и работу газопоршневых установок. Рассмотрели конструктивные данные, принцип работы и обслуживания основных очистителей, а так же принципиальные отличия различных установок для очистки газа, друг от друга. Проанализировали основные перспективы развития и модернизации основных очистительных устройств. И сделали выводы об актуальности и важности очистки газа в целом.

**Ключевые слова:** газопоршневая установка, генераторный газ, топливо, тепло, газогенератор, газовый состав, двигатель внутреннего сгорания, очиститель, охладитель, фильтр.

### Введение

При получении генераторного газа в нем содержится много паров воды, смол и других органических веществ. Парообразные вещества при прохождении по газопроводам конденсируются, загрязняют и разъедают газопроводы. При наличии в газах большого количества воды газ получается с пониженным пирометрическим эффектом. А твердые частицы, осаживаясь на деталях двигателя, ускоряют его выход из строя. Поэтому для получения чистого газа с повышенным пирометрическим эффектом приходится газ очищать и сушить, что на древесных газогенераторных станциях осуществляется в электрофильтрах.

### 1. Механические примеси в газе

В современных транспортных газогенераторных установках с каждым кубическим метром газа из газогенератора уносится в среднем от 2 до 3,5 г пыли. В зависимости от нагрузки содержание пыли в газе может изменяться в широких пределах.

На рис. 1 показано изменение содержания пыли газа в различных местах газогенераторной установки ГАЗ-42, работающей на древесных чурках.

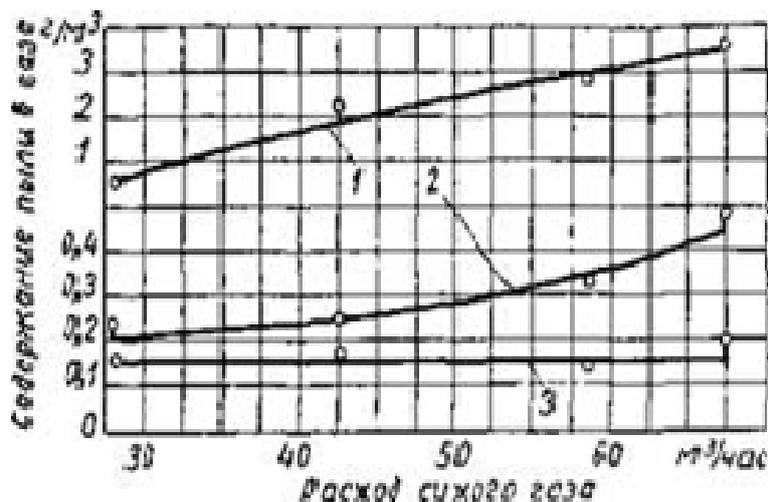


Рисунок 1 – Содержание пыли газе в различных местах газогенераторной установки ГАЗ-42 в зависимости от производительности газогенератора. 1 - после газогенератора; 2 - после грубого очистителя; 3 - за фильтром

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

В транспортных газогенераторных установках автомобильного типа, которые ограничены в размерах, количество пыли, поступающей в двигатель, в некоторых случаях достигает 0,15 г на 1 м<sup>3</sup> газа.

Пыль генераторного газа представляет собой смесь, состоящую из мелких частиц угля, хлопьев сажи и частиц золы или дисперсного шлака. По размеру частиц пыль условно разделяют на грубую и тонкую.

Некоторая часть пыли (20-30%) растворима в воде. Это свойство пыли может быть использовано для повышения эффективности очистки газа путем промывки его водой.

В силу различных свойств грубой и тонкой пыли, имеющейся в газовом потоке, для ее улавливания применяют очистители различного устройства.

### 2. Грубая очистка газа

Частицы грубой пыли при своем движении обладают свойствами обычного твердого тела с присущей ему инерцией, поэтому для очистки газа от грубой пыли применяют так называемые инерционные очистители.

Простейший инерционный очиститель вихревого типа, так называемый циклон, изображен на рис. 2. Газ выходит в циклон через патрубок 1. Вследствие этого газ получает вращательное движение и наиболее тяжелые частицы находящейся в нем пыли отбрасываются центробежной силой к стенкам корпуса 3. При трении о стенки корпуса частицы пыли теряют скорость и под действием силы тяжести падают в пылесборник 6. Отражатель 4 препятствует возвращению пыли в газовый поток. Очищенный газ выходит из циклона через газоотборный патрубок 2. Удаление пыли, осевшей в циклоне, производится через люк 5.

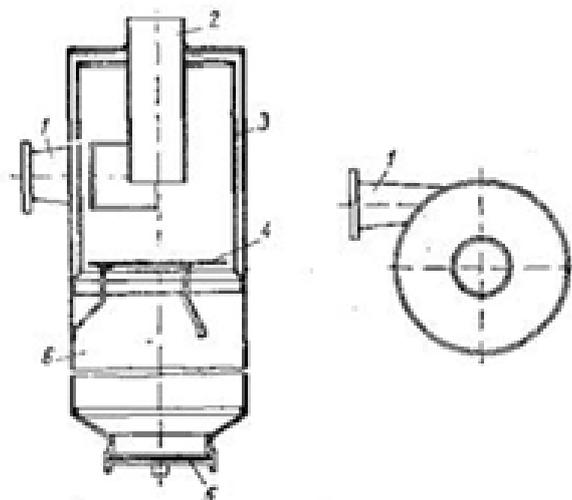


Рисунок 2 – Очиститель типа циклон газогенераторной установки НАТИ-Г-78

Для уменьшения потерь тепла стенки циклона в зоне рабочей камеры сделаны двойными. Это предотвращает конденсацию содержащихся в газе паров влаги на внутренней поверхности камеры циклона и прилипание к ней угольной пыли. По этой же причине циклоны обычно устанавливают на горячей линии газа, сразу после газогенератора.

При сравнительно небольших размерах циклоны дают очень высокую степень очистки газа (до 90-95%), но с уменьшением скорости, т. е. количества отсасываемого газа, качество его очистки в циклоне ухудшается.

Во многих автомобильных установках часто применяют комбинированную систему инерционной очистки и охлаждения газа в так называемых грубых очистителях-охладителях. Выпадение происходит охлаждение газа вследствие передачи тепла через стенки очистителей в окружающую среду.

Такой очиститель (рис. 3) состоит из металлического кожуха 1, снабженного съемной крышкой 2. Внутри кожуха вставлен крупный и средних частиц пыли в этих очистителях происходит путем изменения направления и скорости движения газа с помощью перфорированных пластин.

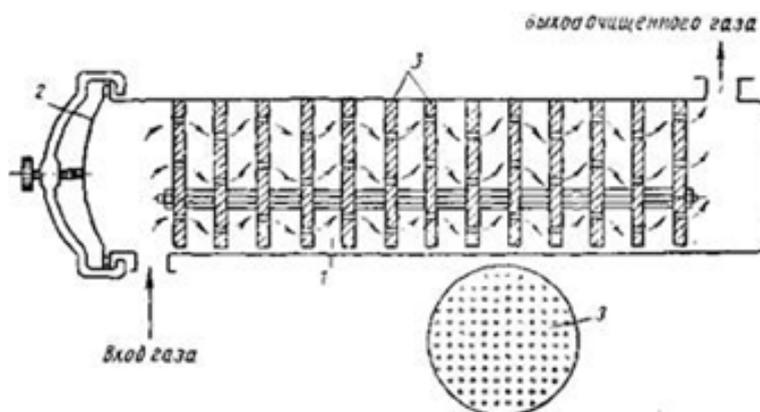


Рисунок 3 – Схема действия грубого очистителя-охладителя с перфорированными пластинами.

Газ, проходя через отверстия пластин, все время меняет скорость и направление движения, а частицы пыли, ударяясь о стенки пластин, оседают на них или падают вниз.

Так же применяют батареи грубых очистителей-охладителей, состоящие из трех последовательно включенных секций прямоугольной формы. Каждая последующая секция имеет большее число пластин с большим количеством мелких отверстий, в результате чего достигается лучшая очистка газа.

Аналогичные очистители применены в газогенераторных установках автомобилей ГАЗ-42 и ЗИС-21А, работающих на древесных чурках. Основные данные по этим очистителям приведены в табл.1.

Таблица 1 – Основные данные газогенераторных установок в автомобилях ЗИС-21А и ГАЗ-42

Газогенераторная установка	№ очистителя	Секция	Количество пластин в секции	Расстояние между пластинами в мм	Число отверстий в каждой пластине	Диаметр отверстий в мм
ЗИС-21А	I	1	26	30	53	15
		2	41	18	120	10
	II	1	41	18	120	10
		2	41	18	120	10
	III	1	71	10	201	8
		2	71	10	201	8
ГАЗ-42	I	-	50	23	62	15
	II	-	109	10	140	10,5

### 3. Тонкая очистка газа

Под тонкой очисткой газа подразумевают очистку его от мельчайших частиц пыли (меньше 60 мк), основная часть которых не может быть задержана грубыми очистителями.

Обычно различают тонкую очистку влажного газа, в котором содержание водяных паров превышает 90-100 г/м<sup>3</sup>, и тонкую очистку сухого газа, в котором количество водяного пара не превышает 60 г/м<sup>3</sup>.

Для тонкой очистки влажного газа чаще всего применяют очистители с кольцами.

На рис. 4 показан типичный очиститель с кольцами для тонкой очистки газа. Очиститель представляет собой цилиндрический резервуар. Корпус 3 разделен внутри на три части двумя горизонтальными сетками 5, на которые слоем 350-400 мм насыпаны кольца 4. Эти кольца представляют собой короткие трубочки небольшого размера, изготовленные из тонкой листовой стали или резе фарфора.

Конструктивные данные по металлическим кольцам разного размера приведены в табл. 2.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 2 – Конструктивные данные по металлическим кольцам

Конструктивные данные	Размер колец в мм		
	10x10	15x15	25x25
Толщина материала в мм	0,25	0,5	0,6
Количество колец в 1 л объема	780	230	50
Вес 100 колец в г	61	275	918
Поверхность колец в 1л объема в м <sup>2</sup>	0,5	0,3	0,2

Для загрузки, выгрузки и промывки колец и чистки очистителя на боковой его поверхности имеются три люка 2.

Газ входит в очиститель через нижнюю трубу 6 и, пройдя два слоя колец, отсасывается через верхнюю газоотборную трубу 1, соединенную со смесителем двигателя.

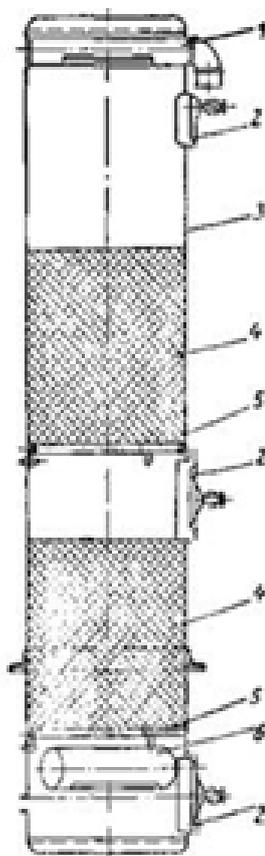


Рисунок 4 – Очиститель с кольцами для очистки газа.

Очистка газа происходит при многократном соприкосновении его с влажной поверхностью колец, вследствие чего на поверхности колец осаждаются частицы тонкой пыли. Очистка газа также происходит в результате того, что водяные пары, содержащиеся в газе, конденсируются на мельчайших частицах тонкой пыли; поэтому частицы становятся тяжелее, теряют скорость и осаждаются на поверхности колец. Водяные пары также конденсируются на поверхности колец, что обуславливает поддержание их во влажном состоянии и очистку стекающим вниз конденсатом.

Чем ниже температура, до которой охлаждается газ в очистителе, тем больше конденсируется водяных паров, содержащихся в газе, и тем выше будет степень очистки газа.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

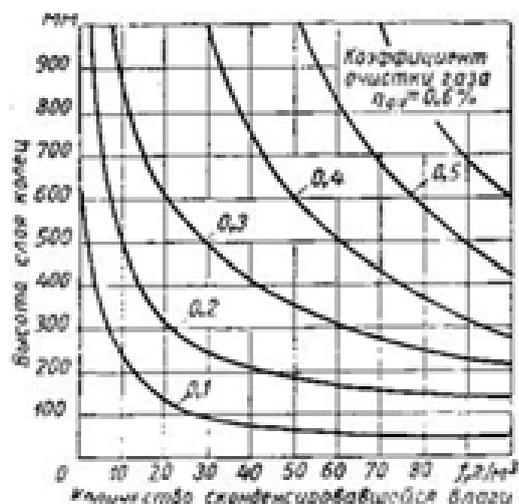


Рисунок 5 – Влияние количества скопившейся влаги в фильтре с кольцами на качество очистки газа.

На рис. 5 приведена диаграмма, показывающая влияние количества сконденсировавшегося водяного пара и высоты слоя колец на коэффициент очистки газа  $\eta_{оч}$ . Этот коэффициент представляет собой отношение разности между начальным содержанием пыли в газе перед очистителем и конечным содержанием пыли в газе по выходе его из очистителя к начальному содержанию пыли. Так, при влажности газа  $121 \text{ г/м}^3$  и охлаждении его до температуры  $48^\circ$  из  $1 \text{ м}^3$  газа выделится и сконденсируется  $121 - 99,5 = 21,5 \text{ г/м}^3$  водяного пара (табл. 3). При слое колец  $600 \text{ мм}$  коэффициент очистки будет равен  $0,30$ . При охлаждении газа до  $22^\circ$  из  $1 \text{ м}^3$  газа сконденсируется  $99,5 \text{ г}$  влаги, и коэффициент очистки повысится до  $0,60$ . Содержание влаги в газе, полученном при газификации древесных чурок, достигает  $120-140 \text{ г/м}^3$ , и газ охлаждается до температуры  $30-35^\circ$ , поэтому коэффициент очистки в кольцах при высоте слоя  $800 \text{ мм}$  достигает значения  $0,6-0,7$ .

53

Таблица 3 – Содержание пара во влажном и сухом газе

Температура в $^\circ\text{C}$	Парциальное давление водяного пара в мм.рт.ст.	Количество пара в газе		Температура в $^\circ\text{C}$	Парциальное давление водяного пара в мм.рт.ст.	Количество пара в газе	
		Влажном	Сухом			Влажном	Сухом
20	17,5	18,5	19	42	61,5	65	70,8
22	19,8	21	21,5	44	68,3	72,2	79,3
24	22,4	23,7	24,4	46	75,7	80	88,8
26	25,2	26,7	27,6	48	83,7	88,5	90,5
28	28,3	30	31,1	50	92,5	97,8	111
30	31,8	33,6	35,1	52	102,1	108	125
32	35,7	37,7	39,6	54	112,5	119	140
34	39,9	42,2	44,5	56	123,8	131	156
36	44,6	47,1	50,1	58	136,1	144	175
38	49,7	52,5	56,2	60	149,4	158	197
40	55,3	58,5	63,1				

При низкой температуре окружающего воздуха (например, зимой) конденсация водяных паров может – начаться в охладителе до поступления газа в тонкий очиститель. Поэтому для улучшения очистки газа охладитель следует располагать так, чтобы выпавший конденсат

поступал в тонкий очиститель.

На степень очистки газа в тонких очистителях влияют не только конденсация водяных паров и высота слоя колец, но и размер колец. Чем меньше размер колец, тем больше их поверхность в одном и том же занимаемом кольцами объеме, а следовательно, тем выше степень очистки газа. Иногда в тонких очистителях вместо колец употребляют пробковую крошку или какой-либо иной фильтрующий материал: стеклянную вату, древесную шерсть или растительное волокно.

Размеры очистителя с набивкой из стеклянной ваты, древесной шерсти или растительного волокна могут быть существенно сокращены лишь в том случае, если будет обеспечена эффективная конденсация водяных паров в очистителе и более частая промывка его от накопившейся пыли.

Указанные фильтрующие материалы плохо поддаются регенерации, в связи с чем после нескольких промывок очиститель необходимо заполнять свежей набивкой.

В качестве фильтрующего материала могут быть также использованы вода или масло. Жидкостные очистители пригодны для очистки как влажного, так и особенно сухого газа. По мере работы они не повышают сопротивления проходу газа. Водяные очистители не требуют каких-либо затрат при смене фильтрующего агента (т.е. воды). Принцип работы водяных или барботажных очистителей заключается в том, что газ в виде пузырьков проходит через слой воды и очищается таким образом от пыли. Чем выше степень дробления струи газа на мелкие пузырьки и чем длиннее их путь через воду, тем эффективнее будет работа очистителя. Происходящее при этом увлажнение сухого газа создает необходимые условия для дополнительной его очистки кольцами. С увеличением подачи воды в газогенератор увеличивается содержание влаги в газе и конденсация водяного пара в очистителе, поэтому улучшается качество его очистки.

При воздушно-сухом дутье, когда подачи воды нет, содержание пыли в газе на выходе из очистителя ГАЗ-42 без барботажа равно  $0,40 \text{ г/м}^3$ , а при работе с барботажем  $0,26 \text{ г/м}^3$  (даже при меньшей высоте слоя колец). Следовательно, качество очистки газа при барботаже улучшается примерно в 1,5 раза. Для того чтобы получить такое же качество очистки газа без барботажа, в газогенератор необходимо подавать воду в количестве 23% расхода топлива.

Уменьшение содержания пыли в газе по мере увеличения подачи воды в газогенератор (при наличии барботажного очистителя, когда газ увлажняется, проходя через воду) объясняется разным агрегатным состоянием воды. В первом случае это водяной пар, часть которого конденсируется на частицах тонкой пыли и утяжеляет их, во втором случае это в основном водяной туман, который осаждается на кольцах, увлажняя их. Воздействие первого физического фактора на качество очистки газа, видимо, более сильно, чем второго.

Качество очистки газа барботажным очистителем может быть повышено за счет увеличения пути прохождения газа через воду.

На рис. 6 показан барботажный очиститель газогенераторной установки ЦНИИАТ-УГ-1 для работы на древесном угле. Высота барботажного слоя очистителя по мере увеличения отбора газа изменяется от нуля до максимума (100-120 мм). Это обеспечивает устойчивую работу двигателя при холостом ходе и хорошую очистку газа при больших нагрузках.

Газ, предварительно охлажденный до температуры  $50-70^\circ$ , поступает в первую (левую) секцию центрально расположенной газораздаточной коробки. В боковых стенках коробки имеется по два ряда отверстий диаметром 3 мм. Отверстия сделаны наклонно от уровня воды до нижнего края стенки коробки, погруженной в воду на глубину 70 мм. Четыре отверстия, расположенные выше уровня воды (по два в каждой стенке), служат для обеспечения нормальной подачи газа на холостом ходу. Эти отверстия перекрываются водой при большом числе оборотов коленчатого вала двигателя.

При отсасывании газа двигателем в пространстве над распределительной коробкой создается разрежение, в результате чего уровень воды снаружи коробки повышается, а внутри ее соответственно понижается. При этом газ проходит через отверстия, расположенные над внутренним уровнем воды, и потом в виде пузырьков — через наружный водяной столб. Затем, пройдя через кольца, насыпанные на сетках по обе стороны газораспределительной коробки, газ поступает во вторую (правую) секцию очистителя, где вторично проходит через погруженную в воду гребенку и окончательно очищается в слое колец. Температура газа на выходе составляет  $30-35^\circ$ .

За последнее время разработаны и испытаны конструкции центробежных водяных очистителей для автотракторных газогенераторных установок по типу аналогичных очистителей,

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

применяемых в судовых газогенераторных установках. Эти очистители имеют малые размеры и обеспечивают нормальное качество очистки от тонкой пыли как влажного, так и сухого генераторного газа.

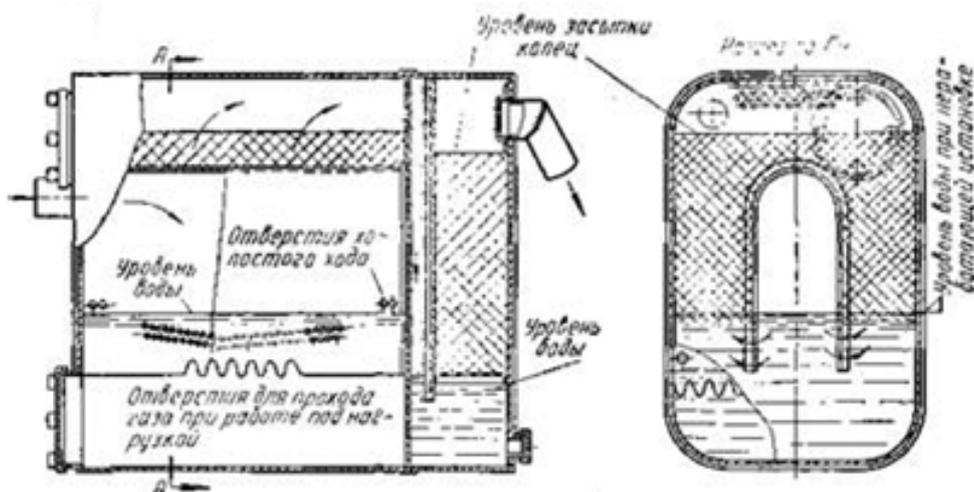


Рисунок 6 – Очиститель газогенераторной установки ЦНИИАТ-УГ-1

На рис. 7 показана принципиальная схема такого очистителя. Очиститель представляет собой центробежный вентилятор 1, в центральную часть которого через патрубок 2 поступает газ, а через отверстия сопла 3 впускается вода. Под действием центробежных сил, создаваемых рабочим колесом 5, которое вращается от двигателя через шкив 14 и конический привод 6, газ и водяной туман отбрасываются к стенкам камеры. При этом вода, увлекая за собой пыль, содержащуюся в газе, прижимается к наружной стенке улитки очистителя и вытекает через трубку 7 в приемный бак 8. Газ под некоторым напором выходит через тангенциальный патрубок 4 и поступает к смесителю двигателя 10.

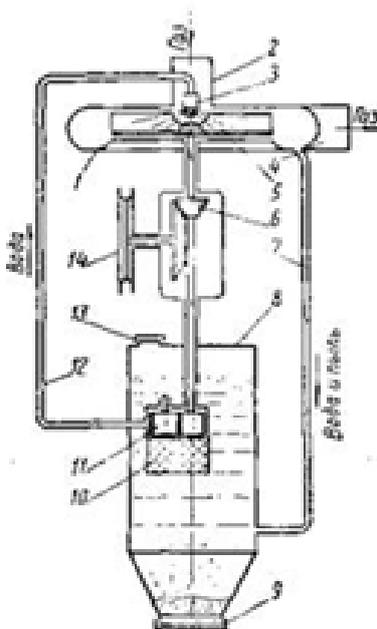


Рисунок 7 – Принципиальная схема центробежного водяного очистителя

При помощи шестеренчатого насоса 11, установленного на одном валу с рабочим колесом 5, вода из бака 8 через фильтр 10 и по трубке 12 вновь подается к распиливающему соплу 3. Расход воды, уносимой вместе с газом в двигатель, незначителен. Воду в бак 8 следует заливать, учитывая ее расход, т. е. в количестве, обеспечивающем при отстаивании наилучшую очистку от находящейся в ней пыли. Удаление из бака отстоя производится через люк 9, а заполнение бака чистой водой — через отверстие, закрываемое пробкой 13.

Создаваемый очистителем напор используется на повышение коэффициента наполнения двигателя или на покрытие сопротивления водоотбойника, который может быть установлен между очистителем и смесителем двигателя.

### **Заключение**

Очистка генераторного газа является одним из важнейших этапов подготовки его для использования в газопоршневых установках. Ведь более качественная очистка способствует уменьшению износа двигателя и его деталей, увеличению его мощности, а так же использование генераторного газа способствует экономии такого важного ресурса как нефть и улучшению экологической ситуации в целом.

*Научный руководитель ст. преподаватель Максимов В.В.*

### **Библиографический список**

1. Коллеров Л.К. Газомоторные установки : учебник для ВУЗов/ Л.К. Коллеров– Ленинград: МашГИЗ, 1951 – 234 с..
2. Сонаев Ю.И. Обеспыливание газов электрофильтрами: практикум/ Ю.И. Сонаев. – Семibrатово: Изд-во Кондор-Эко, 2009 – 163 с.
3. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на ТЭС и АЭС. Часть 2: учебное пособие/ В.В. Саломатов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 171с.
4. Лашко, В.А. Проектирование проточных частей центробежной турбины двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В.А. Лашко. – Хабаровск : Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2000. – 135 с.
5. Савельев, Г.М. Проектирование турбокомпрессоров : пособие по курсовому и дипломному проектированию / Г.М. Савельев, Б.С. Стефановский. – Ярославль, 1977. – 90 с.

### **CLEANING THE GENERATOR GAS BY OPERATION OF GAS-LIQUID INSTALLATIONS**

V.E. Nepomnyashchikh

**Abstract:** *In this work, we examined the types of purification of the generator gas used in the operation of gas piston plants, from harmful impurities, their effect on the state and operation of gas piston plants, as well as the design and operation of basic cleaning devices.*

**Keywords:** *gas piston plant, generator gas, fuel, heat, gas generator, gas composition, internal combustion engine, purifier, cooler, filter.*

### **References**

1. Kollerov L.K. Gas-engine installations: textbook for high schools / L.K. Kollerov-Leningrad: Mashgiz, 1951 - 234 p.
2. Sonaev Yu.I. Dedusting of gases with electrostatic precipitators: practical work / Yu.I. Soneayev. - Semibratovo: Condor Eco Publishing House, 2009 - 163 p.
3. Salomatov V.V. Environmental technologies at TPPs and nuclear power plants. Part 2: A Training Manual / V.V. Salomatov. - Novosibirsk: Publishing house of NSTU, 2000. – 171 p.
4. Lashko, V.A. Designing of flowing parts of the centripetal turbine of internal combustion engines: textbook / V.A. Lashko. - Khabarovsk: Publishing house Khabar. State. Tech. University, 2000. - 135 p.
5. Savelyev, G.M. Designing of turbochargers: allowance for course and diploma projecting / G.M. Saveliev, B.S. Stefanovsky. - Yaroslavl, 1977. - 90 p.

УДК 629.113.066

## ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

**А.Н. Николаева, Р.К. Бижанов**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** Данная статья посвящена гибридным автомобилям. Гибридные автомобили и их место в развитии автомобилестроения. Выявлены плюсы и минусы перехода на выпуск электромобилей и гибридных автомобилей. Установлено, что логика развития электрооборудования традиционных автомобилей свидетельствует об их плавном переходе к гибридным автомобилям. Эксплуатация гибридных автомобилей в Сибири и особенности их работы в зимний период. Пуск двигателя Toyota Prius в условиях низких температур. Основные параметры по которым автомобили Toyota Prius имеют преимущества по сравнению с другими гибридными автомобилями.

**Ключевые слова:** гибридные автомобили, электромобили, силовые установки, электрооборудование автомобиля, электрический привод, электродвигатель, ДВС, химические источники тока.

### Введение

Гибридные автомобили являются переходным звеном от традиционных автомобилей к электромобилем. У традиционных автомобилей энергетическая силовая установка (ЭСУ), обеспечивающая их движение, работает на механической энергии, получаемой только от двигателя внутреннего сгорания (ДВС): бензинового, газового или дизельного. У электромобилей ЭСУ работает на механической энергии от электрического двигателя (ЭД), питающегося от высоковольтной аккумуляторной батареи (ВВАКБ). Переход на электромобили обусловлен ужесточением экологических требований, обеспечением максимальных удобств управления транспортными средствами и безопасности при их эксплуатации. Поскольку сегодня на долю транспортных средств приходится около 40% вредных выбросов в атмосферу (а в мегаполисах эта цифра доходит до 80%), проблема загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом встает сегодня наиболее остро, и без её решения ни у автопрома, ни у других производителей современных автомобилей не будет никаких перспектив. Крупные автопроизводители видят решение этих проблем в переходе на альтернативные источники энергии и уменьшении доли работы бензиновых и дизельных ДВС в автомобиле за счет применения совместно с тепловым двигателем электродвигателей. Такие ЭСУ получили наименование гибридных энергетических силовых установок (ГЭСУ), а автомобили, для движения которых используются ГЭСУ с двумя источниками механической энергии (ДВС и ЭД), получили наименование гибридных автомобилей.

Дело в том, что источником энергии для ДВС является органическое топливо (бензин, газ, дизтопливо), которое при сжигании в камере сгорания выделяет необходимую энергию для работы ЭСУ, но одновременно с этим имеет место и побочный эффект – выбросы в атмосферу продуктов сгорания, содержащих в себе вредные для здоровья человека вещества. Уменьшая мощность ДВС с компенсацией этого уменьшения за счёт мощности электродвигателя, работающего совместно с ДВС, в ГЭСУ можно обеспечить снижение расхода топлива примерно на 40%. Настолько же процентов будет снижена и степень загрязнения окружающей среды при работе такой установки.

Исторически первыми автономными передвижными средствами, в силовых установках которых была использована энергия без применения мускульной силы человека или животного, была паровая машина. Её главные недостатки – это значительный вес и размер силовой установки, что требовало создания специальных железных дорог. Поэтому железнодорожный транспорт, несмотря на все его достоинства, нельзя считать полностью автономным. И только появление компактного ДВС позволило полностью решить проблему автономности передвижного средства.

Однако большой спрос на такие автономные передвижные средства породил новую

проблему – экологическую. И сегодня остро встал вопрос об альтернативе ДВС. В качестве такой альтернативы крупными автопроизводителями предлагается электромобиль (Electric Vehicles, EV). В них в качестве ЭСУ используется электрический привод [1]. Сама эта идея не нова. Исторически EV (в виде тележки с электромотором) появился даже раньше, чем автомобиль с ДВС – в 1841 году. А в 1899 году в Санкт-Петербурге инженер Ипполит Романов создал первый русский электрический омнибус на 17 пассажиров. Мощность его силовой установки, питающейся от свинцового аккумулятора системы Бари, составляла 4 лошадиные силы, и омнибус развивал скорость до 37 км/ч. Известный американский конструктор электромобилей Уолтер Бейкер получил скорость 130 км/ч. А электромобиль фирмы «Борланд Электрик» проехал от Чикаго до Милуоки (167 км) на одной зарядке. На следующий день (после перезарядки) электромобиль вернулся в Чикаго своим ходом. Средняя скорость составила 55 км/ч.

Несмотря на все эти достижения, ввиду несовершенства химических источников электрического тока (ХИЭТ) конца XIX – XX веков электроприводы EV были неспособны составить серьёзную конкуренцию механическим приводам с ДВС, которые прочно обосновались на рынке силовых установок для производства автономных передвижных средств. И только в 70-е годы прошлого века вновь возрос интерес к электромобилям из-за энергетического кризиса, вызвавшего резкое подорожание автомобильного топлива, а также в связи с серьёзным обострением экологических проблем автотранспорта.

### **Электромобили. Их плюсы и минусы**

Одной из первых на запрос времени отреагировала компания General Motors. В 1996 году она начала серийный выпуск электромобилей EV1 с электрическим приводом. Всего в Калифорнии с 1997 года разными производителями было продано около 5500 электромобилей.

Следует заметить, что отказ от традиционных автомобилей в пользу электромобилей в глобальном плане экологической проблемы не решает. Для зарядки аккумуляторов нужна электрическая энергия, которая вырабатывается на электростанциях с использованием тех же топливных технологий, загрязняющих окружающую среду. Электромобили позволяют лишь вынести эти загрязнения за границы крупных городов, несколько уменьшив техногенную нагрузку среды обитания городских жителей. Более того, массовое применение электромобилей приведет к значительному увеличению нагрузки на электростанции и электрические сети, что может привести не только к значительному загрязнению земной атмосферы, но и к форс-мажорным ситуациям в случае возникновения непредвиденных нагрузок на электрические сети.

Новые ХИЭТ, такие как литий-ионные аккумуляторы, также создают определённые экологические проблемы. По этой причине почти все произведённые в 2002 году электромобили были изъяты у пользователей (и лишь Toyota оставила некоторым владельцам свои электрические RAV-4). Проблема утилизации аккумуляторов после окончания их службы при массовом производстве электромобилей будет только усугубляться.

В Москве опытная эксплуатация электромобилей началась с 2007 года. В 2009 году в Санкт-Петербургском политехническом университете был сконструирован первый в России солнечный электромобиль (СЭВ). По инициативе Саматова Д.Р. (министра энергетики, промышленности и связи Ставропольского края) в 2012 году в серию был запущен отечественный электромобиль Lada Ellada, который получил практическое применение в качестве легкового такси в городе-курорте Кисловодск Ставропольского края.

Отметим основные преимущества электромобиля:

- 1) тяговые электродвигатели имеют высокий КПД (от 90 до 95%) по сравнению с ДВС (от 22 до 45%);
- 2) достаточно простой полный привод и механизм торможения на базе применения схемы «мотор-колесо» с использованием трансмиссии drive by wire;
- 3) высокая экологичность ввиду отсутствия продуктов сгорания нефтяного топлива, значительного уменьшения трущихся механических частей и необходимости использования больших объёмов масел, динамических нагрузок и вибраций, шумовых загрязнений по сравнению с ДВС;
- 4) ввиду значительного уменьшения механических узлов, динамических нагрузок и вибраций значительное увеличение срока службы кузова и всей экипажной части (до 20 – 25 лет);

5) возможность торможения самим электродвигателем (без применения механических тормозных

6) устройств) с рекуперацией энергии торможения в систему электроснабжения электромобиля;

7) высокая плавность хода с достаточно большим интервалом частоты вращения вала двигателя, простота регулирования координатами электропривода во всем интервале частот.

8) практически отсутствует проблема пуска силовой установки в условиях низких температур;

9) возможность подзарядки аккумуляторов солнечной энергией (как во время движения, так и во время простоя автомобиля);

10) возможность подзарядки аккумуляторов от бытовой электрической сети в ночное время, когда потребление электроэнергии происходит не столь интенсивно (этим обеспечивается решение проблемы «энергетического пика»);

11) станции подзарядки аккумуляторных батарей в сравнении с заправочными станциями для традиционных автомобилей практически не представляют экологической угрозы для населения, и их можно размещать непосредственно в жилых кварталах, супермаркетах.

К основным недостаткам электромобиля следует отнести:

1) за полтора века в своём развитии ХИЭТ так и не достигли плотности энергии и стоимости, сопоставимой с горючим топливом;

2) производство и трудности утилизации аккумуляторов, которые продолжают содержать большое количество ядовитых компонентов (свинец, кадмий, литий и т.д.), при массовом производстве ХИЭТ на их основе приводит вновь к серьёзной экологической проблеме;

3) для массового применения электромобилей требуется создание инфраструктуры для зарядки аккумуляторных батарей;

4) высокий вес достаточно энергоёмких свинцовых батарей и высокая стоимость литиевых батарей;

5) малый пробег без подзарядки ВВАКБ. На одной зарядке литиевая батарея ёмкостью 24 кВт·ч позволяет проехать электромобилю 160 км, но при использовании кондиционера или отопителя в салоне и движении в условиях города при частом разгоне и торможении длина такого пробега может сократиться до 80 км;

6) для холодного климата встаёт проблема отопления салона. Для салонов средних размеров требуется источник теплоты мощностью 2–3 кВт. Продающиеся в России электромобили Mitsubishi i-MiEV имеют аккумуляторные батареи ёмкостью 16 кВт·ч. Поэтому длина пробега без подзарядки при включенном отоплении значительно сократится. В нашем холодном климате предпочтительнее использовать электромобили Tesla Model S, в которых отопитель без подзарядки может работать до двух суток.

### **Классы гибридных автомобилей и проблемы их эксплуатации в условиях Сибири**

Итак, переход на электромобили имеет не только плюсы, но и свои минусы. На самом деле произведённая оценка достаточно неточна. Здесь не учтено, что традиционный автомобиль уже давно имеет свою автономную систему электроснабжения, которая используется не только для вспомогательных целей (систем освещения и сигнализации, зажигания, электронного управления этими системами и т.д.) но и для работы самой силовой установки с ДВС. Там, где раньше в автомобилях использовались механические передачи, теперь внедряются электроприводы. Эта тенденция затронула и ДВС. Постоянная тенденция роста мощности генератора над мощностью стартера породило мысль о совмещении их функций в едином устройстве – интегрированном стартер-генераторе (ИСГ). ЭСУ типа ДВС – ИСГ по мнению [2] уже автоматически становится гибридной.

Дальнейшее же развитие инженерной мысли уже будет связано с радикальной перестройкой самой структуры ЭСУ, которая должна будет обеспечивать более одного метода получения механической энергии для движения автомобиля. Еще не так давно электрооборудование автомобиля воспринималось как его придаток, электрификация его узлов заключалась лишь в замене механических приводов (в рулевом управлении, тормозной системы и т.д.) на электроприводы без изменения самих функций заменяемых узлов (гидронасоса, компрессора или механического привода). Однако сегодня автопроизводители пришли к мнению о необходимости пересмотра этой традиционно сложившейся системы. Возникла потребность в структурной перестройке всей ЭСУ с изменением функций её элементов. Разнообразие таких новых структур приводов имеет чёткую классификацию [2, 3].

В зависимости от выполняемых функций ГЭСУ классифицируются по шкале от традиционного автомобиля до электромобиля. Такая классификация приведена в [4]. Самую низкую степень гибридизации имеют гибриды с ЭСУ типа ДВС – ИСГ (микрогибрид). Затем в порядке возрастания степени гибридизации следуют: средний гибрид (Mild Hybrid – без ДВС движение невозможно), HEV – Hybrid Electric Vehicle (автомобиль с полным гибридным приводом – полный гибрид, может двигаться и без ДВС); PHEV – Plugin Hybrid Electric Vehicle (автомобиль с полным гибридным приводом и зарядкой от внешнего источника – плагин-гибрид); RXBEV – Range Extender Battery Electric Vehicle (аккумуляторный электромобиль с ДВС приводом к генератору, питающему ЭД, для увеличения запаса беззарядного хода – без ЭД движение не возможно). Здесь чем выше уровень гибридизации, тем больше нагрузка на электрический привод относительно теплового привода. У этих классов структура сопряжения ДВС и ЭД в ГЭСУ может быть различной [5].

Различают два основных типа ГЭСУ: последовательные и параллельные.

В последовательной ГЭСУ двигатель передает энергию вращения генератору, который заряжает аккумуляторную батарею и питает электроприводы, в том числе и те, которые приводят автомобиль в движение. Следовательно, механическая энергия ДВС непосредственно не используется для перемещения автомобиля.

В параллельной ГЭСУ как ДВС, так и электродвигатель вырабатывают механическую энергию непосредственно для перемещения.

Существуют и смешанные (комбинированные) ГЭСУ. Они соединяют в себе преимущества последовательного и параллельного типов. При этом режим работы ДВС выбирается оптимальным. Недостатками комбинированных ГЭСУ являются: повышенная сложность управления механической энергией, наличие отдельного генератора, высокая стоимость.

Из всех существующих на сегодняшний день гибридов бесспорную пальму первенства по объему продаж держит автомобиль Toyota Prius. Это самый первый гибрид, который выпускается серийно с 1997 года. Он представляет собой пятиместный переднеприводной седан. Его ГЭСУ имеет четырехцилиндровый бензиновый ДВС 1,5 л (58 л.с., 102 Н·м при 4000 об/мин) и ЭД с крутящим моментом 305 Н·м при 940 об/мин (41 л.с. при 940...2000 об/мин). Сопряжение ДВС и ЭД здесь имеет последовательно-параллельную схему (смешанную). В качестве ВВАКБ использовано 40 никель-металлогидридных батарей. На автомобилях первого поколения Toyota Prius разгон до 16 км/ч осуществлялся только на ЭД, расход топлива составлял 3,6 л на 100 км, максимальная скорость 161 км/ч, время разгона скорости до 100 км/ч – 14 с.

При создании Toyota Prius закладывался большой ресурс прочности. Японцы были первопроходцами и не хотели испортить репутацию. Даже в наших условиях встретить на Toyota Prius ржавчину можно очень редко - как правило, это битый автомобиль. Даже Prius с пробегом 480 тыс. км может еще работать достаточно долго, а его батарея при надлежащем уходе может быть пригодной в течение всего срока его эксплуатации. Как правило, проблемы у этих автомобилей вызваны некачественным вмешательством непрофессионалов.

В 2005 году начался серийный выпуск второго поколения Toyota Prius с улучшенными характеристиками и большей мощностью. Его ДВС с объемом 1,5 л имеет мощность 78 л.с., ЭД – 68 л.с. с крутящим моментом 400 Н·м. Это уже полный гибрид. Он может развивать скорость 50 км/ч только на одном ЭД.

Автомобиль хэтчбэк Toyota Prius третьего поколения дебютировал на мотошоу в Детройте в 2009 г. Основное изменение в ГЭСУ – это 1,8-литровый четырехцилиндровый бензиновый ДВС, работающий по циклу Аткинсона, мощностью 98 л.с. с максимальным крутящим моментом 142 Н·м. Расход топлива 4,7 л на 100 км.

Эксплуатация гибридов в условиях Сибири показала, что из всех гибридов Toyota Prius – наиболее приспособленное к суровым зимам транспортное средство. В Интернете можно найти сообщения о том, что Toyota Prius легко заводится и при -20°C. Есть случаи, когда эта машина, всю ночь отстоявшая на тридцатиградусном морозе, заводилась с третьей попытки, а в Ханты-Мансийске одному владельцу Приуса удалось завести свою машину за четыре раза и при -56°C.

По многим параметрам автомобиля Toyota Prius значительно опережают гибриды других марок:

- 1) более экономичны;
- 2) наносят меньше вреда экологии;
- 3) могут дольше обходиться без заправки;
- 4) их ВВАКБ могут подзарядиться от бензинового двигателя, и эти батареи весят

существенно меньше, чем у электромобилей.

- 5) ДВС работает только в оптимальном режиме;
- 6) существует возможность движения только на электродвигателях;
- 7) концерн Toyota гарантирует исправную работу ВВАКБ в течение 8 лет эксплуатации, а её утилизацию берёт на себя, принимая у населения отработавшие ВВАКБ;
- 8) никель-гидридные ВВАКБ не боятся холодов (их разрядная ёмкость при низких температурах, конечно, тоже падает, но зато их рабочий ресурс даже увеличивается);
- 9) при нормальной эксплуатации поломки узлов и агрегатов Приуса происходят редко;
- 10) в некоторых странах, например в США, для владельцев Toyota Prius предусмотрена система налоговых льгот.

Увы, последнее достоинство не распространяется на Россию. Более того Госдума приняла закон, разрешающий ввоз в Россию только Приусов выпуска 3...5-летней давности. В чьих интересах такой закон? Явно не в наших интересах. Запад сам будет ездить на новеньких, только что с конвейера Приусах, а в Россию поставлять б/у, перекладывая на наши плечи ещё и проблему их утилизации.

Кроме этого для нас минуса можно отметить ещё и такие недостатки Приусов:

- 1) из-за сложности устройства двигателя покупка гибридных автомобилей и их ремонт обходится дороже, чем приобретение и починка машины с классическим двигателем;
- 2) самым узким местом Приуса является ВВАКБ и инвертор, а их замена стоит больших денег;
- 3) гибридные автомобили достаточно сложны в устройстве. Для их починки требуется помощь профессионала, которую не везде можно получить [6].

Все другие марки гибридов, эксплуатируемых в Сибири, значительно уступают Toyota Prius. В частности, Toyota Rav-4 и Lexus NX 300H, имеющие по существу одинаковую схему ГЭСУ, по объёму продаж на сибирском рынке значительно уступают Приусу. Toyota Prius в условиях низких температур стартует легче любого другого автомобиля. Только надо иметь в виду, что начинать движение при очень низких температурах нельзя пока не запустился ДВС. Это вам не Силиконовая долина, а Сибирь.

Следует ожидать, что данная ситуация преобладания среди гибридов Приусов сохранится на дорогах Сибири ещё долго, если только инженерная мысль не приведёт к открытию принципиально новых ЭСУ – работающих, на базе бестопливных технологий. Концерн Toyota скупил все патенты на изобретение всех узлов ГЭСУ, которая и обеспечила успех этой марки, и тем самым лишил других производителей гибридов создать что-либо подобное. Главный элемент в этой ГЭСУ, который не имеют право использовать другие автоконцерны, это делитель мощности (ДМ), распределяющий механическую энергию между генератором и механическим приводом. Изобретателем этого ДМ является гражданин России, который с недавних пор живёт в США.

Электрооборудование автомобилей содержит различные электрические аппараты, обладающие определённой термической стойкостью [7, с. 82]. При низких температурах окружающей среды термическая стойкость электрических аппаратов повышается, что позволяет их эксплуатировать в более продуктивных режимах работы. Поэтому низкие температуры внешней среды кроме минусов дают ещё и плюс, которым можно воспользоваться, совершенствуя соответствующим образом автомобильное электрооборудование в целом. Так можно создавать гибриды с лучшей адаптацией к сибирским морозам.

### **Заключение**

Переход автомобильного транспорта на альтернативные источники энергии и электрические энергетические силовые установки является лишь вопросом времени.

На основе имеющихся в настоящее время источников электрической энергии переход от традиционных автомобилей к электромобилям не целесообразен. Такой переход в глобальном масштабе не только не улучшает экологическую ситуацию биосферы Земли, но ещё и усугубляет её. В настоящее время наиболее актуален переход автомобильного транспорта на гибридные автомобили.

Среди существующих в настоящее время классов гибридных автомобилей наилучшие эксплуатационные показатели имеют гибриды со смешанной (последовательно-параллельной) схемой сопряжения ГЭСУ.

В условиях Сибири наилучшие показатели эксплуатации имеют гибриды марки Toyota Prius, начиная от самой первой их версии (выпуска 1997 года) и до последних. Однако имеет место проблема их техобслуживания из-за дефицита кадров требуемой квалификации.

Необходимо наладить службу техобслуживания Приусов и гибридных Лексусов. Но гораздо

полезнее будет разработать альтернативный им отечественный гибрид, с такими же эксплуатационными показателями, но лучше приспособленными к работе в условиях суровых сибирских зим.

*Научный руководитель к.т.н, доцент Червенчук В.Д.*

### Библиографический список

1. Денисов, В.П. Электрический привод : учебное пособие / В.П. Денисов, В.Д. Червенчук – Омск : СибАДИ, 2015 – 172 с.
2. Скворцов В.А., Берестов А.А. Тенденции в развитии транспортных средств с использованием электрического привода. – Силовая Электроника, №1, 2004.
3. A New Road: The technology and Potential of Hybrid Vehicles by David Friedman. Union of Concerned Scientists. January 2003.
4. Червенчук В.Д. К вопросу о классификации энергетических силовых установок гибридных автомобилей // Архитектура, строительство, транспорт: Материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). – Омск, 2015. С. 1055-1060.
5. Червенчук В.Д. О тенденциях развития электрооборудования традиционных и гибридных автомобилей // Современное научное знание в условиях системных изменений: Материалы Первой национальной научно-практической конференции. Тара: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. С. 234-237.
6. Червенчук В.Д. Перспективные направления повышения эффективности эксплуатации автомобильного электрооборудования // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации: Материалы научно-практической конференции [Электронный ресурс]: 2016. С. 725-729. Доступ из научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU. URL: [http://elibrary.ru/download/elibrary\\_28180371\\_46514108.pdf](http://elibrary.ru/download/elibrary_28180371_46514108.pdf) (дата обращения 13.03.2017).
7. Червенчук, В.Д. Электрические аппараты. Тепловые процессы в электрических аппаратах: учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие : [направление "Электроэнергетика и электротехника"] / В. Д. Червенчук, А. Л. Иванов ; СибАДИ, кафедра "Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование". - Электрон. дан. - Омск : СибАДИ, 2016. - 132 с. : ил., табл. - Загл. с титул. экрана. - Библиогр.: с. 121. - ISBN 978-5-93204-939-6

### PROBLEMS OF OPERATION AND MAINTENANCE OF HYBRID VEHICLE UNDER CONDITIONS OF SIBERIA

A.N. Nikolaeva, R.K. Bizhanov

**Annotation.** *Hybrid cars and their place in the development of the automotive industry. The pros and cons of switching to the production of electric vehicles and hybrid cars are revealed. It is established that the logic of the development of electrical equipment of traditional cars testifies to their smooth transition to hybrid cars. The operation of hybrid cars in Siberia and the features of their work in the winter. Start the engine Toyota Prius in low temperature. The main parameters for which Toyota Prius cars have advantages over other hybrid cars.*

**Keywords:** *hybrid cars, electric cars, power plants, electric equipment of the car, electric drive, electric motor, internal combustion engine, chemical sources of current.*

### References

1. Denisov, V.P. EHlektricheskij privod : uchebnoe posobie / V.P. Denisov, V.D. CHervenчук – Омск : SibADI, 2015 – 172 s.
2. Skvorcov V.A., Berestov A.A. Tendencii v razvitii transportnyh sredstv s ispol'zovaniem ehlektricheskogo privoda. – Silovaya EHlektronika, №1, 2004.
3. A New Road: The technology and Potential of Hybrid Vehicles by David Friedman. Union of Concerned Scientists. January 2003.
4. CHervenчук V.D. K voprosu o klassifikacii ehnergeticheskikh silovyh ustanovok gibridnyh avtomobilej // Arhitektura, stroitel'stvo, transport: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (k 85-letiyu FGBOU VPO «SibADI»). – Омск, 2015. S. 1055-1060.
5. CHervenчук V.D. O tendenciayah razvitiya ehlektooborudovaniya tradicionnyh i gibridnyh avtomobilej // Sovremennoe nauchnoe znanie v usloviyah sistemnyh izmenenij: Materialy Pervoj nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. Tara: Izd-vo FGBOU VO Omskij GAU, 2016. S. 234-237.
6. CHervenчук V.D. Perspektivnye napravleniya povysheniya ehffektivnosti ehkspluatatsii avtomobil'nogo ehlektooborudovaniya // Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, novacii: Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii [EHlektronnyj resurs]: 2016. S. 725-729. Dostup iz nauchnoj ehlektronnoj biblioteki eLIBRARY.RU. URL: [http://elibrary.ru/download/elibrary\\_28180371\\_46514108.pdf](http://elibrary.ru/download/elibrary_28180371_46514108.pdf) (data

obrashcheniya 13.03.2017).

7. СHervenчuk, V.D. EHlektricheskie apparaty. Teplovye processy v ehlektricheskikh apparatah: uchebnoe posobie [EHlektronnyj resurs] : uchebnoe posobie : [napravlenie "EHlektroehnergetika i ehlektrotekhnika"] / V. D. СHervenчuk, A. L. Ivanov ; SibADI, kafedra "Teplovye dvigateli i avtotraktornoe ehlektrooborudovanie". - EHlektron. dan. - Omsk : SibADI, 2016. - 132 s. : il., tabl. - Zagl. s titul. ehkrana. - Bibliogr.: s. 121. - ISBN 978-5-93204-939-6

УДК 621.432:502.14:543.42.061

## НЕТРАДИЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВС

**А.А. Польшинская, Литвинов П.В**

Омский Государственный университет путей и сообщений, Россия, г. Омск  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассматриваются пути нейтрализации отработавших газов путем применения катализаторов и каталитических покрытий внутри камеры сгорания. Описывается актуальность проблемы, а именно влияние загрязняющих веществ на окружающую среду. Проведен обзор имеющихся катализаторов. Осуществлен патентный поиск, на основании которого был выбран метод нанесения каталитического покрытия внутри камеры сгорания двигателя на поршни, путем добавления порошка с каталитической примесью в масло, как наиболее эффективный.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания (ДВС), камера сгорания, катализатор, экологическая безопасность.

### Введение

Решение экологических вопросов в последнее время становится все более актуальным. Это связано как с усугублением возникающих проблем охраны окружающей среды, так и с требованиями, которые диктуют специальные организации ЕС. Специальный технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» практически полностью базируется на Правилах ЕЭК ООН. В среднем по России вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха составляет 40-45%, а в крупных городах – до 90% [1]. По суммарной массе и общему отравляющему эффекту СО занимает первое место среди газов-загрязнителей [2]. Одним из аспектов деятельности экологических организаций является контроль над токсичностью отработавших газов автомобилей. Эта проблема актуальна не только в Европе, но и в странах СНГ. Методом минимизации токсичности выхлопных газов является применение на автомобилях устройств, именуемых катализаторами. Они призваны получить выхлопы с определенным содержанием СО, СН, NO, не превышающим установленных ЕС норм.

В настоящее время каталитические нейтрализаторы можно подразделить на три вида рис. 1.

Каталитический нейтрализатор расположен либо на приемной трубе, либо сразу после нее. Внутри корпуса каталитического нейтрализатора находится керамическая сотовая конструкция. Соты нужны для того, чтобы увеличить площадь контакта выхлопных газов с поверхностью, на которую нанесен тонкий слой платиноиридиевого сплава. Недогоревшие остатки (СО, СН, NO) касаясь поверхности каталитического слоя, окисляются до конца кислородом, присутствующим также в выхлопных газах. В результате реакции выделяется тепло, разогревающее катализатор и, тем самым, активизируется реакция окисления. В конечном итоге на выходе из катализатора (исправного) выхлопные газы содержат в основном N<sub>2</sub> и СО<sub>2</sub>.



Рисунок 1 – Основные виды катализаторов

## Основная часть

### Обзор патентов с целью решения проблемы

С целью снижения загрязненности атмосферы выхлопные газы пропускают через жидкостные, пламенные, каталитические и др. нейтрализаторы [3]. В каталитических нейтрализаторах наибольшее распространение получили покрытия, содержащие благородные металлы (Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ir, Ru), а также переходные металлы (Mn, Fe, Cr, V, Mo, Co, Ce, Ni, W, Cu, Sn) и их оксиды. Наиболее эффективными являются покрытия на основе благородных металлов – платины (Pt) и палладия (Pd). Платина является универсальным катализатором, обеспечивающим быстрое протекание реакций окисления и восстановления. Палладий, как правило, используют для ускорения окислительных реакций. Для интенсификации восстановительных реакций применяют радий (Ra), рутений (Ru), оксиды меди, железа, марганца, ванадия, хрома и др. Катализирующая эффективность остальных металлов ниже [4]. Аналогичные покрытия можно применять и непосредственно в камере сгорания ДВС. Например, корундовый слой на поверхности камеры сгорания может быть использован в качестве носителя катализатора и при повышенных температурах непосредственно в качестве катализатора. Результаты стендовых испытаний автотракторного дизеля показали, что применение корундового слоя позволяет снизить массовый выброс твердых частиц с отработавшими газами на 19-30% [5, 6].

С целью уменьшения токсичности выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) разработаны патенты. Например:

Известен "Способ каталитической нейтрализации отработавших газов в цилиндрах ДВС" (Патент РФ №2163677, F02B 47/04) с использованием в качестве окислительно-восстановительных катализаторов окислы соединений металлов железа, цинка, хрома, марганца и никеля, добавляемых в топливо в виде растворов или на выносителях, причем добавление этих растворов должно производиться на нефтеперерабатывающих заводах. Недостатками этого способа является то, что, во-первых, в составе выхлопного газа появляются новые газообразные соединения хрома, цинка и других металлов, вводимые в топливо; во-вторых, окислы металлов в топливе в процессе транспортирования и хранения выпадут в осадок; в-третьих, требуется постоянная регулировка питающего устройства двигателя, а также высокая стоимость материалов [6].

Также известен "Способ работы двигателя внутреннего сгорания и каталитическая композиция для его осуществления" (Патент РФ №2069774, кл. F02B 52/02). На поверхности деталей камеры сгорания двигателя наносят катализатор, в качестве которого используют медь, или оксид меди, или композицию, содержащую металлы или оксид металла, выбранного из группы: марганец, никель, хром или их смесь, дополнительно содержащую платину или палладий. Катализатор наносят на поверхности деталей камеры сгорания, контактирующие с топливом и/или топливовоздушной смесью, и/или с продуктами сгорания толщиной 0,01-10 мкм. Недостатками являются очень сложная технология гальванического метода нанесения каталитического покрытия на детали камеры сгорания. Не менее сложна и предварительная обработка этих поверхностей для последующего нанесения каталитического покрытия. Каталитические покрытия деталей камеры сгорания, имеющие толщину 0,01-10 мкм и работающие при высоких температурах и давлениях, не могут быть долговечными [7].

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Патент «Способ уменьшения вредных выбросов с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания». Относится к двигателестроению. Способ уменьшения вредных выбросов с отработавшими газами ДВС путем использования каталитических покрытий на поверхностях деталей камеры сгорания двигателя в качестве катализатора использует состав, содержащий, мас. %: серпентин 77-86%; хлорит 2-3%; магнетит 1-2%; амфибол 1,5-2%; амакинит 1-2%; магнезит 1-2%; кальцит 0,5-1%; рентгеноаморфная фаза 8-10%. Изобретение позволяет уменьшить токсичность выхлопных газов.

Задачей является создание эффективного и недорогого способа уменьшения токсичности выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания. Технический результат, который может быть получен при осуществлении метода, заключается в снижении содержания токсичных компонентов в отработавших газах в процессе работы двигателя с одновременной экономичностью процесса. Этот технический результат достигается тем, что в известном способе уменьшения токсичности выхлопных газов ДВС, включающем контакт катализатора и топливной смеси в камере сгорания, в качестве катализатора используют состав, содержащий следующее (смотри табл.1).

Таблица 1 – Фазовый состав порошка и его процентное содержание

Фазовый состав порошка. Выявленная фаза	Химическая формула	Содержание, %
Серпентин (лизардит и хризотил)	$Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$	77-86
Амакинит	$(Mg,Fe)(OH)_2$	1-2
Амфибол	$Ca_2(Mg,Fe)_5(Si,Al)_8O_{22}(OH)_6$	1,5-2
Магнетит	$Fe_3O_4$	1-2
Хлорит	$(Mg,Al,Fe)_{12}[(Si,Al)_8O_2](OH)_{16}$	2-3
Кальцит	$CaMg(CO_3)_2$	0,5-1
Магнезит	$MgCO_3$	1-2
Рентгеноаморфная фаза		7-10

Механизм образования каталитического покрытия на деталях камеры сгорания с использованием предлагаемого состава следующий. Состав изготавливается в виде порошка дисперсностью не более 10 мкм. Он используется в количестве 0,005-0,01% на один литр масла, используемого для смазки двигателя. Нужное количество состава вводится в 100-200 мл масла, применяемого для данного вида двигателя, и размешивается до получения однородной консистенции. Затем полученную смесь выливают в заранее разогретый двигатель (до 60-70°C) через масляную горловину или отверстие для масляного щупа. Запускают двигатель на холостом ходу в течение 1,5-2 часа или автомобиль должен проехать не менее 50 км. При работе двигателя масло доставляет состав в различные пары трения, в том числе цилиндр-поршень. Благодаря эффекту избирательного переноса (Открытие №41, СССР) на поверхностях трения образуется защитный слой.

Избирательный перенос – это особый вид трения, который обусловлен самопроизвольным образованием в зоне контакта тонкой не окисляющейся пленки с низким сопротивлением сдвигу и неспособной наклепываться. Введение в смазочный материал предлагаемого состава реализует эффект безызносности, проявляющийся в том, что на трущихся поверхностях деталей в процессе работы формируется сервовитная пленка из введенных в смазку материалов. Это вещество не уносится из зоны трения, а лишь поступает туда и удерживается там, то есть обладает свойствами сохранности. Толщина пленки достигает 1-4 мкм. Электрический заряд частиц износа возвращает эти частицы в зону контактного взаимодействия поверхностей.

Образование защитной пленки (в данном случае каталитической пленки) в процессе трения обусловлено его созидательным характером, определенным интенсивностью обмена узла трения с внешней средой энергией и веществом, а также коллективным поведением ионов

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

активированного материала. Свойства сервоитной пленки, образующейся в процессе трения, иные, чем у исходного материала.

При контактировании с нагретой каталитической поверхностью (сервоитной пленкой) происходит более быстрое и полное сгорание углеводородов, входящих в состав топлива, а также более полное сгорание продуктов неполного окисления углеводородов топлива в сравнении с отсутствием каталитического покрытия. Кроме этого, повышается и выравнивается компрессия по цилиндрам двигателя.

Пример конкретного выполнения способа.

Для испытания использовали автомобиль OPEL ASTRA с пробегом 106540 км. Вакуумную диагностику двигателя осуществляли как до, так и после обработки двигателя предлагаемым составом. В прогретый двигатель до 70 °С в масляную горловину залили 200 мл масла, содержащего 0,4 г состава. После этого двигатель проработал на холостом ходу два часа. Газовую смесь на выходе выхлопной трубы контролировали на содержание оксида углерода газоанализатором марки АФА-121 и на содержание углеводородов газоанализатором марки УГ-2. В табл. 2 даны результаты содержания оксида углерода и углеводородов, а также изменения компрессии при различных пробегах автомобиля.

Таблица 2 – Содержание оксида углерода и углеводородов и изменение компрессии

Пробег, км	106540	106632	106900	107870
Выхлопные газы				
СО	1,2-1,7% об.	0,06% об.	0,06% об.	0,01% об.
СО <sub>2</sub>	14% об.	14% об.	13,7% об.	14% об.
Углеводороды	0,32% об.	0,22% об.	0,19% об.	0,13% об.
О <sub>2</sub>	0,48% об.	0,25% об.	0,38% об.	0,51% об.
Компрессия по цилиндрам				
1	9.00	14.40	14.9	14.9
2	6.50	14.40	14.8	15.3
3	12.50	14.40	14.8	15.2
4	14.40	14.40	14.9	15.3

Сущность каталитического воздействия предлагаемого состава заключается в том, что при введении этого состава в систему смазки двигателя внутреннего сгорания под действием сил трения на поверхностях деталей камеры сгорания происходят физико-химические и структурные превращения, приводящие к образованию соединений, обладающих эффективным каталитическим действием в процессе окисления оксида углерода и углеводородов. Кроме того, увеличение и выравнивание компрессии в цилиндрах способствует более эффективному сгоранию топливной смеси [5].

### Заключение

Установка каталитических нейтрализаторов на автомобильную технику позволяет значительно снизить выбросы отработавших газов и уложиться в экологические требования ЕВРО-3 и выше. На основании проведенного обзора катализаторов можно сделать вывод, что наиболее перспективным является использование каталитических покрытий камеры сгорания. Данный метод позволяет значительно снизить концентрацию вредных веществ в отработавших газах. Патент «Способ уменьшения вредных выбросов с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания» является наиболее эффективным и исключает недостатки рассмотренных выше патентов. Использование предлагаемого состава в ДВС позволит снизить концентрацию токсичных веществ в отработавших газах в 3-5 раз, снизить износ узлов трения в 3-4 раза, уменьшить потери на трение в 2-3 раза.

*Научный руководитель к.т.н., доцент А.Л. Иванов*

## Библиографический список

1. Артюхов В.В., Мартынов А.С. Системная методология оценки устойчивости природно-антропогенных комплексов: теория, алгоритмы, количественные оценки. 2013. – 142 с. – Электр. ресурс, URL: <http://www.sci.aha.ru/ots/Metodology.pdf>, [www.sci.aha.ru](http://www.sci.aha.ru) (07.02.2016)
2. Темкин О.Н. Промышленный катализ и экологически безопасные технологии / О. Н Темкин // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – №10. – С. 42–50.
3. Попова Н.М. Катализаторы очистки газовых выбросов промышленных производств. – М.: Химия, 1991. – 176 с.
4. Третьяков В.Ф. Каталитические системы для очистки водорода от СО для топливных элементов / В.Ф. Третьяков, Т.Н. Бурдейная, Л.А. Березина, Любушкин Р.А // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С. 823–829.
5. Пат. 2301348 РФ : МПК F02B5 1/02 Способ уменьшения вредных выбросов с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания / В.Н. Дураджи, Ю.В. Дураджи : заявл. 14.07.2005 ; опубл. 05.02.2007.
6. Пат. 2163677 РФ : МПК F 02 В 47/04 : Способ каталитической нейтрализации отработавших газов в цилиндрах в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / К. А. Кошарко ; заявл. 02.08.1999 ; опубл. 27.02.2001.
7. Пат. 2069774 РФ : МПК F02B 52/02 : Способ работы двигателя внутреннего сгорания и каталитическая композиция для его осуществления / В.Б. Мельников, В.А. Гороховский, В.И. Родионов : заявл. 03.04.1994 ; опубл. 27.11.1996.

## NON-TRADITIONAL USE OF CATALYTIC COATINGS IN THE COMBUSTION CHAMBER TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF ICE

A.A. Polynskaya, P.V. Litvinov

**Annotation.** *The article considers ways of neutralizing exhaust gases with the help of catalysts. The review of available catalysts is carried out. A patent search was carried out, but the basis of this method was chosen to apply the catalytic coating in the combustion chamber as the most effective.*

**Keywords:** *internal combustion engine (ICE), combustion chamber, catalyst, environmental safety.*

Полынская Алена Андреевна (Россия, Омск) – магистрант группы ЭТКм – 16 Т2 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644014. г. Омск ул. 2-я Поселковая 1/3, 79136661274@yandex.ru).

Литвинов Павел Васильевич (Россия, Омск) – аспирант ОМГУПС (Омский Государственный университет путей и сообщений), (644020 Омск ул. Серова 20/5 комната 86, P\_vasilich55@mail.ru).

Alina Andreevna Polynskaya (Russia, Omsk) - master student of the group ETKM - 16 T2 of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644014. Omsk 2 st Poselkovaya Street 1/3, 79136661274@yandex.ru).

Litvinov Pavel Vasil'evich (Russia, Omsk) - postgraduate student of the Omsk State Transport University (OSTU), (644020 Omsk Serova Street 20/5 room 86, p\_vasilich55@mail.ru).

## References

1. Artyukhov VV, Martynov AS System methodology for assessing the sustainability of natural-anthropogenic complexes: theory, algorithms, quantitative estimates. 2013.-142 с. - Electr. Resource, URL: <http://www.sci.aha.ru/ots/Metodology.pdf>, [www.sci.aha.ru](http://www.sci.aha.ru) (07.02.2016)
2. Temkin ON Industrial catalysis and environmentally friendly technologies / O. N Temkin // Soros Educational Journal. - 1996. - №10. - P. 42-50.
3. Popova N.M. Catalysts for purifying gas emissions from industrial production. - Moscow: Chemistry, 1991. - 176 p.
4. Tretyakov VF, Burdeynaya TN, Berezina LA, Lyubushkin RA Catalytic systems for hydrogen purification from CO for fuel cells // Chemistry for Sustainable Development. - 2005. - No. 13. - P. 823-829.
5. <http://www.findpatent.ru/patent/230/2301348.html>
6. Patent of the Russian Federation No. 2163677, F02B 47/04.
7. Patent of the Russian Federation No. 2069774, F02B 52/02.
8. Technical Regulations of the Customs Union "On the Safety of Wheeled Vehicles" 2011

УДК 621.43

## КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**А.А. Проскурин**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен конструктивный обзор современных коленчатых валов. Представлен расчёт на прочность, позволяющий конструировать коленчатые валы с высокой точностью. Также описаны методы упрочнения, позволяющие во много раз повысить прочность коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания. Большая жесткость обеспечивает более благоприятные условия работы блок-картера, коренных подшипников и самого коленчатого вала. Коленчатый вал представляет собой многоопорную статически неопределимую конструкцию, имеющую сложную форму и нагруженную пространственной системой переменных сил.

**Ключевые слова:** двигатель, коленчатый вал, кривошип, вал, шейка, уравновешенность двигателя.

### Введение

Коленчатый вал, воспринимая переменные по величине и направлению газовые и инерционные силы и их моменты, подвергается деформациям изгиба и кручения, а также деформациям от изгибных и крутильных колебаний, неизбежно имеющим место при работе двигателя. Все это может приводить к усталостным разрушениям элементов коленчатого вала.

По этим причинам коленчатый вал современного форсированного двигателя является одной из наиболее часто повреждаемых деталей.

### Конструктивные особенности коленчатых валов

В качестве материалов для изготовления коленчатых валов двигателей используют стали 45, 45Х, 40ХФА, 42ХМФА, 18Х2Н4ВА. Для коленчатых валов двигателей с искровым зажиганием достаточно широко используют серые и ковкие чугуны. Преимуществами чугунных валов являются меньшая стоимость, снижение припусков на механическую обработку и экономия стального проката. Однако в дизелях они в настоящее время не получили широкого распространения, так как предел выносливости чугуна существенно ниже, чем стали, и поэтому при ограниченных размерах элементов вала сложно обеспечить в дизеле требуемый запас прочности.

При конструировании вала широко используют статистические данные по относительным размерам элементов вала (рис. 1) для различных категорий двигателей.

Валы устанавливают обычно на подшипники скольжения. Применение подшипников качения возможно в конструкциях коленчатых валов как составных (рис. 2а), так и монолитных (рис. 2б) [1].

Коленчатые валы современных двигателей в большинстве случаев выполняют полноопорными. Такая конструкция вала обеспечивает большую жесткость, а тем самым и более благоприятные условия работы блок-картера, коренных подшипников и самого коленчатого вала.

В ряде зарубежных и отечественных V-образных двигателей шатунные шейки одноименных цилиндров левого и правого рядов делают автономными со сдвигами друг относительно друга на угол  $S$  для того, чтобы обеспечить равномерное чередование рабочих ходов. Огромное влияние на надежность работы коленчатого вала оказывают несоосность коренных опор блока и биение коренных шеек вала.

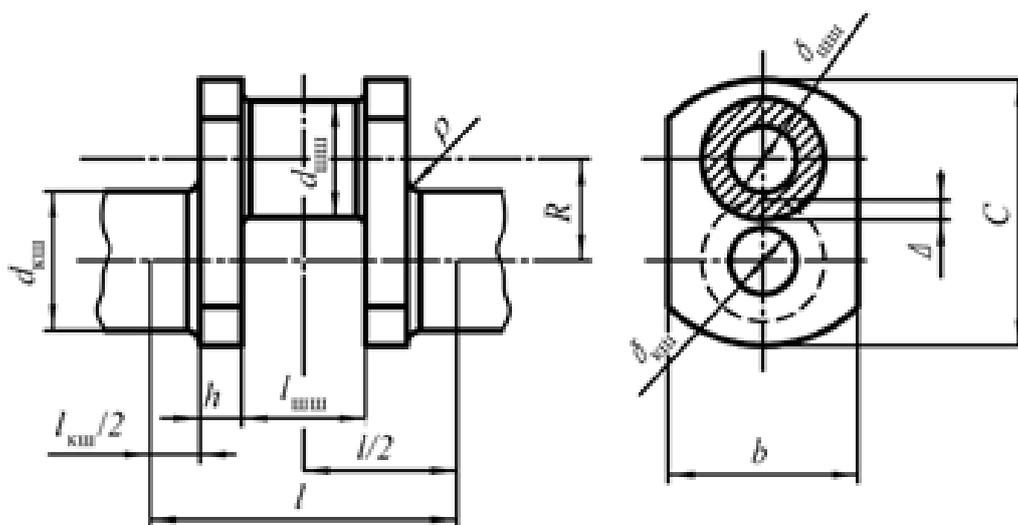


Рисунок 1 – Размеры элементов коленчатого вала

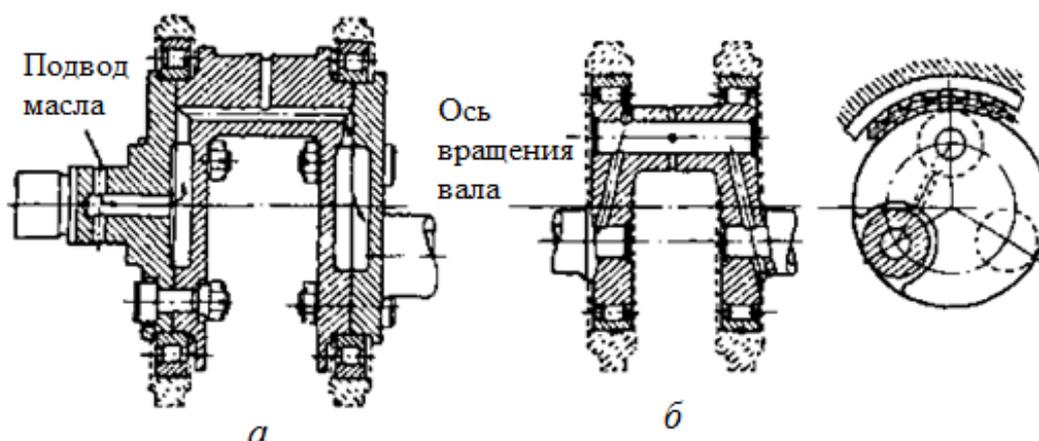


Рисунок 2 – Установка составного (а) и монолитного (б) коленчатого вала на подшипники качения

Исследованиями НАТИ установлено, что при несоосности коренных опор блока, не выходящей за пределы, оговоренные техническими условиями, запас прочности вала уменьшается не более чем на 13%. При несоосности, превосходящей эти пределы, запас прочности резко уменьшается, достигая 30-50% при эксцентриситете 0,1-0,15 мм. Аналогичный эффект наблюдается и при неравномерном износе пары шейка вала – подшипник. При этом большее влияние на прочность коленчатого вала оказывает несоосность коренных опор, чем коренных шеек. Так, исследования ПАТИ показали, что при неравномерности износа подшипников 0,05-0,06 мм возникает реальная опасность поломки коленчатого вала [2].

Особенностью конструкции коленчатых валов современных двигателей является относительно большой диаметр коренных и шатунных шеек, что приводит к перекрытию шеек и способствует повышению изгибной жесткости коленчатого вала. В шатунных шейках делают полости – ловители механических частиц. Эти полости уменьшают неуравновешенную массу кривошипа, что позволяет несколько снизить и массу противовесов.

Щеки вала выполняют эллиптическими, прямоугольными или круглыми. При выборе формы щеки особое внимание должно быть уделено тому, чтобы максимально рационально использовать металл за счет элементов щеки, не передающих усилий сопряженным шейкам. В

этом случае удастся уменьшить массу коленчатого вала автомобильного двигателя на 7-8% без снижения его прочности.

Переходы (галтели) от щек к шейкам выполняются плавными с радиусами  $(0,05...0,07)d$ .

В некоторых конструкциях галтели выполняют по двум или трем радиусам или с поднутрением, что снижает концентрацию изгибных напряжений при сохранении опорной длины вкладыша.

Одним из наиболее принципиальных вопросов при конструировании коленчатого вала является выбор схемы расположения кривошипов. От этого конструктивного параметра решающим образом зависят уравновешенность двигателя, равномерность его хода, параметры крутильных колебаний коленчатого вала.

Как правило, приоритет при решении данного вопроса распределяется следующим образом:

- обеспечение равномерности чередования рабочих ходов и выбор рационального порядка работы двигателя;
- степень внешней уравновешенности двигателя по силам инерции и моментам этих сил;
- возможность достижения сравнительно простыми методами максимальной внутренней уравновешенности двигателя;
- возможность перемещения главных и сильных гармоник крутящих моментов за пределы диапазона, в котором находятся частоты низших форм колебаний крутильной системы [3].

При проектировании двигателя очень важным является вопрос о выборе количества, размеров и о размещении противовесов, которое должно при минимальной металлоемкости обеспечивать внешнюю и минимизировать внутреннюю неуравновешенность двигателя.

Конструктивно противовесы выполняют либо как единое целое с валом, либо устанавливают на продолжении щек в виде автономных элементов. Некоторые их конструкции показаны на рис. 3.

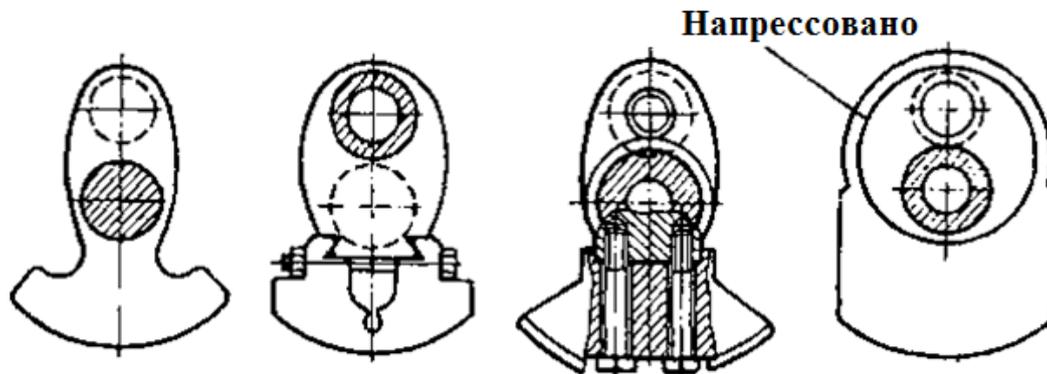


Рисунок 3 – Формы щёк и противовесов коленчатого вала

Осевая фиксация коленчатого вала относительно картера обеспечивается упорными кольцами, бортами вкладышей или упорным подшипником.

Упорные кольца изготавливают из бронзы, стали или металлокерамики. Стальные кольца и опорные борты вкладышей заливают антифрикционным сплавом. От проворачивания кольца удерживаются штифтами. Осевые зазоры устанавливают в пределах 0,05-0,15 мм.

Масло к коренным подшипникам подводится от главной масляной магистрали в малонагруженную зону их наружной поверхности.

К шатунным подшипникам масло подводится по просверленным отверстиям в щеках и по радиальным отверстиям в шатунной шейке.

Коленчатый вал представляет собой многоопорную статически неопределимую конструкцию, имеющую сложную форму и нагруженную пространственной системой переменных сил [4].

В настоящее время при расчетах на прочность наиболее широкое распространение получила так называемая разрезная схема, в соответствии с которой из коленчатого вала по срединам коренных шеек вырезается кривошип, который рассматривается как двухопорная балка. Исследованиями Р. С. Кинасошвили установлено, что при расчете вала на прочность с

точки зрения практической полезности полученных результатов не имеет существенного значения, вести ли расчет вала по разрезной или по неразрезной схеме. Так, запас прочности коренных шеек получается практически одинаковым, а шатунных шеек при расчете вала как разрезного на 5-10% меньше и только для шеек результаты расчетов существенно разнятся. Например, для крайних шеек запасы прочности при расчете вала как разрезного получаются на 30-40% меньше, чем при расчете его по неразрезной схеме; еще больше эта разница для промежуточных шеек.

Однако напрашивающийся вывод о необходимости ведения расчета по неразрезной схеме имел бы смысл только в том случае, если была бы возможность достоверно учесть в расчете такие трудно прогнозируемые факторы, как несоосность опор и коренных шеек, неравномерность износа их в процессе эксплуатации и динамические деформации опор картера и шеек.

С учетом вышеизложенного ограничимся рассмотрением методики расчета вала по разрезной схеме. При этом запасы прочности коренных и шатунных шеек будем определять в сечениях маслоподводящих каналов, а для шеек – в местах сопряжений их с шейками, т. е. в галтелях [5].

Прочность коленчатого вала определяется следующими факторами:

- размерами и формами отдельных элементов вала;
- наличием концентраторов напряжений на кромках масляных каналов, галтелей и других переходах;
- характеристиками прочности материала;
- использованными при изготовлении вала конструктивными и технологическими методами упрочнения;
- наличием и ориентацией внутренних упорядоченных структур, расположением волокон, зависящим от способа изготовления коленчатого вала.

При проектировании двигателя размеры отдельных элементов вала задаются на основании статистических данных с учетом конструктивных особенностей и степени форсированности проектируемого двигателя. После этого производится оценка напряженного состояния каждого элемента вала.

Расчет коренных шеек. Коренные шейки нагружаются главным образом крутящим моментом, так как величины изгибающих их моментов малы вследствие относительно малой длины шеек. Поэтому запасы прочности коренных шеек принято оценивать только по касательным напряжениям. Последовательность расчета при этом такая:

- по данным динамического расчета двигателя составляют таблицу или строят графики набегающих крутящих моментов, передаваемых отдельными коренными шейками. Расчет проводится для той шейки, набегающий крутящий момент на которой имеет наибольшую амплитуду;
- определяют максимальное и минимальное значения касательных напряжений (МПа);
- определяют запас прочности  $n_\tau$ . Для определения  $n_\tau$  необходимо знать  $K_\tau/\varepsilon_\tau$  – отношение эффективного коэффициента концентрации напряжений к произведению масштабного и технологических факторов. Величина этого отношения зависит от многих факторов, прежде всего от конструктивных особенностей вала. В ориентировочных расчетах Р.С. Кинасошвили рекомендует принимать  $K_\tau/\varepsilon_\tau \approx 2,5$ .

Значения для коренных шеек валов двигателей, хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации, находятся в пределах: автомобильные двигатели –  $n_\tau = 3...4$ , тракторные –  $n_\tau = 4...5$ .

Расчет шатунных шеек. На шатунные шейки действуют одновременно переменные крутящие и изгибающие моменты. Вследствие того, что экстремальные значения этих моментов не совпадают по времени, принято определять отдельно запасы прочности по касательным и нормальным напряжениям, а затем находить результирующий запас прочности.

Запас прочности по касательным напряжениям  $n_\tau$  определяется в той же последовательности, что и при расчете запаса прочности коренных шеек, только значения скручивающих моментов определяются по таблицам или графикам набегающих крутящих моментов на шатунные шейки.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Расчетная схема, используемая при определении запаса прочности по нормальным напряжениям, приведена на рис. 4. Для упрощения здесь принято, что кривошип симметричный и центробежные силы щек и противовесов лежат на одной линии [6].

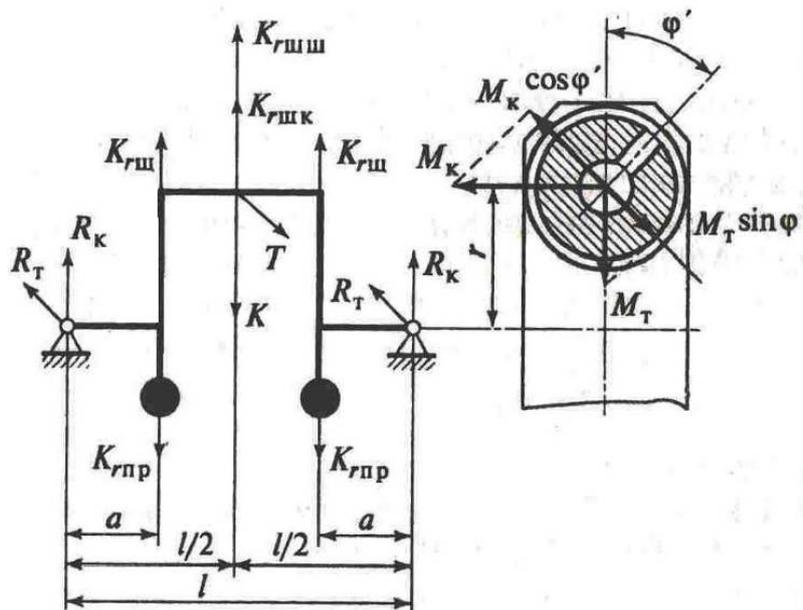


Рисунок 4 – Расчётная схема кривошипа

Последовательность расчета следующая:

- определяются изгибающие моменты в сечении маслоподводящего канала в плоскости кривошипа  $M_k$  и в плоскости  $M_T$ , перпендикулярной плоскости кривошипа, в этих выражениях:  $K$  – сила, действующая вдоль по кривошипу;  $K_{rш.к}$  – центробежная сила инерции массы шатуна, отнесенной к кривошипу;  $K_{rш.ш}$  – центробежная сила инерции шатунной шейки;  $K_{rщ}$  – центробежная сила инерции щеки;  $K_{rпп}$  – центробежная сила инерции противовеса;  $T$  – тангенциальная сила.

Плоскость действия модуля суммарного изгибающего момента и значения при вращении вала будут меняться. Так как максимальная концентрация напряжений на шейке имеет место на кромках маслоподводящего отверстия, то усталостное разрушение шатунной шейки наиболее вероятно в указанной зоне.

Экстремальные значения этого момента могут быть определены с использованием полярной диаграммы нагрузки на шатунную шейку;

- находят максимальное и минимальное напряжения изгиба в шатунной шейке; по известным  $\sigma_{max}$  и  $\sigma_{min}$  определяют амплитуду  $\sigma_a$ , среднее значение напряжений  $\sigma_m$  и запас прочности  $n_\sigma$ ;

- определив  $n_\tau$  и  $n_\sigma$ , находят общий запас прочности шатунной шейки  $n$ .

У форсированных современных двигателей  $n = 2,0...2,5$ .

Расчет щек. Щеки подвергаются изгибу в двух плоскостях, растяжению, сжатию и кручению, т.е. они являются наиболее сложно нагруженными элементами коленчатого вала. Запасы прочности определяют в местах наибольшей концентрации напряжений – в галтелях.

- Запас прочности по нормальным напряжениям.
- Запас прочности по касательным напряжениям.

С учетом того, что  $K_\tau / \varepsilon_\tau \approx 2,0$ , рассчитывается запас прочности по касательным напряжениям. Затем определяется общий запас прочности щеки  $n$ . У современных автотракторных двигателей запас прочности щек лежит в пределах 1,5...3,0.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Расчет коленчатого вала V-образного двигателя. В большинстве конструкций V-образных двигателей автотракторного типа на шатунной шейке последовательно размещены два шатуна, вследствие чего кривошип воспринимает нагрузки от двух цилиндров.

Запасы прочности коренных и шатунных шеек по касательным напряжениям определяют в той же последовательности, что и для однорядного двигателя.

При определении запаса прочности шатунных шеек по нормальным напряжениям рассмотрим наиболее общий случай, когда кривошип имеет смещенную на угол  $\delta$ .

При определении реакций необходимо учитывать знак  $\delta$ : положительный, если шатунная шейка правого цилиндра опережает шатунную шейку левого, и отрицательный, если шатунная шейка правого цилиндра отстает.

Напряжения и запасы прочности шеек определяют так же, как и в однорядном двигателе, но с учетом новых реакций  $R_{K1}$  и  $R_{K2}$  [6].

Повышение усталостной прочности коленчатого вала может быть достигнуто как конструктивными, так и технологическими мероприятиями.

К конструктивным мероприятиям относятся:

- создание валов с перекрытием шеек;
- увеличение радиуса галтели или выполнение многорадиусной галтели с целью уменьшения концентрации напряжений при сохранении неизменной опорной длины подшипника;
- увеличение толщины  $h$  и ширины  $b$  щеки;
- бочкообразная форма полостей в шейках;
- расположение маслоподводящего канала в шатунной шейке под углом  $\varphi' = 90^\circ$ .

К технологическим мероприятиям, широко применяемым в настоящее время, следует отнести закалку шеек и галтелей вала ТВЧ при быстровращающемся вале с охлаждением под слоем жидкости с последующим низкотемпературным отпуском. При использовании среднеуглеродистых сталей и при закалке ТВЧ эффективным способом упрочнения галтелей является их пластическая деформация обкаткой роликами (рис. 5).

Значительное повышение надежности коленчатых валов достигается за счет азотирования, при котором усталостная прочность увеличивается в 1,5..2 раза и более чем на 20% возрастает износостойкость шеек [7].

Недостатками процесса азотирования являются высокая трудоемкость и ограниченная возможность перешлифовки валов при ремонте.

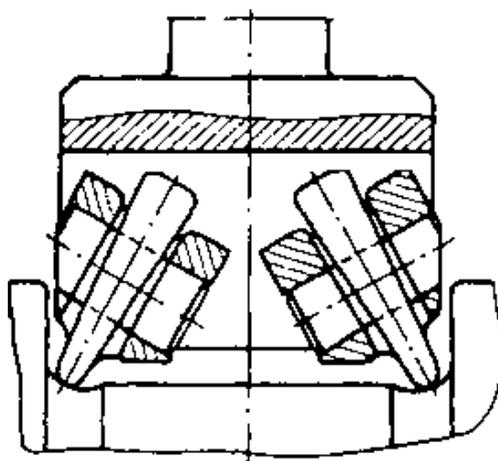


Рисунок 5 – Обработка галтелей роликом

Применяют два способа азотирования валов: газовый и жидкостный.

Первый обеспечивает глубину слоя с высокой твердостью до 0,4-0,5 мм, но имеет существенный недостаток – большую трудоемкость (около 60 ч). Второй, несмотря на ряд

преимуществ (процесс длится 3 ч, высокая износостойкость поверхностного слоя и малая хрупкость его, возможность применения нелегированных и низколегированных сталей), резко снижает износостойкость при ремонтной перешлифовке, а также обладает высокой токсичностью солей и жидкостей, используемых в процессе [8].

### Заключение

Приведенные выше методы упрочнения коленчатых валов и высокое качество технологических процессов изготовления позволяют повысить ресурс валов до 500...600 тыс. км пробега автомобиля. Коленчатые валы в сборе со всеми элементами подвергаются статической и динамической балансировке. Величина допустимого дисбаланса увеличивается заводом-изготовителем.

Научный руководитель ст. преподаватель Каня В.А.

### Библиографический список

1. Холмянский, И.А. Конструирование двигателей внутреннего сгорания: конспект лекций / И.А. Холмянский. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2010. – 153 с.
2. Чайнов, Н.Д. Конструирование двигателей внутреннего сгорания: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» направления подготовки «Энергомашиностроение» / Н.Д. Чайнов, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; под ред. Н.Д. Чайнова. – М.: Машиностроение, 2008. – 496 с.
3. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания: динамика и конструирование / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров. – М.: Высш. шк., 2007. – 400 с.
4. Каня, В.А. Обзор конструкций деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателей внутреннего сгорания: курс лекций / В.А. Каня. – Омск: СибАДИ, 2016. – 177 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчёт на прочность поршневых и комбинированных двигателей: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов, и др.; под ред.: А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
6. Колчин, А.И. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – М.: Высш. шк., 2003. – 496 с.
7. Поспелов, Д.Р. Конструкция двигателей внутреннего сгорания с воздушным охлаждением / Д.Р. Поспелов. – М.: Машиностроение, 1973. – 352 с.
8. Конструкция и расчёт автотракторных двигателей / М.М. Вихерт, Р.П. Доброгаев, М.И. Ляхов, А.В. Павлов, М.П. Соловьёв, Ю.А. Степанов, В.Г. Суворов; под ред. Б.А. Степанова. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1957. – 604 с.

### CRANKSHAFTS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

A.A. Proskurin

**Abstract.** This article discusses the design overview of modern crankshafts. A calculation of the strength that allows you to design crankshafts with high accuracy. Also describes methods of hardening, which allows to increase the strength of crankshafts of internal combustion engines. High stiffness provides more favorable conditions of work, the block-crankcase, crankshaft bearing and the crankshaft. The crankshaft is a multisupporting statically indeterminate structure, having a complex shape and spatial downloaded by the system of variable forces.

**Keywords:** engine, crankshaft, crank, shaft, neck, balanced engine.

Проскурин Алексей Алексеевич (Россия, Омск) – студент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: proskurin-1994@mail.ru).

Proskurin Aleksey Alekseevich (Russian Federation, Omsk) – Student of The Siberian State Automobile and Highway (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: proskurin-1994@mail.ru).

### References

1. Kholmyansky, I. A. Design of internal combustion engines: the abstract of lectures / I. A. kholmyanskii. – Omsk: Publishing house SibADI, 2010. 153 p.
2. Chinou, N. D. Design of internal combustion engines: a textbook for students of higher educational institutions trained on a speciality "internal combustion Engines" specialty "power Engineering" / N.D. Chinou, A.

N. Krasnokutskaya, L. L. Myagkov; ed. D. Canova. – M.: Mashinostroenie, 2008. – 496 p

3. Lukanin, V. N. Internal combustion engines: dynamics and engineering / V. N. Lukanin, V. I. Alekseev, M. G. Shatrov. – M.: Higher. wk., 2007. – 400 p.

4. Kania, V. A. overview of the parts of the crank and gas distributing mechanisms of internal combustion engines: a course of lectures / V. A. Kania. – Omsk: SibADI, 2016. – 177 p.

5. Internal combustion engines: Design and strength calculation of piston and combined engines: a textbook for students of technical colleges enrolled in the specialty "internal combustion Engines" / D. N. Cut down, S. I. Efimov, etc.; under the editorship: A. S. Orlin, M. G. Kruglov. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 384 p.

6. Kolchin, A. I. Calculation of automobile and tractor engines : textbook. manual for schools / A. I. Kolchin, V. P. Demidov. – M.: Higher. wk., 2003. – 496 p

7. Pospelov, D. R. Design of internal combustion engines with air cooling / D. R. Pospelov. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 352 p.

8. Design and calculation of automotive engines / M. M. Wichert, R. P. Dobrogaev, M. I. Lyakhov, A.V. Pavlov, M. P. Soloviev, Yu. a. Stepanov, V. G. Suvorov; under. ed. by B. A. Stepanova. – M.: State scientific and technical publishing house of engineering literature, 1957. – 604 p.

УДК 574:656.1

## ТЕНДЕНЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ К АВТОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВАМ

**А. С. Романова, А. В. Третьяков, А. В. Мелихов**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

***Аннотация.** В статье проанализированы нормативные требования США и Японии в отношении экологических показателей автотранспортных средств, а также методы, описанные в Правилах ООН и Глобальных технических правилах ООН, выявлены их преимущества и недостатки. Проведены испытания нескольких образцов автотранспортных средств по определению выбросов вредных веществ в соответствии с национальными требованиями России, США, Японии.*

***Ключевые слова:** экологические стандарты, автотранспортное средство, экология, вредоносные вещества, разработка экологических автотранспортных средств.*

### **Введение**

Забота об экологии заставила европейские ассоциации по защите окружающей среды шесть раз изменить параметры Женевской конвенции и за последнее десятилетие изменить шесть экологических классов. Основой определения данного параметра автотранспортных средств стало количество выбросов в атмосферу, которые приносят вред природе. На сегодняшний день каждый производитель перед поставкой автотранспортных средств в Европу или в другие страны, участвующие в Конвенции, должен получить сертификат на соответствие определенному экологическому классу.

Технические нормы устанавливают обязательные требования к выбросам в зависимости от экологического класса автотранспортного средства. Внедрение указанных требований должно быть обеспечено на производственном этапе. Оценка соответствия установленным требованиям выполняется на этапе выпуска в обращение торговли автотранспортных средств, до их эксплуатации на территории Российской Федерации.

Стандартизируемые компоненты выбросов были выбраны неслучайно. Углеводороды (СН) в выхлопных газах – это остатки несгоревшего топлива, больше всего они выбрасываются при прогреве двигателя, при резком ускорении, а также при использовании излишне обогащенной топливной смеси. Вместе с ними выделяется токсичный газ без цвета и запаха – тот самый угарный газ (СО) который при концентрации в воздухе более 0.3% может убить человека. Дополняет комплект третий компонент - оксиды азота NOx, которые вступают в реакцию с несгоревшими углеводородами и образуют ядовитый смог, который отравляет жизнь горожанам.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

**Основная часть (сравнительный анализ требований России, США, Японии в отношении выбросов вредных веществ автотранспортными средствами).**

Согласно положениям технического регламента " О требованиях к выбросам автотранспортных средств, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ " оценке экологических параметров, подлежат не только новые, впервые вводимые автотранспортные средства, но также и ранее бывшие в эксплуатации техники ввозимые на территории Российской Федерации.

Список требований к экологическому классу для автомобилей [3].

*Евро 1.* Стал первым шагом к улучшению экологической ситуации. С 1992 года действовал в странах ЕС, Японии и США. Был отменен в 1995 году.

*Евро 2.* Стандарт значительно ужесточил требования к топливу и к уровню выброса токсинов дизельными и бензиновыми двигателями. С него начала свою заботу об экологии Россия, приняв Евро 2 и соответствующий техрегламент в 2006 году. С этого момента ввоз автомобилей на территорию России, также их производство были невозможны без евро сертификата. Европа же еще в 1999 году сделала следующий шаг и перешла на новые экологические нормы евро и сертификаты.

*Евро 3.* В очередном стандарте допустимые показатели выброса загрязняющих атмосферу веществ были снижены сразу на 30-40%. Россия приняла его в 2008 году, и здесь он действует по сей день. Отныне предъявлять Евро 3 сертификат на российской таможне – обязательно. Страны ЕС, однако, значительно опережают нашу страну по развитию экологического законодательства.

*Евро 4.* Евро 4 — экологический стандарт, регулирующий содержание вредных веществ в выхлопных газах. Топливо, соответствующее требованиям EN 590 (Евро-4), отличается низким содержанием серы и полициклических ароматических углеводородов, а также более высоким цетановым числом. При использовании данного топлива уменьшается дымность отработанных газов, снижается выброс продуктов сгорания в атмосферу, в частности, твердых частиц, оксидов азота, окиси углерода, несгоревших углеводородов. На рис. 1 показаны в каком году были введены нормы Евро в России и Европе.

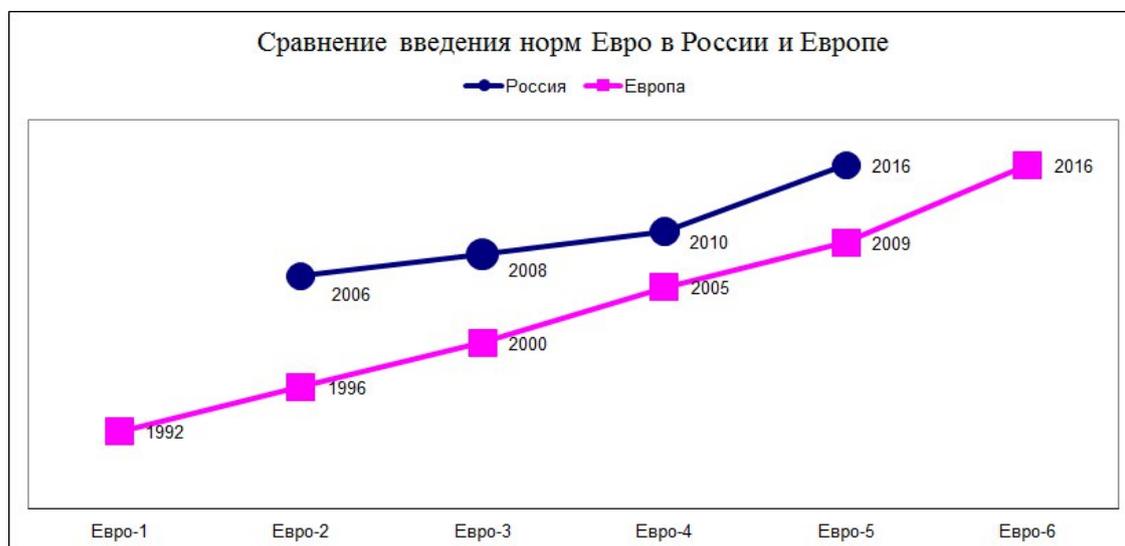


Рисунок 1 – Введение норм Евро в России и Европе

Благодаря высокому цетановому числу и низкому содержанию серы оптимизируется процесс сгорания топлива в двигателе, уменьшаются шум и вибрация двигателя, облегчается запуск, предотвращаются коррозионные процессы. Данное топливо предотвращает преждевременный износ деталей двигателя и топливной аппаратуры, может использоваться в любых современных дизельных двигателях.

Сравнение выбросов автотранспортных средств с бензиновым и дизельным двигателями приведены на рис. 2, 3.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Технический регламент и экологическая классификация автотранспортных средств держится на правилах ЕЭК ООН (Европейская экономическая комиссия ООН). Основными источниками поступающих в Россию подержанных автотранспортных средств являются США Япония. Присвоение экологического класса к американским и японским транспортным средствам делается по исходным сертификационным документам, так же делать с европейскими автотранспортными средствами, не представляется возможной. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» (Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ») была поставлена задача разработать критерии оценки соответствия технического регламента «О требованиях к выбросам автотранспортных средств, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» [2].

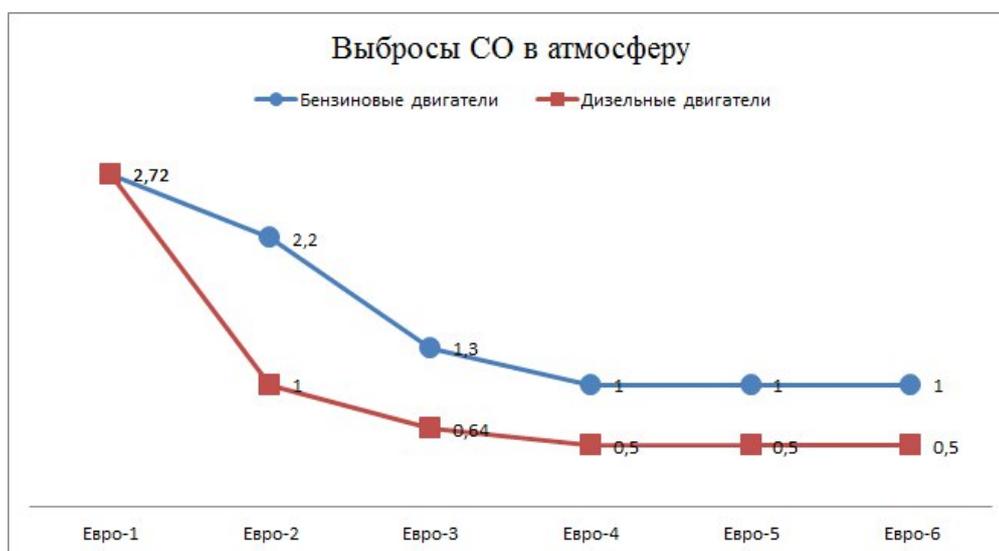


Рисунок 2 – Выбросы оксида углерода (CO) в атмосферу

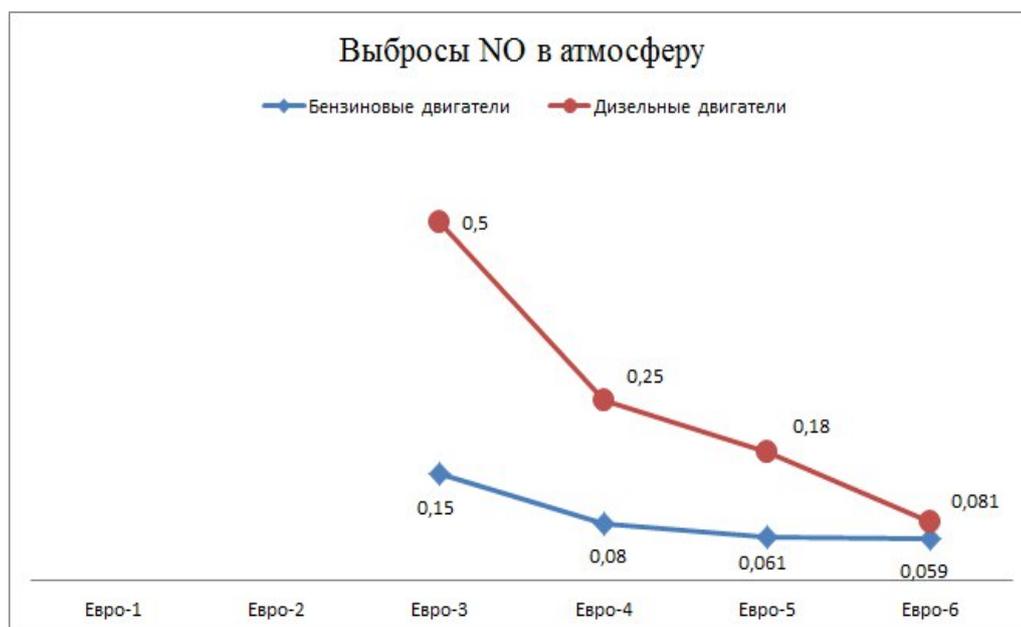


Рисунок 3 – Выбросы оксида азота (NO) в атмосферу

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Вскоре был принят следующий порядок проведения исследований:

- анализ нормативных требований США и Японии в отношении экологических показателей автотранспортных средств;
- испытания нескольких образцов автотранспортных средств по определению выбросов вредных веществ в соответствии с национальными требованиями России, США, Японии;
- разработка критериев сопоставления нормативных экологических требований США и Японии различного уровня по отношению к требованиям Специального технического регламента «О требованиях к выбросам автотранспортных средств, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ»;
- разработка рекомендаций по определению экологического класса (в соответствии с требованиями регламента) бывших в эксплуатации единичных автотранспортных средств, сертифицированных по требованиям США и Японии.

Анализ законодательств Европы, США и Японии относительно выбросов вредоносных веществ с отработавшими газами автотранспортных средств показал, что сравнение указанных требований является очень сложной и трудоёмкой задачей, и полноценная взаимосвязь стандартных требований США и Японии относительно европейским почти невозможна. Основные отличия американских и японских законодательств от европейских:

- определения категорий АТС по законодательствам США и Японии [1];
- величины предельных выбросов вредных веществ, регламентируемые стандартами США, Японии и Европы;
- есть различие в номенклатуре нормируемых компонентов, выбрасываемых отработавших газов;
- в США нормирование выбросов ВВ осуществляется для пробега 80 000 км и 193 000 км. В Европе — 80 000 км и 100 000 км, и тд.

Принимая во внимание указанный, для сравнения Правил ЕЭК ООН № 83-05А, с требованиями США и Японии следующие предположения были приняты:

- сравнение уровня требований по стандартам Европы, США и Японии было выполнено только относительно выбросов вредоносных веществ с отработавших газов при имитации городского и загородного движения при нормальных температурных условиях окружающей среды (20–30 °С);
- сопоставление требований осуществлялось дифференцированно по выбросам CO, CH и NOx;
- в качестве критериев сопоставления требований различных стандартов приняты отношения фактических удельных выбросов отдельных компонентов отработавших газов (г/км) к их предельным значениям по соответствующим стандартам.

Для получения сопоставимых результатов был проведен цикл испытаний нескольких автомобилей (табл. 1) по Правилам ЕЭК ООН № 83-05А (табл. 2), стандартам США (табл.3) и Японии [1].

Таблица 1 – Параметры испытанных автотранспортных средств

Модель	LADA-11183 (L11183)	LADA-2110 (L2110)	Chevrolet GMT 900 Tahoe (Th)	Sangyong DJ Kyron (SK)
Категория	M1	M1	M1G	M1G
Снаряженная масса, кг	1080	1040	2610	1965
Полная масса, кг	1555	1545	3300	2530
Экологический класс	3	3	4	3
Объем двигателя, л	1,568	1,6	5,328	2,295

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 2 – Результаты испытаний и относительные доли выбросов  $NO_x$  по Правилам ЕЭК ООН № 83-05A

АТС	Выброс, г/кг	Норма, г/км	Относительная доля выброса $NO_x$ от нормы, %
L11183	0,037	0,15	24,7
L2110	0,037	0,15	24,7
Th	0,025	0,21	11,9
SK	0,095	0,21	45,2

Таблица 3 – Относительные доли выбросов  $NO_x$  при испытаниях по Федеральному стандарту США

АТС	Выброс, г/кг	Норма, г/км	Относительная доля выброса $NO_x$ от нормы, %
L11183	0,037	0,15	24,7
L2110	0,037	0,15	24,7
Th	0,025	0,21	11,9
SK	0,095	0,21	45,2

С 2008 года ведется разработка автотранспортных средств, безвредных для окружающей среды. В рабочей группе по разработке концепции рассмотрели несколько вариантов. Один из первого рассмотренного варианта воздействия на окружающую среду в полном жизненном цикле (выбросы вредоносных веществ, потребление энергии, и т.д.), включая добычу, обработку и поставку топлива, полезных ископаемых, необходимых для производства автотранспортных средств, собственно изготовление транспортного средства, вплоть до его утилизации (концепция Well to Wheels, *WТW*).

Стало ясно, что практическое внедрение данной концепции является чрезвычайно трудным, и в обозримом будущем это едва возможно. Поэтому было решено сделать в первой стадии оценку экологических индикаторов и эффективность власти транспортного средства в ходе его эксплуатации — с момента выпуска в поток торговли до его утилизации включительно (понятие Бака к Колесам, *ТТW*). Оценку предлагалось производить по единому универсальному показателю, выраженному количеством баллов по 100-бальной шкале. В качестве критериев были выбраны: выбросы  $CO_2$ , выбросы нормируемых вредоносных веществ, уровень шума, приспособленность к утилизации. Каждому из указанных параметров было предложено установить весовые факторы — предельное количество баллов, соответственно: 40, 30, 20, 10 (в сумме 100 баллов) [2].

В дальнейшем этот подход был признан излишне упрощенным. Весовая оценка каждого из указанных компонентов весьма субъективна и может по разному оцениваться в различных регионах и в различные периоды времени. В результате принято решение вообще отказаться от концепции установления единого универсального параметра совместимости транспортного средства с окружающей средой (табл. 5). Принято решение не применять терминов типа «экологически чистый» автомобиль. Каждый из указанных параметров признано оценивать отдельно и независимо от остальных по 100-бальной шкале, чтобы избежать субъективизма в оценках. Автомобили с высокими оценками по соответствующим параметрам принято определять как, например, автотранспортное средство с низкими выбросами  $CO_2$ , автотранспортное средство с низкими выбросами вредных веществ и т.д. Оценка автомобилей по соответствующим параметрам должна производиться на добровольной основе с целью предоставления потребителю объективной информации о соответствующих показателях автомобиля. Например, как вариант, рассматривается такая схема ранжирования выбросов  $CO_2$  (табл. 4).

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 4 – Схема ранжирования выбросов CO<sub>2</sub>

Выбросы CO <sub>2</sub> , г/км	Баллы
Менее 80	100
80-100	90
100-120	80
120-140	70
140-160	60
160-180	50
180-200	40
200-220	30
220-240	20
240-260	10
Более 260	0

Таблица 5 – Предельные значения Правил №96-02

Предшествующие требования (96-01)					
Диапазон мощности	Полезная мощность (P), кВт	Оксид углерода (CO), г/кВт*ч	Углеводороды (HC), г/кВт*ч	Оксиды азота (Nox), г/кВт*ч	Частицы (PT), г/кВт*ч
E	130<=P<=560	3,5	1	6	0,2
F	75<=P<130	5	1	6	0,3
G	37<=P<75	5	1,3	7	0,4
D	18<=P<37	5,5	1,5	8	0,8
Требования 96-02					
Диапазон мощности	Полезная мощность (P), кВт	Оксид углерода (CO), г/кВт*ч	Сумма углеводородов и оксидов азота (HC+Nox), г/кВт*ч	Частицы (PT), г/кВт*ч	
H	130<=P<=560	3,5	4	0,2	
I	75<=P<130	5	4	0,3	
J	37<=P<75	5	4,7	0,4	
K	18<=P<37	5,5	7,5	0,6	

80

Соответственно, в отношении шума (при измерении по Правилам ЕЭК ООН № 51) предлагается следующая схема ранжирования (табл 6).

Таблица 6 – Схема ранжирования

Уровень шума, Db	Баллы
<60	100
60-62	90
63-65	80
66-68	70
69-71	60
72-74	50
>74	0

Оценка приспособленности автомобиля к утилизации — один из наиболее сложных параметров. В настоящее время рассматривается такая схема (табл. 7).

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 7 – Оценка приспособленности автомобиля к утилизации

Параметр	Баллы
Меры по утилизации, предусмотренные на этапе конструирования автотранспортных средств	15%
Степень использования экологически чистых материалов	15%
Наличие руководства производителя по утилизации, повторному использованию компонентов и их кодировок	10%
Степень утилизируемости автотранспортных средств	60%

Под степенью утилизируемости понимается отношение массы автомобиля, которая легко, экономически и экологически эффективно поддается утилизации, к общей массе автомобиля. По всем из указанных критериев предполагается наличие обобщенной маркировки исключительно в целях информирования потребителя.

### Заключение

Из приведенных данных видно, что наиболее близкими по жесткости к европейским требованиям являются требования LEV ULEV Tier 2: bin 9. Следовательно, автомобили, сертифицированные на соответствие указанным требованиям, а также требования США более высокого уровня соответствуют требованиям экологического класса 3 в отношении выбросов  $NO_x$ .

Аналогичные сопоставления были выполнены в отношении других компонентов отработавших газов по результатам испытаний по Правилам № 83-05А ЕЭК ООН, стандартам США и Японии. В результате разработаны рекомендации по экологической классификации бывших в эксплуатации автомобилей, сертифицированных по стандартам США и Японии:

Ассоциацией автомобильной промышленности Германии был разработан реагент

AdBlue, используемый для очистки выхлопных газов дизельных двигателей методом селективной каталитической нейтрализации. Представляет собой водный раствор, состоящий из 32,5% высокоочищенной мочевины и 67,5% деминерализованной воды. Реагент AdBlue позволяет снизить содержание оксидов азота ( $NO_x$ ) в выхлопе дизельных двигателей на 90%.

Реагент AdBlue впрыскивается в выпускной трубопровод, в результате селективной каталитической реакции оксиды азота и аммиак преобразуются в безвредные азот и водяной пар.

### Потребление

Реагент заливается в отдельный бак. Потребление AdBlue в легковых автомобилях составляет около 5% от потребления дизельного топлива. В грузовых автомобилях система очистки выхлопа включается на более раннем этапе и поэтому потребление AdBlue составляет около 6%.

Легковые автомобили, использующие *AdBlue* (по состоянию на 2015 год):

- ✓ Audi: Авто с дизельными двигателями линейки Clean Diesel
- ✓ BMW: Авто с дизельными двигателями линейки BluePerformance
- ✓ Chevrolet Cruze.
- ✓ Citroen/Peugeot: Авто с дизельными двигателями линейки BlueHDi
- ✓ Jaguar: Jaguar XE
- ✓ Mazda CX-7
- ✓ Mercedes: Авто с дизельными двигателями линейки BlueTec
- ✓ Opel: Zafira 2.0 CDTI
- ✓ Porsche: Cayenne Diesel (только в США)

*Научный руководитель к.т.н., доцент А.Л.Иванов.*

### Библиографический список

1. Вайсблум, М. Е. Новые тенденции в развитии требований ЕЭК ООН в отношении экологических показателей АТС и устанавливаемых на них двигателей / М. Е. Вайсблум // Журнал Автомобильных Инженеров. – 2011 - №3 - С.14-19.

2. Кисуленко, Б. В. Сопоставимость нормативов и методов испытаний, применяемых в США, Европе и Японии для оценки вредных выбросов грузовых автомобилей и автобусов / Б. В. Кисуленко, Т. Р. Филипосянц, С. А. Аникеев // Журнал Автомобильных Инженеров. – 2009. - №3. - С. 18-21.

3. Правила ЕЭК ООН N 24 Единые предписания, касающиеся: I. Сертификации двигателей с воспламенением от сжатия в отношении дымности; II // ИПО ГАРАНТ / ГАРАНТ - Максимум. – Дата обновления 07.04. 2017.

4. Правила ЕЭК ООН N 83. Единые предписания, касающиеся сертификации автотранспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей // ИПО ГАРАНТ / ГАРАНТ - Максимум. – Дата обновления 07.04. 2017.

5. Правила ЕЭК ООН N 96. Единые предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями.- // ИПО ГАРАНТ / ГАРАНТ - Максимум. – Дата обновления 07.04. 2017.

6. Правила ЕЭК ООН N 49. Единые предписания, касающиеся сертификации двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе, и автотранспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на сжиженном нефтяном газе, в отношении выбросов вредных веществ // ИПО ГАРАНТ / ГАРАНТ - Максимум. – Дата обновления 07.04. 2017.

7. Мировая практика регулирования токсичности отработавших газов. – Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/mirovaya-praktika-regulirovaniya-toksichnosti-otrabotavshih-gazov/>. - Дата обращения : 28.03.2017

### TENDENCY OF CHANGE OF REQUIREMENTS OF ENVIRONMENTAL STANDARDS TO VEHICLES

A. S. Romanova, A. V. Tretyakov, A. V. Melikhov

**Abstract.** *In article standard requirements of the USA and Japan concerning ecological indicators of cars are analysed, and also the methods described in Rules of the UN and Global technical rules of the UN are revealed their advantages and shortcomings. Tests of several samples of cars by definition of emissions of harmful substances according to national requirements of Russia, the USA, Japan are carried out.*

**Keywords:** *car, ecology, harmful substances.*

### References

1. Kisulenko BV. Comparative of the standards and test methods applied in the USA, Europe and Japan to an assessment of the harmful emissions of trucks and buses / BV Kisulenko, TR Filiposyants, SA Anikeev // the Magazine of Automobile Inzhenerov-2009-No.3 -C.18-21

2. Kisulenko, B. V. Comparability of standards and test methods used in the USA, Europe and Japan to estimate harmful emissions of trucks and buses / BV Kisulenko, TR Filiposyants, SA Anikeev // Journal Automotive Engineers. - 2009. - №3. - P. 18-21.

3. UNECE Regulation No. 24 Uniform provisions concerning: I. The certification of compression-ignition engines with respect to smokiness; II // IPO GUARANTOR / GUARANTOR - Maximum. - The date of update is 07.04. 2017.

4. UNECE Regulation No. 83. Uniform provisions concerning the certification of motor vehicles with respect to emissions of harmful substances depending on the fuel required for engines. // IPO GUARANTOR / GUARANTOR - Maximum. - The date of update is 07.04. 2017.

5. UNECE Regulations Nos. 96. Uniform provisions for compression ignition engines intended for installation on agricultural and forestry tractors and non-road machinery with regard to the emission of harmful substances by these engines. - // IPO GUARANTOR / GUARANTOR - Maximum. - The date of update is 07.04. 2017

6. UNECE Regulations N 49. Uniform provisions concerning the certification of compression ignition engines and natural gas engines, as well as forced-ignition engines operating on liquefied petroleum gas and vehicles equipped with compression-ignition engines, Engines powered by natural gas, and forced-ignition engines running on liquefied petroleum gas, with respect to emissions of harmful substances. // IPO GUARANTOR / GARANT - Maximum. - The date of update is 07.04. 2017.

7. World practice of regulation of toxicity of the fulfilled gases. - Access mode: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/mirovaya-praktika-regulirovaniya-toksichnosti-otrabotavshih-gazov/>. - Date of circulation: 28.03.2017

УДК 658.562

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УСЛУГ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ, МЕТОДАМИ И ПОДХОДАМИ СЕРТИФИКАЦИИ

**Л.Н. Тышкевич, М.С. Шевелев**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема, связанная с обеспечением контроля качества автомобилей после проведения ремонтных мероприятий в предприятиях автомобильного сервиса с учетом требований Системы сертификации. Сертификация услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств на сегодняшний день является одним из самых эффективных методов оценки качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. Ее принципы, процедуры и требования могут быть положены в основу оценки и контроля качества как отдельно рассматриваемого рынка услуг и отдельного хозяйствующего субъекта.

**Ключевые слова:** сертификация, техническое обслуживание, ремонт, эксплуатация, качество, сервис, автомобиль.

### Введение

На сегодняшний день одной из самых перспективных сфер деятельности остается техническое обслуживание и ремонт автомобилей. В первую очередь это связано с постоянным увеличением количества парка легковых автомобилей и усложнением их конструкции [1,2]. Эксплуатационные воздействия оказывают существенное влияние на техническое состояние автомобиля, поскольку с их помощью можно как повысить, так и поддержать общее техническое состояние автомобиля на требуемом уровне. На сегодняшний день спрос на услуги по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств удовлетворен количественно, однако с качественной стороны ситуация обратная.

### Оценка качества технического обслуживания и ремонта

Эффективность использования автомобильного транспорта напрямую зависит от поддержания его в технически исправном состоянии, чему на практике способствует система технического обслуживания и ремонта [3]. Поэтому, для поддержания исправного технического состояния необходимо обеспечить качественное выполнение услуг по техническому обслуживанию и ремонту.

Качество технического обслуживания это комплексный показатель, который включает в себя как технические (внешний вид и технические показатели отремонтированных двигателей, безотказность, долговечность), так и организационные признаки.

Организационные показатели можно разделить на 3 категории:

1. Пространственные показатели, характеризующие внешние факторы услуги или условия ее предоставления.
2. Информационные показатели, характеризующие информационную обеспеченность потребителей, — «качество информационного обеспечения».
3. Профессиональные показатели, характеризующие уровень сервиса, предлагаемый потребителям (уровень профессиональной подготовки и квалификации персонала), — «качество персонала».

К основным параметрам внешних факторов можно отнести следующие:

- внешнее оформление здания (заметность предприятия среди окружающих зданий, современный дизайн здания, чистота и ухоженность прилегающей к зданию территории);
- информационное оформление здания (наличие вывески, рекламных указателей);
- внутреннее оформление помещений предприятия (современный дизайн помещения, его цветовое оформление в соответствии с корпоративным стилем компании, оптимальность организации клиентского пространства и размещения рабочих мест в соответствии с принципом максимального удобства для клиента, наличие зоны ожидания клиентов чистота и

аккуратность в помещении).

Пространственные показатели могут быть скорректированы с помощью положительных или негативных отзывов потребителей по вопросам оформления и организации клиентского пространства (например, недостаток места для заполнения документов), а также рациональности размещения рабочих мест специалистов, выполняющих операции на различных этапах оказания определенной услуги (например, специалисты находятся на разных этажах или значительно удалены друг от друга).

К основным параметрам информационных показателей можно отнести следующие:

- информация о деятельности предприятия (время обслуживания, местонахождение подразделений предприятия, идентификация сотрудников, обслуживающих клиентов, информация о руководстве предприятия и самой организации). Наличие подобной информации позволяет потребителю уверенно чувствовать себя, упрощает ориентацию при первом посещении предприятия;

- информация об услугах (наличие рекламных материалов (буклеты, проспекты, которые клиент может забрать с собой) содержащих информацию об услугах, наличие информации об основных параметрах предоставления услуг, (стоимость, время выполнения, порядок оказания услуги)). Данная информация должна быть представлена в разрезе отдельных услуг;

- оформления информационных материалов (информационных стендов и рекламных материалов: соответствие корпоративному стилю, аккуратность, наличие отдельных информационных стендов по различным направлениям).

Соблюдение всех перечисленных характеристик качества информационного обеспечения позволяет потребителю получить наиболее полную информацию о деятельности и услугах точки продаж, упрощает ему ориентацию при первом посещении и обращении за новой услугой, позволяет чувствовать себя более уверенно. Наличие информации об услугах ускоряет обслуживание, поскольку клиент может узнать основные параметры интересующей его услуги из рекламных/информационных материалов и принять принципиальное решение о ее приобретении без обращения за первичной консультацией к сотруднику предприятия.

К профессиональным показателям относятся: квалификация, компетентность, корректность и доброжелательность персонала, умение сотрудников предприятия избегать конфликтов или максимально удачно их разрешать, а так же время выполнения операции.

Технические показатели автомобиля можно оценить посредством проведения испытаний отремонтированного автомобиля (агрегата), при которых оценивается внешнее состояние (окраска, крепеж) автомобиля (агрегата) и проверяется соответствие основных технических показателей (мощность, расход топлива) нормативным значениям.

В качестве примера был выбран двигатель внутреннего сгорания, поскольку услуги по ремонту и обслуживанию ДВС являются наиболее трудо- и экономически затратными [4].

Оценка качества ремонта и, особенно, прогнозирование надежности двигателей возможны в процессе контроля качества запасных частей, ремонта деталей и обкатки двигателей, когда выявляются и устраняются дефекты предшествующих операций изготовления и ремонта деталей и стабилизируются параметры, характеризующие качество сопряжений, узлов и деталей.

К конкретным техническим показателям, на примере двигателя внутреннего сгорания, относятся [5]: развиваемая эффективная мощность, уровень механических потерь, удельный расход топлива, состав и температура выхлопных газов, уровень стуков, расход масла на угар и т.д.

Наиболее важный объективный показатель общего состояния двигателя — развиваемая им эффективная мощность. Зависит она от числа оборотов коленчатого вала и степени открытия дроссельной заслонки. Для диагностики удобнее всего использовать максимальную мощность. Развивает ее двигатель на максимальных оборотах при полностью открытой дроссельной заслонке.

Эффективную мощность двигателя можно определять, не снимая его с автомобиля. Для этого необходимо установить автомобиль на стенде с беговыми барабанами. Стенд позволяет имитировать движение в любом эксплуатационном режиме. При такой схеме диагностирования непосредственно замерить мощность, развиваемую двигателем, не удастся. Часть ее теряется на трение в механизмах трансмиссии. Таким образом, несмотря на то, что мощность является очень важным эксплуатационным параметром автомобиля, величина которого однозначно отражает техническое состояние двигателя, использование ее для диагностики затруднено.

Мощность механических потерь двигателя определяется прокручиванием коленчатого вала с определенной скоростью. Дроссельную заслонку при этом открывают полностью. Для данного метода характерно то же, что и для диагностирования по величине эффективной мощности, так как при этом пользуются тем же оборудованием.

При проверке четырехцилиндрового двигателя основным проверочным режимом является работа на одном цилиндре. Нагрузка создается при этом отключением остальных трех. Устойчивость работы двигателя на одном цилиндре вполне достаточна для необходимых измерений. Для проверки мощностных показателей двигателя измеряется максимальное число оборотов и расход топлива при работе на каждом цилиндре. Педаль акселератора при этом устанавливается в положение полной подачи топлива. По величине максимальных оборотов коленчатого вала, пользуясь имеющимся графиком, определяют мощность каждого цилиндра. Неотъемлемое условие при проверке — поддержание нормального теплового режима двигателя.

Важным показателем оценки работы автомобильного двигателя в целом является состав выхлопных газов. Особый интерес для диагностики представляет содержание в них окиси углерода. Данный метод диагностики основан на том, что в зависимости от состава рабочей смеси изменяется и состав выхлопных газов. В случае неисправности системы питания, вызывающей обогащение рабочей смеси топливом, в выхлопных газах увеличивается количество продуктов неполного сгорания топлива в виде окиси углерода. При полном сгорании в выхлопных газах содержится наибольшее количество углекислого газа. Под влиянием неисправностей, ухудшающих подачу топлива, происходит обеднение состава рабочей смеси, и в выхлопных газах увеличивается содержание кислорода.

Проанализировав состав выхлопных газов по содержанию компонентов, характеризующих полноту сгорания, можно дать оценку составу рабочей смеси и исправности системы питания в целом. Компоненты выхлопных газов различаются по атомным весам, плотности, теплопроводности. Измерение этих величин может производиться с помощью различных приборов, в том числе электрических и электронных, непосредственно на постах диагностики.

Для оценки и контроля качества на автосервисном предприятии, предлагается использовать расчетный способ, с помощью комплексного метода оценки уровня качества [6].

Комплексный метод — основан на сопоставлении комплексных показателей качества оцениваемого и эталонного образцов. Оценка уровня качества комплексным методом производится с использованием коэффициентов весомости технико-экономических показателей:

$$W = \sum_{i=1}^n m_i * \frac{P_i}{P_{i6}}, \quad (1)$$

где  $m_i$  — коэффициент весомости  $i$ -го показателя, входящего в комплексный показатель  $W$ ;  $P_{i6}$  — базовое значение  $i$ -го показателя;  $P_i$  — значение  $i$ -го показателя качества.

Коэффициенты весомости можно определить с помощью экспертного метода [7]. Суть данного метода заключается в ранжировании экспертами важности каждого показателя качества путем бальной оценки по определенной шкале баллов. Достоверность полученных оценок зависит от квалификации экспертов, независимости их суждений. По данному методу коэффициенты весомости определяются:

$$m_i = \frac{\sum_{k=1}^N M_{ik}}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^N M_{ik}}, \quad (2)$$

где  $M_{ik}$  — оценка весомости  $i$ -го показателя  $k$ -м экспертом в баллах.

Согласно данному методу, был проведен опрос экспертов. В качестве экспертов выступали мастера участков автокомплекса «Реактор». Опрос осуществлялся с помощью анкет, в которых экспертам предлагалось оценить технические показатели качества ДВС в баллах, в зависимости от степени их информативности. В результате проведенного опроса, были получены следующие данные (табл. 1):

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 1 – Результаты опроса

Показатели качества	Баллы (от 1 до 10)				
	6	7	6	5	8
Мощность	6	7	6	5	8
Удельный расход топлива	9	9	10	10	8
Содержание CO <sub>2</sub> в отработавших газах	8	9	10	9	9
Уровень шума	6	7	6	8	9
Расход масла на угар	6	5	7	8	5

Используя полученные в результате опроса данные, рассчитываем коэффициенты весомости для каждого показателя из выражения 2:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{мощ}} &= 32/190 = 0,17 \\
 m_{\text{удрт}} &= 46/190 = 0,25 \\
 m_{\text{свыхл}} &= 45/190 = 0,23 \\
 m_{\text{урст}} &= 36/190 = 0,19 \\
 m_{\text{рмасл}} &= 31/190 = 0,16
 \end{aligned}$$

Рассчитанные коэффициенты весомости указаны в табл. 2.

Таблица 2 – Коэффициенты весомости

Показатели качества	Коэффициенты
Мощность	0,17
Удельный расход топлива	0,25
Содержание CO <sub>2</sub> в отработавших газах	0,23
Уровень шума	0,19
Расход масла на угар	0,16

86

Для расчета комплексного показателя качества используются эталонные значения ( $P_{ib}$ ). Эталонные значения выбираются из технического паспорта автомобиля.

Исходя из выражения 1, эталонный показатель качества будет равен 1 ( $W_{\text{э}} = 1$ ). Следовательно, комплексный показатель качества  $W$  должен стремиться к единице. ( $W \rightarrow 1$ )

В качестве примера, был рассчитан комплексный показатель качества для автомобиля LADA Granta, 2016 года выпуска, с пробегом 18 000 км:

Таблица 3 – Эталонные значения показателей качества автомобиля LADA Granta

Показатели качества	Значения ( $P_{ib}$ )
Объем двигателя, л	1,6
Мощность, кВт	87
Удельный расход топлива, л на 100 км пути	9,0
Содержание CO <sub>2</sub> в отработавших газах, г на 100 км пути	169
Уровень шума, дБА	96
Расход масла на угар, мл за 1000 км	270

Фактические показатели качества снимались с автомобиля с помощью динамометрического стенда.

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Таблица 4 – Фактические значения показателей качества автомобиля LADA Granta

Показатели качества	Значения
Объем двигателя, л	1,6
Мощность, кВт	82
Удельный расход топлива, л на 100 км пути	9,4
Содержание CO <sub>2</sub> в отработавших газах, грамм на 100 км пути	169
Уровень шума, дБА	96
Расход масла на угар, мл за 1000 км	280

Рассчитываем комплексный показатель качества, используя выражение 1:

$$W = 0,15 + 0,24 + 0,23 + 0,19 + 0,16 = 0,9$$

### Заключение

Проведение послеремонтной оценки качества выполненных работ позволит минимизировать количество гарантийных обращений заказчиков, а так же повысит безопасность при эксплуатации автомобилей после проведения ремонтных работ. Кроме того, проведение послеремонтной оценки качества будет способствовать росту конкурентоспособности предприятия, росту доверия клиентов, увеличению клиентопотока и как следствие росту доходности предприятия.

### Библиографический список:

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года: распоряжение правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-п// Собрание распоряжений правительства РФ. – 2014. – N 1032-р
2. Автостат [Электронный ресурс]/ Электронный текстовые данные. – 1.01.2015. – Режим доступа: <http://www.autostat.ru/news/view/20567/>
3. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
4. Киселева Л.Н., Шевелев М.С. Влияние использования методов и средств сертификации на повышение качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей / Киселева Л.Н., Шевелев М.С. // Вестник магистратуры: сб. статей. – Йошкар-Ола, 2015. – Вып. 11, том 1. – ст. 60 - 63.А.
5. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Производственно-практическое издание – М.: Издательство “За рулем”, 2010. – 440с.
6. Баталов А. П. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие / А.П. Баталов, Ю.П.Бойцов, С.Л.Иванов. Санкт-Петербургский государственный горный институт, 2003. - 65с.
7. Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие. Москва, 2002. – 60с.

**Annotation.** *The article discusses the problem with the provision of quality control car after the repair activities in the automotive service to meet the requirements of the Certification Scheme. Certification services for maintenance and repair of vehicles today is one of the most effective method of assessing the quality of services for maintenance and repair of vehicles. Its principles, procedures and requirements can be the basis for evaluation and quality control of the market in question as a separate service and a separate business entity.*

**Keywords:** *certification, maintenance, repair, maintenance, quality, service, car.*

*Тышкевич Лариса Николаевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭуРА» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: azsibadi@mail.ru).*

*Шевелев Максим Сергеевич (Россия, г. Омск) – магистрант направления «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» ФГБОУ ВПО СибАДИ (г. Омск, e-mail: jekzir@gmail.com).*

*Tishkevich Larisa Nikolaevna (Russia, Omsk) - Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor Department of “Operation of transport and technological machines and systems”, of The Siberian State Automobile and Highway university (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: azsibadi@mail.ru).*

*Shevelev Maxim Sergeevich (Russia, Omsk) – magister Department of “Operation of transport and technological machines and system”, of The Siberian State Automobile and Highway university (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: jekzir@gmail.com).*

## References:

1. Transportnaya strategiya RF na period do 2030 goda [Transport strategy of Russia up to 2030]. Sobranie rasporyajeniy pravitelstva RF, 2014. n 1032
2. Avtostat [Autostat]. 2015
3. Kuznecov E.S. Technical operation of cars: Textbook for high schools. №4 / E.S. Kuznecov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov, Science, 2001. pp. 535
4. Kiseleva L.N., Shevelev M.S., Vliyanie ispolzovaniya metodov I sredstv sertifikacii na povishenie kachestva uslug po tehničeskomu obslujivaniy I remontu avtomobiley [Impact of the use of methods and certification of funds for improving the quality of the maintenance and repair of vehicles]. Ioshkar-Ola, Vestnik magistraturi, no 11, pp. 60 – 63.
5. Hruev A.E. Repair of engines of foreign cars. Industrial and practical edition, Publishing house "Za rulem", 2010. pp. 440
6. Batalov A.P. Metrology, standardization, certification: Textbook / A.P. Batalov, U.P. Boycov, S.L. Ivanov. Saint-Petersburg State Mining Institute, 2003. pp. 65
7. Orlov A.I. Expert assessments. Textbook. Moscow, 2002. pp.60

УДК 656.13

## ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Д.В. Шаповал, Л.С. Трофимова, А.К. Сергиенко**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СИБАДИ), Россия, г. Омск

88

**Аннотация.** В статье определены этапы исследования централизованных перевозок грузов подвижным составом ООО «ТрансМиг» в городе Омске. Авторы выделяют десять этапов для выполнения исследования. Исследование направлено на выявление недостатков при перевозке грузов подвижным составом ООО «ТрансМиг» в городе Омске. По результатам исследования централизованных перевозок грузов, выполненным по предлагаемым этапам, могут быть определены мероприятия по совершенствованию перевозочного процесса в целом, так и по повышению эффективности использования подвижного состава в частности.

**Ключевые слова:** исследование перевозок грузов, централизованные перевозки, автотранспортная система, подвижной состав.

### Введение.

На современном этапе практически во всех сферах производственно-хозяйственной деятельности автомобильный транспорт остается основным перевозчиком грузов [1].

Согласно [2] действенным средством повышения эффективности транспортного процесса является организация централизованных перевозок.

Централизованные перевозки – форма организации перевозок, обеспечивающая повышение производительности подвижного состава, снижение себестоимости перевозок и сокращение транспортных издержек грузовладельцев [3].

Согласно [4] при централизованных перевозках автотранспортные предприятия и организации, сочетая перевозку и транспортно-экспедиционное обслуживание, производят по договору на перевозку грузов автомобильным транспортом и по согласованным графикам, составленным с учетом производственных процессов основного производства у грузоотправителей и грузополучателей, вывоз (завоз) грузов с промышленных предприятий, баз складов, станций железных дорог, из портов (с пристаней) и аэропортов. Порядок организации централизованных перевозок грузов, а также права и обязанности автотранспортных предприятий и организаций, грузоотправителей и грузополучателей при осуществлении этих

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

перевозок устанавливаются Правилами [4].

### Этапы исследования централизованных перевозок грузов.

Этапы исследования централизованных перевозок грузов рассмотрены на примере транспортной компании ООО «ТрансМиг». Основной вид деятельности ООО «ТрансМиг» перевозка грузов. Актуальным для предприятия ООО «ТрансМиг» в настоящее время является организация перевозок направленная на выполнение условий договоров между грузоотправителем (ГО) Greif (г. Омск, ул. Ивана Багнюка 10) и грузополучателями (ГП) Газпромнефть – ОНПЗ (г. Омск, пр. Губкина 1), ООО «Акрил» (г. Омск Красноярский тракт 157), ЗАО «Промэкология» (г. Омск, ул. 22 Партсъезда 103 а), так как от этой деятельности предприятие получает наибольшую прибыль. Предприятие Greif заключает с ООО «ТрансМиг» договоры на перевозку грузов, в которых устанавливаются объем и сроки перевозок, порядок составления, представления и выполнения заявок на перевозку грузов, порядок выполнения погрузочно-разгрузочных работ и экспедирования товаров, материальная ответственность.

Этапы исследования централизованных перевозок грузов подвижным составом ООО «ТрансМиг».

Исследование централизованных перевозок грузов подвижным составом ООО «ТрансМиг» включает в себя следующие этапы (рис.1).

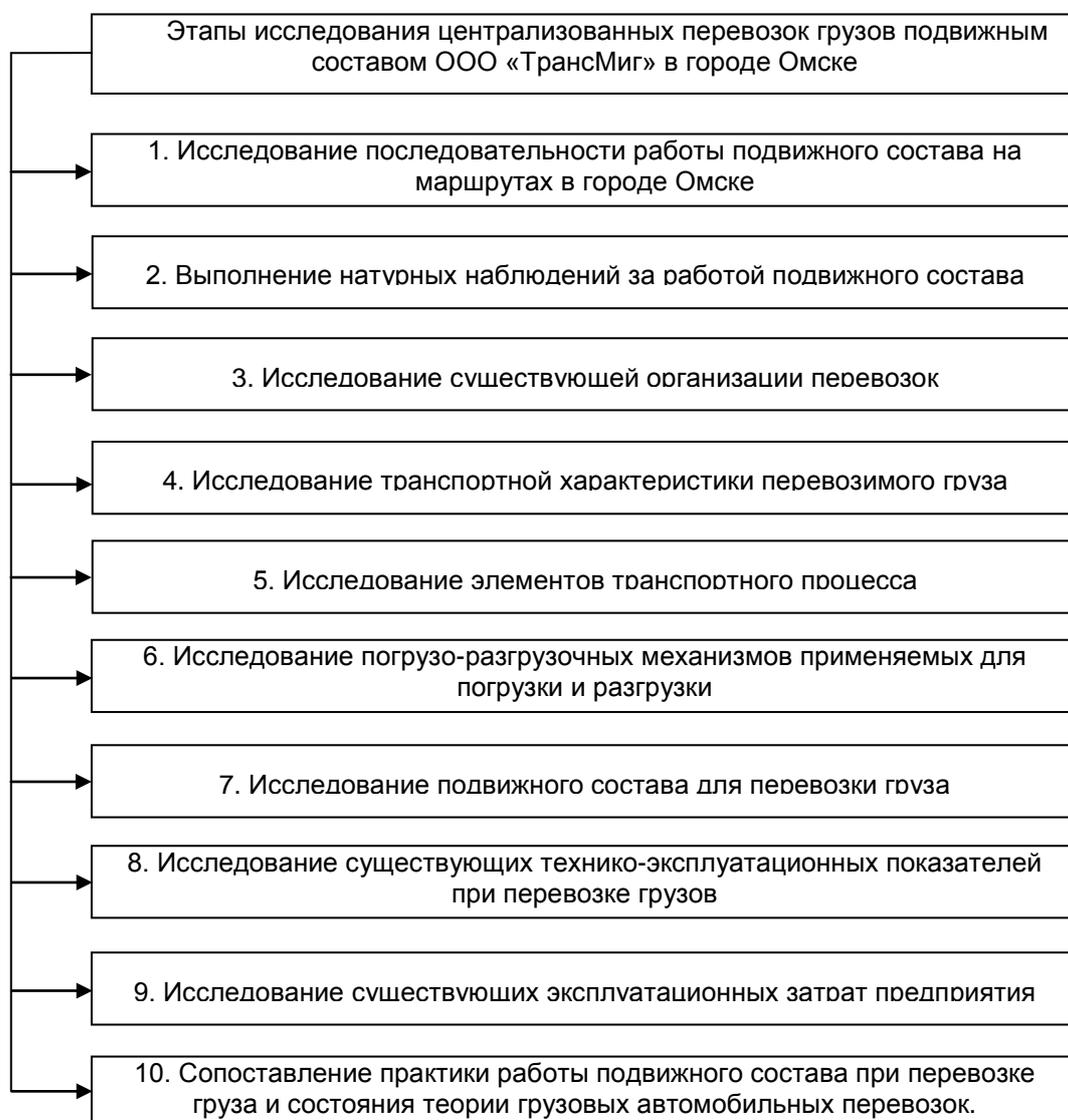


Рисунок 1 – Этапы исследования централизованных перевозок грузов подвижным составом ООО «ТрансМиг» в городе Омске

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Этап 1. Исследование последовательности работы подвижного состава на маршрутах в городе Омске.

Последовательность работы подвижного состава согласно [1] представлена на рис. 2.

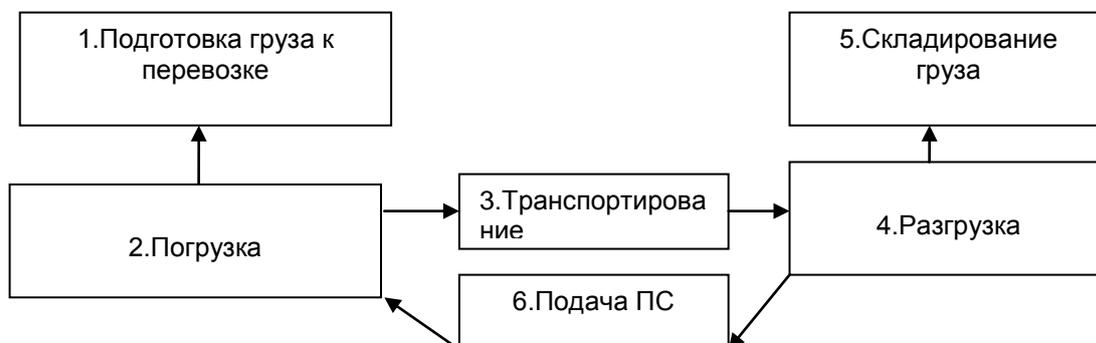


Рисунок 2 – Последовательность работы подвижного состава [1]

Анализ схемы процесса перевозки грузов показывает, что в любом процессе перевозки есть этапы, присущие только грузу, этапы, присущие только подвижному составу, и совместные этапы. Совместные этапы - этап погрузки, транспортирования и разгрузки. Различные этапы - подача подвижного состава под погрузку, подготовка груза к отправке, хранение груза в пункте производства и промежуточных пунктах, складирование и т. д. [1].

Подготовка груза к перевозке заключается в установке груза на поддоны и его последующая погрузка. На заводе Greif погрузка бочки совершается непосредственно с конвейера сразу в автомобиль, конвейер находится в закрытом помещении, автомобиль задним ходом подъезжает к воротам, которые находятся снаружи цеха, ворота открываются и автомобиль становится к пандусу и с помощью ручной гидравлической тележки происходит отгрузка.

Погрузка кластерейнеров осуществляется с помощью вилочного электропогрузчика в закрытом цеху, при этом автомобиль растентовывает один бок, т.к. погрузка осуществляется боком.

Транспортирование осуществляется на следующих маршрутах: Greif– Газпромнефть-ОНПЗ – расстояние между ГО и ГП составляет 20км; Greif - ООО «Акрил» – расстояние между ГО и ГП - 22 км; Greif - ЗАО «Промэкология» - расстояние между ГО и ГП – 25 км.

Разгрузка груза происходит у грузополучателей ООО «Акрил», ЗАО «Промэкология» и Газпромнефть-ОНПЗ. Разгрузка бочки и кластерейнеров происходит в складских помещениях. При разгрузке бочки применяют вилочную самоходную тележку либо вилочный электропогрузчик, при разгрузке кластерейнеров применяют вилочный электропогрузчик.

Складирование груза осуществляется в складском помещении закрытого типа.

Подача подвижного состава осуществляется с парковки, которая находится на территории завода Greif, первый нулевой пробег составляет 0,5 км, второй нулевой пробег в зависимости от места разгрузки составляет: ООО «Акрил» – 22 км, ЗАО «Промэкология» – 25 км, Газпромнефть-ОНПЗ – 20 км.

Этап 2. Выполнение натуральных наблюдений за работой подвижного состава (ПС).

По результатам натуральных наблюдений составляются фотографии рабочего дня водителей (по форме, представленной в таблице 1, на маршрутах перевозки грузов: Greif – Газпромнефть-ОНПЗ – 20км; Greif - ООО «Акрил» - 22 км; Greif - ЗАО «Промэкология» – 25 км.

Таблица 1 – Фотография рабочего дня водителя

Время начала операции	Время окончания операции	Наименование операции	Примечание
1	2	3	4
...	...	...	...

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Этап 3. Исследование существующей организации перевозок. Для этого необходимо изучить функции, выполняющиеся при организации перевозок.

Функции, выполняющиеся при организации перевозок показаны на рис. 3.

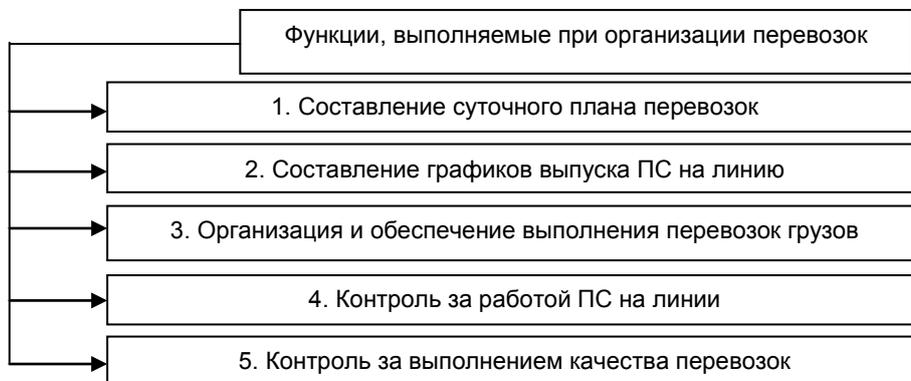


Рисунок 3 – Функции, выполняемые при организации перевозок

Этап 4. Исследование транспортной характеристики перевозимого груза.

К перевозимому грузу относятся - стальные бочки и кловертейнеры.

Стальные бочки используются для транспортировки жидких, сыпучих и твердых продуктов и веществ, не оказывающих активного воздействия на сталь. Основные сферы применения металлических бочек - химическая, нефтехимическая, металлургическая, лакокрасочная и пищевая отрасли [5].

Использование кловертейнеров позволяет обеспечить сохранность качества битума за счет того, что он разогревается один раз непосредственно на асфальто-бетонном заводе, в то время как традиционные способы транспортировки подразумевают многократные циклы разогрева при погрузке-выгрузке. Вместе с этим достигается и экономия энергоресурсов, а также продление срока службы дорожного полотна за счет пониженного окисления материала [6].

Грузы каждого наименования обладают присущими только им физико-химическими свойствами, объемно-массовыми характеристиками и степенью опасности, определяющими технические условия перевозок. В комплексе с параметрами тары и упаковки специфические свойства груза составляют понятие «транспортная характеристика груза».

Транспортная характеристика груза определяет режимы перевозки, перегрузки и хранения, а также требования к техническим средствам выполнения этих операций. Транспортные характеристики используют при решении задач по рационализации перевозочного процесса: выборе типа подвижного состава (ПС), погрузочно-разгрузочных механизмов и устройств (ПРМ), складского оборудования, средств пакетирования грузов, разработке условий их перевозки и т.п.

При планировании перевозок важно знать основные свойства грузов, чтобы правильно выбрать для перевозки данного груза тару и подвижной состав, обеспечить удобство размещения и закрепления груза в транспортном средстве и принять необходимые меры безопасности.

Выделяют следующие основные свойства грузов:

- физические;
- химические;
- биохимические;
- свойства-характеристики опасности;
- свойства, отражающие реакцию на изменение температур;
- объемно-массовые [7].

Этап 5. Исследование элементов транспортного процесса.

Определение рациональных значений времени на погрузку и разгрузку, среднетехнической скорости. Выполняется с использованием методов математической статистики.

Этап 6. Исследование погрузо-разгрузочных механизмов применяемых для погрузки и разгрузки.

Этап 7. Исследование подвижного состава для перевозки груза.

На сегодняшний день собственный автопарк компании насчитывает 9 автопоездов в составе седельных тягачей: МАЗ - 6310Е9-522-031 – 2 ед.; КАМАЗ - 5410 – 2 ед.; International 9400 - 1 ед.; Volvo FH12- 1 ед.; Freightliner – 2 ед.; Renault 400 - 1 ед. и полуприцепов – 9 ед.

Этап 8. Исследование существующих технико-эксплуатационных показателей при перевозке грузов.

Существующие технико-эксплуатационные показатели при перевозке грузов: потребность по заявке в тоннах; выполнено потребности по заявке в тоннах; автомобили в эксплуатации; выработка в тоннах; выработка в тонно-километрах; общий пробег в километрах; автомобилечасы в эксплуатации в часах.

Этап 9. Исследование существующих эксплуатационных затрат предприятия.

Существующие эксплуатационные затраты предприятия: фонд оплаты труда; страховые взносы; топливо; смазочные и эксплуатационные материалы; выполнение ТОиР; восстановление износа и ремонт шин; амортизация подвижного состава; накладные расходы.

Этап 10. Сопоставление практики работы подвижного состава при перевозке груза и состояния теории грузовых автомобильных перевозок.

В рамках данного этапа устанавливается автотранспортная система перевозок грузов подвижным составом ООО «ТрансМиг» в городе Омске.

### Заключение

Исследование перевозок грузов включает в себя десять этапов, позволяющих выявить недостатки при выполнении централизованных перевозок грузов (стальные бочки и кловертейнеры) подвижным составом ООО «ТрансМиг» в городе Омске.

### Библиографический список

1. Вельможин, А.В. Грузовые автомобильные перевозки: учебник / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. – Вологда - Полиграфист, 2006. – 560 с.
2. Ключин Ю.Ф. Автомобильные грузовые перевозки : учебное пособие / В.М. Курганов, Л.Б. Миротин, Ю.Ф. Ключин, И.И. Павлов, В.С. Рекошев, Е.И. Сураков, Г.П. Виноградов, В.Я. Ильин, В.И. Аршапов. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 1999. – 442с.
3. Рафф М.И. Грузовые автомобильные перевозки: учебник / М.И. Рафф, Ю.В. Каравай, П.П. Оробченко, М.А. Юрченко. – Харьков: издательство Харьковского университета, 1967. – 303 с.
4. Устав автомобильного транспорта РСФСР (утв. Постановлением Совмина РСФСР от 08.01.1969 № 12). Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_2453](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2453)
5. Официальный сайт завода Greif - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.greif.ru/production/steelbarrel>.
6. Официальный сайт завода Greif - [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.greif.ru/production/clovertainers>.
7. Войтенков С.С. Грузоведение: учебник / С.С. Войтенков, Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий; под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Витвицкого Е.Е. – Омск : СибАДИ, 2014. – 196 с.

### STAGES OF RESEARCH OF CENTRALIZED CARGO TRANSPORTATIONS BY VEHICLES OF CARGO MOTOR COMPANY

D.V. Shapoval, A.K.Sergienko

**Annotation.** The article defines the stages of research of centralized cargo transportations by vehicles of TransMig company in Omsk city. The authors identify ten stages for the implementation of the research. The research is aimed at identifying deficiencies in the transport of cargo by vehicles of "TransMig" company in the city of Omsk. The research of centralized cargo transportations, made on the proposed steps, can be determined measures to improve the transport process as a whole, and to improve the efficiency of vehicles in particular.

**Keywords:** research of cargo transportations, stages of research, centralized cargo transportations automobile transport system, vehicles

Дмитрий Владимирович Шаповал (Россия, г. Омск) - кандидат технических наук, доцент кафедры «ОПиУТ» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [dsh.omsk@mail.ru](mailto:dsh.omsk@mail.ru)).

Людмила Семеновна Трофимова (Россия, г. Омск) - кандидат технических наук, доцент кафедры «ОПиУТ» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [trofimova\\_ls@mail.ru](mailto:trofimova_ls@mail.ru)).

## НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

---

*Анастасия Константиновна Сергиенко (Россия, г. Омск) - магистр, группа ТТПм-16AZ1, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: nastiabelousow@mail.ru).*

*Dmitry Vladimirovich Shapoval (Russian Federation, Omsk) - candidate of technical sciences, the associate professor The Siberian State Automobile and Highway Academy, (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: dsh.omsk@mail.ru).*

*Ludmila Semenovna Trofimova (Russian Federation, Omsk) - candidate of technical sciences, the associate professor The Siberian State Automobile and Highway Academy, (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: trofimova\_ls@mail.ru).*

*Anastasija Konstantinovna Sergienko (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: nastiabelousow@mail.ru).*

## РАЗДЕЛ II

# СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

---

УДК 625.08

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**И.В. Бахмет, В.Б. Пермяков**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

***Аннотация.** В статье представлены результаты экспериментальных исследований о влиянии температуры и скорости деформирования на интенсивность процесса уплотнения асфальтобетонных многощебенистых смесей типа А и малощебенистых типа В. Рассмотрено влияние температуры смеси и скорости ее деформирования на пределы сопротивления смеси деформированию. Также приведены исследования релаксационных процессов, на основе которых сделаны выводы о рациональных режимах деформирования смеси рабочими органами уплотняющих средств.*

***Ключевые слова:** асфальтобетонная смесь, уплотнение, температура смеси, скорость деформирования.*

#### **Введение**

Асфальтобетонные покрытия являются в настоящее время основным типом капитальных дорожных покрытий. Они обладают комплексом высоких технико-эксплуатационных свойств, в наибольшей степени отвечающих современным требованиям к дорожным покрытиям для интенсивного скоростного движения.

Наиболее широкое применение в дорожном строительстве нашел горячий асфальтобетон. Покрытия из этого материала наиболее устойчивы к действию транспортных нагрузок и атмосферных факторов. Важнейшая особенность уплотнения покрытий из горячего асфальтобетона – короткий срок их формирования, практически заканчивающийся с завершением уплотнения асфальтобетонной смеси. Движение автомобилей по такому покрытию может быть открыто уже через несколько часов после укладки асфальтобетонной смеси.

На сегодняшний день одной из основных проблем процесса уплотнения асфальтобетонных покрытий является создание режима наиболее эффективного уплотнения, применяемого для различных типов асфальтобетонных смесей [1 – 10].

При уплотнении асфальтобетонной смеси в результате непрерывного воздействия трех факторов (температуры, повышения плотности и упрочнения смеси под действием повторных нагрузок) непрерывно изменяются как ее прочностные (пределы прочности и текучести), так и деформативные (модуль деформации) характеристики. Основными факторами, от которого зависят указанные характеристики, являются температура смеси и скорость ее деформирования.

#### **Исследовательская часть**

Пределы прочности и модуль деформации с понижением температуры прогрессирующе возрастают. Причем модуль деформации, являющийся мерой жесткости материала, растет быстрее, чем предел прочности. Это обстоятельство затрудняет процесс уплотнения асфальтобетонной смеси в связи с ростом сопротивления смеси деформированию.

Проведенные исследования [1] показали, что предел прочности при сжатии  $R_{сж}^{50}$  и  $R_{сж}^{100}$  уменьшается с понижением температуры.

Представленные данные в табл. 1 показывают, что снижение температуры образцов из смеси А со 100 до 50 °С повышает сопротивление деформированию в 6,8 раза, а для смеси типа В в 7,26 раза. С увеличением плотности смеси до эти значения уменьшаются

соответственно в 3,29 и 3,6 раза. Приведенные результаты свидетельствуют о том, что с уменьшением температуры значительно возрастает энергоёмкость процесса уплотнения.

Таблица 1 – Результаты влияния температуры на сопротивление уплотняемой смеси

Скорость деформирования, мм/мин	Тип смеси	Температура, С	Пределы сопротивления образцов различной плотности, МПа			
			0,70	0,80	0,90	1,00
3	А	50	0,3737	0,7302	1,102	1,5541
		100	0,0153	0,0710	0,1620	0,4722
	В	50	0,3091	0,6404	0,8883	1,3200
		100	0,0119	0,0433	0,1223	0,3630

Для интенсивного уплотнения асфальтобетонных смесей необходимо обеспечить рациональное соотношение между контактными давлениями возникающими под рабочими органами уплотняющих средств, и реактивным сопротивлением уплотняемой среды на протяжении всего процесса уплотнения. Это требование выполняется при соблюдении условия  $\sigma_m(\rho_i) \leq \sigma_x(\rho_i) < \sigma_{np}(\rho_i)$  [2-3]. Абсолютные значения сопротивления деформированию складываются из сопротивления, возникающего при относительном перемещении минеральных зерен в среде асфальтобязущего, и сопротивления сжатию и вытеснению битумных пленок из зон межзерновых контактов. Поэтому в материалах, обладающих вязкими свойствами, развитие деформаций под действием уплотняющих средств происходит не мгновенно, а в течение некоторого промежутка времени. В связи с этим для таких материалов, как асфальтобетонная смесь, характерна высокая реакция на скорость деформирования. Для выявления влияния скорости формирования  $V_d$  на величину возникающего реактивного сопротивления асфальтобетонные образцы подвергались испытанию на машине Р-5. Эксперименты [3-4] были проведены при скорости деформирования  $V_d = 3, 18, 40, 80, 100$  мм/мин. При этом плотность изменялась от  $K_y = 0,75$  до  $K_y = 1,0$ . Минимальная скорость деформирования соответствует требованиям ГОСТ 9128-97, другие – для установления зависимости между сопротивлением и скоростью деформирования. Исследованию подвергались горячие мелкозернистые смеси типа А и В.

С ростом плотности от начала процесса уплотнения ( $K_y = 0,70 - K_y = 0,75$ ) до его окончания ( $K_y = 1,0$ ) сопротивление увеличивается 29,5 раза для смесей типа А и в 30,5 раза – для смесей типа В при скорости деформирования образцов  $V = 3$  мм/мин. Дальнейшее увеличение скорости в рассматриваемом диапазоне скоростей (до 100 мм/мин) дает примерное равное увеличение сопротивления смеси деформированию для всех значений  $K_y$ .

Результаты испытаний (рис. 1) показали, что при всех значениях коэффициента уплотнения с увеличением  $V_d$  увеличивается и внутреннее сопротивление образцов деформированию. Причём при малых скоростях деформирования значительная часть возникающих внутренних напряжений успевает отрелаксировать и тем самым снизить уровень напряжённого состояния. С увеличением же  $V_d$ , отрелаксированные напряжения не успевают компенсировать рост напряжений, возникающих за счёт упругого деформирования. В этом случае растёт напряжённое состояние деформируемых образцов.

Из приведённых данных видно, что малоцебенитые смеси типа В более чувствительны к изменению скорости деформирования. Так, при  $K_y = 0,7$  увеличение скорости с 15 до 80 мм/мин (эта скорость примерно соответствует скорости деформирования смеси катками статического действия) ведёт к росту сопротивления в 5,5 раза для смеси типа В и в 4,5 раза для смеси типа А. При  $K_y = 0,9$  наблюдается примерное равенство изменения сопротивления. Однако при  $K_y = 0,8$  опять наблюдается рост сопротивления деформированию у образцов, сформированных из малоцебенитой смеси.

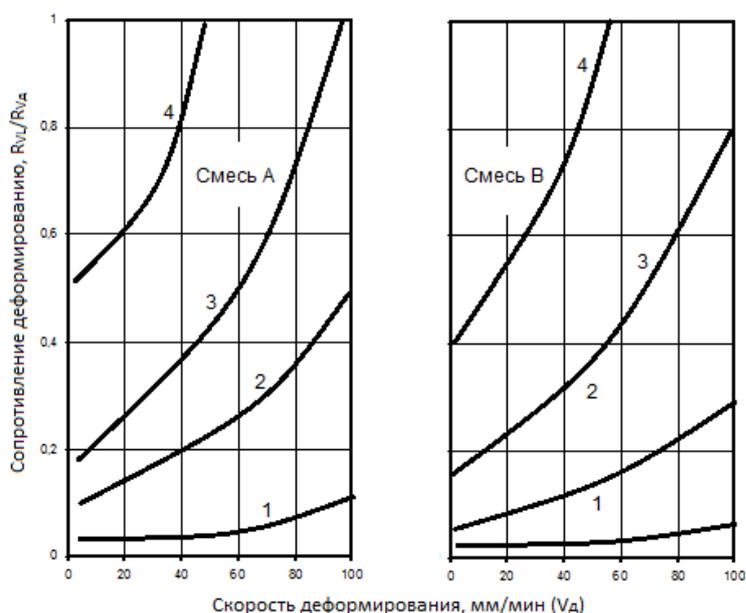


Рисунок 1 – Зависимость максимального сопротивления смеси ( $R_{vd}$ ) от скорости ее деформирования ( $V_d = 3$  мм/мин). 1 -  $K_y = 0,7$ ; 2 -  $K_y = 0,8$ ; 3 -  $K_y = 0,9$ ; 4 -  $K_y = 1,0$

Исследование релаксационных процессов [5] проводилось на мелкозернистой горячей асфальтобетонной смеси типа В на битуме БНД 90/130. Образцы смеси диаметром 200 мм и высотой 130 мм формировались и испытывались в металлической форме при температуре 80, 100, 120 и 140 °С плотности (0,8 – 0,96)  $\rho_{max}$ . Чтобы исключить влияние стенок формы на величину возникающих при деформировании смеси на течение процесса релаксации напряжений был выбран диаметр штампа  $D_{шт}$  = 70 мм, равный 2,5  $d_{max}$  ( $d_{max}$  – максимальный размер зерна в смеси).

На рис. 2 представлены результаты исследования смеси типа В на битуме БНД 90/130 при температуре  $T_{см}$  – 100 °С и постоянной деформации 5 мм.

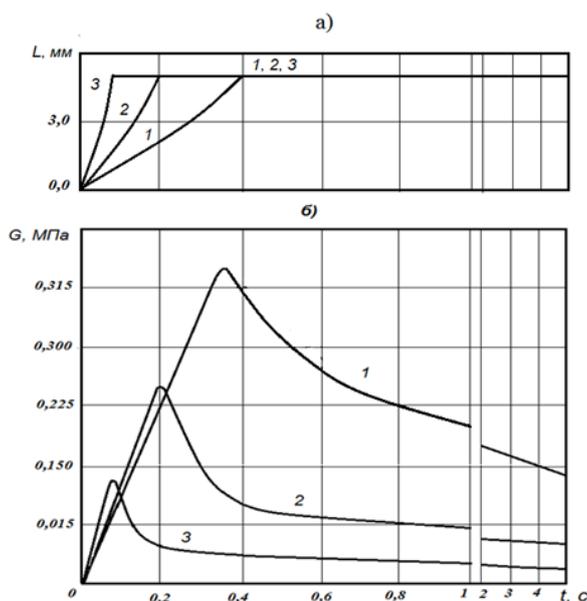


Рисунок 2 – Законы деформирования (а) и релаксации напряжений (б) в асфальтобетонной смеси различной плотности. 1 –  $K_y = 0,96$ ; 2 –  $K_y = 0,90$ ; 3 –  $K_y = 0,96$ ;  $L$  – деформация;  $\sigma$  – напряжения возникающие в процессе деформирования смеси;  $t$  – время

Анализ результатов показывает, что скорость деформирования смеси  $V_0 = l/t$  (рис. 2, а) и ее сопротивление деформированию  $R = \sigma/t$  (рис. 2, б) зависят от плотности. Смесь с низкой плотностью ( $KU = 0,8$ ) соответствует высокая скорость (75 мм/с), а высокоплотным ( $KU = 0,96$ ) – значительно меньше (12,5 мм/с).

Релаксация напряжений происходит более интенсивно в низкоплотных смесях. Так, через 0,1 с внутреннее напряжение с 0,142 МПа уменьшается до 0,087 (61,3%), а за последующие 0,8 с снижается всего на 3,5%. Для плотных смесей период интенсивного снижения напряжений более продолжительный (до 0,8 с).

Кривая релаксации напряжений имеет два отчетливо выраженных участка: первый характеризуется резким падением напряжений за короткий промежуток ( $t_1$ ) времени и второй – более продолжительный ( $t_2$ ) с малой скоростью релаксации.

В начальный период релаксации скорость падения напряжения усиливается с понижением плотности асфальтобетонной смеси. Например, при  $\rho = 0,8\rho_{max}$  и начальном напряжении  $\sigma = 0,142$  МПа напряжение через 0,1 с уменьшается на 0,087 МПа (61,3%), а за последующие 0,8 с – всего на 0,02 МПа (3,5%). При  $\rho = 0,96\rho_{max}$  и  $\sigma_0 = 0,415$  МПа напряжение в течении 0,1 с снижается на 0,075 МПа (18%). Однако после этого промежутка времени продолжается интенсивное уменьшение напряжения.

Одним из наиболее важных реологических параметров является время (период) релаксации  $\tau$ . Под продолжительностью этого процесса понимают время, в течении которого уплотняемая среда из неравновесного состояния переходит практически в равновесное, установившееся [11]. После достижения этого времени кривая падения напряжения переходит практически в прямую, параллельную оси абсцисс, и скорость релаксации становится минимальной.

Для определения формального значения этого параметра в законе релаксации напряжений Максвелла

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{-t/\tau} \quad (1)$$

где полагают  $t = \tau$  ( $t$  – текущее время;  $\sigma_0$  – начальное напряжение, соответствующее величине контактного давления от рабочих органов уплотняющих средств;  $e = 2,718$  – основание натурального логарифма).

Тогда уравнение (1) примет вид

$$\sigma(\tau) = \sigma_0 e^{-\tau/\tau}, \quad (2)$$

т.е. начальное напряжение  $\sigma_0$  уменьшается в 2,718 раза через промежуток времени равный  $\tau$ .

Интенсивность падения напряжений определяется скоростью релаксации ( $V_p$ )

$$V_p(t) = \sigma_0 - \sigma(t), \quad (3)$$

где  $\sigma(t)$  – внутреннее напряжение асфальтобетонной смеси в момент текущего времени ( $t$ ).

При уплотнения асфальтобетонной смеси необходимо, чтобы скорость ее деформирования не превышала обратной величины короткой части времени релаксации ( $1/\tau$ ).

В этом случае частота приложения уплотняющих нагрузок будет создавать благоприятные условия для деформирования смеси при низком уровне реактивного сопротивления с интенсивным образованием необратимых вязко-пластичных деформаций.

### **Заключение**

Таким образом, анализ проведенных экспериментальных исследований показал, что при уплотнении асфальтобетонной смеси уплотняющими средствами большое влияние на интенсивность процесса уплотнения оказывают такие факторы как температура смеси, скорость ее деформирования и релаксация напряжения. Поэтому очень важно установить

рациональные температурные границы начала и окончания уплотнения смеси, а также режимы скорости ее деформирования.

### Библиографический список

1. Пермяков, В. Б., Дубков В. В. К вопросу о кинетике остывания слоя асфальтобетонной смеси в процессе уплотнения / В. Б. Пермяков, В. В. Дубков // Известия вузов. Строительство. -1999.- № 6. - С. 102 - 105.
2. Пермяков, В.Б. Совершенствование теории, методов расчета и конструкций машин для уплотнения асфальтобетонных смесей: Автореф. дис... д-ра техн. наук.- СПб., 1992 – 37 с.
3. Пермяков, В.Б. Механизация строительства: Учеб. для вузов / В. Б. Пермяков. - 2-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2008. - 383 с.
4. Пермяков, В.Б., Шапошников, А.В. Исследование влияния скорости деформирования на напряженное состояние асфальтобетонных смесей / В. Б. Пермяков, А. В. Шапошников // Машины и процессы в строительстве: Сб. науч. тр. №3. Юбилейный. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2000 – 36-38 с.
5. Пермяков В.Б. Исследование релаксации напряжений в асфальтобетонных смесях в процессе их уплотнения / В.Б. Пермяков // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1985 - №5. – С. 99-102.
6. Прусов А.Ю. Выбор рациональных режимов работы вибрационных катков при уплотнении асфальтобетонных смесей: Дис. к.т.н.: 05.05.04: Ярославль, 2003, – 181 с.
7. Сергеева Т.Н. Исследования взаимодействия вальца катка с асфальтобетонным слоем при его уплотнении: Автореф. Дис. к.т.н.:1981, – 17с.
8. Хархута Н.Я. Методы и средства уплотнения асфальтобетонных дорожных покрытий: Исследования рабочих процессов строительных и дорожных машин. - Ярославль, 1983. – 12-15 с.
9. Седельникова, Ю. С. Влияние температуры на изменение свойств асфальтобетонной смеси в процессе уплотнения / Ю. С. Седельникова // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура: материалы международной научно-практической конференции.- Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – № 2. - С. 229-231.
10. Суворов Д. Н., Джабраилов Д.Н. Влияние температуры асфальтобетонной смеси на качество ее уплотнения / Д. Н. Суворов, Х. А. Джабраилов // Автоматизация и управление в технических системах (АУТС).- М: МАДИ, 2014. – №1.2. – С. 165-171.
11. Вялов, С. С. Реологические основы механики грунтов: учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1978. - 447 с.

### ANALYSIS OF INFLUENCE OF TEMPERATURE AND SPEED OF DEFORMATION ON THE INTENSITY OF THE PROCESS OF SEALING ASPHALT-CONCRETE MIXTURES

I.V. Bahmet, V.B. Permyakov

**Abstract.** *The article presents the results of experimental studies on the effect of temperature and deformation rate on the intensity of the compaction process of asphalt-concrete mixed-type mixtures of type A and low-ribbed type B. The influence of the mixture temperature and its deformation rate on the resistance limits of the deformation mixture is considered. Also, studies of relaxation processes on the basis of which conclusions are made about the rational modes of deformation of the mixture by the working organs of the sealing means are given.*

**Key words:** *asphalt-concrete mixture, compaction, mixture temperature, deformation rate.*

*Бахмет Ирина Викторовна (Россия, г. Омск) - аспирантка кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: i.bahmet@mail.ru)*

*Пермяков Владислав Борисович (Россия, г. Омск) - доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: v.b\_permyakov@mail.ru)*

*Bahmet Irina Viktorovna (Russian Federation, Omsk) - postgraduate student of the Department "Operation and service of transport and technological machines and systems in construction" FGBOU VO "SibADI" (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: i.bahmet@mail.ru).*

*Permyakov Vladislav Borisovich (Russian Federation, Omsk) - doctor of technical Sciences, Professor of the Department "Operation and service of transport and technological machines and systems in construction" FGBOU VO "SibADI" (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: v.b\_permyakov@mail.ru).*

## References

1. Permyakov, V.B., Dubkov V.V. On the kinetics of cooling of the layer of the asphalt-concrete mix in the process of compaction / V.B Permyakov, V.V Dubkov // Izvestiya Vuzov. Building. -1999.- No. 6. - P. 102 - 105.
2. Permyakov, V.B. Improvement of the theory, calculation methods and machine designs for compaction of asphalt-concrete mixtures: Abstract. Dis ... Dr. techn. Sci., St. Petersburg, 1992 - 37 p.
3. Permyakov, V.B. Mechanization of construction: Proc. For universities / VB Permyakov. - 2 nd ed., Sr. - M.: High School, 2008. - 383 p.
4. Permyakov, V.B, Shaposhnikov, A.V. Investigation of the influence of the deformation rate on the stressed state of asphalt-concrete mixtures / V.B Permyakov, A.V Shaposhnikov // Machines and processes in construction: Sat. Sci. Tr. No. 3. Anniversary. - Omsk: Publishing House of SibADI, 2000 - 36-38 p.
5. Permyakov V.B. Investigation of stress relaxation in asphalt mixtures in the process of their compaction / V.B. Permyakov // News of Higher Educational Institutions. Construction and architecture. - 1985 - №5. - P. 99-102.
6. Prusov A.Yu. The choice of rational operating modes of vibrating rollers for compaction of asphalt-concrete mixtures: Dis .... kand. Cand.Tech.Sci. : 05.05.04: Yaroslavl, 2003, - 181 с.
7. Sergeeva T.N. Investigations of the interaction of a roller roller with an asphalt-concrete layer during its compaction: Author's abstract. Dis. Cand.Tech.Sci. : 1981, - 17s.
8. Kharhuta N.Ya. Methods and means of compaction of asphalt concrete pavements: Research of working processes of construction and road machines. - Yaroslavl, 1983. - 12-15 with.
9. Sedelnikova, Yu.S. Influence of temperature on the change in the properties of the asphalt-concrete mixture during consolidation / Yu.S. Sedelnikova // Road-transport complex, economy, ecology, construction and architecture: materials of the international scientific and practical conference. - Omsk: Izd. In SibADI, 2003. - No. 2. - P. 229-231.
10. Suvorov D.N. Influence of the temperature of the asphalt-concrete mixture on the quality of its compaction / D.N Suvorov, Kh.A. Dzhabrailov // Automation and control in technical systems (AUCS) .- M: MADI, 2014. - No. 1.2 . - P. 165-171.
11. Vyalov, S.S. Rheological foundations of soil mechanics: a textbook. - Moscow: Higher School, 1978. - 447 p.

УДК 625.76

99

## ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

**Р.Ф. Салихов, В.И. Попков**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** *Статья посвящена исследованию режимов работы экскаватора характеризуемых такими параметрами как частота вращения коленчатого вала, давление в гидросистеме при выполнении технологических операций цикла экскавации. Так же были получены закономерности изменения часовой эксплуатационной производительности, часового расхода топлива и энергоёмкости в зависимости от средней частоты вращения коленчатого вала двигателя при выполнении различных технологических операций одноковшовым экскаватором ЭО-5126. Использование рекомендаций представленных в данной статье приведет к снижению энергоёмкости производства, увеличению производительности выполняемых работ и как следствие повышению эффективности эксплуатации техники.*

**Ключевые слова:** *удельный расход топлива, производительность экскаватора, энергоёмкость.*

### Введение

В настоящее время снижение эксплуатационных затрат энергоёмкости, при выполнении строительных работ одна из приоритетных задач [1]. В данной статье представлены результаты исследования параметров режимов работы одноковшового гидравлического экскаватора. А так же провести анализ энергоёмкости одноковшового экскаватора в зависимости от применения его на различных режимах работы.

## Определение параметров характеризующих работу экскаватора

Одними из основных параметров, характеризующих энергоёмкость работы одноковшового экскаватора, рассмотренных в данной статье являются следующие: частота вращения коленчатого вала (ЧВКВ), часовой расход топлива, величина затрачиваемой мощности, среднее общее давление в гидросистеме, часовая эксплуатационная производительность, продолжительность цикла. На рис. 1 представлено изменение частоты вращения коленчатого вала ДВС в течение цикла экскавации. Из рис. 1 можно сделать вывод о том, что для различных технологических операций ЧВКВ принимает отличные друг от друга значения, это связано с особенностями условий работы экскаватора вызванных разнородностью технологических операций. Для упрощения расчетов в статье будет использоваться средняя величина ЧВКВ. В статье предлагается подобрать режимы работы гидравлического экскаватора для различных технологических операций цикла экскавации удовлетворяющих нескольким условиям:

- а) заданной величине производительности;
- б) минимальной энергоёмкости.

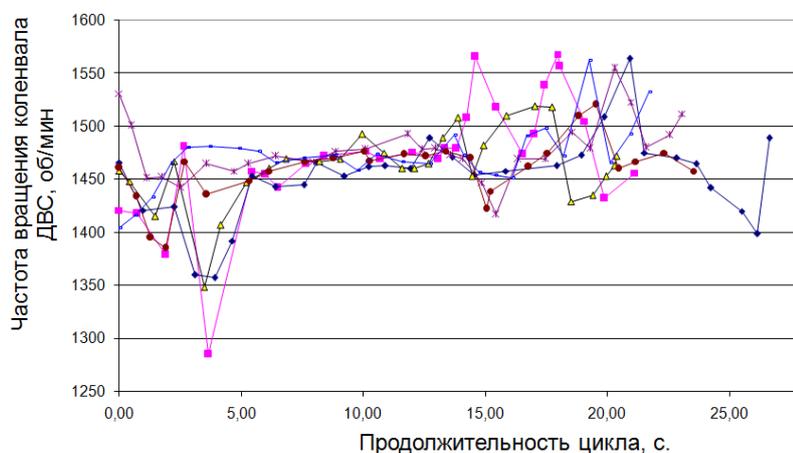


Рисунок 1 – Изменение ЧВКВ экскаватора ZX-160W в течении цикла экскавации (получены совместно с аспирантом М.Г. Грусневым[6])

Были проведены замеры общего давления в гидросистеме и ЧВКВ экскаваторов марки ZX-230, ZX-330 (фирма Hitachi, Япония). Эмпирические данные приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Общее давление и средняя частота вращения коленчатого вала экскаваторов

№ машины	Средняя частота вращения коленчатого вала, об/мин	Среднее значение общего давления в гидросистеме на всех видах технологических операций, МПа
1	2	3
1	1359	8,10
2	1419	9,00
3	1420	9,00
4	1456	9,10
5	1460	10,10
6	1465	9,80
7	1475	9,90
8	1485	10,00
9	1542	10,50
10	1605	10,10
Среднее значение	1469	9,6

Полученные среднестатистические значения можно использовать для одноковшовых гидравлических экскаваторов 3-5 типоразмерной группы, разрабатывающих грунт 2-3 категории.

На рис. 2 показана зависимость давления в гидросистеме экскаватора от частоты вращения коленчатого вала. Так же на рис. 2 показана полиномиальная линия тренда, а ниже представлено уравнение (1), описывающее данную линию с величиной достоверности аппроксимации 0,9.

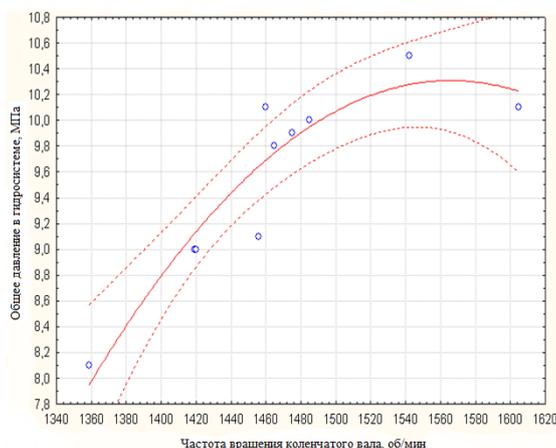


Рисунок 2 – Зависимость среднего общего давления в гидросистеме экскаватора от ЧВКВ ДВС

$$P_{\text{общ}} = -124,7889 + 0,1726 \cdot n - 5,51 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 \quad (1)$$

где, n- ЧВКВ, об/мин.

Расчетные значения среднего общего давления в гидросистеме экскаватора при различных частотах вращения коленчатого вала ДВС приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Значения общего давления в гидросистеме при различных ЧВКВ экскаватора

Средняя ЧВКВ* на всех видах технологических операций, об/мин	Среднее значение общего давления в гидросистеме на всех видах технологических операций, МПа
1	2
1300	6,86
1350	8,21
1400	9,28
1450	10,07
1500	10,59
1550	10,83
1600	10,80
1650	10,49
1700	9,90

В статье для расчета приводится одноковшовый экскаватор ЭО-5126 (г. Нижний Тагил) [2,3]. Для определения часового расхода топлива и эксплуатационной производительности при частоте вращения более 1700 об/мин данные отсутствуют и как следствие расчеты не будут производиться.

Определим часовую эксплуатационную производительность по следующей формуле [4]:

$$\Pi_3 = 60 \cdot q_{рас} \cdot \left( \frac{60}{t_{цикл}} \right) \cdot \left( \frac{K_H}{K_P} \right) \cdot K_E \quad (2)$$

где,  $q_{рас}$  – вместимость ковша расчетная, м<sup>3</sup>;  $q_{рас} = 1$  м<sup>3</sup>;  $t_{цикл}$  – время цикла, с;  $K_E$  – коэффициент внутрисменного использования машины.

Часовой расход топлива определим по следующей формуле [5]:

$$G_e = N_n \cdot g_e \cdot K_H \cdot K_E \cdot K_P \cdot K_{об} \cdot K_{ТММ} \quad (3)$$

где,  $N_n$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  $g_e$  – удельный расход топлива, г/кВтч;  $K_H$  – степень использования ДВС по мощности;  $K_E$  – коэффициент использования по времени;  $K_P$  – коэффициент учитывающий расход топлива;  $K_{об}$  – коэффициент средней фактической частоты вращения коленчатого вала;  $K_{ТММ}$  – коэффициент учитывающий расход топлива в зависимости от использования ДВС по мощности.

Таблица 3 – Значения параметров при различных частотах вращения коленчатого вала экскаватора ЭО-5126

Средняя ЧВКВ, об/мин	Время цикла, с	Эксплуатационная производительность, м <sup>3</sup> /ч	Часовой расход топлива, г/моточас	Мощность развиваемая ДВС, Вт	Энергоемкость, Э, $\frac{Вт \cdot ч}{м^3}$
1300	22,1	93,3	8271,7	37733,0	404,4
1350	21,2	97,4	8843,9	46838,4	480,9
1400	20,6	100,5	9225,5	54496,7	542,3
1450	20,0	103,1	9542,5	61351,1	595,1
1500	19,6	105,3	9849,8	67274,1	638,9
1550	19,3	107,1	10151,6	70828,8	661,3
1600	19,0	108,7	10432,7	73113,6	672,6
1650	18,8	109,8	10666,8	72605,5	661,3
1700	18,7	110,7	10840,4	71209,6	643,3

На рис. 3 представлена зависимость часового расхода топлива от ЧВКВ.

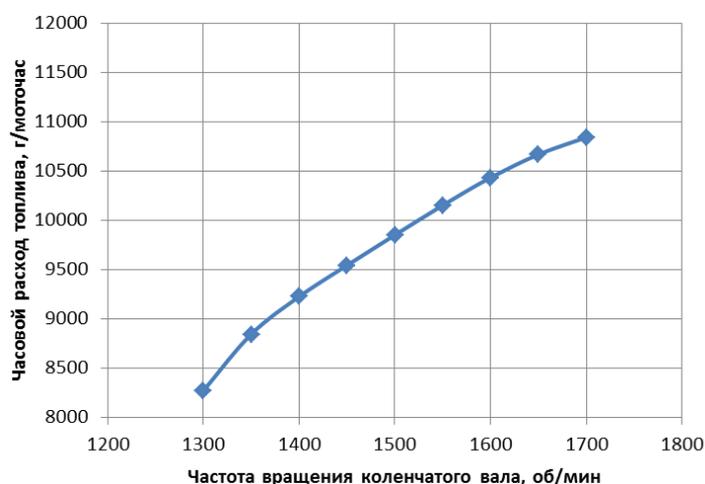


Рисунок 3 – Зависимость часового расхода топлива от ЧВКВ

На рис. 4 видно, что максимальная энергоёмкость наблюдается при средней частоте вращения коленчатого вала 1600 об/мин, при уменьшении и увеличении частоты вращения коленчатого вала энергоёмкость уменьшается по параболической зависимости. Следует также обратить внимание на рис. 5, на котором показана зависимость эксплуатационной часовой производительности от частоты вращения коленчатого вала, из которого видно, что при увеличении средней частоты вращения коленчатого вала производительность также увеличивается.

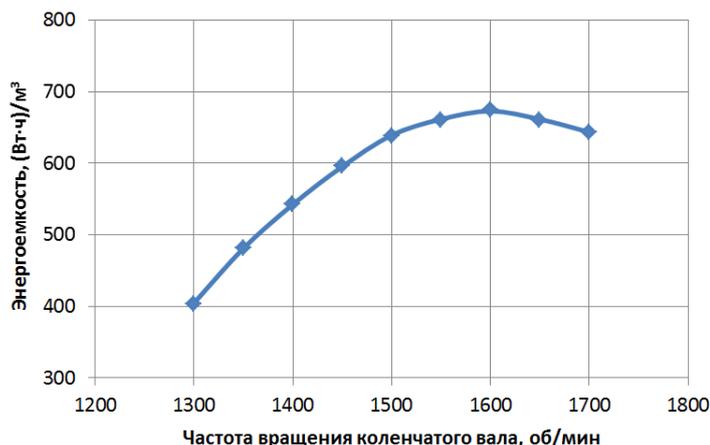


Рисунок 4 – Зависимость энергоёмкости от ЧВКВ

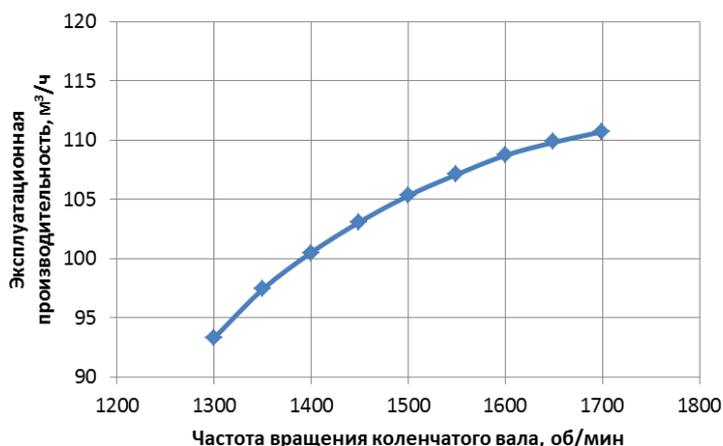


Рисунок 5 – Зависимость эксплуатационной производительности от ЧВКВ ДВС

Из рис. 4 и 5 можно сделать вывод о том, что следует рекомендовать режим работы для данного экскаватора со средней частотой вращения выше или ниже 1600 об/мин, т.к. это позволит эксплуатировать технику с меньшими затратами энергии. По эмпирическим данным средняя частота вращения коленчатого вала составляет 1469 об/мин, при данной частоте вращения коленчатого вала производительность составит  $104 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ , а энергоёмкость составит  $600 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^3}$ . Из приведенных выше рисунков можно сделать следующий вывод: самая низкая энергоёмкость  $404,4 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^3}$  наблюдается при ЧВКВ 1300 об/мин, но при этом для обеспечения заданной производительности необходимо увеличить  $K_{\text{см}}$  до значения 1,1. В следующей статье также планируется рассчитать удельные приведенные затраты, что и даст полную ясность в поставленном нами вопросе.

В дальнейшем авторами планируется рассмотреть влияние увеличения средней ЧВКВ на сокращение ресурса ДВС, т.к. при этом нагрузка на ДВС увеличивается. Данный вопрос будет рассмотрен в следующей статье.

## Библиографический список

1. Интенсификация рабочих органов землеройных машин: учебное пособие / И. А. Недорезов; МАДИ. - М.: МАДИ, 1979. - 50 с.
2. TraktorBook.com Вся информация о спецтехнике [Электрон. ресурс] : [статья] / Экскаватор ЭО-5126. – Режим доступа: <http://traktorbook.com/ekskavator-eo-5126/>
3. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины (определение параметров и выбор): учебное пособие / В. И. Баловнев. - Омск; М. : Омский дом печати, 2006. - 320 с.
4. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (промышленная и техническая эксплуатация): Учеб. пособие/ В.Б. Пермяков, В.И. Иванов, С.В. Мельник и др./ Под ред. В.Б. Пермякова.- М.: ИД «БАСТЕТ», 2014.-752 с.
5. Машины для земляных работ: учебник для студентов вузов/ Доценко А.И., Карасев Г.Н., Кустарев Г.В., Шестопалов К.К.-М.: «Издательский дом «БАСТЕТ», 2012.-688 с.
6. Салихов Р.Ф. Влияние параметров силовой установки на технико-экономические показатели одноковшовых гидравлических экскаваторов/ Р.Ф. Салихов, М. Г. Груснев // Строительные и дорожные машины. – 2010. – №4. – С. 47 – 49.

## JUSTIFICATION OF THE ENERGY EFFICIENT OPERATING MODE OF THE ODNOKOVSHOVY HYDRAULIC EXCAVATOR

R.F. Salikhov, V.I. Popkov

**Abstract.** The article is devoted to modes of operation of the excavator characterized by such parameters as engine speed, pressure in the hydraulic system when performing technological operations cycle of the excavation. Were also obtained regularities of changes in the operational hour performance, hour fuel consumption and energy consumption depending on the average frequency of rotation cranked shaft of the engine when performing various technological operations of the shovel excavator EO-5126. Using the recommendations presented in this article will reduce the energy intensity of production, performance of works and as a consequence improve the efficiency of the equipment.

**Keywords:** specific fuel consumption, excavator productivity, power consumption.

Салихов Ринат Фокилевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: [salikhorinat@yandex.ru](mailto:salikhorinat@yandex.ru)).

Попков Вадим Игоревич (Россия, Омск) – студент кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: [popkovvadim@mail.ru](mailto:popkovvadim@mail.ru)).

Salikhov Rinat Fokilevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, docent of department «Operation and service of transport and technological machines and systems in construction» of The Siberian Automobile and Highway Academy (SibADI) (644088, Omsk, Prospect Mira 5, e-mail: [salikhorinat@yandex.ru](mailto:salikhorinat@yandex.ru)).

Popkov Vadim Igorevich (Russian Federation, Omsk) – student of department «Operation and service of transport and technological machines and systems in construction» of The Siberian Automobile and Highway Academy (SibADI) (644088, Omsk, Prospect Mira 5, e-mail: [popkovvadim@mail.ru](mailto:popkovvadim@mail.ru)).

## References

1. Intensifikaciya rabochih organov zemlerojnyh mashin: uchebnoe posobie / I. A. Nedorezov; MADI. - M.: MADI, 1979. - 50 s.
2. TraktorBook.com Vsyaya informaciya o spectekhnike [EHlektron. resurs] : [stat'ya] / EHkskavator EHO-5126. – Rezhim dostupa: <http://traktorbook.com/ekskavator-eo-5126/>
3. Mnogocel'evye dorozhno-stroitel'nye i tekhnologicheskie mashiny (opredelenie parametrov i vybor): uchebnoe posobie / V. I. Balovnev. - Omsk; M. : Omskij dom pečati, 2006. - 320 s.
4. Tekhnologicheskie mashiny i komplekсы v dorozhnom stroitel'stve (promyshlennaya i tekhnicheskaya ehkspluataciya): Ucheb. posobie/ V.B. Permyakov, V.I. Ivanov, S.V. Mel'nik i dr./ Pod red. V.B. Permyakova.-M.: ID «BASTET», 2014.-752 s.
5. Mashiny dlya zemlyanyh rabot: uchebnik dlya studentov vuzov/ Docenko A.I., Karasev G.N., Kustarev G.V., SHestopalov K.K.-M.: «Izdatel'skij dom «BASTET», 2012.-688 s.
6. Salikhov R. F. Influence of parameters of power plant on technical and economic indices of hydraulic excavators/ R. F. Salikhov, M. G. Gruzdev // Construction and road machines. – 2010. – No. 4. – P. 47 – 49.

УДК 621.643.053

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ПОСЛЕ ВСПЛЫТИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЕГО ЗАГЛУБЛЕНИЯ ДО ПРОЕКТНОЙ ОТМЕТКИ

**Д.С. Сёмкин, О.И. Полынская**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассмотрены методы ремонта магистрального трубопровода, смещенного в процессе эксплуатации (всплытии). Приведен обзор оборудования для заглубления трубопроводов, который позволяет проанализировать и выявить их недостатки. Предложена конструкция оборудования на базе гидравлического экскаватора, позволяющая повысить эффективность производства работ при заглублении трубопровода.

**Ключевые слова:** повышение эффективности одноковшового экскаватора, подкапывание, заглубление трубопровода, ремонт магистрального трубопровода, удаление грунта из-под трубопровода.

### Введение

Не редко трубопроводы прокладываются по болотистым и водонасыщенным грунтам и со временем трубопровод может всплывать на поверхность (рис. 1). Для того чтобы трубу опустить до проектной отметки, необходимо произвести ремонт поврежденных участков, дозаглубить трубопровод и провести его балластировку и закрепление.

### Технология ремонта трубопровода

Ремонт поврежденных участков при всплытии трубопровода может проводиться следующим образом:

- а) Полный демонтаж участка с последующей переукладкой;
- б) Заглубление трубопровода в проектное положение методом подкапывания.

При прокладке трубопровода по болотистым местностям и водонасыщенным грунтам может произойти всплытие трубы на поверхность. В результате всплытия возникает деформация трубопровода, поэтому поврежденные участки вырезаются, а на участках, где повреждение отсутствует, необходима переукладка трубопровода или выполнение до заглубления трубопровода до проектной отметки. На рис. 1 заштрихована область грунта, которую нужно удалить.

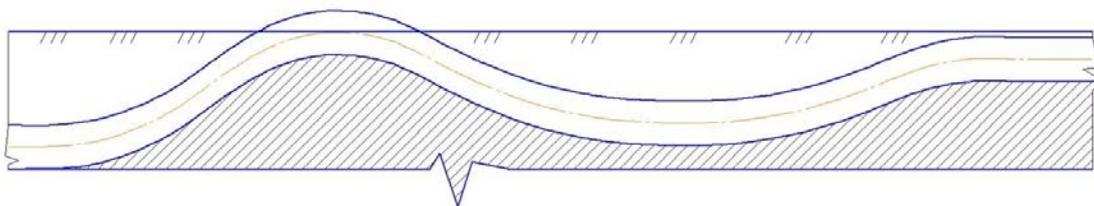


Рисунок 1 – Всплытие трубопровода

### Краткое описание методов ремонта

Полный демонтаж участка с последующей переукладкой трубопровода. Участок трубопровода вскрывают и обследуют его [1]. Далее для того чтобы провести операции по восстановлению стенок трубы, нанесению новой изоляции, дозаглубить трубопровод на заданную глубину, его поднимают из траншеи и укладывают на расстоянии 1,5 м от бровки траншеи на лежаки. После восстановления трубопровод опускают в траншею, закрепляют его путем утяжеления или с помощью анкеров и засыпают. При необходимости параллельно строится временная ветка трубопровода. Данный метод требует задействование значительного числа единиц техники: землеройная техника; подкапывающая машина, трубоукладчики и др.

Так же требуется разрезание трубопровода для его подъема и ремонта.

### Ремонт методом подкапывания для дозаглубления трубопровода

По результатам диагностики выделяются участки, подлежащие ремонту (в результате деформации трубы при всплытии) и участки, которым ремонт не требуется, а необходимо только дозаглубить трубопровод до проектной отметки [4]. Участки, не требующие восстановления трубы, заглубляют методом подкапывания для чего осуществляется удаление грунта из-под трубопровода. При использовании данного метода большое количество единиц техники и рабочего персонала не требуется.

### Обзор и описание конструкции оборудования для дозаглубления трубопровода

Роторная подкапывающая машина.

Рассмотрим конструкцию существующей подкапывающей машины (рис. 2).



Рисунок 2 – Роторная подкапывающая машина МП-1420

Машина предназначена для разработки и удаления грунта из-под трубопровода [2]. Машина передвигается по трубопроводу: механизм передвижения шагающего типа, имеющий фиксацию на трубе, который создает силу, обеспечивающую подачу роторов. Трубоукладчик буксирует электростанцию, обеспечивающую питание механизмов подкапывающей машины. Таким образом машина является самоходной. Принцип работы роторной подкапывающей машины: машина устанавливается на трубопровод, с предварительно разведенными роторами, затем роторы сводятся друг с другом под трубопроводом, включается привод. С помощью башмаков заднего захвата машина фиксируется на трубопроводе. Затем с помощью гидроцилиндра осуществляется движение вдоль трубы. По окончании цикла используется передняя тележка.

Достоинства: непрерывный процесс удаления грунта из-под трубы. Недостатком данного оборудования является: механизм передвижения по трубе повреждает изоляцию, поэтому требуется переизоляция трубопровода; механизм передвижения не развивает достаточного тягового усилия, в результате чего снижается производительность; машина является не автономной, поэтому для работы требуется средства дополнительной механизации; глубина подкапывания машины не регулируется.

Рассмотрим устройство для подкопа трубопроводов патент РФ №2170307, заявлено 08.05.1998г. Изобретение относится к механизмам удаления грунта из-под трубопроводов, подлежащих ремонту [3]. Устройство содержит одноковшовый экскаватор, смонтированный к рабочему оборудованию экскаватора корпус рабочего инструмента, средство ориентации корпуса устройства относительно подкапываемого трубопровода.

Корпус рабочего инструмента смонтирован на ковше рабочего оборудования. Средство ориентации корпуса выполнено в виде прикрепленного к рукояти рабочего оборудования подпружиненного Г-образного каркаса, несущего в нижней части указатель. К платформе или к кабине экскаватора прикреплена визирная стрелка, а к его раме напротив визирной стрелки - планка с делениями. Упрощается конструкция, повышается надежность работы.

Подкапывание трубопровода осуществляется без силового воздействия на трубопровод [4]. Данное оборудование съемное, что делает экскаватор универсальной машиной (рис. 3).

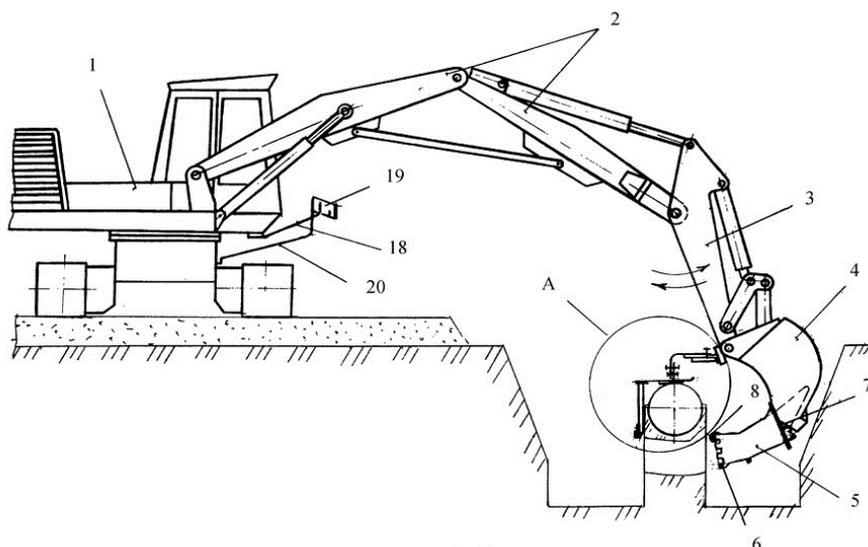


Рисунок 3 – Устройство для подкопа трубопровода патент РФ №2170307

К внутренней стенке ковша на четырех болтах закрепляется корпус 5 с рабочим инструментом, имеющим режущие зубья 6 на конце. Корпус около входа в ковш имеет упор 7, который ограничивает лишний ход рабочего инструмента, упираясь на поверхность земляной тумбы. Рабочий инструмент выполнен в виде коробки, у которой передняя стенка имеет режущие зубья 6, а на верхнем углу задней стенки вращательно установлен предохранительный ролик 8. Недостатком данного оборудования является цикличность процесса, необходимо перемещение рабочего органа, что значительно затрудняет работу. Так же есть высокие риски приближения к трубопроводу, глубина подкапывания не регулируется.

### **Описание предлагаемой конструктивной схемы оборудования для заглубления магистрального трубопровода при ремонте после всплытия**

Так как существующие конструкции имеют недостатки, снижающие эффективность их применения, предлагается удалять грунт из-под трубопровода с помощью цепного рабочего органа, установленного на базе гидравлического экскаватора. Он состоит из базовой машины и навесного оборудования (рис. 4). На одноковшовый экскаватор установлен цепной рабочий орган, который способен подвигаться под трубу и осуществлять разработку грунта.

Навесное оборудование состоит из: рабочего органа 1, направляющей внутренней части 2, направляющей внешней части 3, упорного ролика, упора 4, кронштейна упора 5. На рабочем органе имеется ведущая и ведомая звездочки внутри рамы расположено устройство натяжителя цепи [5].

Описание производства работ с применением конструкции

Метод подкапывания позволяет снизить трудоемкость работ, ремонтируются только дефектные участки трубопровода, а участки, не требующие ремонта, только заглубляются.

При ремонте трубопроводов вначале выполняются земляные работы. С помощью бульдозера снимается плодородный слой почвы и перемещается во временный отвал.

Затем выполняется разработка траншеи одноковшовым экскаватором.

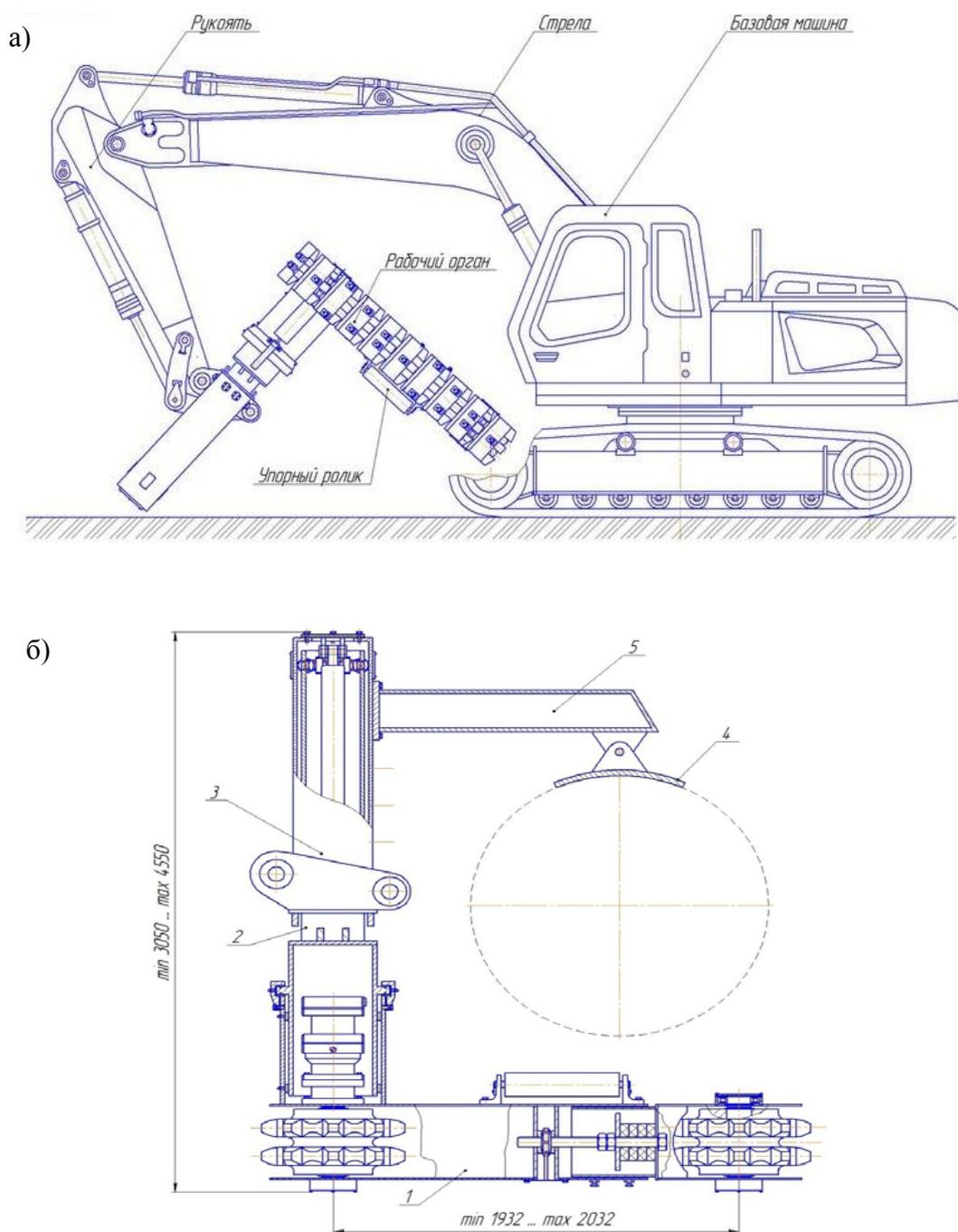


Рисунок 4 – а) Общий вид предлагаемого оборудования; б) Предлагаемое оборудование

После этого удаляется грунт из-под магистрального трубопровода с помощью предлагаемой конструкции (рис. 5 а).

Заглубление трубопровода до проектной отметки

Заглубление трубопровода регулируется с помощью механизма подъёма и опускания рабочего органа, с помощью которого осуществляется движение режущей цепи в горизонтальной плоскости (рис. 5 б).

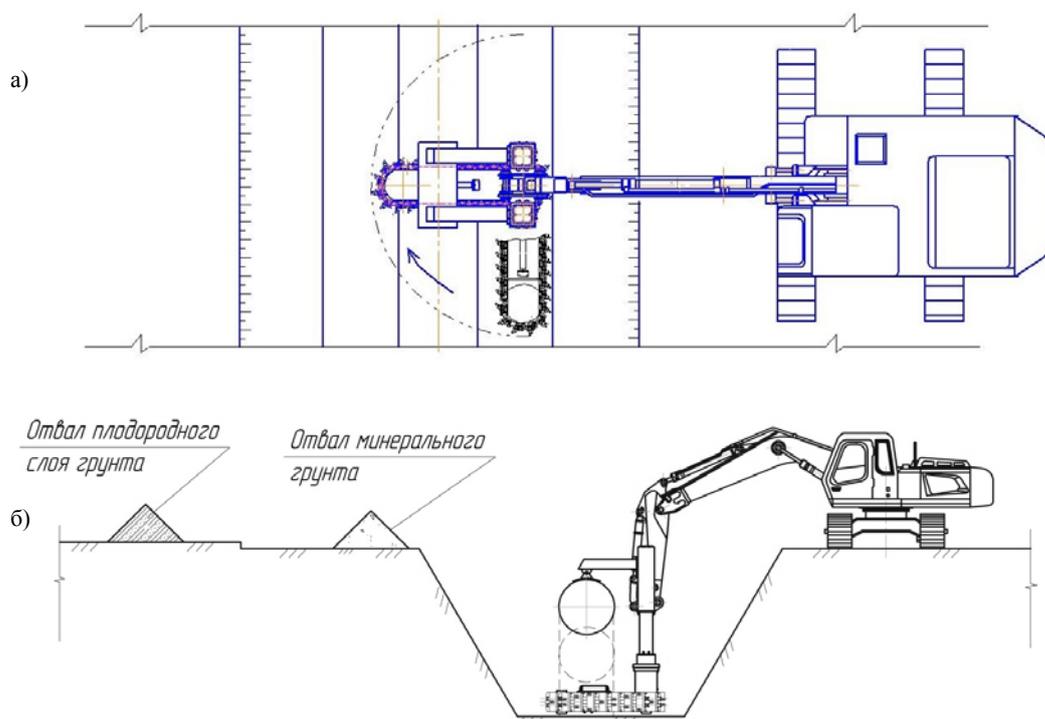


Рисунок 5 – а) Удаление грунта; б) Регулирование глубины подкапывания

Оборудование работает следующим образом: экскаватор устанавливается рядом с траншеей, рабочий орган опускается в разработанную траншею, включается привод и рабочий орган подводится под трубу, как показано на рис. 5. Разрабатывается грунт и сбрасывается в приямок. Глубина подкапывания контролируется с помощью механизма опускания рабочего органа без движения рукояти и стрелы, показано на рис. 5 б. Положение рабочего органа визуально контролируется оператором с помощью упора, опирающегося на верхнюю образующую трубы. При этом ролик, расположенный на рабочем органе, исключает возможность касания режущих элементов трубы.

Дальнейшая работа в установившемся режиме осуществляется непрерывным движением базовой машины, с одновременным движением рабочего органа в вертикальной плоскости.

После удаления грунта из-под трубопровода и ремонта определенных участков трубы траншея засыпается бульдозером и возвращается плодородный слой почвы.

### **Заключение**

Ремонт трубопроводов после всплывания в условиях водонасыщенных грунтов с помощью метода подкапывания позволяет снизить количество единиц техники, рабочего персонала и объем выполненных работ. Для удаления грунта из-под трубы в процессе заглубления рационально использовать оборудование на базе одноковшового экскаватора с цепным рабочим органом. Подкапывание трубопровода осуществляется без силового воздействия на трубу, благодаря чему изоляция на неповрежденных участках сохраняет свою целостность и не требует переизоляции. Машина полностью автономна, не требует дополнительных средств механизации. Регулирование глубины подкапывания позволит выполнять работы за один проход. Поэтому использование метода заглубления трубопровода с помощью предлагаемой конструкции позволит повысить производительность работ и снизить себестоимость ремонтных работ.

### **Библиографический список**

1. СНиП 2.05.06-85\* Строительные нормы и правила. Магистральные трубопроводы. – Введ. 1986-01-01.- Москва: Росстандарт. 2012.- 89 с.
2. Пат. №2193713 РФ: Машина для удаления грунта из-под магистрального трубопровода/ Чернышев В.В., и др., ООО Производственно-коммерческая фирма «ПромтехНН» - 2000132655/06;

заявл.27.11.2000, опубл. 27.11.2002г.

3. Пат. №2170307 РФ: Устройство для подкопа трубопровода/ Хасанов А.Х., Кульгильдин С.Г., Самматов Р.Л., Институт проблем транспорта энергоресурсов "ИПТЭР"- №E02F5/10; заявл. 08.05.1998, опубл. 08.05.1998г.

4. СП 86.13330.2012. Свод правил. Магистральные трубопроводы. – Введ. 2013-07-01.- Москва: Минстрой России. – 2014. - 116 с.

5. Семкин Д.С. Обоснование рациональных параметров и режимов работы оборудования для разработки грунта под магистральным трубопроводом: дис... канд. тех. наук:05.05.04 / Д.С. Семкин; науч. руков. проф. А.И. Демиденко; ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)», 2012. - 161 с.

### ANALYSIS OF METHODS OF REPAIR PIPELINE AFTER SURFACING AND IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE EQUIPMENT FOR ITS PENETRATION TO THE DESIGN LEVEL

D.S. Siomkin, O.I. Polynskaya

**Abstract.** *The article describes methods of repair pipeline when displaced during exploitation (surface). The review of the equipment for the burying of pipelines, which allows us to analyze and identify their shortcomings. The article suggests a hardware design based on the hydraulic excavator, allowing to increase the efficiency of work at buried pipelines.*

**Keywords:** *efficiency shovel, undermine, buried pipelines, repair of the main pipeline, removal of soil from under the pipeline.*

*Сёмкин Дмитрий Сергеевич (Россия, г. Омск)- кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: semkin\_ds@sibadi.org).*

*Полынская Олеся Игоревна (Россия, г. Омск) – магистрант, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: olesya\_polynskaya@mail.ru)*

*Semkin Dmitriy Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, , FSBEI HE «SibADI»(644080, Omsk, Mira Ave., 5; e-mail: semkin\_ds@sibadi.org)*

*Polynskaya Olesya Igorevna (Russian Federation, Omsk)– undergraduate,FSBEI HE «SibADI» (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: olesya\_polynskaya@mail.ru)*

### References

1. SNiP 2.05.06-85\* Stroitel'nye normy i pravila. Magistral'nye truboprovody. – Vved. 1986-01-01.- Moskva: Rosstandart. 2012.- 89 s.

2. Пат. №2193713 РФ: Mashina dlya udaleniya grunta iz-pod magistral'nogo truboprovoda/ CHernyshev V.V., i dr., ООО Proizvodstvenno-kommercheskaya firma «PromtekhNN» - 2000132655/06; заявл.27.11.2000, опубл. 27.11.2002г.

3. Пат. №2170307 РФ: Ustrojstvo dlya podkopa truboprovoda/ Hasanov A.H., Kul'gil'din S.G., Sammatov R.L., Institut problem transporta ehnergoresursov "IPTEHR"- №E02F5/10; заявл. 08.05.1998, опубл. 08.05.1998г.

4. SP 86.13330.2012. Svod pravil. Magistral'nye truboprovody. – Vved. 2013-07-01.- Moskva: Minstroj Rossii. – 2014. - 116 s.

5. Semkin D.S. Obosnovanie racional'nyh parametrov i rezhimov raboty oborudovaniya dlya razrabotki grunta pod magistral'nyim truboprovodom: dis... kand. tekh. nauk:05.05.04 / D.S. Semkin; nauch. rukov. prof. A.I. Demidenko; FGBOU VO «Sibirskaya gosudarstvennaya avtomobil'no-dorozhnaya akademiya (SibADI)», 2012. - 161 s.

## РАЗДЕЛ III

### ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

---

УДК 691.3

#### ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ТЭЦ

**А.С. Буратынская, М.А. Ращупкина**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению современных исследований в области производства газобетона, в составе которого применяются отходы ТЭЦ. В статье дана основная характеристика материала, приведено обоснование использования отходов в его производстве, а также представлены результаты исследований некоторых ученых, которые совершали открытия на разные темы в данной области. Целью статьи является поиск зависимостей характеристик и свойств газобетона от изменений его состава, выявление пробелов в данной области для последующих исследований.

**Ключевые слова:** ячеистый бетон, газобетон, зола, растворная смесь, свойства материала.

#### **Введение**

Газобетон – разновидность ячеистого бетона; искусственный строительный материал, получаемый в результате затвердевания смеси из вяжущего вещества, кремнезёмистого компонента и воды, вспученной при помощи газообразователя [1]. Основными свойствами газобетона являются небольшая плотность (300–1200 кг/м<sup>3</sup>), лёгкость материала, высокая теплоизоляция, простота обработки готовых изделий, звукоизоляция, огнестойкость, устойчивость к биологическому воздействию (газобетон – неблагоприятная среда для развития плесени и грибов) [2]. Такие показатели качества данного материала обуславливают широкую область его применения, от малоэтажного и среднеэтажного (4-5 эт.) строительства до реконструкции, высотного каркасно-монолитного и промышленного строительства.

#### **Исследования ученых в области производства газобетона на основе отходов ТЭЦ**

Впервые газобетон появился в 1889 году. Идея придать пористую структуру бетону принадлежит чешскому инженеру Гоффману. Для химического способа поризации материала требовался газообразователь, в качестве которого были использованы кислоты, углекислые и хлористые соли. Вступая в реакцию с цементно-гипсовым раствором, соли выделяли газ, и бетон поризовался. Идею Гоффмана развивали американские инженеры Аулсворт и Дайер, используя в качестве газообразователя порошки алюминия и цинка, выделявшие водород в процессе реакции с гашеной известью. Данное изобретение является основой теории изготовления газобетона [3].

Впоследствии исследователи изучали свойства готового материала, меняя его состав и подвергая различным внешним воздействиям. Так, шведский архитектор и ученый А. Эрикссон в растворную смесь газобетона к извести и цементу впервые добавил кремнезёмистый компонент. В 1929 году в шведском городе Иксхульт фирма «Итонг» для промышленного выпуска изделий из газобетона заменила цемент в составе растворной смеси на известково-кремнезёмистые компоненты, а в технологию производства ввела тепловлажностную обработку изделий в автоклавах. Аналогичный способ производства был использован в 1934 году шведской фирмой «Сипорекс», где производилось автоклавирование отформованной смеси на основе портландцемента и кремнезёмистого компонента [3].

В нашей стране активное развитие производства газобетона бетона началось с 1930-х годов [3]. За время существования данного материала было произведено многочисленное количество исследований его структуры и свойств с целью совершенствования и соответствия тенденциям времени. Проблемы современной действительности также нашли отражение в производстве данного материала.

Одной из важнейших тем сейчас является экология. Состояние окружающей среды

постоянно ухудшается, что вызывает различные заболевания у людей. Вредные вещества содержатся в окружающих нас предметах, строительных материалах, в почве, воде, а также в воздухе. А к наиболее отходным производствам, загрязняющим городскую среду, на сегодняшний день относятся ТЭЦ. Скопившиеся на золоотвалах отходы пылят, вымываясь осадками, попадают в почву и воду. В омской области по данным на 2016 на золоотвалах скопилось около 70 млн. тонн отходов, а ежегодный прирост отходов ТЭЦ составляет 1,4 млн. тонн. Решением данной проблемы может являться использование отходов ТЭЦ в производстве строительных материалов, в том числе и газобетона [4].

В производстве газобетона золы ТЭЦ первые использовали в 60-е годы 20 века [5]. С тех пор исследователи проводили различные испытания таких газобетонов. К новым разработкам в данной области относятся и открытия современных ученых.

По мнению кандидата технических наук Я.Б. Якимечко основным недостатком газобетона с применением зол является повышенная величина усадочных деформаций вследствие низкой степени закристаллизованности первичных продуктов гидратации цемента, а также в связи с образованием большого количества гидроалюминатов кальция в результате реакций газообразования между алюминиевой пудрой и известью [5]. В своих трудах для решения данной проблемы Я.Б. Якимченко предлагал уплотнить межпоровые перегородки путем введения в газобетон полидисперсных наполнителей на основе отходов промышленности и дальнейшим регулированием структуры образующегося цементного камня. Таким образом, в предлагаемом газобетоне применялся портландцемент с различными добавками: молотый доменный шлак, зола уноса, отвалный микрокремнеземистый компонент и молотая негашеная известь. Исследования ученого показали, что максимальное использование высокодисперсных компонентов (золы уноса и микрогранулированного шлака), как добавки к цементу, позволяет достичь значительного снижения В/Т отношения смеси, достигая при этом необходимой подвижности. При этом прочность изделий с такими наполнителями выше, чем у изделий с добавкой к цементу песка или извести, особенно в длительные сроки твердения. Это определяет и повышение прочности межпоровых перегородок материала, а следовательно – снижение усадочных деформаций. Якимченко также отметил, что при использовании в составе вяжущего добавки из золы уноса и молотого шлака в соотношении 1:1, механическая прочность цементного камня на 40% выше по сравнению с добавкой на одном виде наполнителя. Сочетание добавки крупнодисперсного компонента и высокодисперсного позволяет достигнуть такого эффекта при их соотношении 4:1 [6].

Н.И. Федьнин в своих трудах изучал роль частиц несгоревшего топлива (ЧНТ) в формировании свойств ячеистого газобетона. Ученый проводил исследования образцов на цементно-известковом и цементном вяжущем на золе с нормативным содержанием ЧНТ (до 5-7%) и золе с ЧНТ выше нормы. Результаты проведенных исследований показали, что с превышением количества ЧНТ в золе сокращается время активного газовыделения, ускоряется процесс нарастания пластической прочности смеси. При этом данные показатели ярче выражены в изделиях на известково-цементном вяжущем. Прочность изделий с высоким содержанием ЧНТ (10-20% по массе) повышается незначительно. А присутствие в золе коксовых (твердых) ЧНТ приводит к повышению морозостойкости материала. Таким образом, Федьнин выявил возможность повышения предельно допустимого содержания частиц несгоревшего топлива в золе в 2–3 раза при надлежащем контроле на производстве [7].

Ю.В. Щукина (2007 г.) изучала свойства неавтоклавного золо-цементного газобетона при использовании в составе добавки хлорида и сульфата натрия. Исследования показали, что добавки в процессе реакции с высококальциевой золой и свободной известью активизируют газовыделение, что способствует ускорению набора ранней пластической прочности газобетона. Автором исследования была отмечена стабилизация свойств газобетона при введении добавок в его состав, при этом в технологии производства исключается необходимость предварительного помола сырьевых компонентов, а также пропаривание изделий [8].

Н.Г. Василовская изучала в своих трудах (1999 г.) газозолобетон неавтоклавного твердения на основе композиции белитоалюминатного цемента с золой сжигания бурых углей. В результате исследований автором было установлено влияние способа обработки золы на подвижность и сроки схватывания смеси, скорость газовыделения, а также на пористость, плотность и прочность готовых изделий из газобетона [9].

К.П. Черных в своей научной работе изучал закономерности регулирования состава и

свойств газобетона на основе зол углей КАТЭКа. По результатам исследований была выявлена классификация золы в зависимости от сроков схватывания («короткие» – начало схватывания менее 25 минут, «нормальные» и «длинные» – начало схватывания более 50 минут). На основании данной классификации автор определял варианты регулирования процессов формирования массива. Черных выявил, что для «коротких» зол эффективно использование зол в качестве добавки к цементу в количестве 20% для синхронизации процессов вспучивания массы и набора пластической прочности. Использование добавки NaOH + бентонит (0,25% + 0,5% от массы сухих компонентов) способствует максимальному выделению газа до начала схватывания массива. Для «длинных» зол целесообразно использование добавки полуводного гипса (5%) или добавки хлорида кальция (2%) для ускорения схватывания массы, как и при использовании «нормальных» зол. Кроме того, автором исследования была произведена классификация зол по основности на нейтральные золы, среднеосновные золы и высокоосновные золы. К.П. Черных выяснил, что нейтральные и среднеосновные золы являются морозостойкими, однако использование высокоосновных зол снижает морозостойкость готового изделия, поэтому для таких компонентов необходима добавка портландцемента (10%) для достижения такого же уровня морозостойкости, что и для первых двух групп зол. Автор научной работы отметил, что высококальциевые золы в составе газобетона эффективно использовать в качестве активной добавки в количестве 30–50% от массы вяжущего, а в случае замены кремнеземистого компонента в количестве 25–30% [10].

Сам процесс изготовления газобетона, как и любое другое производство, имеет некоторое количество отходов, которые также целесообразно утилизировать путем, например, их дальнейшего использования в производстве данного материала. Так, А. А. Лаукайтис в своих трудах изучал влияние добавки молотых отходов ячеистого бетона на его свойства. Ученый выяснил, что добавление в состав газобетона молотых обрезков и некондиционной продукции (до 15% по массе кремнеземистого компонента) приводит к увеличению плотности готовых изделий на 56%. В формовочной смеси при добавлении отходов до 10% от массы сухих компонентов образуются гидросиликаты кальция с меньшей основностью. Это способствует улучшению процессов кристаллизации и снижению температуры экзотермического эффекта. С увеличением количества извести в вяжущем полученный положительный эффект возрастает [11].

### **Заключение**

Таким образом, разработки современных ученых в данной области дают основания утверждать, что использование отходов ТЭЦ в производстве строительных материалов приводит к улучшению различных характеристик и свойств готовых изделий. Исследования в области производства газобетона на основе отходов ТЭЦ показывают наличие следующих положительных эффектов:

- сокращение расходов цемента;
- снижение водопотребности, повышение пластичности растворной смеси;
- улучшение удобоукладываемости смеси;
- снижение показателей усадки и деформаций газобетона;
- снижение трещинообразования готовых изделий;
- понижение паропроницаемости;
- улучшение теплоизоляционных свойств газобетона.

Утилизация отходов позволяет также:

- сократить затраты на технологическое топливо на 50–80%;
- сократить потребление природных кремнеземистых компонентов;
- понизить стоимость готовых материалов и изделий на 30–40%.

Использование отходов ТЭЦ в производстве строительных материалов является актуальной темой в наше время и требует продолжения исследований в данной области.

### **Библиографический список**

1. Технология бетонных и железобетонных изделий / под общ. ред. В. Н. Сизова. – Москва: Высшая школа, 1972. – 511 с.
2. Строительные материалы: справочник. – Москва: Стройиздат, 1989. – 563 с.
3. Газобетон [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://stevin.su/faq/gazobeton.html>. – (Дата обращения: 01.02.2017).
4. Золошлаковые материалы [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://kvnews.ru/gazeta/2016/mart/-12/zoloshlakovye-materialy-pomogut-spasti-irtysh-ot-nelegalnoy-dobychi>

peska-. – (Дата обращения: 25.09.2016).

5. Лотов В.А., Митина Н.А. Формирование оптимальной пористой структуры газобетона неавтоклавного твердения. // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2000. Т. 43. Вып. 3. с. 118–119.

6. Неавтоклавные газобетоны с полидисперсными наполнителями на основе отходов промышленности [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://rifsm.ru/u/f/sm-01-09\\_finish.pdf](http://rifsm.ru/u/f/sm-01-09_finish.pdf) – (Дата обращения: 10.02.2017).

7. Роль частиц несгоревшего топлива в формировании свойств ячеистого золобетона [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://rifsm.ru/u/f/sm-09-98\\_finish.pdf](http://rifsm.ru/u/f/sm-09-98_finish.pdf) – (Дата обращения: 25.02.2017).

8. Неавтоклавный золо-цементный газобетон с хлоридом и сульфатом натрия [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/neavtoklavnyi-zolo-tsementnyi-gazobeton-s-khloridom-i-sulfatom-natriya>. – (Дата обращения: 06.02.2017).

9. Газобетон неавтоклавного твердения на основе композиций белитоалюминатного цемента [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/gazozolobeton-neavtoklavnogotverdeniya-na-osnove-kompozitsii-belitoalyuminatnogo-tsementa-s>. – (Дата обращения: 08.02.2017).

10. Закономерности регулирования состава и свойств газобетона на основе зол углей КАТЭКа [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/zakonomernosti-regulirovaniya-sostava-i-svoistv-gazobetona-na-osnove-zol-uglei-kateka>. – (Дата обращения: 07.02.2017).

11. Исследование влияния добавки молотых отходов ячеистого бетона на его свойства [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://rifsm.ru/u/f/sm\\_03\\_04.pdf](http://rifsm.ru/u/f/sm_03_04.pdf) – (Дата обращения: 18.02.2017).

### RESEARCH IN THE FIELD OF PRODUCTION OF AERATED CONCRETE BASED ON WASTE HEATING POWER STATION

A.S. Buratynskaya, M.A. Raschupkina

**Abstract.** This article is devoted to studying of modern researches in the field of production of aerated concrete, which used waste CHP. The paper presents the main characteristics of the material, the substantiation of use of waste in its manufacture, and also presents the research results of some scientists who have made discoveries on various topics in the field. The purpose of this article is the search for dependencies of the characteristics and properties of aerated concrete from changes in its composition, exploring the gaps in this area for further research.

**Keywords:** cellular concrete, aerated concrete, ash, mortar mixture, properties of the material.

Буратынская Алина Сергеевна (Россия, Омск) – магистрант См-16П2 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, Проспект Мира, 5, 89139727695, e-mail: [buratynskaya-alina1993@mail.ru](mailto:buratynskaya-alina1993@mail.ru)).

Ращупкина Марина Алексеевна (Россия, Омск) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, Проспект Мира, 5, e-mail: [manana2003@yandex.r](mailto:manana2003@yandex.r)).

Buratynskaya Alina Sergeevna (Russia, Omsk) – postgraduate of Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira avenue), 89139727695, e-mail: [buratynskaya-alina1993@mail.ru](mailto:buratynskaya-alina1993@mail.ru)).

Raschupkina Marina Alexeevna (Russia, Omsk) – candidate of Technical Sciences, Associate professor Department of «Building materials and Special Technologies» of Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira avenue), e-mail: [manana2003@yandex.ru](mailto:manana2003@yandex.ru)).

### References

1. Technology concrete and reinforced concrete products / under the total adited by V. N. Sisova. – Moscow: The highest school, 1972. – 511 p.
2. Building materials: directory. – Moscow: Stroyizdat, 1989. – 563 p.
3. Aerated concrete [Electronic resource]. – access mode: <http://stevin.su/faq/gazobeton.html>. – (Date of treatment: 01.02.2017).
4. Ash and slag materials [Electronic resource]. – access mode: <http://kvnews.ru/gazeta/2016/mart/12/zoloshlakovye-materialy-pomogut-spasti-irtysh-ot-nelegalnoy-dobychi-peska>. – (Date of treatment: 25.09.2016).
5. Lotov V. A., Mitina N. A. / The formation of the optimal porous structure non-autoclave aerated concrete. // Proceedings of the universities. Chemistry and chemical technology. 2000. Т. 43. Issue 3. p. 118–119.
6. Non-autoclaved aerated concrete with polydisperse fillers based on waste industry [Электронный ресурс]. – access mode: [http://rifsm.ru/u/f/sm-01-09\\_finish.pdf](http://rifsm.ru/u/f/sm-01-09_finish.pdf) – (Date of treatment: 10.02.2017).
7. The role of particles of unburned fuel in the formation of the properties of cellular salobutina [Electronic

resource]. – access mode: [http://rifsm.ru/u/f/sm-09-98\\_finish.pdf](http://rifsm.ru/u/f/sm-09-98_finish.pdf) – (Date of treatment: 25.02.2017).

8. Non-autoclaved ash-cement concrete with chloride and sodium sulfate [Electronic resource]. – access mode: <http://www.dissercat.com/content/neavtoklavnyi-zolo-tsementnyi-gazobeton-s-khloridom-i-sulfatom-natriya>. – (Date of treatment: 06.02.2017).

9. Aerated concrete non-autoclave hardening on the basis of compositions belitealuminat cement [Electronic resource]. – access mode: <http://www.dissercat.com/content/gazozolobeton-neavtoklavnogo-tverdeniya-na-osnove-kompozitsii-belitoalyuminatnogo-tsementa-s>. – (Date of treatment: 08.02.2017).

10. Laws regulate the composition and properties of aerated concrete on the basis of angry coals of KATEK [Electronic resource]. – access mode: <http://www.dissercat.com/content/zakonomernosti-regulirovaniya-sostava-i-svoistv-gazobetona-na-osnove-zol-uglei-kateka>. – (Date of treatment: 07.02.2017).

The influence of additives crushed wastes of cellular concrete on its properties [Electronic resource]. – access mode: [http://rifsm.ru/u/f/sm\\_03\\_04.pdf](http://rifsm.ru/u/f/sm_03_04.pdf) – (Date of treatment: 18.02.2017).

УДК 625.855.3

### МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК ДЛЯ ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА ТАЛЬКА

**А.И. Волченко, Е.П. Хиленко, Г.И. Надыкто**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В этой статье приведены результаты исследования минерального порошка полученного из талькомагнезита, отхода производства талька на Шабровском тальковом комбинате и минеральных порошков из различных по своей природе материалов. Определены физические и структурно-механические свойства асфальтовяжущих на основе полученных минеральных порошков. Сделан вывод о соответствии полученного минерального порошка из талькомагнезита требованиям ГОСТ 32761-2014 к марке МП-3. Горячий плотный песчаный асфальтобетон с использованием минерального порошка из талькомагнезита характеризуются достаточно высокими показателями прочности и водостойкости. Результаты проведенных исследований показывают возможность производства асфальтобетона с использованием минерального порошка из побочных продуктов производства талька.

**Ключевые слова:** Асфальтовяжущее вещество, асфальтобетонная смесь, асфальтобетон, битум, физико-механические свойства, минеральный порошок.

#### Введение

В мировой практике дорожного строительства традиционными и наиболее высококачественными минеральными порошками признаны тонкомолотые карбонатные горные породы (известняки, доломиты и пр.).

Так как распространение карбонатных горных пород в природе ограничено, в ряде стран, в том числе и в России, изучается возможность использования в качестве сырья для получения минерального порошка отходов промышленности различного происхождения [1-5].

**Исследование свойств минерального порошка из вторичных продуктов производства талька.**

В данной работе исследуется возможность использования в качестве сырья для получения минерального порошка вторичных продуктов производства талька на Шабровском тальковом комбинате, талькомагнезитной горной породы. В асфальтобетоне на минеральный порошок приходится до 90% всей удельной поверхности минеральной части и процессы взаимодействия битума с поверхностью порошка являются определяющими во взаимодействии битума с минеральным материалом [6-8].

Так как исследуемый минеральный порошок представлен двумя минералами, обладающими различными по отношению к битуму свойствами – тальком и магнезитом, то и

для сравнения были выбраны минеральные порошки различной природы из известняка и никелевого шлака [9].

Результаты определения свойств минеральных порошков из известняка и никелевого шлака, наряду со свойствами минерального порошка из талькомагнезита приведены в табл. 1. Установлено соответствие полученного минерального порошка из талькомагнезита требованиям ГОСТ 32761-2014 к марке МП-3 [10]. Однако физические свойства минерального порошка не в полной мере отражают его влияние на свойства асфальтобетона.

Таблица 1 – Физические свойства минеральных порошков

Показатель	Требования ГОСТ 32761-2014 к марке МП-3	Свойства неактивированных минеральных порошков из		
		талькомагнезита	никелевого шлака	известняка
Зерновой состав, % по массе:				
мельче 2,0 мм	100	100,0	100,0	100,0
мельче 1,25 мм	75	89	87	86
мельче 0,063 мм	60	76	74	73
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется	2820	3090	2740
Насыпная плотность при уплотнении нагрузкой 40 МПа, кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется	2160	1993	1868
Пористость, % объема	Не более 40	23,4	35,5	31,8
Показатель битумоемкости, г на 100 см <sup>3</sup>	Не более 80	78,7	49,9	61,8
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Не нормируется	267	186	407
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, % объема	Не более 3,0	0,20	0,31	1,92

Свойства асфальтобетона, как многокомпонентного материала, в значительной степени зависят от его состава и структуры. Структура асфальтобетона, согласно современным представлениям, определяется количеством и качеством минеральных составляющих, их взаимным расположением и характером связи между ними.

Учитывая сложность структуры асфальтобетона, из многокомпонентной системы асфальтобетона были выделены простые двухкомпонентные структуры: микроструктура – структура асфальтовяжущего вещества (состоящая из минерального порошка и битума); мезоструктура – структура асфальтового раствора (как двухкомпонентная система, состоящая из песка и асфальтовяжущего вещества). В соответствии с этим были проведены исследования структурно-механических свойств асфальтовяжущих полученных на основе минерального порошка из талькомагнезитной горной породы и минеральных порошков, полученных из известняка и никелевого шлака. Таким образом, дальнейшие исследования были связаны с изучением микроструктуры.

Исследовались свойства асфальтовяжущего на основе полученных минеральных порошков и вязкого нефтяного битума, марки БНД 60/90 (табл. 2). Приготовление смесей битума с минеральными порошками и формовка образцов диаметром и высотой 25,2 мм произведены при температуре 140–150 °С и уплотняющем давлении 40 МПа. Предел прочности при сжатии определен при 20 °С и скорости деформирования 3 мм/мин, средняя плотность определена гидростатическим взвешиванием образцов асфальтовяжущего [9]. Все измерения и испытания выполнены на 3–5 параллельных образцах.

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Таблица 2 – Свойства битума

Показатель	Битум БНД 60/90	Требования ГОСТ 22245-90 к битуму БНД 60/90
1. Глубина проникания иглы, 0.1 мм: а) при 25 <sup>0</sup> С б) при 0 <sup>0</sup> С	73 30	61 – 90 Не менее 20
1. Растяжимость, см: а) при 25 <sup>0</sup> С б) при 0 <sup>0</sup> С	79 7	Не менее 50 Не менее 3,5
3. Температура размягчения, <sup>0</sup> С	51	Не ниже 47
4. Температура хрупкости, <sup>0</sup> С	-19	Не выше –15
5. Температура вспышки, <sup>0</sup> С	250	Не менее 220
6. Изменение температуры размягчения после прогрева, <sup>0</sup> С	2	Не более 6
7. Интервал работоспособности (пластичности), <sup>0</sup> С	70	Не нормируется

Результаты определения структурно-механических свойств асфальтовяжущего приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Структурно-механические свойства асфальтовяжущего

Наименование минерального порошка	Соотношение Б/МП	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа
Минеральный порошок из талькомагнезита	0,08	2119	3,30
	0,09	2207	4,60
	0,10	2236	5,40
	0,11	2214	5,10
	0,12	2200	4,20
	0,13	2159	4,00
	0,14	2165	3,70
	0,15	2141	3,10
Минеральный порошок из никелевого шлака	0,16	2106	2,60
	0,11	2280	2,45
	0,12	2335	2,80
	0,13	2390	3,18
	0,14	2360	2,80
Известняковый (эталонный) минеральный порошок	0,15	2315	2,20
	0,16	2260	1,93
	0,12	2095	5,40
	0,13	2115	6,60
	0,14	2450	8,17
	0,15	2350	5,20
0,16	2140	4,25	
0,17	2125	3,90	

Проведенные исследования показали, что максимальное значение предела прочности при сжатии асфальтовяжущего полученного на основе минерального порошка из талькомагнезита (5,40 МПа) соответствует массовому отношению битума к минеральному порошку (Б/МП) 0,10, что ниже максимального значения предела прочности при сжатии асфальтовяжущего

полученного на основе эталонного известнякового минерального порошка при Б/МП=0,14. Однако прочностные характеристики 5,40 МПа и 8,17 МПа соответственно, указывают на более высокую структурирующую способность известнякового минерального порошка. Результаты испытаний асфальтовяжущего на основе минерального порошка из никелевого шлака показывают, что максимальное значение предела прочности при сжатии асфальтовяжущего составляет 3,18 МПа, что соответствует массовому отношению битума к минеральному порошку (Б/МП) 0,13.

Данные результаты свидетельствуют о том, что структурирующая способность минерального порошка из талькомагнезита занимает среднее значение между структурирующей способностью минерального порошка из известняка (наиболее активного из известных материалов, используемого для получения минерального порошка) и структурирующей способностью минерального порошка из никелевого шлака (инактивного компонента, выполняющего только роль наполнителя в асфальтовяжущем). Более низкое значение отношения Б/МП у асфальтовяжущего на минеральном порошке из талькомагнезита скажется на снижении расхода битума при производстве асфальтобетонной смеси.

Дальнейшие исследования были направлены на выявление поведения полученного минерального порошка в мезоструктуре, т. е. изучалось его влияние на свойства песчаного асфальтобетона. Известно, что свойства минеральных порошков в наибольшей степени проявляются при максимально возможном содержании асфальтовяжущего в асфальтобетоне. ГОСТ 9128-2013 предусматривает в минеральной части песчаного плотного асфальтобетона типа Д содержание частиц менее 0,071 мм в количестве 10-16%. Кроме этого, окатанные частицы природного песка позволяют с максимальной достоверностью выявить структурирующую способность минерального порошка входящего в состав песчаного асфальтобетона. Таким образом, для дальнейших исследований был запроектирован песчаный асфальтобетон типа Д. Зерновые составы полученных минеральных порошков практически совпадают (см. табл. 1), поэтому был запроектирован состав минеральной части плотного песчаного асфальтобетона типа Д с содержанием минерального порошка 15% и иртышского кварцевого речного песка – 85% (рис. 1). В качестве вяжущего использовался вязкий нефтяной битум марки БНД 60/90 омского НПЗ (см. табл. 2).

Приготовление асфальтобетонной смеси, изготовление и испытание асфальтобетонных образцов проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 12801-98. Результаты определения физико-механических свойств полученных асфальтобетонов приведены в табл. 4.

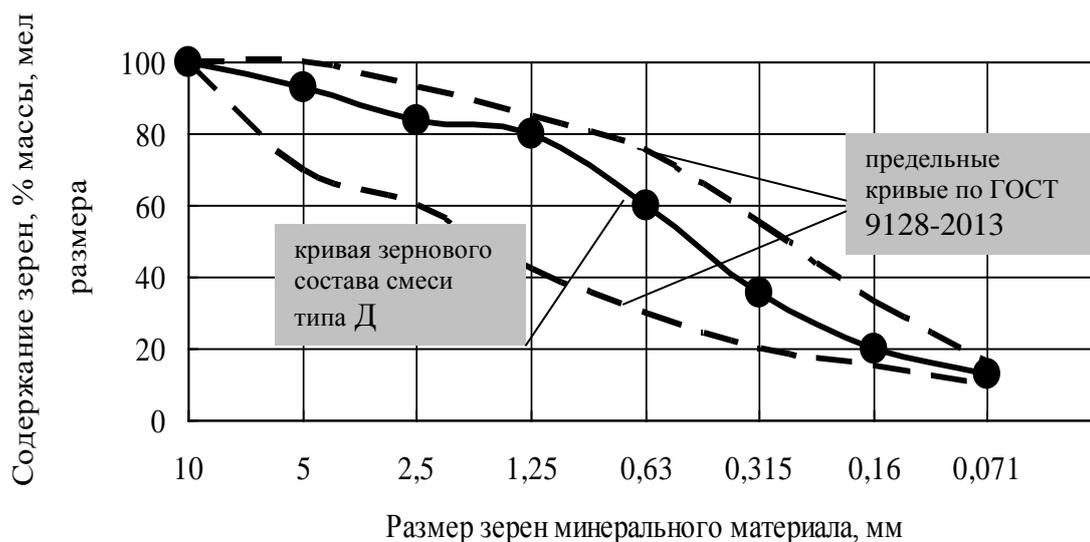


Рисунок 1 – Зерновой состав минеральной части плотного асфальтобетона типа Д

Таблица 4 – Физико-механические свойства горячих плотных асфальтобетонов типа Д

Показатель	Свойства асфальтобетона на минеральном порошке из			Требования ГОСТ 9128-2013 к асфальтобетону типа Д марки II для II - III дорожно-климатических зон
	талькомагнезита	никелевого шлака	известняка	
Содержание битума, % массы, сверх 100 % минеральной части	5,7	6,0	6,1	Не нормируется
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре: 50 °С	1,00	0,35	1,05	Не менее 1,3
	20 °С	3,19	1,25	Не менее 2,2
	0 °С	6,08	5,20	Не более 12,0
Коэффициент водостойкости	0,92	0,88	0,96	Не менее 0,85
Коэффициент длительной водостойкости	0,83	0,79	0,88	Не менее 0,75
Водонасыщение, % объема	3,87	5,40	2,12	От 1,0 до 4,0
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2313	2351	2329	Не нормируется
Пористость минеральной части, % объема	17,90	17,67	17,17	Не более 22,0

### Заключение

Проведенные исследования, связанные с возможностью использования талькомагнезита в качестве минерального порошка в асфальтобетонных смесях показали следующее:

– песчаные асфальтобетоны, полученные на основе минеральных порошков из талькомагнезита и эталонного известнякового, отвечают требованиям ГОСТ 9128-2013 к асфальтобетонам типа Д II марки для II-III дорожно-климатических зон, по всем показателям, кроме предела прочности при сжатии при температуре 50 °С. Песчаные асфальтобетоны обладают высокой водостойкостью, что свидетельствует о значительной адгезионной прочности сцепления битума с минеральной поверхностью не только известнякового порошка, но и с поверхностью минерального порошка из талькомагнезита. Расход битума при получении песчаного асфальтобетона на минеральном порошке из талькомагнезита на 6,5% ниже расхода битума при получении песчаного асфальтобетона на эталонном известняковом минеральном порошке, что хорошо согласуется с ранее полученными результатами [9];

– песчаный асфальтобетон на основе минерального порошка из никелевого шлака показал более низкую водостойкость и прочность при температуре не только 50 °С, но и при температуре 20 °С.

На основе проведенных исследований можно сделать заключение о возможности использования минерального порошка из талькомагнезита для получения асфальтобетонных смесей.

### Библиографический список

1. Строкова В.В. Асфальтовые вяжущие вещества с использованием алюмосиликатного сырья: монография / В.В. Строкова, И.В. Жерновский, М.С. Лебедев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 203 с.
2. Радовский Б.С. Современные требования к каменным материалам для асфальтобетонных смесей в США / Б.С. Радовский // Дорожная техника. – 2009. – С. 74–85.
3. Richard Taylor. Surface interactions between bitumen and mineral fillers and their effects on the rheology of bitumen-filler mastics / Richard Taylor. – Nottingham: The University of Nottingham, 2007. – 238 p.
4. Исследование углеродминеральных продуктов горючих сланцев в качестве сырья для получения минеральных компонентов асфальтобетона / В.Д. Галдина, Е.В. Гурова, О.И. Кривонос, М.С. Черногогорова // Вестник СибАДИ. – 2016. – Вып. 2 (48). – С. 82 – 89.
5. Минеральные порошки из природных кислых материалов / Аверков С.В., Литвинова Т.В., Надыкто

Г.И., Соколов Ю.В. // Повышение качества дорожных и строительных материалов из отходов промышленности: Сб. науч. тр./ СибАДИ. – Омск, 1995. – С. 3-9.

6. Пыриг Я.И. О структурирующей способности минеральных порошков / Пыриг Я.И. // Дорожно-строительные материалы: Сб. науч. тр. / Вестник ХНАДУ, вып. 67, 2014. – С. 89-93.

7. Печеный Б.Г. Оптимизация технологии приготовления асфальтобетонных смесей / Б.Г. Печеный, Е.А. Данильян // Дорожная техника, 2012. – С. 12–15.

8. Соколов Ю. В., Надькто Г. И. Структура и свойства асфальтовяжущего //Применение цементных и асфальтовых бетонов в Сибири: Сб. науч. тр. / СибАДИ. – Омск, 1982.- С. 100-107.

9. Использование отходов производства талька для получения минерального порошка / Волченко А.И., Надькто Г.И., Варданян Г.Б. // Архитектура, строительство, транспорт, материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»): Сб. науч. тр. / СибАДИ.- Омск, 2015. С. 477 – 482.

10. ГОСТ 32761 – 2014. Дороги общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования. – Введен впервые; введ. 2015 – 02 – 01. – М. : ФГУП Стандартинформ, 2014. – 12 с.

## MINERAL POWDER FOR ROAD ASPHALT CONCRETE SECONDARY PRODUCTS PRODUCTION OF TALC

A. I. Volchenko, E. P. Helenka, G. I. Nadykto

**Abstract.** *The results of the study of mineral dust obtained from the talcum magnesite, waste production of talc in talcum Sarovskom plant and mineral powders of different nature materials. Determine the physical and structural-mechanical properties of asphalt binders on the basis of mineral powders. The conclusion according to the obtained mineral powder, talcum magnesite the requirements of GOST 32761-2014 to the brand of MP-3. Hot thick sand asphalt with the use of mineral powder, talcum magnesite is characterized by rather high strength and water resistance. The results of these studies show the possibility of production of asphalt concrete using mineral powder from by-products of talc production.*

**Keywords:** *asphalt binder substance, asphalt concrete mix, asphalt, bitumen, physico-mechanical properties, mineral powder.*

Волченко Анатолий Игоревич (Омск, Россия) – магистрант См-15П1 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [www.V.t\\_04@mail.ru](mailto:www.V.t_04@mail.ru)).

Хиленко Екатерина Петровна (Омск, Россия) – магистрант См-15П2 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [www.ekaterina-1992@mail.ru](mailto:www.ekaterina-1992@mail.ru)).

Надькто Григорий Иванович (Омск, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [www.nadykto49@mail.ru](mailto:www.nadykto49@mail.ru)).

Anatoliy Igorevich Volchenko (Omsk, Russian Federation) – master Cm-15П1 of the Siberian automobile and highwau universitet (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: [www.V.t\\_04@mail.ru](mailto:www.V.t_04@mail.ru)).

Ekaterina Petrovna Hilenko (Omsk, Russian Federation) – master Cm-15П2 of the Siberian automobile and highwau universitet (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: [www.ekaterina-1992@mail.ru](mailto:www.ekaterina-1992@mail.ru)).

Grigory Ivanovich Nadykto (Omsk, Russian Federation) - candidate of technical sciences, the associate professor of Department «Construkcion materials and special technologies» of the Siberian automobile and highwau universitet (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: [www.nadykto49@mail.ru](mailto:www.nadykto49@mail.ru)).

## References

1. Strokova V. V. Asphalt binders with the use of aluminosilicate raw materials: monograph / V. V. Strokova, I. V. Zhernovski, M. S. Lebedev. – Belgorod: Publishing house BG TU, 2012. – 203 p.

2. Radovsky B. S. current requirements for the stone materials for asphalt mixtures in the USA / B. S. radovsky // Road engineering. – 2009. – Pp. 74-85.

3. Richard Taylor. Surface interactions between bitumen and mineral fillers and their effects on the rheology of bitumen-filler mastics / Richard Taylor. – Nottingham: The University of Nottingham, 2007. – 238-R.

4. The study operationally products of oil shale as a raw material for producing mineral constituents of asphalt concrete / Galdina V. D., E. V. Gurova, O. I. Krivonos, M. S. Chernogorodova // Vestnik SibADI. – 2016. – Vol. 2 (48). – P. 82 – 89.

5. Mineral powders from natural acidic materials / Averkov, S. V., Litvinova T. V., Nadykto G. I., Sokolov Yu.

V. Improvement of the quality of road and building materials from industrial waste: Sat. scientific. Tr./ SibADI. – Omsk, 1995. – P. 3-9.

6. Pirig Y. I. About the structuring ability of mineral powders / pirig Ya. I. // Road construction materials: Sat. scientific. Tr. / Vestnik hnadu, vol. 67, 2014. – P. 89-93.

7. Pechenyi B. G. Optimization of the technology of preparation of asphalt mixtures / Baked B. G., E. A. Danilyan // Road engineering, 2012. – S. 12-15.

8. Sokolov Y. V., Nadykto G. I. Structure and properties of asphalt binder //Use of cement and asphalt concretes in Siberia: Sat. scientific. Tr. / SibADI. – Omsk, 1982.- P. 100-107.

9. Use of waste talc for mineral powder / Volchenko A. I., Nadykto G. I., Vardanyan G. B. // Architecture, construction, transportation, materials of the International scientific-practical conference (to the 85th anniversary of FSBEI HPE "SibADI"): SB. scientific. Tr. / SibADI.- Omsk, 2015. S. 477 – 482.

10. GOST 32761 – 2014. Public roads. The mineral powder. Technical requirements. – Introduced for the first time;]. 2015 – 02 – 01. – M. : FGUP STANDARTINFORM, 2014. – 12 S.

УДК 69.07

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЛИТЫ ПОКРЫТИЯ

**О.В. Демиденко**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье представлены общие сведения о методах расчета строительных конструкций на надежность, проанализированы их основные достоинства и недостатки. Рассмотрено развитие методов оценки надежности строительных конструкций в нашей стране с 1930-х годов по настоящее время. Представлены результаты расчета на надежность плиты покрытия здания запроектированного и построенного до 2003 года при действии нагрузок измененных после 2003 года. Надежность плиты покрытия обеспечена по методу предельных состояний и вероятностному методу.

**Ключевые слова:** строительные конструкции, надежность, метод предельных состояний, метод двух моментов, нагрузки

#### **Введение**

Понятие надежность относится к техническим терминам. В научной литературе надежностью называют свойство изделий и систем выполнять свои функции в определенном количестве и определенных условиях эксплуатации и времени [1].

В настоящее время в нормативной базе строительства оценка надежности заключается в расчете единичных показателей надежности - по нагрузке, по материалу, по назначению объекта недвижимости и по условиям работы конструкций. Как следствие, проектируемые конструкции характеризуются разной степенью надежности

**Результаты исследования плиты покрытия на надежность.** Требования обеспечения безопасности зданий или сооружений регламентируются Федеральным законом [2].

Согласно [3] надежность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Основными понятиями теории надежности являются отказ, наработка, наработка на отказ, технический ресурс, срок службы, частота отказов, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы.

Содержание теории надежности – разработка методов оценки надежности систем и создание систем, обладающих заданными показателями надежности и долговечности.

Необходимый уровень надежности обеспечивается расчетными требованиями норм проектирования, зависит от методов расчета, принятой конструктивной схемы, вида

соединений конструктивных элементов, правил конструирования, плана контрольных испытаний и условий приемки при изготовлении и монтаже [4].

В нашей стране для расчета надежности строительных конструкций до 1938 г. применялся метод допускаемых напряжений, с 1938 по 1955 гг. метод разрушающих нагрузок. Слабой стороной указанных методов является использование единого коэффициента запаса, приблизительно учитывающего разные факторы, влияющие на работу строительной конструкции. Кроме того, метод расчета по разрушающим нагрузкам, не позволял точно рассчитывать прочность конструкции, не давал возможности оценить ее работу при эксплуатационных нагрузках до возникновения отказа. Коэффициент запаса рассчитывался отношением несущей способности к нагрузке. В методе допускаемых напряжений учитывались средние значения указанных величин, в методе по разрушающим нагрузкам - нормативные. В 1955 г. вводится метод предельных состояний, сделавший возможным учесть индивидуальность работы проектируемых объектов с учетом изменчивости свойств материалов, нагрузок и воздействий, геометрических характеристик конструкций, условий их работы, степени ответственности. В этом методе применяется вероятностный коэффициент запаса в виде случайной величины. Расчет коэффициента запаса является наиболее простой и удобной оценкой эффективности конструктивного проектного решения. По рассчитанному значению коэффициента запаса определяется прочность строительной конструкции.

Согласно [5] при проектировании строительных объектов необходимо учитывать следующие предельные состояния.

Первое предельное состояние определяется прочностью и устойчивостью формы - несущей способностью. Оно характеризуется тем, что конструкция теряет способность сопротивляться внешним воздействиям вследствие появления в ее расчетных сечениях напряжений, превышающих расчетные сопротивления, или вследствие потери устойчивости.

Второе предельное состояние характеризуется развитием чрезмерных деформаций, при достижении которых в конструкции, сохраняющей прочность и устойчивость, появляются такие прогибы или колебания, которые исключают возможность дальнейшей ее эксплуатации.

Особые предельные состояния определяются образованием или раскрытием трещин, характеризуются появлением в элементах конструкции, сохранившей прочность и устойчивость, трещин таких размеров, при которых ее эксплуатация становится невозможной вследствие потери газо- и водонепроницаемости или коррозии арматуры.

Чтобы за время эксплуатации объекта недвижимости не наступило ни одно из предельных состояний, производится расчет элементов конструкций. Основным является расчет всех несущих элементов конструкций по первому предельному состоянию.

В расчетах строительных конструкций должны быть учтены все виды нагрузок, соответствующих функциональному назначению и конструктивному решению здания или сооружения, климатические воздействия, а также усилия, вызываемые деформацией строительных конструкций. Для элементов строительных конструкций, характеристики которых, учтенные в расчетах прочности и устойчивости здания или сооружения, могут изменяться в процессе эксплуатации под воздействием климатических факторов или агрессивных факторов наружной и внутренней среды, которые могут вызывать усталостные явления в материале строительных конструкций, в проектной документации должны быть дополнительно указаны параметры, характеризующие сопротивление таким воздействиям, или мероприятия по защите от них [2]. Их величины установлены нормами и техническими условиями.

Предельное состояние может наступить под влиянием многих факторов. Внешние нагрузки и воздействия, механические характеристики материалов, условия работы конструкции и ее изготовления являются случайными факторами.

Отсутствие прямого вероятностного расчета в рамках методики предельных состояний приводит к следующим негативным последствиям:

- надежность объектов одинакового назначения, запроектированных по одним и тем же нормам и правилам, но выполненных из различных строительных материалов в конечном счете различна;
- действующие нормы проектирования не позволяют создавать строительные конструкции с заданным уровнем надежности.

Устранить указанные недостатки возможно применением теории вероятностей для расчета строительных конструкций. Вероятностный подход к расчету надежности и долговечности

конструкций зданий и сооружений учитывает случайный характер свойств конструктивного элемента и воздействующих на конструктивный элемент факторов (нагрузок, деформаций, агрессивных внешних сред). Для вычисления вероятности отказа, используются следующие методы: метод двух моментов, метод статистической линеаризации, метод "горячих" точек, метод статистических испытаний, метод Монте-Карло [6,7].

Объектом исследования является сборная железобетонная ребристая плита покрытия. Предмет исследования - надежность сборной железобетонной ребристой плиты покрытия.

Цель работы - выполнить оценку надежности сборной железобетонной ребристой плиты совмещенного покрытия здания, запроектированного и построенного до 2003 года при действии нагрузок измененных после 2003 года.

Методологической базой исследования являются теоретические положения строительной механики, теории надежности, теории вероятностей. Достоверность полученных результатов подтверждается: использованием методологической базы исследований, основанной на фундаментальных и достоверно изученных положениях.

Расчет выполнялся по методике, представленной в [8].

Исходные данные для выполнения расчета:

- район строительства: Омск;
- класс арматуры: А-400;
- класс бетона: В15;
- толщина утеплителя: 15 см.

Номинальные габариты плиты: длина  $l_n = 6$  м; ширина  $b_n = 1,5$  м; высота  $h_n = 0,3$  м.

Класс арматуры А-400 ( $R_{sn} = 400$  МПа ( $4050$  кгс/см<sup>2</sup>);  $R_s = 355$  МПа ( $3600$  кгс/см<sup>2</sup>)).

Класс бетона В15 ( $R_{bn} = 11,0$  МПа =  $112$  кгс;  $R_b = 8,5$  МПа =  $86,6$  кгс).

На конструкцию действуют постоянные нагрузки и временные. Постоянные действуют в течение всего срока службы без изменения своего значения, направления и положения. Временные возникают на стадии эксплуатации, в данном исследовании рассматриваются снеговые. Результаты расчета представлены в табл. 1. На практике нагрузки и характеристики строительных материалов не отличаются постоянством и характеризуются определенной степенью изменчивости. Поэтому при расчете элементов конструкций нормативные постоянные и временные нагрузки  $q_n$  и  $S_n$  умножаются на коэффициент перегрузки  $\gamma_f > 1$  и расчетные нагрузки  $q$  и  $S$  принимаются равными: постоянная  $q = q_n \gamma_f$ , временная  $S = S_n \gamma_f$ . Расчетной нагрузкой является наибольшая из всех возможных сочетаний нагрузок для рассматриваемой конструкции.

Таблица 1 - Постоянные и временные нагрузки на покрытие

№ п/п	Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, $q_n$ кгс/м <sup>2</sup>	Коэффициент перегрузки, $\gamma_f$	Расчетная нагрузка, $q$ кгс/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Постоянные				
1	5 слоёв рубероида на мастике 5·5 кг	25	1,3	32,5
2	Плита ЦСП 1800·0,02	36	1,1	40
3	Керамзит 600·0,1	60	1,3	78
4	Утеплитель 200·0,15	30	1,2	36
5	Плита покрытия	170	1,1	187
Итого:		321		373,5
Временные (снеговая)				
6	До 2003 (II район)	70	1,4	98
	После 2003 (III район)	129	1,4	180
Всего:	До 2003 (II район)	391		471,5
	После 2003 (III район)	450		553,5

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Постоянная нормативная нагрузка согласно расчету составляет 321 кгс/м<sup>2</sup>. Расчетная нагрузка до 2003 г. - 471,5 кгс/м<sup>2</sup>, после 2003 г. - 553,5 кгс/м<sup>2</sup>.

Расчетная схема плиты покрытия представлена на рис. 1.

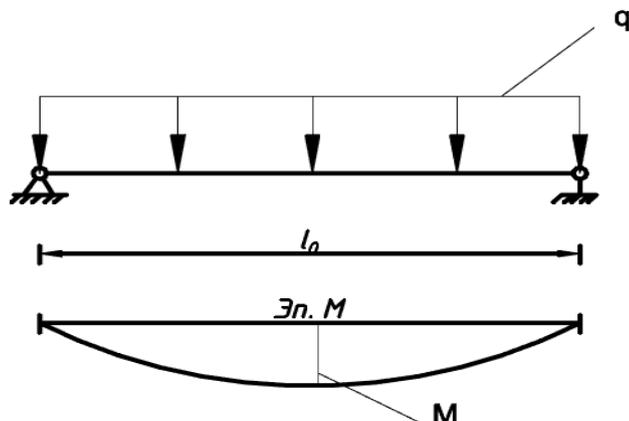


Рисунок 1 – Расчётная схема плиты покрытия

Статический расчет заключается в определении изгибающих моментов до 2003 года и после. Расчётный пролёт представляет собой разность номинальной длины плиты и глубины опирания плиты на кирпичные стены 100мм.

Максимальный изгибающий момент, действующий в середине пролета плиты:

$$M = \frac{q \cdot l_0^2 \cdot b_n}{8}, \quad (1)$$

где  $q$  – полная расчетная нагрузка на 1 м<sup>2</sup> плиты, определенная при сборе нагрузок;  $b_n$  – номинальная ширина плиты.

$$M_{до} = \frac{471,5 \cdot 5,9^2 \cdot 1,5}{8} = 3077 \text{ кгс м}$$

$$M_{после} = \frac{553,5 \cdot 5,9^2 \cdot 1,5}{8} = 3613 \text{ кгс м}$$

Максимальный изгибающий момент, действующий в середине пролета плиты до 2003г.  $M_{до} = 3077$  кгс м, после 2003г.  $M = 3613$  кгс м.

Исходные данные для конструктивного расчета представлены на рис.2-3:  $b_f = 150$  см;  $h = 30$  см;  $h_f = 3$  см;  $b = 16$  см;  $a = 3$  см.

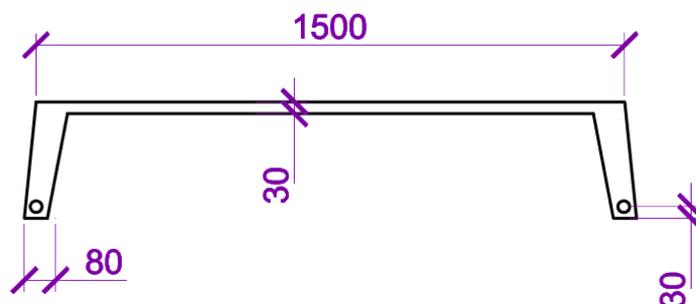


Рисунок 2 – Конструктивная схема сечения плиты

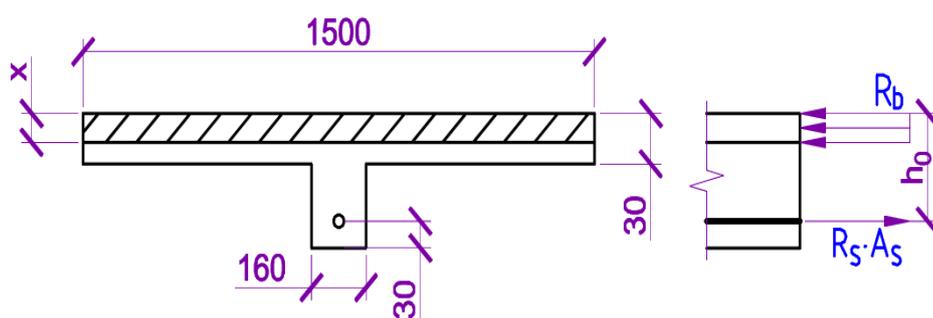


Рисунок 3 – Расчётное сечение плиты

По методу предельных состояний определена рабочая продольная арматура сборной железобетонной ребристой плиты покрытия, необходимая для обеспечения прочности по предельному состоянию. Проверено положение нижней границы сжатой зоны, установлено, что она проходит в полке. Рассчитана требуемая площадь сечения арматуры  $A_s^{\text{TP}}=3,22 \text{ см}^2$ . Принята арматура А-400  $2\varnothing 16 A_s^{\Phi} = 4,02 \text{ см}^2$ . Рассчитанный коэффициент армирования  $\mu=0,009$  больше минимального значения  $\mu>\mu_{\text{мин}}=0,0005$ . Выявлена фактическая граница сжатой зоны бетона  $x_{\Phi}=1,11 \text{ см}$ .

Фактический предельный изгибающий момент:

$$M_u^{\Phi} = R_s \cdot A_s^{\Phi} \cdot \left( h_0 - \frac{x_{\Phi}}{2} \right). \quad (2)$$

$$M_u^{\Phi} = 3600 \cdot 4,02 \cdot \left( 27 - \frac{1,11}{2} \right) = 3827 \text{ кгсм}.$$

Так как фактический предельный изгибающий момент  $M_u^{\Phi}=3827 \text{ кгсм}$  больше максимального изгибающего момента, то по методу предельных состояний прочность сборной железобетонной ребристой плиты покрытия обеспечена.

В вероятностном методе двух моментов надежность строительной конструкции оценивается расчетом характеристики безопасности  $\beta$ .

$$\beta = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{s_R^2 + s_Q^2}}, \quad (3)$$

где  $\bar{R}$  – среднее значение прочности плиты ( $M_u$ );  $\bar{Q}$  – среднее значение нагрузки на плиту;  $s_R, s_Q$  – стандартное отклонение прочности и нагрузки от среднего значения.

При расчете по методу двух моментов предполагают, что исходные данные распределены по нормальному закону. Этот метод относят к более высокому уровню обеспечения безопасности по сравнению с полувероятностным методом предельных состояний. Для расчета приняты средние значения прочности и коэффициенты вариации для арматуры марки А-400:  $V_s = 0,08$ ;  $R_s=400 \text{ МПа}=4400 \text{ кгс/см}^2$ ; для бетона марки В15:  $V_B = 0,135$ ;  $R_b=14,08 \text{ МПа}=140,8 \text{ кгс}$ . Рассчитаны стандартные отклонения по арматуре  $S_s=352 \text{ кгс/см}^2$  и бетону  $S_B= 19 \text{ кгс/см}^2$ . Для оценки стандартных отклонений уточнено рассчитанное среднее значение относительной высоты сжатой зоны бетона  $\xi=0,03$ . Из условия равенства коэффициента вариации прочности плиты коэффициенту вариации арматуры ( $V_R=V_S$ ), установлено, что надежность плиты определяется надежностью арматуры.

Среднее значение несущей способности плиты:

$$M_u = R_s \cdot A_s^{\Phi} \cdot h_0 \cdot \left( 1 - \frac{\xi}{2} \right). \quad (4)$$

$$M_u = 4400 \cdot 4,02 \cdot 27 \cdot \left(1 - \frac{0,03}{2}\right) = 4704 \text{ кгсм}.$$

Определены: среднее значение предельной нагрузки  $q_R=720,7$  кгс/м<sup>2</sup>, стандартное отклонение предельной нагрузки  $s_R=57,7$  кгс/м<sup>2</sup>, стандартное отклонение постоянной нагрузки  $s_g=17,66$  кгс/м<sup>2</sup>.

В методе двух моментов также рассчитывается коэффициент запаса

$$k_3 = \frac{M_u^\phi}{M_{до2003}} = \frac{3548,46}{3156} = 1,124,$$

$$k_3 = \frac{M_u^\phi}{M_{после2003}} = \frac{3548,46}{3300} = 1,075.$$

Вероятностный расчет надежности строительной конструкции по методу двух моментов выполнялся с приближенной оценкой надежности посредством коэффициента безопасности  $\beta$ :

$$\beta = \frac{q_R - g - S}{\sqrt{s_R^2 + s_g^2 + s_s^2}}, \quad (5)$$

где  $q_R$  - среднее значение предельной нагрузки;  $g$  - постоянная нормативная нагрузка;  $S$  - временная нагрузка: среднее значение ежегодных максимумов снегового покрова до 2003 года  $70$  кгс/м<sup>2</sup>, после 2003 г. среднее максимальное значение 25-летних периодов  $-180$  кгс/м<sup>2</sup>;  $s_R^2$  - стандартное отклонение предельной нагрузки;  $s_g^2$  - стандартное отклонение постоянной нагрузки;  $s_s^2$  - стандартное отклонение временной нагрузки.

По формуле 5 рассчитывается коэффициент безопасности, характеризующий надежность строительной конструкции до 2003 года:

$$\beta = \frac{720,7 - 321 - 70}{\sqrt{57,7^2 + 17,66^2 + 43,8^2}} = 4,42.$$

после 2003:

$$\beta = \frac{720,7 - 321 - 180}{\sqrt{57,7^2 + 17,66^2 + 43,8^2}} = 2,94.$$

### Заключение

Данные расчета свидетельствуют, что надежность плиты при снеговой нагрузке до 2003 года соответствует вероятности безотказной работы  $P_R=0,9999$ . Для несущих конструкций I уровня ответственности считается достаточным надежность  $P_R=0,999$ . При расчетной снеговой нагрузке после 2003 года надежность соответствует вероятности безотказной работы для зданий II группы ответственности. Выполненный расчет является приближенным, так как снеговая нагрузка распределяется не по нормальному закону, а по близкому к нему закону Гумбеля. Возможно уточнение вероятности безотказной работы плиты специальным методом последовательного приближения.

Таким образом, надежность сборной железобетонной ребристой плиты совмещенного покрытия здания, запроектированного и построенного до 2003 года при действии нагрузок измененных после 2003 года обеспечена расчетом по методу предельных состояний и вероятностным методом двух моментов.

### Библиографический список

1. Кузнецов, С.М. Проектирование надежности транспортно-технологического процесса в строительстве / С.М. Кузнецов, О.В. Демиденко, Н.Е. Алексеев // Вестник СибАДИ. 2015, №3. - С. 51-56.
2. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 N 384-ФЗ (действующая редакция, 2016). Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720).

3. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения.- Введ.1990-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1990.-8 с. - Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293767/4293767358.pdf>
4. Бондаренко, В.М. Железобетонные и каменные конструкции: учебник для вузов / В.М.Бондаренко, Р.О. Бакиров, В.Г. Назаренко, В.И. Римшин. - М.: Высшая школа, 2004. – 876 с.
5. ГОСТ 27.751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. - Введ. 2015-07-01.- М.: Стандартиформ, 2015. - 14 с.- Режим доступа: [http://declight.ru/statii/gost27\\_002-89.pdf](http://declight.ru/statii/gost27_002-89.pdf)
6. Демиденко, О.В. Моделирование организационно-технологической надежности работы экскаваторных комплектов / О.В. Демиденко, С.М. Кузнецов, Н.Е. Алексеев // Вестник СибАДИ. 2015, №2(42). - С. 58-64.
7. Демиденко, О.В. Совершенствование обоснования очередности строительства зданий и сооружений / О.В. Демиденко, С.М. Кузнецов // Вестник СибАДИ. 2015, №5. - С. 66-72.
8. Краснощеков, Ю.В. Вероятностные основы расчета строительных конструкций [Электронный ресурс] учебное пособие / Ю.В. Краснощеков. Омск: Изд-во СибАДИ, 2016. Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd183.pdf>
9. Краснощеков, Ю.В. Вероятностное проектирование конструкций по заданному уровню надежности / Ю.В. Краснощеков, М.Ю. Заполева // Вестник СибАДИ. 2015, №1(41). - С.68-73.

### STUDY OF RELIABILITY PLATE COVER

**Abstract.** *The article presents General information on methods of calculation of building structures on the reliability of, analyze their main advantages and disadvantages. The development of methods of reliability assessment building structures in our country since 1930-ies till the present time. The results of the calculation of the reliability of a slab of a building designed and constructed prior to 2003 under the action of loads is changed after 2003. The reliability of the plate coating provided by the method of limit States and the probabilistic method.*

**Keywords:** *building structures, reliability, method of limiting States, the method of two moments, load.*

*Демиденко Ольга Владимировна (Россия, Омск) - магистрант, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры организации и технологии строительства ФГБОУ ВО СибАДИ (644080, г.Омске, пр. Мира, 5, e-mail: DOVandDMS@yandex.ru.*

*Demidenko Olga Vladimirovna (Russia, Omsk) - graduate, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of organization and technology of construction of the SibADI (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: DOVandDMS@yandex.ru .*

### References

1. Kuznetsov, S.M. Designing reliable transport and process in the construction / S.M. Kuznetsov, O.V. Demidenko, N.E. Alekseev // Herald SibADI. 2015, №3. -p. 51-56.
2. Federal Law "Technical regulation on safety of buildings and structures" from 30.12.2009 N 384-FZ (as amended, 2016). Access: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720).
3. GOST 27.002-89. The reliability of the technique. Basic concepts, terms and opredeleniya.- Introduced1990-07-01. М.: Publishing House of Standards, 1990.-8. - Access: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293767/4293767358.pdf>
4. Bondarenko, V.M. Reinforced concrete and stone structures: a textbook for high schools / V.M.Bondarenko, R.O. Bakirov, V.G. Nazarenko V.I. Rimshin. - М.: Higher School, 2004. - 876 p.
5. GOST 27.751-2014. Reliability of constructions and foundations. The main provisions. - Introduced 2015-07-01.- М.: Standartinform, 2015. - 14 S.-Access: [http://declight.ru/statii/gost27\\_002-89.pdf](http://declight.ru/statii/gost27_002-89.pdf)
6. Demidenko, O.V. Modeling organizational and technological reliability of excavation sets / O.V. Demidenko, S.M. Kuznetsov, N.E. Alekseev // Herald SibADI. 2015, №2 (42). - p. 58-64.
7. Demidenko, O.V. Improvement study of priority construction of buildings / O.V. Demidenko, S.M. Kuznetsov // Herald SibADI. 2015, №5. - p. 66-72.
8. Krasnoshchekov, Y.V. Probabilistic Bases for design of structures [electronic resource] tutorial / Y.V. Krasneoschekov. Omsk: Publishing house SibADI, 2016. Access: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd183.pdf>
9. Krasnoshchekov, Y.V. Probabilistic design of structures for a given level of reliability / Y.V. Krasnoshchekov, M.Y. Zapoleva // Herald SibADI. 2015, №1 (41). - p.68-73.

УДК 625.7/8

## ОБОСНОВАНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ РАСЧЁТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

**А.В. Попкова, А.В. Попкова**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассматриваются результаты определения основного деформационного параметра земляного полотна – модуля упругости золошлаковой смеси. Расчётное значение этого параметра грунта, необходимо для расчета дорожных одежд. Определены значения модуля упругости золошлаковой смеси при различной относительной влажности и коэффициенте уплотнения. Приведены результаты сравнения модуля упругости земляного полотна из золошлаковых смесей и природных грунтов.

**Ключевые слова:** золошлаковая смесь, земляное полотно, модуль упругости, дорожные одежды.

### Введение

Несмотря на разработки новых альтернативных источников энергии, на сегодняшний день более 70% электроэнергии, производимой на территории России, получают путем сжигания твердого топлива. Ежегодно это приводит к образованию порядка 24 млн. тонн золошлаковых отходов (ЗШО) и, согласно прогнозу ИНТЕР РАО ЕЭС, к 2030-му году эта цифра возрастет до 36 млн. тонн.

В связи с низким процентом использования (около 10-15%) эти отходы складировать на специализированных отвалах. Только на территории города Омска накоплено свыше 65 млн. тонн золошлаковых смесей (ЗШС) [1]. Поскольку 2017 год в Российской Федерации объявлен годом экологии, к проблеме утилизации золошлаковых отходов проявляется особый интерес.

Многолетними исследованиями [1-8] доказано, что ЗШС можно рационально использовать как материал (техногенный грунт) для возведения насыпей земляного полотна автомобильных дорог (рис. 1).

128



Рисунок 1 – Применение золошлака в дорожном строительстве:  
а) транспортная развязка с земляным полотном из золошлаковой смеси, г. Кашира;  
б) возведение насыпи автомобильной дороги из золошлака, Польша

В упомянутых исследованиях оценивалась возможность применения ЗШС с позиции водно-теплового режима земляного полотна, морозного пучения, гранулометрического и химического составов, экологической безопасности, а также частично затрагивались вопросы определения прочностные характеристики этого техногенного грунта. Поэтому в данной статье, в первую очередь, более подробно затронут вопрос пригодности ЗШС для возведения земляных сооружений с позиции механических свойств.

Одним из важнейших элементов проектирования автомобильной дороги, является расчет дорожной одежды на прочность. Этот расчет следует производить по трем критериям [9]:

- упругого прогиба на основе зависимости требуемого общего модуля упругости конструкции от суммарного числа приложений нагрузки;

- соответствия сдвигоустойчивости дискретных материалов конструктивных слоев и грунта возникающим в них касательным напряжениям, отражающему условие ограничения накопления сдвиговых остаточных деформаций (формоизменения) под воздействием многократных кратковременных нагрузок;

-соответствия сопротивления материалов монолитных конструктивных слоев возникающим в них растягивающим напряжениям от подвижной многократной нагрузки, отражающему сопротивление этих слоев усталостным процессам, обуславливающим развитие микротрещин в монолитных слоях, потерю их сплошности и снижение распределяющей способности.

Методика оценки сопротивления усталостному разрушению при изгибе не учитывает параметры грунта земляного полотна, поэтому в данной статье не рассматривается. Прочностные свойства золошлаковой смеси от сжигания Экибастузских углей, необходимые для расчета по критерию сдвигоустойчивости, рассмотрены в статье [10].

В данной статье рассмотрены только вопросы, касающиеся расчета по критерию допускаемого упругого прогиба. При проектировании, согласно [9], для оценки этого критерия требуется только один параметр, характеризующий механические свойства грунта земляного полотна – модуль упругости.

Согласно существующей методике расчета, основанной на применении теории упругости, в каждом случае необходимо вычислить эквивалентный модуль упругости конструкции дорожных одежд и сравнить его с требуемым модулем. При использовании формул [9] (табл. 1), по которым определяется модуль упругости конструкции, необходимо знать модуль каждого слоя.

Таблица 1 – Формулы для определения эквивалентного модуля упругости

Тип конструкции	Формула для определения эквивалентного модуля упругости конструкции
Нежесткая дорожная одежда	$E_{общ}^{(i)} = \frac{\left[ 1,05 - 0,1 \frac{h_i}{D} (1 - \sqrt[3]{E_{общ}^{(i+1)} / E_i}) \right] E_i}{0,71 \sqrt[3]{\frac{E_{общ}^{(i+1)}}{E_i} \arctg\left(\frac{1,35h_3}{D}\right) + \frac{E_i}{E_{общ}^{(i+1)}} \frac{2}{\pi} \arctg \frac{D}{h_3}}}; h_3 = 2h_i^3 \sqrt[3]{\frac{E_i}{6E_{общ}^{(i+1)}}}$
Жесткая дорожная одежда	$E_{общ}^{(i)} = \frac{E_i}{0,71 \sqrt[3]{\frac{E_{общ}^{(i+1)}}{E_i} \arctg\left(\frac{1,35h_3}{D}\right) + \frac{E_i}{E_{общ}^{(i+1)}} \frac{2}{\pi} \arctg \frac{D}{h_3}}}; h_3 = 2h_i^3 \sqrt[3]{\frac{E_i}{6E_{общ}^{(i+1)}}}$
<p>где <math>h_3</math> – толщина эквивалентного слоя материала, см;  <math>i</math> – номер рассматриваемого слоя дорожной одежды считая сверху;  <math>h_i</math> – толщина <math>i</math>-го слоя, см.;  <math>D</math> – диаметр нагруженной площади, см.;  <math>E_{общ}^{(i+1)}</math> – модуль упругости полупространства под <math>i</math>-м слоем конструкции, МПа.</p>	

Все параметры для расчета, за исключением модуля упругости ЗШС, известны и приведены в [9]. Для назначения модуля упругости земляного полотна из ЗШС необходимо изучить влияние влажности этого техногенного грунта на модуль упругости т.к. в расчет берется наиболее неблагоприятный расчетный период года с точки зрения максимального увлажнения грунта в земляном полотне.

В рамках исследования решались следующие задачи:

- определялся модуль упругости ЗШС при разных условиях (плотность и влажность материала);

- проанализирована пригодность ЗШС в качестве основания дорожных одежд путем сравнения модулей упругости этого техногенного грунта и природных грунтов.

## Методика испытаний

Значения модуля упругости ЗШС при разной влажности и степени уплотнения определяли по методике рычажного пресса, изложенной в ВСН 29-76 [11]. Уплотнение образца в форме осуществляли с помощью гири от большого прибора стандартного уплотнения. Поскольку диаметр формы больше чем наковальни, грунт уплотняли послойно, перемещая её по схеме, применяемой в тесте «А» метода Проктора [12, 13]. Контроль плотности и влажности осуществляли взвешиванием формы, заполненной грунтом, и отбором проб для определения влажности по ГОСТ 5180-2015 [14].

В качестве нагружающего устройства при определении модуля упругости ЗШС использовали универсальную машину AL-7000 LA 10, позволяющую прикладывать ступенчатую статическую нагрузку к деформируемому образцу. Нагрузку передавали посредством штампа площадью 10 см<sup>2</sup>. Помимо отсчета осадок по индикаторам часового типа, определяли перемещение штока универсальной машины, что увеличило точность измерений. На рис. 2а изображена форма для испытаний с установленным штампом, до закрепления индикаторов, а на рис. 2б, след от штампа после разгрузки.



Рисунок 2 – Определение модуля упругости ЗШС:  
а) образец в нагружающем устройстве; б) – след от штампа

Нагружение осуществляли до уровня напряжений, при которых начинали проявляться интенсивные пластические деформации. После этого производили разгрузку и измеряли упругие деформации на поверхности образца с помощью индикаторов часового типа ИЧ-10.

## Результаты испытаний.

Определенные значения модуля упругости ЗШС обрабатывались по методике ГОСТ 20522-2012 [15]. После чего по полученным значениям строили графики изменения модуля упругости в зависимости от плотности и влажности смеси. Закономерность изменения значения модуля упругости ЗШС в зависимости от коэффициента уплотнения приведена на рис. 3а, а от влажности на рис. 3б.

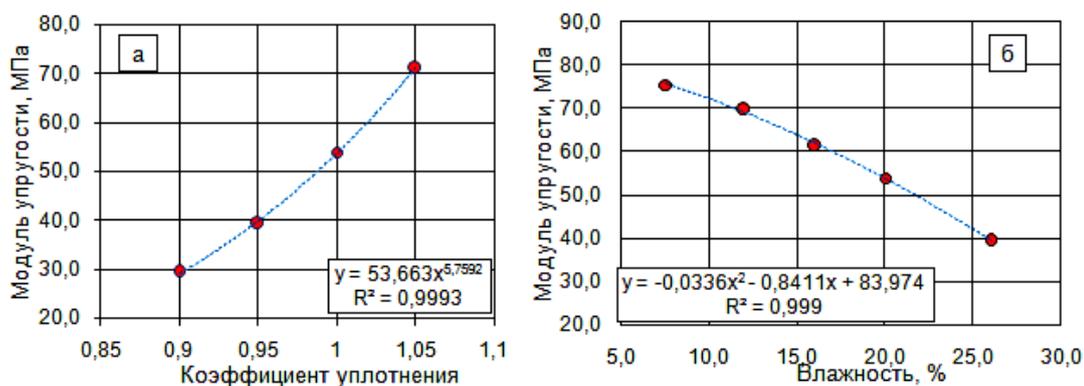


Рисунок 3 – Зависимость модуля упругости ЗШС от коэффициента уплотнения (а) и влажности (б)

Как известно, в процессе уплотнения происходит более компактная упаковка частиц за счет местных сдвигов и соскальзывания более мелких частиц в поры между агрегатами, что еще больше укрепляет скелет грунта.

После окончания процесса уплотнения эти сдвиги практически затухают, и грунт начинает работать в стадии обратимых деформаций. Чем выше исходный коэффициент уплотнения, тем более плотная структура грунта образуется в образце, а значит, распределение нагрузки произойдет на большее число точек контакта. Помимо увеличения структурной прочности это снижает общую деформативность материала, чем и обусловлен рост модуля упругости [16].

Повышение влажности вызывает разуплотнение скелета грунта, что увеличивает его деформативность. Разуплотнение способствует уменьшению числа контактов частиц, а повышающееся поровое давление воды окончательно снижает трение между частицами. Поэтому, чем выше влажность, тем сильнее негативный эффект, вплоть до достижения полной влагоемкости образца.

Для сравнения модулей упругости техногенного и природных грунтов приведены справочные данные из ОДН 218.046-01 [9]. Значения модуля упругости, при различной относительной влажности, в зависимости от вида грунта, сведены в табл. 2.

Таблица 2 – Значения модуля упругости в зависимости от вида и влажности грунта

Вид грунта	Модуль упругости, при относительной влажности, МПа				
	0,23	0,36	0,48	0,62	0,78
Песок мелкий	100				
Песок пылеватый	96			82	60
Супесь пылеватая	108			61	34
Суглинок легкий	108			60	30
Глина	108			63	31
ЗШС	76	69	61	51	38

### Заключение

По результатам испытаний сделаны следующие выводы:

- результаты определения модуля упругости позволяют отнести ЗШС к категории среднедеформируемых грунтов согласно ГОСТ 25100 [17];
- модуль упругости ЗШС существенно зависит от влажности (при увеличении относительной влажности с 0,23 до 0,78 отмечено падение модуля в два раза);
- природные глинистые грунты также снижают модуль упругости с увеличением влажности (при увеличении относительной влажности с 0,23 до 0,78 отмечено падение модуля в 3,5 раза);
- судя по значениям модуля упругости и данным [4] ЗШС вполне соответствует по деформативности природным глинистым грунтам, а значит, может использоваться как основание дорожных одежд.

### Библиографический список

1. Бирюков В.В. Энергопроизводство и утилизация золошлаковых отходов / В.В. Бирюков, С.Е. Метелев, В.В. Сиротюк, В.Р. Шевцов // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. Научный журнал. – М. – 2008. – № 2(23). – С.221-229.
2. Балюра М.В. Исследование строительных свойств золы Томской ГРЭС-2 / М.В. Балюра // Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, оснований и фундаментов: сб. науч. Тр. – Томск: Изд-во ТГУ, 1988. – С. 97-104.
3. Лунёв А.А. Сопоставление методов оценки устойчивости высокой насыпи из золошлаковой смеси / А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк, Н.С. Безделов // Вестник СибАДИ, 2016. – № 5 (50). – С.106-114.
4. Иванов Е.В. Обоснование применения золошлаковых смесей для строительства земляного полотна с учетом водно-теплового режима: дис... канд. техн. наук. Омск, 2015. 165 с.
5. Сиротюк В.В. Нормативное обеспечение применения золошлаков в дорожном строительстве / В.В. Сиротюк, Е.В. Иванов // Автомобильные дороги. 2013. – № 9. – С. 89-92.
6. Лунёв А.А. Применения ЗШС для вертикальных планировок и строительства городских дорог / А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк. // Техника и технологии строительства: научный журнал. – Омск: Издательство СибАДИ, 2015. – № 1. – С. 24-31.
7. Sinha A.K., Havanagi, V.G., Mathur, S., Guruvittal, U.K. Investigation and design of fly ash road embankments in India by CPT. 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach,

CA, USA. Volume 2&3: Technical Papers, Session 3: Applications, Pp. 3-49.

8. Santos F. Geotechnical properties of fly-ash and soil mixtures for use in highway embankments / F. Santos, L. Li, Y. Li, F. Amini // World of Coal ash (WOCA) Conference – Denver, 2001. Pp. 93-104.

9. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Введ. 2001-01-01. – М.: Информавтор, 2001. – 145 с.

10. Лунёв А.А. Экспериментальные исследования прочностных характеристик золошлаковой смеси / А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк, Н.И. Барац // Вестник СибАДИ. 2016. – № 6 (51). – С. 112–121.

11. ВСН 29-76. Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог. – Введ. 1978-01-01. – М.: Транспорт, 1977. – 102 с.

12. Александров А.С. Определение максимальной плотности грунтов, стандартным и модифицированным методами Проктора: методические указания / Т.В. Семенова, Г.В. Долгих. – Омск: СибАДИ, 2014. – 35 с.

13. ASTM D 1557 – 12. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft – lbf / ft<sup>3</sup> (2,700 KN – m / m<sup>3</sup>)). ASTM International, West Conshohocken, P.A., 2012. – 12 p.

14. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Введ. 2016-04-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.

15. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – Введ. 2013-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.

16. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1983. – 228 с.

17. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

### DETERMINATION OF YOUNG'S MODULUS FOR THE COAL ASH AND SLAG MIXTURES USED IN ROAD EMBANKMENTS TO CALCULATE PAVEMENT

A.V.Popkova, A.V.Popkova

**Abstract.** *In the article discusses the results of the definitions basic deformation parameter for subgrade – the young's modulus for ash and slag mixture. Design value this parameter for soil is necessary to the calculation of road structure. Of the magnitudes young's modulus for ash and slag mixture with different relative humidity and stowage factor. The results of the comparison young modulus subgrade from a ash and slag mixtures and natural soil.*

**Keywords.** *Ash and slag mixture, subgrade, young's modulus, road structure.*

*Попкова Анастасия Вадимовна (Омск, Россия) – магистрант кафедры Проектирование дорог ФГБОУ ВО Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail:nastypopkova10.93@mail.ru).*

*Попкова Анна Вадимовна (Омск, Россия) – магистрант кафедры Проектирование дорог ФГБОУ ВО Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail:anya.popkova.93@mail.ru).*

*Popkova Anastasia Vadimovna (Omsk, Russian Federation) – Master student of Department roads design, Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av. 5, e-mail:nastypopkova10.93@mail.ru).*

*Popkova Anna Vadimovna (Omsk, Russian Federation) – Master student of Department roads design, Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av. 5, e-mail: anya.popkova.93@mail.ru).*

### References

1. Biryukov V.V., Metelev S.E., Sirotyuk V.V., Shevtsov V.R., Energoproduktstvo i utilizatsiya zoloshlakovykh otkhodov [Power generation and recycling ash waste] / V.V. Biryukov, S.T. Metelev, V.V. Sirotyuk, V.R. Shevtsov // Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo torгово-ekonomicheskogo universiteta. Nauchnyj zhurnal. – М. – 2008. – № 2(23). – S.221-229.

2. Balyura M.V. Issledovanie stroitel'nykh svoystv zoly Tomskoj GRE'S-2 [Study of fly ash properties of Tomsk GRES-2] / M.V. Balyura // Problemy gidrogeologii, inzhenernoj geologii, osnovanij i fundamentov: sb. nauch. Tr. – Tomsk: Izd-vo TGU, 1988. – S. 97-104.

3. Lunyov A.A. Sopostavlenie metodov ocenki ustojchivosti vysokoj nasypi iz zoloshlakovoj smesi [Comparison of methods for evaluating of slope stability on high embankment built with the use of bottom ash] / A.A. Lunyov, V.V. Sirotyuk, N.S. Bezdelov // Vestnik SibADI, 2016. – № 5 (50). – S.106-114.

4. Ivanov, E.V. Obosnovanie primeneniya zoloshlakovykh smesey dlja stroitel'stva zemljanogo polotna s uchetom vodno-teplovogo rezhima [Rationale for the use of ash and slag mixtures for construction of subgrade

with the water-heat regime]: dis... kand. techn. nauk. Omsk, 2015. 165 s.

5. Sirotyuk V.V. Normativnoe obespechenie primeneniya zoloshlakov v dorozhnom stroitel'stve [Normative on the need application ash and slag mixture in the road-bulding] / V.V. Sirotyuk, E.V. Ivanov // Avtomobil'nye dorogi. 2013. – № 9. – S. 89-92.

6. Lunyov A.A. Primeneniya ZShS dlya vertikal'nyx planirovok i stroitel'stva gorodskix dorog [Application fhs for vertical planning and construction of arban roads] / A.A. Lunyov, V.V. Sirotyuk. // Texnika i tehnologii stroitel'stva: nauchnyy zhurnal. – Omsk: Izdatel'stvo SibADI, 2015. – № 1. – S. 24-31.

7. Sinha A.K., Havanagi V.G., Mathur S., Guruvittal U.K. Investigation and designofflyashroadembankmentsinIndiabyCPT // 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA, USA. Vol. 2&3, Pp. 3-49.

8. Santos F. Geotechnical properties of fly-ash and soil mixtures for use in highway embankments / F. Santos, L. Li, Y. Li, F. Amini // World of Coal ash (WOCA) Conference – Denver, 2001. Pp. 93-104.

9. ODN 218.046-01. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd. – Vved. 2001-01-01. – M.: Informavtodor, 2001. – 145 p.

10. Lunyov A.A. E'ksperimental'nye issledovaniya prochnostnyx karakteristik zoloshlakovoj smesi [Experimental research of the strength characteristic of ash and siag mixtures] / A.A. Lunyov, V.V. Sirotyuk, N.I. Barac // Vestnik SibADI. 2016. – № 6 (51). – S. 112–121.

11. VSN 29-76. Tehnicheskie ukazaniya po ocenke i povysheniju tehniko-jekspluacionnyh kachestv dorozhnyh odezhd i zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog [Technical guidance on the assessment and improvement of technical and operational qualities of pavement and land-Lenogo paintings of roads]. – Vved. 1978-01-01. – M.: Transport, 1977. –102 s.

12. Aleksandrov A.S. Opreделение maksimal'noj plotnosti gruntov, standartnym i modifitsirovannym metodami Proktora: metodicheskie ukazaniya [Determination of maximum density of soil, standard and modified Proctor methods] / T.V. Semenova, G.V. Dolgix. – Omsk: SibADI, 2014. – 35 s.

13. ASTM D 1557 – 12. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft – lbf / ft<sup>3</sup> (2,700 KN – m / m<sup>3</sup>)). ASTM International, WestConshohocken, P.A., 2012. 12 p.

14. GOST 5180-2015. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskix karakteristik [Soils. Laboratory methods for determination of physical characteristics]. – Vved. 2016-04-01. – M.: Standartinform, 2016. – 20 s.

15. GOST 20522-2012. Grunty. Metody statisticheskoy obrabotki rezul'tatov ispytanij [Soils. Methods of statistical treatment of test results]. – Vved. 2013-07-01. – M.: Standartinform, 2013. – 16 s.

16. Cytovich N.A. Mexanika gruntov (kratkij kurs): uchebnyy dlya vuzov. M.: Vysshaya shkola, 1983. – 228 s.

17. GOST 25100-2011. Grunty. Klassifikaciya [Soils. Classification]. – Vved. 2013-01-01. – M.: Standartinform, 2013. – 20 s.

УДК 625.855.3

### МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК ИЗ УГЛЕРОДМИНЕРАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

**М.С. Черногорова, В.Д. Галдина**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье представлены изучения состава, структуры и физико-химических свойств горючего сланца Коцебинского месторождения и углеродминеральных продуктов (УМП), полученных в процессе полукоксования горючего сланца. В результате исследований установлено, что минеральный порошок из УМП имеет высокие показатели дисперсности, сравнительно невысокие пористость и битумоемкость, соответствуя требованиям ГОСТ 32761-2014 к марке МП-3. Горячий плотный асфальтобетон с использованием минерального порошка из углеродминеральных продуктов характеризуются достаточно высокими показателями прочности, водостойкости, трещиностойкости и сдвигоустойчивости.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, горючие сланцы, минеральный порошок, углеродминеральные продукты.

#### Введение

Перспективным видом органического сырья для химической промышленности и

минерального сырья для получения строительных материалов являются горючие сланцы, запасы которых в России и за рубежом очень велики. Состав и свойства горючих сланцев разных месторождений колеблется в широких пределах, поэтому вопрос об их техническом использовании требует в каждом отдельном случае разработки наиболее целесообразной схемы переработки с учетом особенностей характеристик сланцев [1, 2, 3, 4].

Сотрудниками Института химии нефти СО РАН (г. Томск) проведены экспедиционные работы по отбору горючих сланцев Волжского бассейна с месторождений Кашпирское и Коцебинское и изучению условий их образования и залегания. На протяжении последних лет добыча сланцев в этом районе производилась только на Кашпирском руднике в ограниченных масштабах. Горючие сланцы Кашпирского месторождения как твердые горючие ископаемые и сырье для химической промышленности исследованы достаточно подробно, горючие сланцы Коцебинского месторождения практически не изучены. Научно-исследовательские работы ИХН СО РАН направлены на изучение закономерностей термokatалитических превращений горючих сланцев с целью получения синтетической нефти и фракций моторных топлив [5]. Однако переработка горючих сланцев должна осуществляться комплексно, предусматривая использование органической и минеральной составляющих горючих сланцев.

В Саратовской обл. находятся шесть месторождений горючих сланцев с общими геологическими запасами 9,1 млрд т. Саратовское министерство инвестиционной политики совместно с ООО «Прелюбская горная компания» разработало инвестиционный проект по комплексной добыче и переработке горючих сланцев Коцебинского месторождения. Мощность планируемого предприятия – 700 тыс т добычи и переработки сланца в год. В результате переработки планируется получать сланцевую нефть, энергетический газ, цемент, а минеральный остаток использовать в дорожном строительстве [6, 7].

Ранее выполненными исследованиями изучены состав, структура и свойства горючих сланцев Кашпирского и Коцебинского месторождений и свойства минеральных порошков из сланцев. Установлена достаточно высокая структурирующая способность минеральных порошков и повышение тепло- и трещиностойкости асфальтобетонов [8, 9]. Исследованы физико-механические свойства и обоснована возможность использования углеродминеральных продуктов (УМП) горючих сланцев Оленкского бассейна Республики Саха (Якутия) в качестве сырья для получения заполнителей и наполнителей для асфальтобетонных смесей [10]. Практический интерес представляло изучение физико-механических свойств минерального порошка из УМП горючих сланцев Коцебинского месторождения и асфальтобетонов на его основе.

### **Исследование состава, структуры и свойств минерального порошка из углеродминеральных продуктов**

Цель настоящей работы заключалась в изучении состава и свойств минерального порошка из углеродминеральных продуктов горючего сланца Коцебинского месторождения и физико-механических свойств асфальтобетона с его использованием.

Горючий сланец Коцебинского месторождения представляет собой серовато-коричневую, темно-серую слоистую осадочную породу, легко расщепляющуюся на тонкие пластинки и содержащую кероген сапропелевой природы. Породы имеет твердость по шкале Мооса 3 – 4 балла, низкую среднюю плотность  $1190 \text{ кг/м}^3$ , высокую пористость 29 об. %. Щебень из сланца фракций 5 – 10 и 10 – 20 мм имеет марку по прочности 400 [8, 9].

Физико-химические свойства горючих сланцев и их УМП определяли на приборах регионального центра коллективного пользования Омского научного центра СО РАН. Для определения локального и среднего качественного и количественного состава горючих сланцев использовали приставку для энерго-дисперсионного анализа Inca-350.

Фазовый состав минеральной части исследовали на дифрактометре D8 Advance фирмы «Bruker в параллельном  $\text{Cu-K}\alpha$  излучении с  $\beta$  - фильтром в интервале углов  $2\theta$  от 50 до 800 (шаг сканирования  $0,1^\circ$ , время интегрирования сигнала 7 sec/step). Расшифровку полученных данных осуществляли с использованием данных баз ICDD и PDF-2.

Пористую структуру УМП исследовали методом низкотемпературной адсорбции азота на приборе Sorptomatic 1900 «CarloErba», определяя удельную поверхность ( $S_{уд}$ ) по методу БЭТ, значения суммарного адсорбционного объема пор ( $V_{адс}$ ) по величине адсорбции азота при  $P/P_0 = 0,99$ . Величину диаметров пор рассчитывали по формуле  $D_{пор} = 4V_{адс} / S_{уд}$ .

Физико-механические свойства минерального порошка из УМП определяли согласно требованиям ГОСТ 32761, удельную поверхность минерального порошка – на приборе ПСХ-

12SP. Изготовление асфальтобетонных смесей, образцов из них и испытание асфальтобетонов проводили по ГОСТ 12801.

Энерго-дисперсионный анализ спектроскопии показал, что анализируемые участки поверхности сланца содержат, в основном, атомы углерода, кислорода, кремния, железа, кальция и серы (рис. 1 и 2). Количество указанных элементов изменяется в широких пределах (табл. 1). Кроме того, на отдельных участках поверхности сланца Коцебинского сланца обнаружены фосфор (~ 7%) и цирконий (~ 4%). На поверхности сланца кремний, кислород и сера распределены равномерно, а алюминий, железо, кальций, титан, натрий и калий локализируются отдельными участками. Углерод присутствует как в виде карбонатов, так и в виде углеродсодержащих соединений, образовавшихся в результате разложения остатков растительного и животного происхождения. Высокое содержание серы (в отдельных случаях до 27 % мас.) подтверждает наличие пирита ( $\text{FeS}_2$ ) [9, 11].

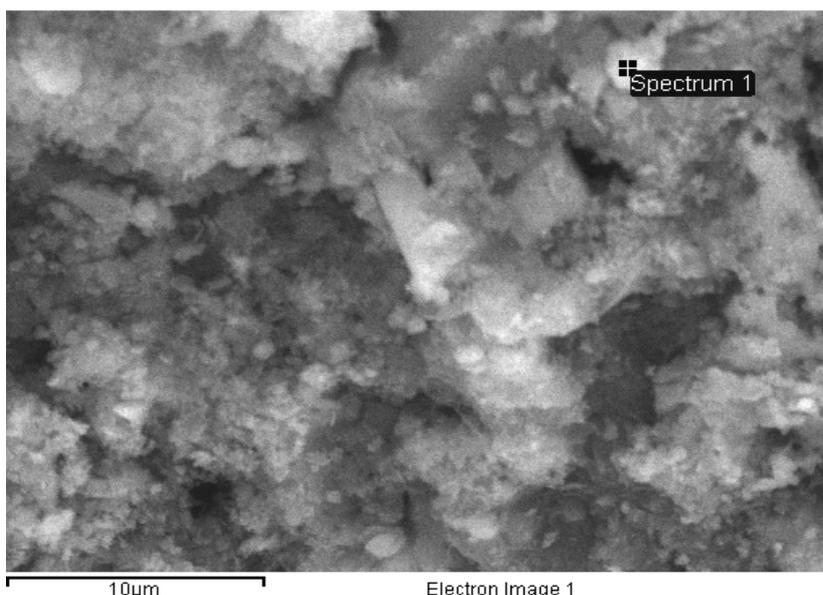


Рисунок 1 – Анализируемый участок поверхности Коцебинского сланца

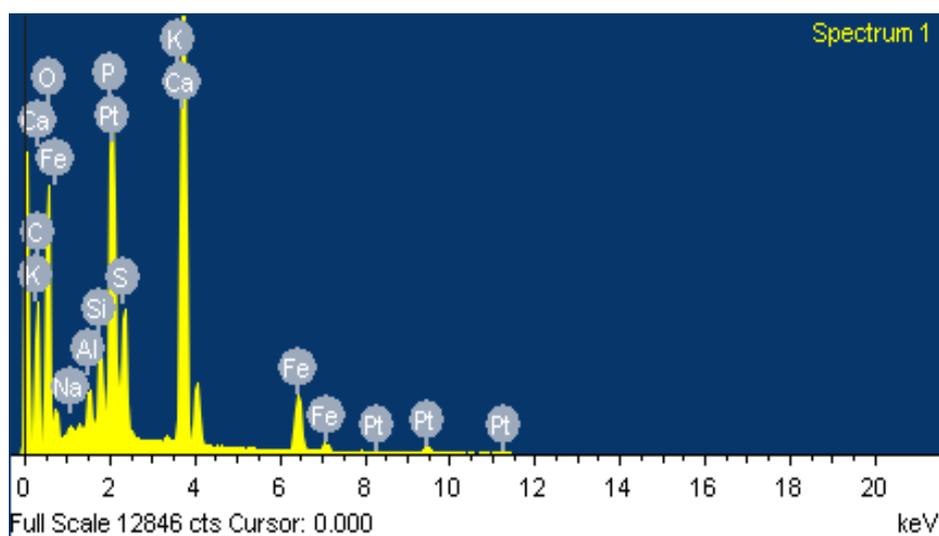


Рисунок 2 – Спектр EDS Коцебинского сланца

Таблица 1 – Содержание отдельных элементов в горючем сланце

Содержание элемента, % мас.					
C	O	S	Fe	Ca	Si
49 – 82	7 – 36	2 – 27	0,1 – 16	0,3 – 20	0,2 – 4

В процессе испытаний по ГОСТ 11022-95 установлено, что содержание минеральной части в образце горючего сланца Коцебинского месторождения составляет 45,47 %. По фазовому составу минеральная часть горючего сланца, а также зола от его сжигания содержит следующие компоненты (рис. 3):

- кварц  $\text{SiO}_2$
- карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$
- пирит  $\text{FeS}_2$
- магнезиан  $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$
- парагонит-2М  $\text{NaAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
- тосудит  $\text{K}_{0,07}\text{Ca}_{0,23}\text{Na}_{0,25}(\text{Al}_5\text{Mg})(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{18,2}(\text{OH})_{11,8-5}\text{H}_2\text{O}$
- мусковит 2М-1  $(\text{K}_{0,8}\text{Na}_{0,18})(\text{Fe}_{0,03}\text{Al}_{11,99})(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
- альбит  $11,67\text{Na}_2\text{O}19,35\text{Al}_2\text{O}_368,44\text{SiO}_2$ .

По элементному составу минеральная часть горючего сланца содержит, в % по массе: кремния ( $69,85 \pm 2,00$ ); кальция ( $12,98 \pm 0,90$ ); алюминия ( $8,07 \pm 0,40$ ); железа ( $3,74 \pm 0,20$ ); калия ( $2,08 \pm 0,10$ ); титана ( $0,39 \pm 0,02$ ). В малых количествах (от 0,01 до 0,06 %) содержатся цинк, марганец, молибден, цирконий [11].

Углеродминеральные продукты получали при полукоксовании горючего сланца при температуре 400 – 500 °С в лабораторном реакторе. Термическая переработка в процессе полукоксования показала, что сланцы Коцебинского месторождения содержат жидких продуктов 25,0 – 27,6, твердых продуктов – 60,6 – 63,9 и газообразных продуктов 10,6 – 11,8 мас. % на сухое вещество. Содержание углерода в твердых УМП составило 32,43%.

Исследование структуры методом низкотемпературной адсорбции азота показало, что по удельной поверхности и размерам пор УМП относятся к переходным (капиллярно-пористым) телам (табл. 2) [12]. Если рассматривать УМП как адсорбенты, то они имеют слабо развитую пористую структуру и характеризуются низкими значениями суммарного объема пор и удельной поверхности. Однако, оценивая УМП как сырье для производства дорожно-строительных материалов, их следует отнести к пористым материалам с низкой прочностью.

При производстве асфальтобетона для дорожного строительства очень важную роль играет дисперсная составляющая – минеральный порошок, который заполняет пустоты песчано-щебеночного каркаса и повышает плотность минерального остова, а также структурирует нефтяной битум, образуя асфальтовое вяжущее вещество [13]. По ГОСТ 32761-2014 для получения минерального порошка рекомендуется использовать карбонатные и некарбонатные горные породы, а также отходы промышленного производства [14].

Изучение состава, структуры и физико-химических свойств УМП из горючего сланца Коцебинского месторождения показало, что минеральная часть состоит из кварца, алюмосиликатов сложного состава, карбонатов, в меньшем количестве сульфатов и сульфидов. Содержание в УМП полуторых окислов ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) равняется 10,0 – 16,5%. Такое количество значительно выше требований ГОСТ 32761-2014 к сырьевым материалам для получения минерального порошка, что может повлиять на показатели набухания и водостойкости минерального порошка и асфальтобетона. Однако высокое содержание углерода в составе УМП, а также присутствие карбонатов кальция, магния и алюминатов позволяют предположить достаточно интенсивное физико-химическое взаимодействие между высокопористой поверхностью зерен УМП и битумом с образованием прочных адгезионных связей.

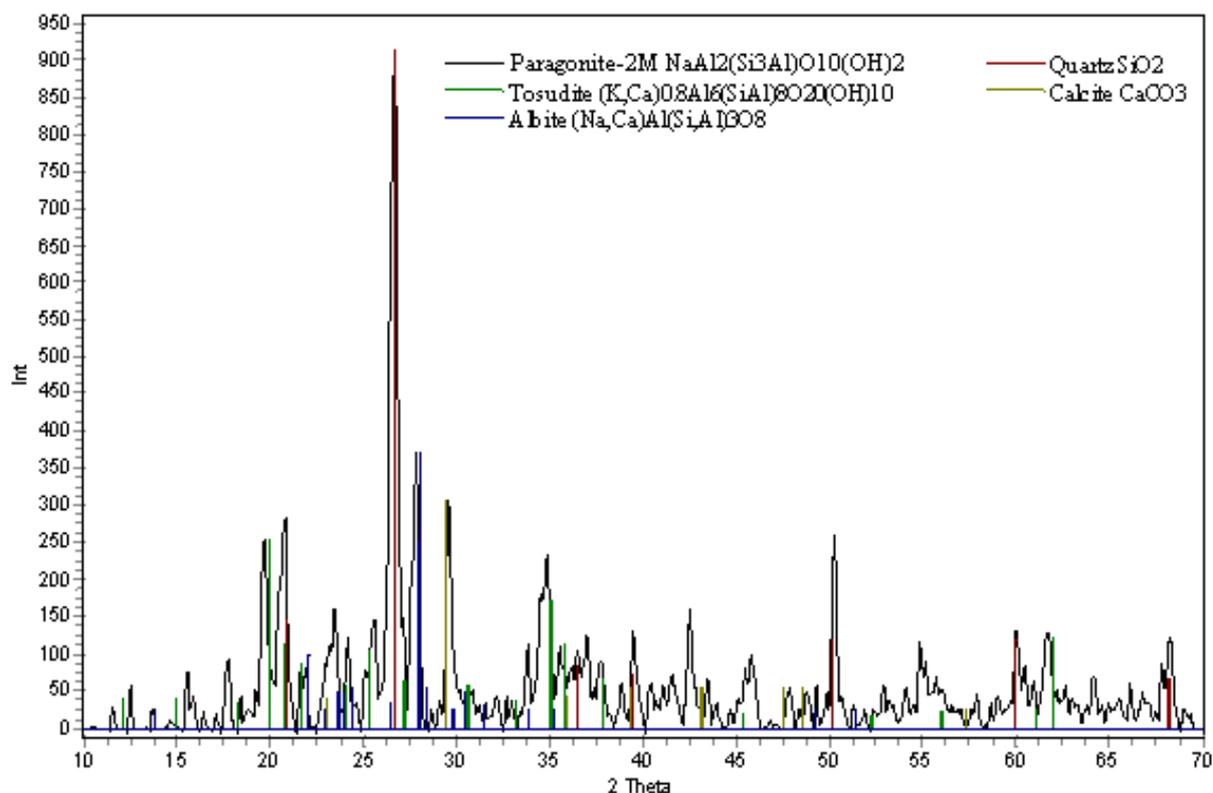


Рисунок 3 – Фазовый состав минеральной части горячего сланца

Таблица 2 – Характеристики структуры образцов по данным адсорбции азота при 77 К

Показатель	Значение показателя
Суммарный объем пор, см <sup>3</sup> /г, в том числе:	0,0940
макропоры	0,0294 (31 %)
мезопоры	0,0584 (62)
микропоры	0,0062 (7 %)
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	49000
Средний диаметр макропор, нм	144
Средний диаметр мезопор, нм	7,5

Минеральный порошок получали помолом в лабораторной планетарной мельнице предварительно измельченных УМП до фракции 0 – 10 мм. Данные табл.3 показывают, что минеральный порошок из УМП имеет высокие показатели дисперсности, и, не смотря на очень высокое содержание полуторных окислов, коэффициент водостойкости образцов из смеси минерального порошка с битумом и показатель набухания находятся в пределах требований стандарта. Минеральный порошок из УМП отвечает требованиям ГОСТ 32761-2014 к марке МП-3 (минеральный порошок из некарбонатных горных пород) и может быть использован в любых асфальтобетонных и органоминеральных смесях, кроме асфальтобетонных смесей I марки и щебеночно-мастичных смесей [14].

## ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Таблица 3 – Свойства минерального порошка из углеродминеральных продуктов горячего сланца

Показатель	Значение показателя	Требования ГОСТ32761-2014 к марке		
		МП-1	МП-2	МП-3
<b>1. Основные требования к минеральному порошку</b>				
Зерновой состав, мас. %:				
мельче 2,0 мм	100	100	100	100
мельче 0,125 мм	90	85	85	75
мельче 0,063 мм	80	70	70	60
Пористость, об. %	36,5	Не более 30	Не более 35	Не более 40
Показатель битумоемкости, г на 100 см <sup>3</sup>	68,4	Не более 50	Не более 60	Не более 80
<b>2. Требования, дополнительно применяемые к минеральному порошку</b>				
Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом, об. %	2,14	Не более 1,8	Не более 2,5	Не более 3,0
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	485	Не нормируется		
Коэффициент водостойкости образцов из смеси минерального порошка с битумом	0,78	Не нормируется		Не менее 0,7
Содержание водорастворимых соединений, % по массе	Отсутствуют	Не нормируется		Не более 6
Содержание полуторных окислов, % по массе	10,0 – 16,5	7	1,7	1,7

С минеральным порошком из УМП был подобран состав горячего плотного асфальтобетона типа Б с прерывистой гранулометрией следующего состава: щебень известняковый фракции 5-15 мм – 60%; песок природный с  $M_k = 2,13$  – 30%; минеральный порошок из УМП – 10%; битум марки БНД 90/130 – 6,0% (сверх 100% минеральной части). Контрольный состав асфальтобетона типа Б был приготовлен с известняковым минеральным порошком марки МП-2 при оптимальном содержании битума 5,5%.

Асфальтобетонные смеси и образцы из них готовили по методике ГОСТ 12801-98 при дозировании минерального порошка в смеситель после битума. Температура нагрева минеральных материалов составила 150 – 160 °С, битума 130 – 140 °С. При такой схеме приготовления асфальтобетонной смеси оптимальные показатели свойств асфальтобетонов достигаются при меньшем содержании битума в смеси, коэффициенты водостойкости значительно выше, водонасыщение меньше, трещиностойкость выше, что обусловлено равномерным и полным распределением битума на поверхности крупного и мелкого заполнителей [15].

Образцы асфальтобетонов испытывали согласно ГОСТ 12801-98. Трещиностойкость асфальтобетонов оценивали мерой хрупкости, которую определяли, испытывая асфальтобетонные образцы при отрицательных температурах на растяжение при расколе по методике [16]. Идеально хрупкому состоянию асфальтобетона соответствует значение меры хрупкости  $X = 1$ . До тех пор, пока асфальтобетон сохраняет вязкие свойства  $X < 1$ , и чем меньше  $X$ , тем меньше хрупкость материала. Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Анализ результатов испытаний позволил установить следующие особенности асфальтобетона, приготовленного с минеральным порошком из УМП по сравнению с асфальтобетоном контрольного состава.

При практически одинаковой пористости минеральной части и остаточной пористости асфальтобетоны исследуемого и контрольного составов имеют близкие величины показателей водонасыщения и коэффициентов водостойкости. Коэффициент длительной водостойкости асфальтобетона с минеральным порошком из УМП несколько ниже, чем у асфальтобетона контрольного состава вследствие высокого содержания в горячих сланцах полуторных окислов.

Асфальтобетон типа Б с минеральным порошком из УМП более теплоустойчив, чем асфальтобетон контрольного состава, так как имеет более высокую прочность при 50 °С и

значительно более низкую прочность при 0 °С. Следовательно, структурирующая способность минерального порошка из горючего сланца, которая зависит от физико-химических процессов на границе раздела «битум – минеральный порошок», достаточно высокая, что отражается на прочностных свойствах асфальтобетона. Меньшие значения прочностей при сжатии и растяжении при расколе, определенные при температуре 0 °С, а также меньшие величины меры хрупкости и коэффициентов теплоустойчивости свидетельствуют о более высокой трещиностойкости и теплоустойчивости асфальтобетона с минеральным порошком из УМП горючего сланца.

Таблица 4 – Физико-механические свойства асфальтобетонов типа Б

Показатель	Минеральный порошок		Требования ГОСТ 9128-2013 к асфальтобетону типа Б марки II / III для II, III дорожно-климатических зон	
	из УМП	Известня-ковый		
Пористость минеральной части, об. %	16,2	15,8	Не более 19,0	
Остаточная пористость, об. %	2,68	2,50	2,5 – 5,0	
Водонасыщение, об. %	2,55	2,40	1,5 – 4,0	
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2250	2450	Не нормируется	
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре:	50 °С ( $R_{50}$ )	1,30	1,10	Не менее 1,0 / 0,9
	20 °С ( $R_{20}$ )	2,45	2,35	Не менее 2,2 / 2,0
	0 °С ( $R_0$ )	5,60	8,70	Не более 12,0
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин, МПа	3,46	5,20	3,0 – 6,5 / 2,5 – 7,0	
Сцепление при сдвиге, МПа	0,40	0,39	Не менее 0,35 / 0,34	
Коэффициент теплоустойчивости $R_0 / R_{50}$	4,31	7,91	Не нормируется	
Коэффициент водостойкости	0,88	0,92	Не менее 0,85 / 0,75	
Коэффициент длительной водостойкости	0,73	0,77	Не менее 0,75 / 0,65	
Мера хрупкости при температуре –10 °С, отн. ед.	0,71	0,88	Не нормируется	

По комплексу физико-механических свойств асфальтобетон с минеральным порошком из УМП соответствует требованиям ГОСТ 9128-2013 к III марке асфальтобетона типа Б для II, III дорожно-климатических зон. Асфальтобетон контрольного состава относится ко II марке.

### Заключение

Изучение физико-химических свойств и структуры УМП из горючего сланца Коцебинского месторождения показало, что минеральная часть состоит из кварца, алюмосиликатов сложного состава, карбонатов, в меньшем количестве сульфатов и сульфидов. Минеральный порошок из УМП при высоком содержании полуторных окислов (10,0-16,5%) имеет достаточно высокую структурирующую способность, которая обусловлена высоким содержанием углерода (32,43%), присутствием карбонатов кальция, магния, алюминатов и высокой пористостью.

Асфальтобетон типа Б с минеральным порошком из УМП характеризуется достаточно высокими показателями прочности и водостойкости, повышенными показателями теплоустойчивости и трещиностойкости, соответствуя требованиям ГОСТ 9128-2013 к III марке асфальтобетона типа Б для II, III дорожно-климатических зон.

### Библиографический список

1. Стрижакова, Ю.А. Горючие сланцы. Генезис, составы, ресурсы / Ю.А. Стрижакова. – М.: Недра, 2008. – 192 с.
2. Altun N. E., Hiçyılmaz C., Hwang J.Y., Suat Bağcı A., Kök M. V. Oil shales in the world and Turkey; reserves, current situation and future prospects: a review / Oil Shale. 2006. Vol. 23. N 3. P. 211-227.

3. Патраков, Ю.В. Характеристика горючего сланца и богхеда Оленекского района Ленского бассейна / Ю.В. Патраков, Н.И. Федорова // Химия твердого топлива. – 2009. – № 3. – С. 3 – 8.
4. Руденская, И.М. Органические вяжущие для дорожного строительства / И.М. Руденская, А.В. Руденский. – М.: Транспорт, 1984. – 229 с.
5. Научный отчет об экспедиционных исследованиях Института химии нефти СО РАН в 2011 г. [Электронный ресурс] / Л.К. Алтунина, И.Г. Яценко. – Режим доступа: [http://oilmuseum.ipc.tsc.ru/espedit/report\\_exp\\_2011.pdf](http://oilmuseum.ipc.tsc.ru/espedit/report_exp_2011.pdf); свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу 17.11.2016 г.).
6. Информационный поиск направлений промышленного использования горючих сланцев Поволжья [Электронный ресурс] / В.Е. Баранов, Л.Н. Гаврилова. Режим доступа <http://www.prityki.net/informacionnyj-poisk-napravlenij-promyshlennogo-ispolzovaniya-goryuchix-slancev-povolzhya-2/>; свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу 17.11.2016 г.).
7. Инвестиционный проект «Комплексная добыча и переработка горючих сланцев на территории Коцюбинского месторождения Перелюбского района Саратовской области» 03.04.2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.saratov.gov.ru/government/structure/mininv/strplan/detail.php?ID=35439>; свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу 17.11.2016 г.).
8. Черногородова, М.С. Использование горючих сланцев в качестве компонентов битумоминеральных композиций / М.С. Черногородова // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплекса и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки: материалы Международной научно-практической конференции. [Электронный ресурс] – Омск: СибАДИ, 2014. – Кн.3. – С. 63 – 65. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/EPD994.pdf>
9. Минеральные порошки из горючих сланцев / В.Д. Галдина, Е.В. Гурова, О.И. Кривонос и др. // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. – № 2. – С. 20 – 24.
10. Исследование углеродминеральных продуктов горючих сланцев в качестве сырья для получения минеральных компонентов асфальтобетона / В.Д. Галдина, Е.В. Гурова, О.И. Кривонос, М.С. Черногородова // Вестник СибАДИ. – 2016. – Вып. 2 (48). – С. 82 – 89.
11. Исследование минеральных компонентов горючих сланцев и их углеродминеральных остатков при термолитизе / О.И. Кривонос, Е.Н. Терехова, В.Д. Галдина, Г.В. Плаксин // Известия вузов. Серия: Химия и химическая технология. – 2015. – Т. 58. – № 3. – С. 69 – 73.
12. Гельфман, М.И. Коллоидная химия: учебник / М.И. Гельфман, О.В. Ковалев, В.П. Юстратов. – СПб.: Лань. 2003. – 333 с.
13. Гезенцвей, Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцвей, Н.В. Горелышев, А.М. Богуславский, И.В. Королев; Под ред. Л.Б. Гезенцвея. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
14. ГОСТ 32761 – 2014. Дороги общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования. – Введен впервые; введ. 2015 – 02 – 01. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2014. – 12 с.
15. Королев, И.В. Пути экономии битума в дорожном строительстве / И.В. Королев. – М.: Транспорт, 1986. – 149 с.
16. А.с. № 1264076 СССР, МКИ<sup>3</sup> G01 N 33/38. Способ определения меры хрупкости строительных материалов / Губач Л.С., Пономарева С.Г.; заявл. 11.03.85; опубл. 26.08.86. – Бюл. № 38. – С. 182.

### MINERAL POWDER OPERATIONALLY PRODUCTS OIL SHALE

M.S.Chernogorodova, V.D.Galdina

**Abstract.** We studied the composition, structure and physico-chemical properties of oil shale deposits and Kotsubinskogo operationally products (UMP), obtained in the process of semi-coking oil shale. As a result of researches it is established that the mineral powder of the UMP has a high dispersion, relatively low porosity and bitumont, corresponding to requirements of GOST 32761-2014 to the brand of MP-3. Hot dense bituminous concrete using mineral powder from operationally products are characterized by quite high indicators of durability, water resistance, terminoloy-bone and shear resistance.

**Keywords:** asphalt, oil shale, mineral powder, operationalize products.

Черногородова Мария Сергеевна (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [www.mamarya@mail.ru](mailto:www.mamarya@mail.ru)).

Галдина Вера Дмитриевна (Омск, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [ver.galdina@yandex.ru](mailto:ver.galdina@yandex.ru)).

Marija Sergeevna Chernogorodova (Omsk, Russian Federation) – The post-graduate student of Department «Hoisting-and-transport, Traction Cars and Hydraulik Aktuator» of The Siberian automobile and highway universitet (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: [www.mamarya@mail.ru](mailto:www.mamarya@mail.ru)).

Vera Dmitrievna Galdina (Omsk, Russian Federation) - candidate of technical sciences, the associate professor of Department «Construkcion materials and special technologies» of The Siberian automobile and highway universitet (SibADI) (644080, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: ver.galdina@yandex.ru).

## References

1. Strizhakova Yu.A. Gorjuchie slantsi. Genesis, sostavy, resursy [Oil shale. Genesis, composition, resources]. Moscow, Nedra, 2008. 192 p.
2. Altun N. E., Hiçyilmaz C., Hwang J.Y., Suat Bagci A., Kök M. V. Oil shales in the world and Turkey; reserves, current situation and future prospects: a review / Oil Shale. 2006. Vol. 23. N 3. P. 211-227.
3. Patrakov Yu.F., Fedorova N.I. Characteristica gorjuchikh slantsev i bogchedov Olenekskogo raiona Lenskogo basseina [Characteristic of oil shales and bogched Oleneksky area of Lensky pool]. Solid Fuel Chemistry. 2009, no. 3, Pp. 3 – 8.
4. Rudensky, I.M., Rudensky A.V. Organicheskie vjashushchie dlja dorozhnogo stroitel'stva [Organic knitting for road building]. Moscow, Transport, 1984. 229 p.
5. Altunina L.K., Jashhenko I.G., Nauchnyj otchet ob jekspedicionnyh issledovanijah Instituta himii nefti SO RAN v 2011 g. [Scientific report of field researches of Institute of petroleum chemistry SB RAS in 2011]. Rezhim dostupa: [http://oilmuseum.ipc.tsc.ru/espedit/report\\_exp\\_2011.pdf](http://oilmuseum.ipc.tsc.ru/espedit/report_exp_2011.pdf); svobodnyj. – Zagl. s jekrana (data obrashhenija k resursu 17.11.2016 g.).
6. Baranov V.E., Gavrilova L.N., Informacionnyj poisk napravlenij promyshlennogo ispol'zovanija gorjuchih slancev Povolzh'ja [Information search areas of industrial use of oil shale in the Volga region]. Rezhim dostupa <http://www.prityki.net/informacionnyj-poisk-napravlenij-promyshlennogo-ispolzovaniya-goryuchix-slancev-povolzhya-2/>; svobodnyj. – Zagl. s jekrana (data obrashhenija k resursu 17.11.2016 g.).
7. Investicionnyj proekt «Kompleksnaja dobycha i pererabotka gorjuchih slancev na territorii Kocjubinskogo mestorozhdenija Pereľjubskogo rajona Saratovskoj oblasti» 03.04.2011 [Investment project "Integrated mining and processing oil shale on the territory kotsyubinskogo field Pereľjubskiy district of Saratov region"]. Rezhim dostupa <http://www.saratov.gov.ru/government/structure/mininv/strplan/detail.php?ID=35439>; svobodnyj. – Zagl. s jekrana (data obrashhenija k resursu 17.11.2016 g.).
8. Chernogorodova, M.S., Ispol'zovanie gorjuchih slancev v kachestve komponentov bitumomi-neral'nyh kompozicij [The use of oil shale as components bitumomineral'nykh songs]. Omsk: SibADI, 2014. – Kn.3. – S. 63 – 65. – Rezhim dostupa: <http://bek.sibadi.org/fulltext/EPD994.pdf>
9. Galdina, V.D., Gurova, E.V., Krivonos, O.I., Rayskaya, E.A., Terecova, E.N., Plaksin, G.V. Mineral'nye poroshki iz gorjuchikh slantsev. [Mineral povders from combustible slates]. The Science and technics in road branch. 2015. No. 2. Pp. 20 – 24.
10. Galdina, V.D., Gurova, E.V., Krivonos, O.I., Chernogorodova, M.S. Issledovanie uglerodmineral'nykh produktov gorjuchikh slantsev v kachestve syr'ja dlja poluchenija mineral'nykh komponentov asfal'tobetona [Research of carbon of the mineral products combustible slates as raw materials for reception of the mineral components asphalt concrete]. Vestnik SibADI, 2016.no. 2(48). Pp. 82 – 89.
11. Krivonos, O.I., Terechova, E.N., Galdina, V.D., Plaksin, G.V., Issledovanie mineral'nyh komponentov gorjuchih slancev i ih uglerodmineral'nyh ostatkov pri termolize [The study of mineral components of oil shale and their operationally residues during thermolysis]. Izvestija vuzov. Serija : Himija i himicheskaja tehnologija. 2015. Vol. 58. no. 3. Pp. 69 – 73.
12. Gelfman M.I., Kovalev O.V., Yustratov V.P. Colloidnaja khimija [Colloid chemistry]: a textbook. StP.: Lane. 2003. 333 p.
13. Gezentsvej, L.B., Gorelyshev, N.V, Boguslavsky, A.M., Korolev, I.V. Dorozhnyi asfal'tobeton [Road asphalt concrete]. Moscow. Transport. 1985. 350 p.
14. GOST 32761-2014. Dorogi odshchego pol'ovanijas. Poroshok mineral'nyi. Tekhnicheskie trebovaniya. [Public roads. A powder mineral. Technical requirements]. Vveden v pervye 2015 – 02 – 01. Moscow. Standartinform. 2014. 12 p.
15. Korolev, I.V. Puti jekonomii bituma v dorozhnom stroitel'stve [Ways to save bitumen in road construction]. M.: Transport. 1986. 149 p.
16. Gubach L.S., Ponomareva S.G., A.s. № 1264076 SSSR, MKI3 G01 N 33/38. Sposob opredelenija mery hrupkosti stroi-tel'nyh materialov [Method measure the fragility of building materials]. zjavl. 11.03.85; opubl. 26.08.86. Bjul. no 38. P. 182.

# РАЗДЕЛ IV

## ЭКОНОМИКА

---

УДК 332.1

### ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОЦЕССА НЕОИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

**Я.О. Афонасьева, Е.В. Романенко**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассмотрены актуальные проблемы эволюции территориальной активности предпринимательской деятельности в осуществлении процесса неоиндустриализации. Определены концептуальные основы неоиндустриализации. Выделены условия неоиндустриализации российской экономики. Разработаны основы территориального планирования предпринимательской деятельности. Сделан анализ создания и развития различных территориальных форм предпринимательской деятельности и организации хозяйства. Определены перспективы их развития в условиях неоиндустриализации.

**Ключевые слова:** неоиндустриализация, территориальная активность, предпринимательская деятельность, стратегия, территориально-производственные комплексы, производственные кластеры.

#### **Введение**

Происходящие в настоящее время фундаментальные перемены в условиях активизации предпринимательской деятельности вызвали новое состояние конкуренции, которое определяют как гиперконкуренцию, выделяя в качестве ее особенностей динамизм перемен, многоаспектность целей и интересов, преследуемых соперниками, усиление агрессивности борьбы и активное развитие гибких сетевых структур. Переход к гиперконкуренции связан с появлением новой парадигмы поведения субъектов предпринимательской деятельности, отрицающей традиционный подход к завоевыванию устойчивых конкурентных преимуществ. Сегодня невозможно удержание превосходства над конкурентом продолжительное время без создания новых преимуществ. В данных условиях весьма актуальным является обеспечение неоиндустриализации национальной экономики, которая признается современной экономической наукой в качестве важнейшей стратегической перспективы её дальнейшего развития. К сожалению, сегодня в России ещё в полной мере не сформированы необходимые механизмы и инструменты, способные дать импульс повышению территориальной активности предпринимательских структур, активизировать инновационные и инфраструктурные инвестиции крупных экономических субъектов в активное создание новых производств с целью их последующей интеграции в территориально-промышленные системы регионов. В связи с этим весьма актуальным представляется исследование эволюции территориальной активности предпринимательской деятельности в осуществлении процесса неоиндустриализации.

#### **Концептуальные основы неоиндустриализации**

Особенности современной фазы глобальных перемен, обусловленные развивающимися процессами неоиндустриализации, вызваны сменой технико-экономической парадигмы в рамках разворачивающейся сегодня технологической революции, которая предлагает осуществление кардинальных изменений в хозяйственных и ценностных ориентирах, инвестиционном поведении, организационных моделях предпринимательства, максимизирующих его эффективность, и механизмах государственной поддержки предпринимательской деятельности [1]. Для российского бизнеса сегодня важным становится формирование динамических конкурентных преимуществ на основе использования в регионах эффективных механизмов участия субъектов предпринимательской деятельности в инновационной конкуренции, позволяющих максимально реализовать возможности

преодоления технологического отставания от развитых стран и импортозамещения.

Прежде всего необходимо определить понятие неоиндустриализации, которое достаточно часто используется в отечественной науке, хотя конкретные подходы к его пониманию несколько различаются. Так, Кульков В.М. в общем виде определяет данное понятие как «...выход на уровень современных мировых технологических требований, превращение раздробленного ныне народного хозяйства в консолидированную экономику, качественно однородную с экономикой передовых индустриальных стран мира» [2]. Гасанов М.А. и Жиронкин С.А. полагают, что «...в основе идеи неоиндустриализации лежит концепция постиндустриального общества как закономерного этапа эволюции производительных сил (пятая ступень технологической лестницы с роботизированными производствами и полномасштабной информатизацией хозяйственной деятельности доминированием высокотехнологичных услуг)» [3, с. 24]. Наиболее исчерпывающим представляется определение, данное Романовой О.А., согласно которому неоиндустриализация представляет собой «...процесс широкомасштабного внедрения комплекса прорывных технологий в промышленные системы, в результате чего происходит распространением достижений инфокоммуникационной технологической революции непосредственно в производственный процесс» [4, с. 25].

Рассмотрев ряд определений рассматриваемого понятия, можно сделать вывод о том, что данный термин приобрёл интегральный формат, включая в себя модернизацию, совершенствование и опережающее развитие современных экономических систем. Однако, ни один из рассмотренных авторов не выделяет отдельно территориальные аспекты формирования предпринимательских структур в контексте неоиндустриализации экономики России. С сожалением приходится констатировать, что неоиндустриализация как форма качественных структурных преобразований не нашла отражения в программных нормативных документах России, в частности, в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» [5] и «Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» [6]. В данных документах не упомянуты конкретные требования к формированию структуры национальной экономики, которые дадут возможность повысить территориальную активность предпринимательских структур в российских регионах на основе создания неоиндустриального бизнеса, преодоления технологической отсталости.

Можно предположить, что сегодня наиболее высоким потенциалом обладает подход к формированию неоиндустриальных промышленных систем, согласно которому формирующиеся территориальные предпринимательские структуры будет опираться, с одной стороны, на уже функционирующие экономические субъекты, включающие имеющиеся производственные платформы, инновационные формирования и предприятия базовых отраслей промышленности, а с другой – на налоговые, кредитные и инвестиционные инструменты, направленные на стимулирование связей экономических субъектов с учреждениями НИОКР и высокотехнологичных разработок. Среди основных условий неоиндустриализации российской экономики можно отметить: территориальные, технологические, институциональные и инфраструктурные, воспроизводственные и рыночные, социальные (рис.1).

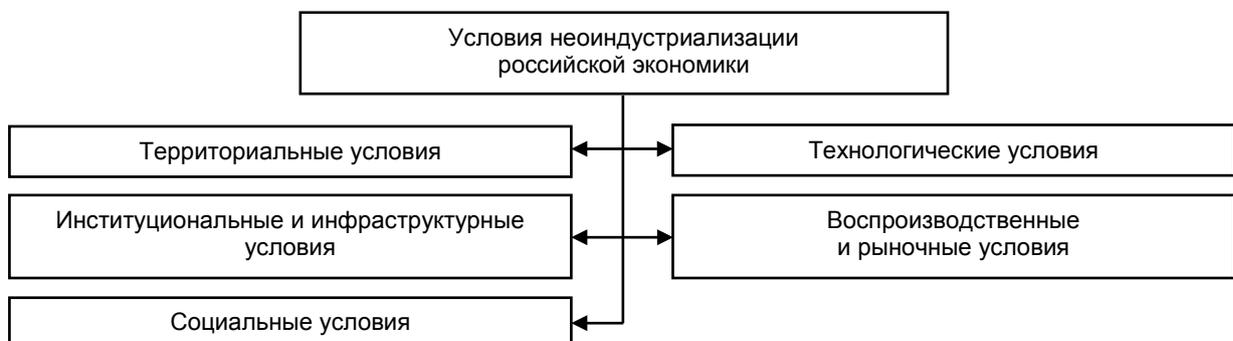


Рисунок 1 – Условия неоиндустриализации российской экономики [7]

Территориальные условия заключаются в формировании территорий опережающего развития и агломератов предпринимательских структур и новейших технологий, базирующихся на имеющейся в России ресурсной базе, научных организаций и технологических объединений. Это подразумевает слияние экономических субъектов в единый технологический цикл производства инновационных товаров и продукции, а также развитие науки в предпринимательских структурах. Технологические условия включают в себя модернизацию отраслей экономики, включающие формирование постнефтяной энергетики и рециркуляционной добывающей промышленности, а также инновационное развитие отраслей пятого и шестого технологического уклада, включающих развитие современного транспорта, повышение энергоэффективности промышленности и формирование высокотехнологических производств.

Институциональные и инфраструктурные условия заключаются в создании необходимых государственных и экономических институтов и необходимых инфраструктурных условий, которые будут способствовать преобразованиям и дальнейшему развитию различных секторов предпринимательской деятельности на основе инновационной, технологической, факторной структуры экономики для перехода на новейший этап развития. Воспроизводственные и рыночные условия подразумевают факторы ускорения обновления основных фондов предпринимательских структур пятого технологического уклада, в повышении нормы накопления и активного привлечения инвестиций в отрасли шестого технологического уклада, а также поддержку государственными структурами инвестиций в НИОКР, государственно-частное партнерство и нормативное регулирование практического взаимодействия инновационных экономических субъектов и российских естественных монополий. Социальные условия заключаются в целевом формировании социальных групп шестого технологического уклада, включающих персонал научных учреждений, предприятий электроники и информационной сферы, высокотехнологичного машиностроения.

В контексте исследуемой темы наибольший интерес представляют территориальные условия неоиндустриализации российской экономики, особенности их эволюции и развития в современных российских условиях. Эволюция научных концепций о территориальных формах активности предпринимательских структур, изученная Бочковой Е.А., подразумевает следующие основные концепции и формы (табл. 1).

Таблица 1 – Эволюция научных концепций о территориальных формах активности предпринимательских структур\*

Внешнее разделение территориальных форм (межрегиональное и международное)	Внутреннее разделение территориальных форм (внутрирегиональное)
1776 год: теория абсолютных преимуществ Смита А.	1826 год: теория сельскохозяйственного штандорта Тюнена И.
	1882 год: теория регионального штандорта промышленного предприятия Лаунхардта В.
	1890 год: концепция промышленных районов Маршалла А.
1817 год: теория сравнительных преимуществ Рикардо Д.	1909 год: теория промышленного штандорта Вебера А.
	1933 год: теория центральных мест Кристаллера В.
	1935 год: теория штандорта Паландера Т.
1930-е годы: теория Хекшера Э. и Олина Б.	1940 год: учение о пространственной организации хозяйства Лёша А.
	1950-е годы: теория размещения производства Изарда У.
	1950-е годы: теория полюсов роста Перру Ф., Хагерстранда Т., Будвиля Ж., Потье П.
	1970-е годы. школа территориальных производственных систем Мэйя Д. 1979 год: итальянская школа промышленных округов Бекаттини Дж.
1930-е годы: советская школа территориально-производственных комплексов Кржижановского Г., Александрова И., Бандмана М. и др.	
1990-е...2000-е годы: теория производственных кластеров Портера М., Энрайта М.	

\* Составлено авторами по: Бочкова, Е.В. Концептуальные основы и экономическая сущность территориального разделения / Е.В. Бочкова // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №7. – С.16 [8]

Как можно заметить из табл. 1, исторически сложилось так, что все теории с XVIII века до середины XX века рассматривали территориальные формы активности экономических субъектов в рамках внутреннего и внешнего территориального разделения. Однако наиболее актуальные теории с конца XX века до начала XXI века начали анализировать территориальные формы активности предпринимательских структур с позиции теории кластеров. При этом российскую школу, базирующуюся на территориально-производственных комплексах и современную зарубежную теорию, рассматривающих промышленные и инновационные кластеры, следует отнести одновременно к теориям внешнего и внутреннего территориального разделения. Некоторые исследователи рассматривают теорию кластеров как логическое развитие теории территориально-производственных комплексов, однако несмотря на наличие множества совпадения и общих положений, данные теории различаются тем, что они создавались и трансформировались в разных экономических и политических системах.

Следует отметить, что советская теория территориальных экономических образований, в рамках которой были предложены территориально-производственные комплексы, была разработана на основе принципов политической экономии. Исследование законов территориального разделения экономических процессов на основе таких комплексов выступало прогрессивной формой трансформации промышленных систем в рамках их территориального размещения. В советское время теория формирования таких комплексов предполагала формирование в условиях развития экономики новых производственных комплексов для уменьшения издержек общественного труда. В современных условиях структура территориально-производственных комплексов определяется практическими задачами получения высокого экономического эффекта при максимальном использовании финансовых, человеческих и естественных ресурсов конкретной территории. В рамках комплексов предпринимательские объекты могут не только осуществлять текущую деятельность рядом с другими, но и качественно взаимодействовать, в результате чего возникает важнейшее свойство данной формы предпринимательской активности, заключающееся в эффектах интеграции и взаимодействия. Общее признание данных комплексов прогрессивной формой организации предпринимательских структур во многом и определяется получением суммарного эффекта, существенно превышающего сумму отдельных показателей экономических субъектов, которые могут быть продемонстрированы при их обычном сосуществовании.

### **Кластер как эффективная форма территориального размещения предпринимательских структур**

По мнению ряда современных исследователей одной из наиболее эффективных тенденций развития форм территориального размещения предпринимательских структур является именно образование кластеров [9]. Основоположителем теории кластеров принято считать Портера М., который положил в основу функционирования таких объединений систему конкурентных преимуществ отдельных элементов [10]. В современной научной экономической литературе не существует единого понимания дефиниции «кластер», поэтому представляется необходимым рассмотреть точки зрения на данное явление, представленные в отечественной науке. Ряд учёных рассматривают кластер через призму территориального объединения входящих в него элементов, другие исследователи подчёркивают иные аспекты его сущности. Так, среди сторонников первой точки зрения можно выделить Юрину Е.А., которая определяет кластер как «...единый индустриальный комплекс, сформированный на базе территориальной концентрации сетей специализированных поставщиков, основных производителей, связанных технологической цепочкой, и выступающих альтернативой секторальному подходу» [11, с. 98]. Также к сторонникам данной точки зрения можно отнести Стрябкову Е.А., рассматривающую кластер как «...совокупность самостоятельных, инновационно-активных, связанных отношениями территориальной близости и функциональной зависимости организаций» [12, с. 43]. В отличие от исследователей, разделяющих первую точку зрения, Боуш Г.Д. полагает, что «кластер – объединение научных и проектных организаций, учреждений образования, промышленных предприятий, имеющих общие признаки, позволяющие отнести эти предприятия и организации к одному сектору или к одной отрасли экономики» [13, с. 15]. Важно отметить, что данное определение кластера подчёркивает его моноотраслевую специфику деятельности, а сами исследователи часто привязывают к термину «кластер» определение «экономический» или «промышленный».

Таким образом, несмотря на некоторые выявленные различия в представленных определениях этого термина, большинство исследователей считают именно промышленных

кластер наиболее эффективной территориальной формой активности предпринимательских структур. Следует отметить, что текущие проблемы российской региональной политики в области повышения эффективности предпринимательских структур заключаются в ограниченном видении территориальных и интеграционных факторов для организации целевого развития региона. Вследствие этого, региональным органам следует сопоставлять различные типы активности предпринимательских структур, которые могут быть наиболее применимы для исследуемой территории, что, в конечном итоге, поспособствует правильному определению российскими регионами конкретной стратегии экономического развития предпринимательских структур в рамках формирования современных экономических систем.

### **Разработка основ территориального планирования предпринимательской деятельности**

Сегодня в России увеличивается значимость разработки основ территориального планирования предпринимательской деятельности. Учитывая в целом позитивный опыт работы территориально-производственных комплексов, необходимо перенимать и зарубежный опыт формирования таких образований. Вследствие этого возникает проблема обеспечения совместимости и экономического взаимодействия территориально-производственных комплексов и кластеров, для чего необходимо сформировать эффективное соотношение экономических систем и органов власти.

В качестве практического направления совершенствования территориального размещения предпринимательских структур в России следует применять инструментарий, позволяющий формировать практические стратегии, учитывающие типы, факторы развития и особенности конкретных территорий, а значит и более точно установить приоритеты решаемых задач. Методический инструментарий, позволяющий формировать практические стратегии территориального размещения предпринимательских структур, представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Методический инструментарий для формирования практических стратегий территориального размещения предпринимательских структур\*

Территории	Основная стратегия		
	Базирование на текущих преимуществах	Способствование социально-экономическому преобразованию	Догоняющая по направлению к созданию возможностей, основанных на знании
Территории, используемые как центры знаний			
Центры знаний и технологий	Основной приоритет	Стратегический выбор	Низкий приоритет
Наукоёмкие территории и столичные районы	Основной приоритет	Стратегический выбор	Низкий приоритет
Территории, используемые как зоны промышленного производства			
Территории со средней производительностью науки и технологий	Основной приоритет	Стратегический выбор	Низкий приоритет
Обслуживающие и ресурсные территории	Стратегический выбор	Стратегический выбор	Основной приоритет
Среднетехнологичные промышленные и обслуживающие территории	Стратегический выбор	Основной приоритет	Низкий приоритет
Традиционные промышленные территории	Низкий приоритет	Стратегический выбор	Основной приоритет
Территории, не ориентированные на науку и технологии			
Структурно инертные или деиндустриализированные территории	Стратегический выбор	Основной приоритет	Стратегический выбор
Территории с интенсивно развитым первичным сектором экономики	Низкий приоритет	Стратегический выбор	Основной приоритет

\* Составлено авторами по: Сушкова, И.А. Механизм неоиндустриализации: методология обоснования / И.А. Сушкова // Известия СГУ. – 2013. – № 4. – С. 51-59 [14].

Для выбора стратегии поддержки различных территориальных формах активности предпринимательских структур многие региональные органы власти часто применяются одни и те же инструменты, показывающие необходимость синергизма между государственными учреждениями и предпринимательскими структурами для повышения эффективности используемой экономической политики. Целый ряд инструментов необходимо нацелить на создание, трансформацию и использование знаний, используя при этом обычные инструменты (развитие персонала, подготовка кадров), новые инструменты (технологические парки, поддержка творчества) или испытанные инструменты (государственные закупки). Необходимая политика управления территориальными формами предпринимательскими структур должна базироваться на системном взаимодействии различных инструментов в их комплексном сочетании, при этом практические меры её реализации необходимо применять не изолированно, а в качестве отдельного элемента формирующихся «умной политики» [15].

В рамках формирования таких инструментов, в последнее десятилетие в России началось активное применение кластерного подхода при решении различных региональных проблем. Создание кластеров остаточное активно идёт в Свердловской, Нижегородской, Челябинской, Ульяновской, Хабаровской, Самарской областях, Татарстане. Обычно такие кластеры включают в себя ряд уже функционирующих несколько десятилетий предприятий, которые объединены в рамках единого экономико-технического профиля, часто основанного на высоких технологиях. Также такие кластеры формируются в границах одного муниципального образования. Однако дальнейшее использование кластеров для экономического освоения новых территорий в рамках реализации стратегии неоиндустриализации представляется маловероятным. Если территориально-производственные комплексы предназначены для вовлечения в экономический оборот природных ресурсов и трансформации пространственной структуры региональной экономики, то кластеры формируются преимущественно для мелких и средних образований в уже сложившихся экономических взаимоотношениях. В отличие от территориально-производственных комплексов, кластеры в большинстве своём не способствуют созданию новых промышленных систем, а используют уже действующие экономические субъекты [16].

В целом, не отрицая высокую значимость формирования кластеров для России, всё же стоит поставить под сомнение тот факт, что данные территориальные образования способны полноценно заменить территориально-производственные комплексы. Рано или поздно вновь встанет вопрос о дальнейшем хозяйственном освоении новых районов Сибири и Дальнего Востока, что практически невозможно осуществить без использования широкого спектра территориальных форм предпринимательской деятельности, а это маловероятно без использования форм, проверенных практикой. Будущее конкретных территориальных форм будет зависеть от степени государственного регулирования предпринимательской деятельности и экономических особенностей регионов [17]. При этом кластеры могут быть встроены в уже сформированные территориально-производственные комплексы, поскольку они могут способствовать повышению инновационного потенциала предпринимательских структур, формированию высокой конкурентоспособности отдельных производственных систем и территорий.

### **Заключение**

Таким образом, проведённый анализ эволюции представлений о территориальных формах активности предпринимательских структур показал, что систематизация теорий, отражающих исторический порядок их появления, позволяет выявить не только сущность и специфику каждой из отдельных форм, но и определить основные направления хода экономической мысли в данной области. Причём основной вектор анализа при оценке территориальной активности предпринимательской деятельности должен быть направлен не столько на описание видов таких территориальных форм, сколько на обоснование эффективности их применения и последующей трансформации в масштабах российской экономики. Анализ показал, что к наиболее подходящим для российских реалий территориальным формам активности предпринимательских структур по праву можно отнести исторически сложившиеся территориально-производственные комплексы и ещё только формирующиеся кластеры, способствующие достижению достаточно высоких показателей конкурентоспособности и экономической эффективности региональных промышленных и экономических систем, получившие признание и развитие как в России, так и во многих зарубежных государствах.

## Библиографический список

1. Романенко, Е.В. Государственная поддержка предпринимательской деятельности : учебное пособие / Е.В. Романенко. – Омск : СИБАДИ, 2007. – 92 с.
2. Кульков, В.М. Постиндустриализация или новая индустриализация? / В.М. Кульков // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 3. – С. 51-56.
3. Гасанов, М.А. Структурные условия неоиндустриализации российской экономики / М.А. Гасанов, С.А. Жиронкин // Теория и практика общественного развития. – 2014. – № 10. – С. 22-29.
4. Романова, О.А. Неоиндустриализация как фактор повышения экономической безопасности старопромышленных регионов / О.А. Романова // Экономика региона. – 2012. – № 2. – 2012. – С. 19-28.
5. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ №1662-р от 17 ноября 2008 г. с изменениями от 8 августа 2009 г. // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 47. – Ст. 5489.
6. Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ №2227-р от 8 декабря 2011 г. // Собрание законодательства РФ. – 2012. – № 1. – Ст. 216.
7. Доценко, Е.Ю. Условия неоиндустриализации российской экономики / Е.Ю. Доценко, С.А. Жиронкин, О.В. Жиронкина // Вестник экономики, права и социологии. – 2015. – № 2. – С. 43-49.
8. Бочкова, Е.В. Концептуальные основы и экономическая сущность территориального разделения / Е.В. Бочкова // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №7. – С.13-19.
9. Малышкина М.В. Характеристика кластерного подхода к управлению инновациями в зарубежных странах / М.В. Малышкина // Вестник КГУ. – 2014. – № 2. – С. 58-63.
10. Портер М. Международная конкуренция / М. Портер. – М.: Международные отношения, 1993. – 896 с.
11. Юрина, Е.А. К вопросу о неоиндустриальной трансформации современной экономики / Е.А. Юдина // Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – № 12. – С. 94-103.
12. Стрябкова, Е.А. Особенности кластера как формы территориальной организации производства / Е.А. Стрябкова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2. – С. 41-48.
13. Боуш, Г.Д. Потенциальные риски привлечения прямых иностранных инвестиций в формирование региональных кластеров / Г.Д. Боуш, К.И. Грасмик, М.В. Пятков // Экономика региона. – 2012. – № 1. – С. 43-49.
14. Сушкова, И.А. Механизм неоиндустриализации: методология обоснования / И.А. Сушкова // Известия СГУ. – 2013. – № 4. – С. 51-59.
15. Романова, О.А. Промышленная политика как инструмент неоиндустриализации региональных промышленных систем / О.А. Романова, Ю.Г. Лаврикова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2012. – № 6. – С. 24-29.
16. Голева, Г.А. Влияние новых форм территориально-производственной организации региональной экономики на инвестиционную политику регионов / Г.А. Голева // Terra economicus. – 2012. – № 2. – С. 151-153.
17. Романенко, Е.В. Малое и среднее предпринимательство в условиях модернизации российской экономики / Е.В. Романенко, В.В. Бирюков // Вестник СИБАДИ. – 2015. – № 2 (42). – С. 158-165.

## THE EVOLUTION OF LOCAL ENTREPRENEURIAL ACTIVITY IN THE PROCESS OF NEO-INDUSTRIALIZATION

Y.O. Afonaseva, E.V. Romanenko

**Abstract.** *The actual problems of actual problems of the evolution of the territorial entrepreneurial activity in the implementation of the process of neo-industrialization are considered in the article. The conceptual basis of the neo-industrialization are identified. The conditions neo-industrialization of the Russian economy are highlighted. The foundations of the territorial business planning are designed. The analysis of the creation and development of different territorial forms of entrepreneurship and management was made. The prospects of their development in the conditions neo-industrialization are identified.*

**Keywords:** *neo-industrialization, territorial activity, business activity, strategy, industrial clusters, industrial clusters.*

*Афонасьева Яна Олеговна – магистрант; Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет «СИБАДИ». (644080. г. Омск, пр. Мира, 5. Российская Федерация. E-mail: [yana.afonaseva.94@mail.ru](mailto: yana.afonaseva.94@mail.ru)).*

*Романенко Елена Васильевна (Омск, Российская Федерация)– кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Общая экономика и право»; Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет «СИБАДИ». (644080. г. Омск, пр. Мира, 5. Российская Федерация.*

E-mail: [romanenko\\_ev@sibadi.org](mailto:romanenko_ev@sibadi.org)

Afonasieva O. Yana (Omsk, Russian Federation) – undergraduate; The Siberian Automobile and Highway University (SibADI). (644080, Mira 5, prospect, Omsk, Russian Federation. E-mail: yana.afonaseva.94@mail.ru)

Romanenko V. Elena (Omsk, Russian Federation) – candidate of economical science, docent, head of the department of «General Economics and law», The Siberian Automobile and Highway University (SibADI). (644080, Mira 5, prospect, Omsk, Russian Federation. E-mail: [romanenko\\_ev@sibadi.org](mailto:romanenko_ev@sibadi.org))

## References

1. Romanenko, E.V. Gosudarstvennaya podderzhka predprinimatel'skoj deyatel'nosti : uchebnoe posobie / E.V. Romanenko. – Omsk : SibADI, 2007. – 92 s.
2. Kul'kov, V.M. Postindustrializaciya ili novaya industrializaciya? / V.M. Kul'kov // Problemy sovremennoj ehkonomiki. – 2014. – № 3. – S. 51-56.
3. Gasanov, M.A. Strukturnye usloviya neoindustrializacii rossijskoj ehkonomiki / M.A. Gasanov, S.A. ZHironkin // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. – 2014. – № 10. – S. 22-29.
4. Romanova, O.A. Neoindustrializaciya kak faktor povysheniya ehkonomicheskoy bezopasnosti staropromyshlennyh regionov / O.A. Romanova // EHkonomika regiona. – 2012. – № 2. – 2012. – S. 19-28.
5. O Konceptcii dolgosrochnnogo social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF №1662-r ot 17 noyabrya 2008 g. s izmeneniyami ot 8 avgusta 2009 g. // Sobranie zakonodatel'stva RF. – 2008. – № 47. – St. 5489.
6. Ob utverzhdenii Strategii innovacionnogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF №2227-r ot 8 dekabrya 2011 g. // Sobranie zakonodatel'stva RF. – 2012. – № 1. – St. 216.
7. Docenko, E.YU. Usloviya neoindustrializacii rossijskoj ehkonomiki / E.YU. Docenko, S.A. ZHironkin, O.V. ZHironkina // Vestnik ehkonomiki, prava i sociologii. – 2015. – № 2. – S. 43-49.
8. Bochkova, E.V. Konceptual'nye osnovy i ehkonomicheskaya sushchnost' territorial'nogo razdeleniya / E.V. Bochkova // Vestnik KrasGAU. – 2014. – №7. – S.13-19.
9. Malyshkina M.V. Harakteristika klaster'nogo podhoda k upravleniyu innovაციями v zarubezhnyh stranah / M.V. Malyshkina // Vestnik KGU. – 2014. – № 2. – S. 58-63.
10. Porter M. Mezhdunarodnaya konkurenciya / M. Porter. – M.: Mezhdunarodnye otnosheniya, 1993. – 896 s.
11. YUrina, E.A. K voprosu o neoindustrial'noj transformacii sovremennoj ehkonomiki / E.A. YUdina // Social'no-ehkonomicheskie yavleniya i processy. – 2014. – № 12. – S. 94-103.
12. Stryabkova, E.A. Osobennosti klastera kak formy territorial'noj organizacii proizvodstva / E.A. Stryabkova // Fundamental'nye issledovaniya. – 2015. – № 2. – S. 41-48.
13. Boush, G.D. Potencial'nye riski privilecheniya pryamyh inostrannyh investicij v formirovanie regional'nyh klasterov / G.D. Boush, K.I. Grasmik, M.V. Pyatkov // EHkonomika regiona. – 2012. – № 1. – S. 43-49.
14. Sushkova, I.A. Mekhanizm neoindustrializacii: metodologiya obosnovaniya / I.A. Sushkova // Izvestiya SGU. – 2013. – № 4. – S. 51-59.
15. Romanova, O.A. Promyshlennaya politika kak instrument neoindustrializacii regional'nyh promyshlennyh sistem / O.A. Romanova, YU.G. Lavrikova // EHkonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz. – 2012. – № 6. – S. 24-29.
16. Goleva, G.A. Vliyanie novyh form territorial'no-proizvodstvennoj organizacii regional'noj ehkonomiki na investicionnyu politiku regionov / G.A. Goleva // Terra economicus. – 2012. – № 2. – S. 151-153.
17. Romanenko, E.V. Maloe i srednee predprinimatel'stvo v usloviyah modernizacii rossijskoj ehkonomiki / E.V. Romanenko, V.V. Biryukov // Vestnik SibADI. – 2015. – № 2 (42). – S. 158-165.

УДК 656

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

**С. М. Хаирова, С. Е. Тибогарова**

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СИБАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассматривается эффективность введения системы управления цепями поставок. Оптимизация цепи поставок ведет к повышению эффективности бизнеса. Эффективность цепей поставок характеризуется высоким уровнем экономической эффективности и необходимым уровнем устойчивости. Управление цепями поставок

имеет чрезвычайно большое значение, как для крупных предприятий, так и для предприятий малого и среднего бизнеса. Участие предприятия в цепи поставок – это один из решающих факторов сохранения и повышения уровня доходов и конкурентоспособности на современных и будущих рынках.

**Ключевые слова:** цепь поставок, управление, эффективность, логистическая сеть, показатель эффективности.

## Введение

В современном деловом мире все большее значение приобретает системный подход в условиях изменяющихся и часто непредсказуемых факторов, которые оказывают воздействие на деловую активность, реализацию коммерческих операций, поставок. Управление цепями поставок на основе системного подхода, систематизированного анализа позволяет надежно контролировать и направлять товарные потоки и взаимосвязанные с ними информационные, финансовые потоки от первичных поставщиков, обеспечивающих исходные материалы, сырье, производителей и продавцов товаров до конечных покупателей в оговоренные сроки.

## Эффективность управления цепями поставок

Правильно выстроенная цепь поставок позволяет увеличить качество поставок и повысить лояльность покупателей. Надежные цепи поставок обеспечивают непрерывность производства и, следовательно, его долгосрочное планомерное развитие. К этому пониманию пришли руководители, сотрудники многих компаний, в особенности компании-производители, торговые компании, а также транспортно-экспедиторские фирмы. Понятие цепи поставок включает несколько бизнес процессов, связанных в единую цепочку. Управление цепями поставок рассматривает вопросы управления такими процессами, как распределение сырья и материалов, производства, упаковка и доставка к конечному покупателю. Движение материальных ресурсов происходит от сырья до готового продукта.

Центральная компания показана в центре со множеством возможных связей с другими поставщиками и покупателями (рис. 1).

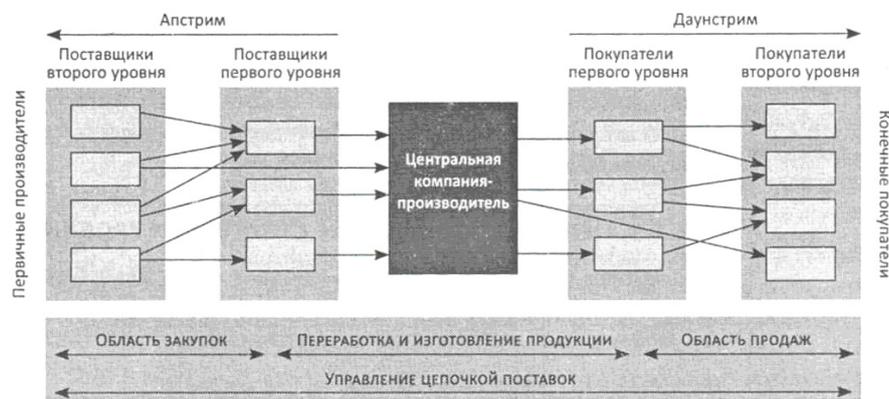


Рисунок 1 – Логистическая сеть

Цепь поставок можно представить в виде набора бизнес-процессов, которые выходят далеко за рамки отдельных организаций. Центральная компания неразрывно связана с цепью, и процессы, переработки и изготовления продукции, происходящей в ней, должны быть скоординированные остальными компаниями, включенными в цепь. Материальный поток направлен слева (апстрим, область закупок) направо (даунстрим, область поставок). Если все работает так упорядочено, как показано на рисунке, то конечный покупатель (крайний справа) может заказывать продукты, когда пожелает; после этого вся система приходит в движение. В области поставок цепь поставок поделена на уровни. Область закупок состоит из групп партнеров, с которыми ведется работа. Если в качестве центрально компании взять Ford в Валенсии, который занимается сборкой автомобилей, то поставщиками первого уровня для него будут являться компании, производящие основные автомобильные части и сборочные единицы. Поставщики второго уровня будут поставлять свою продукцию поставщикам первого уровня и т. д. Готовые машины завод Ford поставляет общегосударственным компаниям

(покупателям первого уровня), которые в свою очередь доставляют их местным дилерам (покупателям второго уровня) и т. д. [1, 2].

Для предприятия внедрение управления цепями поставок означает ведение бизнеса на принципах стратегического взаимодействия с поставщиками и клиентами. Для многих российских промышленных предприятий пока еще в значительной мере характерно наличие замкнутого цикла производства. Это позволяет обеспечить выполнение собственных производственных программ, но экономически неэффективно в условиях работы на открытом рынке. В связи с этим, необходимо развивать компетенции, которые являются наиболее эффективными (ключевыми). Типичная проблемная ситуация в неоптимизированной цепи поставок – негативные последствия этой ситуации на деятельность предприятия и их негативное влияние в виде излишних затрат и недополученной прибыли (рис. 2).

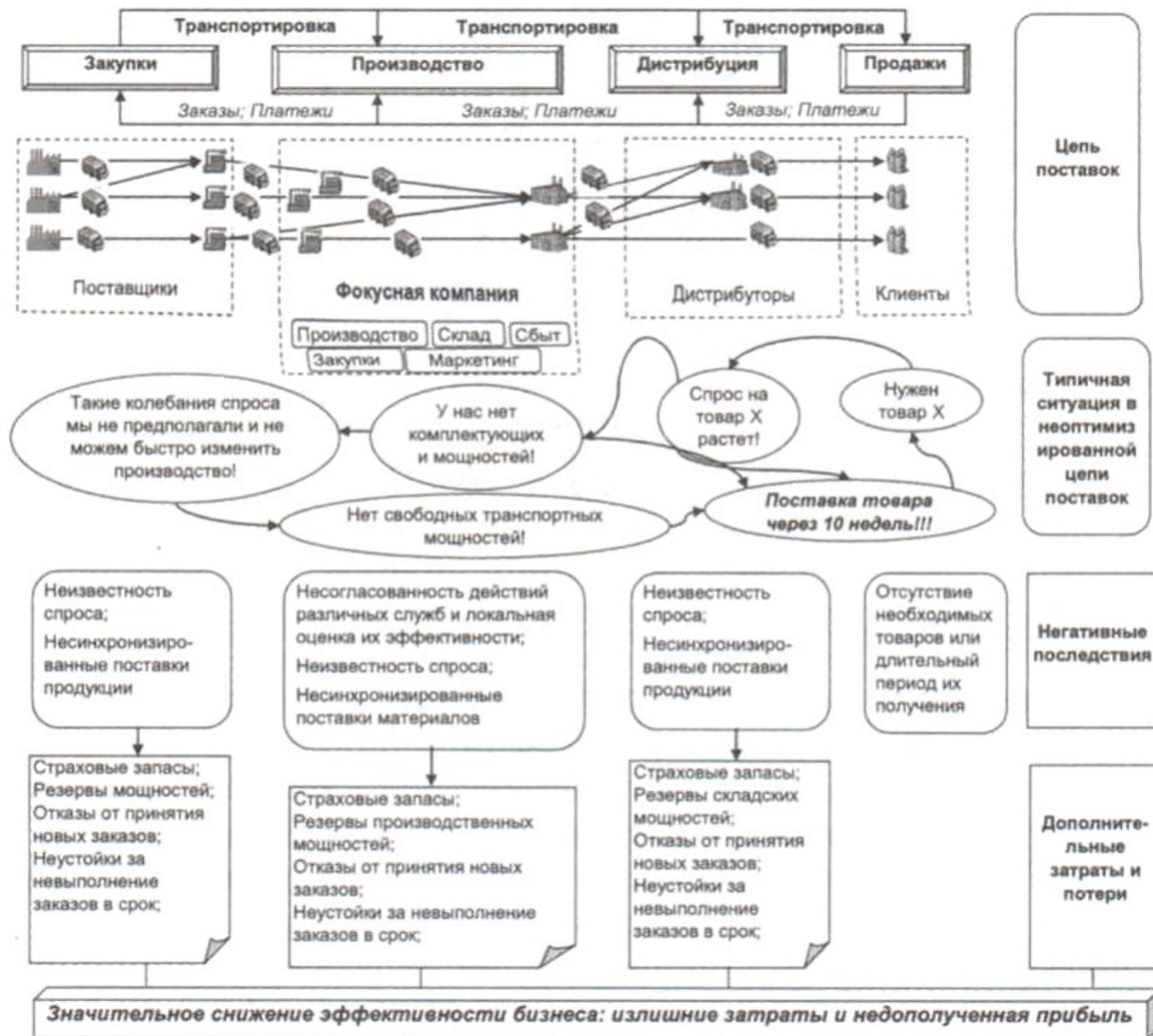


Рисунок 2 – Неоптимизированная цепь поставок

Цепи поставок не могут быть эффективными, если их рассматривать с прежних позиций планирования и оперативного управления логистикой и производством, когда каждое предприятие цепи изолированно планирует свои потребности и продажи. Введения управления цепями поставок положительно повлияло на деятельность предприятия в виде снижения затрат и повышения прибыли. Оптимизированная цепь поставок, т. е. цепь поставок, управление которой осуществляется на основе системных принципов управления цепями поставок (рис. 3) [2, 3].

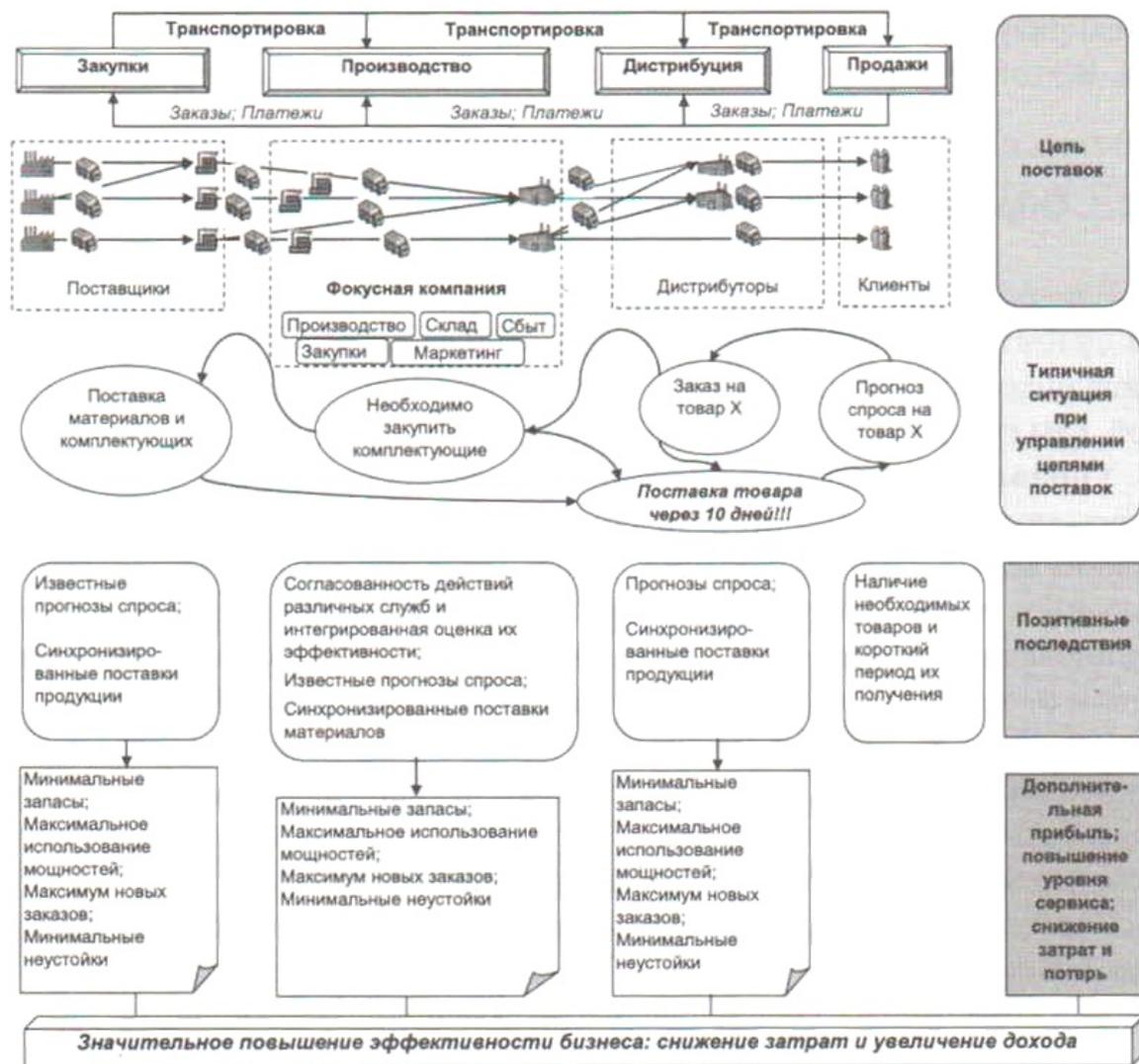


Рисунок 3 – Оптимизированная цепь поставок

Последствия оптимизации цепи поставок за счет введения системы управления цепями поставок положительно влияет на деятельность предприятия в виде снижения затрат и повышения прибыли.

Примеров успешного управления цепями поставок на практике множество. Реализованные проекты по управлению цепями поставок показали возможность:

- ✓ снижения общих затрат в цепи поставок до 60% и уровня запасов до 60%, а так же времени изготовления и поставок до 50%;
- ✓ повышения точности поставок до 60%;
- ✓ улучшения использования мощностей до 20%;
- ✓ повышения прибыли за счет оптимизация процесса создания стоимости и снижения транзакционных издержек в области закупок и сбыта до 30%, а ак же качества продукции до 30%;
- ✓ увеличения оборота и доли рынка за счет повышения скорости реакции и гибкости цепей поставок до 55%.

Учитывая, что доля операционных затрат в цепи создания стоимости, приходящаяся на цепи поставок, составляет до 75%, а до 80% стоимости конечного продукта зависит от решений, принятых на этапе построения цепи поставок, значение эффективного управления цепями поставок трудно переоценить [4]. Основные показатели оценки эффективности управления цепями поставок (рис. 4).



Рисунок 4 – Показатели оценки эффективности управления цепями поставок

Любое тактическое решение в управлении цепью поставок либо улучшает, либо ухудшает эти показатели. В результате можно предсказать какое влияние на результат деятельности цепи поставок окажут принимаемые решения [5].

Параллельно с изменениями в цепях поставок и внутренних процессах должен проводиться мониторинг профиля риска. Его результаты являются основой управления событиями, когда партнеры в системе поставок взаимодействуют с целью идентификации критических узлов и связей, через которые происходит движение материальных потоков. Для таких объектов согласовываются ограничения, при которых колебания активности являются приемлемыми. Установление адекватного контроля, принятое всеми участниками, а также качественный информационный обмен позволяют своевременно предпринимать необходимые действия [6].

### Заключение

Практика управления цепями поставок доказала эффективность построения и анализа бизнеса исходя из интегрированного рассмотрения всех участков и мест стыковки различных этапов цепи создания стоимости. Все методы и инструменты управления цепями поставок для повышения прибыли компании направлены на достижение двух основных эффектов:

- увеличение дохода от продаж продукции за счет повышения уровня сервиса, точности поставок и прогнозирования спроса;
- сокращение затрат за счет снижения уровня запасов, сокращения издержек в закупках, складировании и сбыте, а также улучшения использования производственных и логистических мощностей.

### Библиографический список

1. Хаирова, С. М. Внедрение интегрированных моделей оптимизации цепей поставок и формирование логистического сервиса в транспортных системах. Вестник Сибирской государственной

автомобильно-дорожной академии. 2013. № 4 (32). С. 163-170.

2. Гаррисон, А. Логистика. Стратегия управления и конкурирования через цепочки поставок : учебник / Гаррисон А., Ван Гок Р., [научн. Ред. К. В. Садченко]; Пер. 3-го англ. Изд. – М. : Дело и Сервис, 2010. 368 с.

3. Хаиров, Б. Г. Модели, формы и методы государственной поддержки участников логистической интеграции. Экономические науки. 2015. № 129. С. 68-72.

4. Актуальные вопросы научных исследований XXI века [Электронный ресурс] : монография / Авадени Ю. И. [и др.]; под ред. В. Ю. Кирничного, В. В. Бирюкова [и др.]. – Омск : СибАДИ, 2015. – 1315 с. 1 электрон. Опт. Диск (DVD-R).

5. Тибогарова, С.Е., Хаирова, С.М. Тенденции развития отечественных рынков розничной торговли: логистика торгового обслуживания. В сборнике: Наука XXI века: опыт прошлого - взгляд в будущее материалы II Международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)». 2016. С. 619-622.

6. Яхнеева, И.В. Управление эффективностью цепей поставок с учетом профиля рисков. Российское предпринимательство. 2013. № 6 (228). С. 100-106.

## EFFICIENCY OF CHAIN MANAGEMENT OF SUPPLY CHAINS

S. M. Khairova, S. E. Tibogarova

**Annotation.** *The article examines the effectiveness of the introduction of a supply chain management system. Optimizing the supply chain leads to increased business efficiency. The efficiency of supply chains is characterized by a high level of economic efficiency and is required by the level of sustainability.*

**Keywords:** *supply chain, management, efficiency, logistics network, efficiency index.*

*Хаирова Саида Миндуалиевна (Россия, Омск) – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой «Управление качеством и производственными системами» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ukips17@yandex.ru)*

*Тибогарова Самал Есильбековна (Россия, Омск) – зав. учебной лабораторией кафедры «Управление качеством и производственными системами» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ukips17@yandex.ru)*

*Khairova Saida Mindualievna (Russia, Omsk) - doctor of economic sciences, professor, Head Department of Quality Management and Production Systems of the Siberian State Automobile and Highway University" (644080, Omsk, Mira, 5 prospect, e-mail: ukips17@yandex.ru)*

*Tibogarova Samal Yesilbekovna (Russia, Omsk) - Head of the educational laboratory of the department Quality management and production systems" of the Siberian State Automobile and Highway University" (644080, Omsk, Mira, 5 prospect, e-mail: ukips17@yandex.ru)*

## References

1. Khairova, SM Implementation of Integrated Supply Chain Optimization Models and Formation of Logistics Service in Transport Systems. Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy. 2013. No. 4 (32). Pp. 163-170.

2. Harrison, A. Logistics. A strategy for managing and competing through supply chains: a textbook / Harrison A., Van Gock R., [Nauch. Ed. K. V. Sadchenko]; Trans. 3rd English. Ed. - M.: Business and Service, 2010. 368 pp.

3. Khairov, BG Models, forms and methods of state support for participants in logistical integration. Economic sciences. 2015. No. 129. P. 68-72.

4. Actual problems of scientific research of the XXI century [Electronic resource]: monograph / Avadeni Yu. I. [and others]; Ed. V. Yu. Kirnichny, V. V. Biryukov [and others]. - Omsk: SibADI, 2015. - 1315 p. 1 electron. Opt. Disc (DVD-R).

5. Tibogarova, SE, Khairova, S.M. Trends in the development of domestic retail markets: logistics of merchant services. In the collection: Science of the XXI century: the experience of the past - a look into the future materials of the II International Scientific and Practical Conference. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)". 2016. pp. 619-622.

6. Yakhneeva, I.V. Managing the efficiency of supply chains taking into account the risk profile. Russian Entrepreneurship. 2013. No. 6 (228). Pp. 100-106.