Грузовик

2
2015

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель
ООО "Издательство Машиностроение"

Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

Д.Х. Валеев, д-р техн. наук
В.М. Вовк
В.А. Волчков
С.М. Гайдар, д-р техн. наук
Л.В. Грехов, д-р техн. наук, проф.
В.А. Зорин, д-р техн. наук
А.М. Иванов, д-р техн. наук
Н.А. Иващенко, д-р техн. наук
В.В. Комаров, канд. техн. наук
В.А. Марков, д-р техн. наук, проф.
А.Н. Ременцов, д-р пед. наук, канд. техн. наук
О.Н. Румянцева
А.Ф. Синельников, канд. техн. наук, проф.
В.С. Устименко, канд. техн. наук
Х.А. Фасхиев, д-р техн. наук, проф.
Н.Д. Чайнов, д-р техн. наук, проф.

Корпункт:
Я.Е. Карповский (г. Минск)

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а
Тел. (499) 268-41-77
E-mail: gruzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Тел. (499) 268-38-58

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре.
Регистрационный номер ПИ № ФС77-42764
от 26 ноября 2010 г.

Подписной индекс:
по каталогу "Роспечать" 373409,
по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799,
по каталогу "Почта России" 25782

ООО "Издательство Машиностроение",
"Грузовик", 2015

Перепечатка материалов из журнала "Грузовик" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Грузовик" обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

В НОМЕРЕ:

2 *Дёмик Е. В.* Бронницкой военной автомобильной науке 60 лет

Конструкция

5 *Шестаков В. А.* Инновационные решения в конструкции седельных активных автоприцепов

9 *Устименко В. С.* Оценка безотказности транспортных средств по результатам натурных испытаний

14 *Акимов В. С., Кулешов А. С., Марков В. А., Яковчук А. Ю., Йанхунен Т. Т.* Впрыскивание и распыление топлива в двигателе типа Z-ENGINE

Эксплуатация. Ремонт

21 *Максименко А. Н., Заровчатская Е. В.* Методика определения срока полезного использования строительных и дорожных машин

Исследования. Расчет

29 *Карелина М. Ю., Гайдар С. М., Пыдрин А. В.* Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей

Практика

38 *Зорин В. А., Шакурова А. М.* Особенности применения капсулированных полимерных материалов в резьбовых соединениях транспортно-технологических машин

44 *Хазиев А. А., Колдаев Н. В.* Школьники в МАДИ "прокачали" автомобили

Транспортный комплекс

45 *Немчинов Д. М., Столяров В. В., Кочетков А. В.* Оценка перспектив развития автомобильных дорог на территориях, мало или не освоенных хозяйственно

48 *Abstracts of articles*

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Система Российского индекса научного цитирования www.elibrary.ru

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

БРОННИЦКОЙ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ НАУКЕ

60 ЛЕТ!

БРОНЯ РОССИИ

Подмосковный город Бронницы издавна славился своим коневодством. Здесь растили и воспитывали лучшие породы лошадей, которые не последнюю роль играли в обеспечении могущества государства Российского.

На зеленом поле (цвет благополучия и надежды) герба города Бронницы изображен золотой конь. Исторически важным сооружением для города стали и казармы конного полка. Сегодня здесь размещается Научно-исследовательский испытательный центр автомобильной техники 3-го Центрального научно-исследовательского института Минобороны России (НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ) — своеобразный "воспитатель" современных "коней" боевых пород.

В октябре 2014 г. Центру, больше известному по своему прежнему названию — 21 НИИИ, исполнилось 60 лет. Он почти на 500 лет моложе своего города, но успел внести серьезную лепту в развитие города, в обороноспособность страны.

Достаточно сказать, что в юбилейные для Центра дни в Бронницах появилась аллея Славы, а вдоль нее на постаменты встали трудяги, которые облегчают и спасают жизнь боевых подразделений и которых "воспитал" НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ.

12 октября 1954 г. является официальной датой создания института в г. Петродворце Ленинградской области. Его первое название — Научно-исследовательский институт по гусеничным и колесным артиллерийским тягачам и транспортерам (НИИ-21). Его основателем и первым начальником стал генерал-майор Ф. Ф. Петроченко, до этого руководивший Научно-исследовательским и испытательным автотракторным полигоном (НИИАТП), располагавшимся в Бронницах с 1946 г.

В конце 60-х годов руководством ВС СССР было принято решение об объединении двух организаций — Петродворецкого института и Бронницкого полигона. Основной причиной стало то, что они по многим решаемым задачам стали дублировать друг друга. Таким образом, с 1 июля 1959 г. путем объединения НИИАТП и НИИ-21 в Бронницах был официально образован 21-й Научно-исследовательский и испытательный автотракторный институт.

Однако фактически произошло не объединение, а присоединение института к полигону, так как это мероприятие в основном заключалось в переводе в Бронницы части личного состава НИИ-21, преимущественно военнослужащих младшего и среднего звена и небольшого количества служащих. Вся материальная база института, за небольшим исключением, осталась в Петродворце. Основная часть руководства, большинство научных сотрудников и практически весь гражданский персонал не пожелали переезжать в Подмосковье. По сути, полигон, приняв несколько десятков новых сотрудников, при практически полном сохранении собственной лабораторно-технической базы, был реформирован в институт.

Начальниками института в разные годы были генерал-майоры Ф. Ф. Петроченко (1954—1960 гг.), И. И. Удовиков (1960—1962 гг.), А. В. Руненков (1963—1968 гг.), И. В. Балабай (1968—1970 гг.), Б. Д. Тютюнник (1970—1986 гг.), И. М. Юрковский (1986—1992 гг.), Н. Г. Ковалев (1992—1994 гг.), Е. Л. Рыбин (1994—2000 гг.) и В. В. Шипилов (2000—2008 гг.). В 2008—2010 гг. обязанности начальника института исполнял полковник А. П. Тарасов. С августа 2010 г. центром руководит кандидат технических наук, доцент полковник А. А. Колтуков.

Е. Л. Рыбин по 2013 г. включительно входил в состав редакционного совета журнала "Грузовик". По сей день в редсовете журнала работает ветеран НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ, кандидат технических наук, обладатель многих патентов на изобретения В. С. Устименко.

Ветеран ЗИС-5В — собран в годы войны

Октябрь 2014 г. Торжественное открытие аллеи Славы в Бронницах

Значимость любой научной организации, важность ее деятельности оцениваются различными факторами, основными из которых являются получившие общественное признание достижения коллектива и его отдельных сотрудников.

Одним из наиболее весомых событий в жизни института стало вручение от имени Президиума Верховного Совета СССР в марте 1983 г. Боевого Знамени. Тем самым были признаны заслуги научного коллектива и его существенный вклад в обеспечение и укрепление обороноспособности Вооруженных Сил страны. Несколько раньше Указом Президиума Верховного Совета СССР от 8 февраля 1983 г. институт за участие в комплексе опытно-конструкторских работ по созданию специальной техники — двухзвенных гусеничных транспортеров семейства "Витязь" был удостоен ордена Красной Звезды.

Ряд сотрудников института (центра) за свою профессиональную деятельность в области разработки и совершенствования военной автомобильной техники (ВАТ) был удостоен различных государственных премий и почетных званий. Среди них есть лауреаты Премии правительства РФ в области науки и техники, лауреаты Премии Ленинского комсомола, Лауреаты стипендии Президента РФ за заслуги в области вооружения и военной техники, заслуженные деятели науки и техники РСФСР, заслуженные работники транспорта РФ, заслуженные изобретатели РФ, заслуженные рационализаторы РФ. Около 600 сотрудников института (центра) были награждены государственными орденами и медалями.

Несомненно, важным достижением организации является количество подготовленных научных кадров. Только за период существования института (центра) в г. Бронницы 12 человек стали докторами наук (Н. Н. Яценко, В. Ф. Платонов, П. В. Аксенов, А. В. Денисов, М. И. Шеремет, Б. Н. Белоусов, А. П. Тарасов, В. Н. Добромиров, В. А. Павлов, В. В. Шипилов, В. Н. Абрамов и В. Б. Каспаров), более 200 сотрудников защитили кандидатские диссертации. Всего же с 1954 по 2014 гг. в институте (центре) служили и работали около 300 человек, имеющих ученые степени и звания.

Об авторитетности любой организации можно судить и еще по одному фактору — вниманию к ее деятельности со стороны различных высокопоставленных государственных и должностных лиц. В этом плане институту (центру) есть чем гордиться. В разные годы его посещали Министры обороны СССР и РФ (Р. Я. Малиновский, А. А. Гречко, С. Л. Соколов, П. С. Грачев, И. Д. Сергеев, С. К. Шойгу), начальники Генерального штаба Вооруженных Сил, заместители Министра обороны, главнокомандующие видами и

Министр обороны России С. К. Шойгу на полигоне НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ (2013 г.)

Кузов-фургон К6350-11У1 на шасси КАМАЗ-6350

Снегоход — коммерческий продукт

родами войск ВС, командующие военными округами, начальники главных и центральных управлений МО, начальники автомобильных служб видов и родов войск ВС и военных округов, члены Политбюро ЦК КПСС, депутаты Верховного Совета СССР и Государственной Думы РФ, члены Правительства СССР и РФ и др. Основной целью посещения института высокопоставленными лицами являлось, как правило, ознакомление в рамках всевозможных показов, выставок и автосалонов с новыми образцами военной автомобильной техники, ее техническими возможностями и перспективами дальнейшего развития и совершенствования.

Долгие годы институт являлся коллективным членом Академии транспорта, Академии проблем качества, Российской инженерной академии и Российской академии ракетно-артиллерийских наук, осуществляя тесное взаимодействие с более чем 80-ю различными организациями: заводами-производителями военной автомобильной техники и подвижных комплексов вооружения, военными и гражданскими научно-исследовательскими учреждениями, высшими учебными заведениями (училищами, институтами, университетами и академиями).

Однако главным результатом деятельности института (центра) и его достижением, несомненно, является значительное количество образцов ВАТ, созданных отечественной промышленностью на основе многочисленных научных исследований, проведенных сотрудниками института. С 1954 по 2014 гг. около 550 образцов военных автомобилей и средств автотехнического обеспечения на их базе, разработанных по тактико-техническим заданиям 21 НИИИ (НИИЦ АТ), были приняты на вооружение и снабжение ВС СССР и РФ. Различным видам испытаний было подвергнуто более 1600 автомобилей многоцелевого назначения, специальных колесных шасси и тягачей, военных гусеничных машин, специальных машин, прицепов и полуприцепов, обеспечивших впоследствии требуемый уровень подвижности войск, высокую степень боеготовности и боеспособности наших ВС.

Сегодня НИИЦ АТ является единственной в России научно-исследовательской испытательной организацией, осуществляющей общую координацию работ по созданию и производству военной автомобильной техники. Центр располагает обширной лабораторно-технической базой (ЛТБ) для проведения практически всех необходимых видов научных исследований и испытаний ВАТ. Многие объекты ЛТБ не имеют аналогов не только в России, но и странах СНГ. Информационная база центра насчитывает более 700 тысяч различных носителей, ежегодно обрабатывается до полутора тысяч новых информационных поступлений.

В целом, научно-исследовательская и испытательная деятельность НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ в течение 60 лет всемерно способствовала и продолжает способствовать оснащению Вооруженных Сил России военной автомобильной техникой, обеспечивающей требуемый уровень боеготовности и боеспособности войск, а значит и стратегический паритет в области вооружения и военной техники.

Е. В. Дёмик

УДК 629.114.3

В. А. Шестаков, канд. техн наук, НИИЦ АТ 3 ЦНИИ Минобороны России
E-mail: 3cnii_niicat@mil.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В КОНСТРУКЦИИ СЕДЕЛЬНЫХ АКТИВНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

Для улучшения эксплуатационных свойств (грузовместимость, плавность хода, управляемость и устойчивость движения) активных седельных автопоездов предлагается новая конструкция автотранспортного средства — автопоезд с шарнирной рамой тягача. Проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями на натурных образцах доказана принципиальная возможность обеспечения высокого уровня эксплуатационных свойств нового автопоезда.

Ключевые слова: *активный седельный автопоезд, полуприцеп, грузовместимость, шарнирное сочленение, вибронагруженность, плавность хода, теоретические и экспериментальные исследования.*

Данная статья подготовлена с целью обобщения результатов исследований нового типа автотранспортного средства, проведенных в разное время с участием автора, и возможного промышленного производства.

Для осуществления транспортной работы в условиях бездорожья по грунтам с низкой несущей способностью необходимы современные многоосные большегрузные автомобили и автопоезда. Применение таких автотранспортных средств при освоении новых природных ресурсов в нефте- и газодобывающей промышленности Севера, Сибири и Дальнего Востока, учитывая значимость этой отрасли для экономики страны, особенно актуально. Также важнейшей государственной стратегической задачей является дальнейшее промышленное освоение новых природных ресурсов Арктики, что невозможно без специализированного автомобильного транспорта.

Производимые в настоящее время большегрузные автомобили и автопоезда не всегда обеспечивают выполнение поставленной транспортной задачи по грунтам с низкой несущей способностью [1].

С точки зрения обеспечения высокой проходимости автопоездов, особенно большой грузоподъемности, наибольший интерес представляют седельные автопоезда, у которых имеется привод колес полуприцепов. Такие автопоезда принято называть активными. У активного автопоезда число ведущих колес, как правило, больше, чем у одиночного полноприводного автомобиля, поэтому проходимость его на тяжелых участках местности значительно выше. Активизация колес полуприцепа позволяет также получить лучшую проходимость автопоезда, чем у одиночного автомобиля, при транспортировании груза большой массы. В связи с этим в настоящее время очевидна необходимость создания активных седельных автопоездов для выполнения транспортных операций в особо тяжелых условиях эксплуатации (например, разведка природных ресурсов и их освоение при отсутствии налаженной дорожной сети).

Для перевозки крупногабаритных грузов (строительных конструкций, труб, леса и других длинномерных материалов), а также для военных целей (монтажа вооружения и различного оборудования) на рубеже XXI столетия у нас в стране широко использовались отечественные седельные автопоезда с гидравлическим (ЗИЛ-137-137Б) и механическим (модель 6009, ЗИЛ-443114, Урал-44201-862, КрАЗ-260Д-9382) приводом колес полуприцепа. Причем конструкции, разработанные в нашей стране в последние десятилетия прошлого века, имели преимущественно механический привод колес прицепного звена. В таких конструкциях крутящий момент на прицепное звено передавался с помощью карданной передачи, расположенной внутри седельного устройства [1].

Характерной особенностью современных активных полуприцепов к полноприводным тягачам является ступенчатость конструкции рамы (рис. 1),

Рис. 1. Автопоезд модели 60091 (10×10) в составе тягача ЗИЛ–443114 и активного полуприцепа модели 99511

которая определяется первостепенным требованием обеспечения профильной проходимости активных седельных автопоездов в трудных дорожных условиях, — шинами с регулируемым давлением и большого диаметра (при однорядной установке), а также большими углами гибкости автопоезда.

Полуприцеп на рис. 1 фактически имеет две платформы — верхнюю и нижнюю, с разными погрузочными высотами. Перепад погрузочных высот платформ существенно ограничивает использование верхней платформы, поэтому длину ее приходится ограничивать. Малый объем размещаемого на верхней платформе груза затрудняет нужное распределение массы по опорам (на седло и на оси) полуприцепа и требует удлинения базы полуприцепа. Габаритная длина автопоезда также увеличивается. Практически при эксплуатации грузоподъемность верхней платформы редко используется полностью, что соответственно не позволяет реализовать сцепные качества седельного тягача.

Таким образом, улучшенные показатели профильной проходимости активных седельных автопоездов достигнуты путем ухудшения их грузовместимости (монтажных возможностей), приводящей к снижению эффективности использования автопоездов в целом.

Для исключения этого недостатка необходим поиск инновационных решений в конструкции седельных активных автопоездов, обеспечивающих снижение высоты опорной поверхности седельно-сцепного устройства и, следовательно, дающих возможность использования за полноприводными тягачами полуприцепов с ровным полом платформы, при одновременном выполнении требований профильной проходимости. В этом случае необходим переход к нетрадиционным конструкциям шарнирного соединения тягача и полуприцепа.

В качестве перспективного решения задачи улучшения монтажных возможностей и грузовместимости активных седельных автопоездов в 21 НИИИ АТ Минобороны России была разработана принципиально новая конструкция автотранспортного средства — автопоезд с шарнирной рамой тягача (АШРТ), защищенная двумя авторскими свидетельствами и патентом на изобретение [2—4].

Отличительными особенностями нового автопоезда по сравнению с существующим являются: замена седельно-сцепного устройства с тремя степенями свободы на два разнесенных по длине автопоезда шарнира — горизонтальной и продольной гибкости и, как следствие, — замена рамы полуприцепа ступенчатой конфигурации на ровную по всей длине (рис. 2).

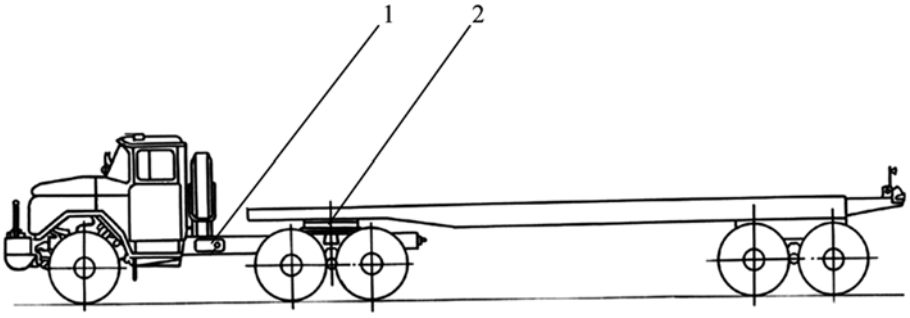

Рис. 2. Схема АШРТ:

1 — шарнир продольной гибкости; *2* — шарнир горизонтальной гибкости

Рис. 3. Автопоезд с шарнирной рамой тягача (макетный образец)

Для оценки концепции нового автотранспортного средства и перспективы его применения в качестве носителя вооружения и военной техники на опытном заводе Министерства обороны на базе агрегатов серийно выпускаемого Брянским машиностроительным заводом многоцелевого активного седельного автопоезда модели 6009 был изготовлен макетный образец АШРТ и проведены теоретические и экспериментальные исследования его эксплуатационных свойств, показатели которых могли бы измениться в связи с отмеченными особенностями новой конструкции. Экспериментальные исследования проводились на комплексной испытательной трассе (КИТ) НИИЦ АТ 3 ЦНИИ Минобороны России.

В изготовленном макетном образце АШРТ (рис. 3) его горизонтальная гибкость (складывание машины в плане) обеспечивается поворотным кругом (неразъемным шарниром), соединяющим рамы тягача и полуприцепа, продольная гибкость — поперечным шарниром, установленным в раме тягача между его передней осью и задней тележкой, который представляет собой предварительно закрученный торсионный вал, концы которого через соединительные элементы жестко связаны: левый — с передней, а правый — с задней частью рамы. Изменяя угол его закрутки с помощью червячного редуктора, обеспечивают оптимальную нагрузку (в зависимости от массы перевозимого груза) на переднюю ось.

Кроме того, в процессе движения обе части рамы, перемещаясь относительно друг друга, закручивают торсион и тем самым создают дополнительную нагрузку на управляемую ось тягача. Это улучшает сцепление колес машины с дорогой и, как следствие, ее управляемость и устойчивость. Для гашения колебаний звеньев автопоезда в месте узла сочленения (поперечный шарнир) установлены два демпфера (телескопические гидравлические амортизаторы). В целях ограничения (до 30 град) взаимного углового перемещения подвижных элементов рамы применены специальные упоры [5].

Оценка предлагаемой конструкции автопоезда показала, что по сравнению с автопоездом модели 6009 она позволяет увеличить грузоподъемность платформы на 16 % и обеспечивает увеличение грузовместимости на 23 % без снижения проходимости и увеличения габаритной длины [5]. При этом монтажная длина рамы полуприцепа увеличивается на 33 %, а монтажная высота несколько повышается, но не превышает ее величину для полуприцепов общетранспортного назначения.

Проведенными исследованиями доказана принципиальная возможность обеспечения высокого уровня управляемости и устойчивости движения АШРТ [6]. Кроме того, новая машина обладает лучшей поперечной устойчивостью и низкой вибро-

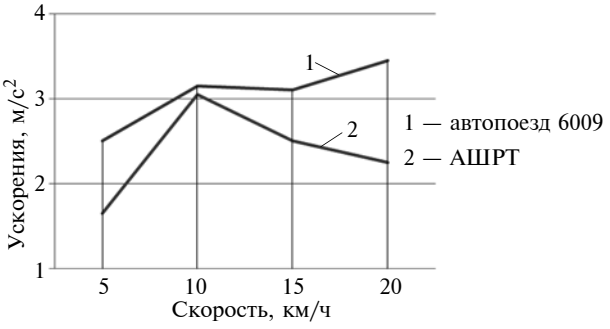

Рис. 4. Максимальные вертикальные виброускорения в центре платформы в зависимости от скорости движения автопоездов на прямых волнах синусоидального профиля с длиной волны 3 м и высотой неровностей 0,07 м КИТ НИИЦ АТ

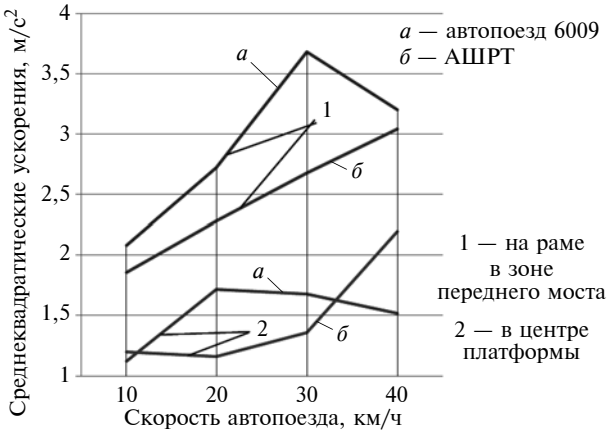

Рис. 5. Среднеквадратические значения вертикальных ускорений в характерных точках подрессоренных частей автопоездов при движении по крупнобулыжному участку КИТ НИИЦ АТ

нагруженностью грузовой платформы в ходе движения (рис. 4 и 5) [7].

В ходе проведенных теоретических исследований на основе разработанной методики расчета вибронагруженности звеньев автопоезда нового типа, позволяющей оценить влияние конструктивных параметров узла сочленения АШРТ на вибронагруженность его звеньев, были выбраны оптимальные характеристики этого шарнирного сочленения (упругого элемента и демпфера) [7]. Результаты моделирования показали, что предлагаемая новая схема автопоезда (АШРТ) по сравнению с существующей (автопоезд модели 6009) обеспечивает при определенных значениях жесткости и демпфирования в узле сочленения [7] значительное улучшение плавности хода заднего звена (грузовой платформы), что положительно сказывается на сохранности перевозимого на АШРТ груза и работоспособности оборудования, чувствительного к тряске. Показано, что введение межсекционной угловой упругодемпфирующей связи в шарнир гибкости АШРТ в виде предварительно закрученного торсионного вала и амортизаторов позволит существенно снизить угловые колебания его переднего звена [7].

Теоретические исследования с использованием разработанной методики позволили выработать основные мероприятия по снижению вибронагруженности переднего звена АШРТ:

введение в шарнир продольной гибкости упругого элемента в виде предварительно закрученного торсионного вала и демпфера с устройством, позволяющим регулировать угол закрутки торсиона под статической нагрузкой; конструкция такого узла сочленения разработана и защищена патентом на изобретение [4];

расположение шарнира продольной гибкости в раме тягача с удалением его от передней оси АШРТ на величину 2,34 м.

Таким образом, проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями на натурных образцах доказана принципиальная возможность обеспечения высокого уровня эксплуатационных свойств нового автопоезда с шарнирной рамой тягача. Улучшенные показатели монтажных возможностей и грузовместимости, плавности хода (особенно прицепного звена), управляемости и устойчивости движения, проходимости предлагаемого автотранспортного средства позволяют найти ему широкое применение как в гражданском секторе экономики страны, так и в качестве шасси под монтаж вооружения и военной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Коркин С. Н., Курмаев Р. Х., Петров С. Е.** Экологические аспекты движения тяжёлых специальных автопоездов в условиях бездорожья // Материалы международной научно-технической конференции ААИ "Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров", посвященной 145-летию МГТУ "МАМИ". — М., 2010.
2. **Павлов В. А., Пименов С. Ю.** Седельный тягач. — Авторское свидетельство № 965866, 1980 г.
3. **Шестаков В. А., Агабабян Ю. Н.** Седельный тягач. — Авторское свидетельство № 1523455, 1989 г.
4. **Патент на изобретение: № 2102270 Российской Федерации**, МПК B 62 D 53/04, 49/00 "Седельный тягач" (текст), В. А. Шестаков, С. В. Шестаков, заявитель и патентообладатель: 21 Научно-исследовательский испытательный институт (автомобильной техники) МО РФ (RU) — Заявка № 95118688/11. Бюл. № 2 от 20.01.98.
5. **Шестаков В. А.** Седельный автопоезд с шарнирной рамой // Техника и вооружение. — 1992. — № 7—8.
6. **Павлов В. А., Самойленко Ю. А., Трефилов В. Д., Шестаков В. А.** Оценка управляемости и устойчивости движения автопоезда с тягачом, имеющим шарнирную раму // Научно-технический сборник 21 НИИИ Минобороны России. — 1989. — № 4.
7. **Шестаков В. А.** Пути улучшения плавности хода автопоезда с тягачом, имеющим шарнирную раму // Научно-технический сборник 21 НИИИ Минобороны России. — 1989. — № 4.

УДК 629. 113

В. С. Устименко, канд. техн. наук, НИИЦ АТ ФГУ 3 ЦНИИ Минобороны РФ
E-mail: 3cnii_niicat@mil.ru

ОЦЕНКА БЕЗОТКАЗНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Потребность комплексной оценки надежности образцов военной автомобильной техники (ВАТ) или любой другой транспортной базы только по результатам их контрольных испытаний возникает каждый раз вследствие существующих проблем в методах расчета показателей некоторых ее свойств (безотказность, долговечность, ремонтопригодность). На практике они учитываются недостаточно, в первую очередь, по субъективной оценке, например, по условиям испытаний. Это приводит к широкому разнообразию результатов, снижая тем самым точность оценок их показателей.

***Ключевые слова**: отказ, трудозатраты, натурные испытания, комплексная оценка, надежность, методы расчета, контрольные испытания, точность оценок, условия испытаний.*

Профессор Ротенберг Р. В. в своем труде [1] еще в 1986 г. писал: "Показатели надежности имеют смысл только в том случае, если оговорены условия эксплуатации, для которых они получены или заданы". Там же приводится пример, когда рессора подвески имеет долговечность более 150 тыс. км на асфальтобетонном шоссе и менее 10 тыс. км на проселочных дорогах.

Таким образом решение проблемы состоит в том, чтобы полученные показатели надежности образцов по результатам испытаний "привязать" к условиям испытаний, описанных не визуально, как указано, по субъективной оценке, а количественными характеристиками и, в первую очередь, всех видов испытательных дорог, в особенности, грунтовых с широким диапазоном изменения их характеристик в зависимости от времени года.

Вторая проблема состоит в том, что принятый и используемый в настоящее время показатель безотказности, одного из свойств надежности, — наработка (км) на отказ недостаточно полно и объективно характеризует это свойство. В частности, не учитывает случайный характер появления дефектов. Показатель не учитывает повреждения, которые могут составлять до 80 % всего объема выявленных дефектов, а при фиксировании факта "отказа" не учитывает его весомость и выполненный образцом пробег к моменту его появления. При категорировании выявленных дефектов в виде отказа или повреждения, несмотря на наличие формализованного перечня отказов по агрегатам, системам и узлам, дефект может быть принят как "отказ" или как "повреждение", а от принятия или непринятия дефекта за "отказ" зависит практическая оценка безотказности образца в целом. Не исключено и субъективное целенаправленное категорирование дефекта в интересах заказчика или разработчика образца.

Кроме того, требование ТЗ только по "наработке на отказ" имеет принципиальный недостаток, так как задается одночисловым значением при большом рассеянии дефектов по их перечню, а принятые значения норматива не имеют научного обоснования, задаются субъективно (скорее всего выражают пожелания) и не учитывают достигнутый технический уровень производственной базы завода-изготовителя изделия и тенденции его изменения. Отмеченные недостатки в полной мере относятся к оценке показателей долговечности.

Рассмотрим эти две основные проблемы более детально.

При ранжировании факторов внешней среды, воздействующих на автомобиль в движении, наиболее важным из них в естественных условиях принимается фактор дороги.

Принятый для испытаний образцов ВАТ перечень испытательных дорог, с целью оценки их безотказности, закреплен рядом стандартов, среди которых ОСТ 37.001.472 [2] по приемочным испытаниям автотранспортных средств, ГОСТ РВ 51668 [3] по периодическим испытаниям серийных изделий ВАТ и др. В них дорожные условия с разбивкой пробега по видам дорог заданы, %:

— асфальтобетонной дорогой — 20;

— булыжной дорогой ровного мощения — 30;

— грунтовой дорогой удовлетворительного состояния — 30;

— разбитой грунтовой дорогой — 10;

— размокшей грунтовой дорогой — 10.

Оценки же этих показателей количественными характеристиками нет. А если принять во внимание только грунтовые дороги, для которых характерна их изменчивость и нестабильность в зависимости от интенсивности движения по ним, метеорологических условий, температуры окружающей среды и др. факторов, то очевидно получаем неопределенность результатов испытаний (низкую воспроизводимость результатов). И так продолжалось многие годы. С учетом этого были определены два подхода: первый путем поддержания характеристик таких дорог на уровне заданных, что практически реализовывать не удавалось по техническим и особенно экономическим соображениям (например, из опыта ФГУП "НАМИ" по поддержанию ровности грунтовой дороги удовлетворительного состояния) и второй, когда к учету внешних факторов, формирующих дорожно-грунтовые условия, подошли не с точки зрения определения их характеристик, а с точки зрения суммарного (результирующего) воздействия всех факторов внешней среды, в первую очередь дороги, на формирование уровня нагружения испытываемого автомобиля или любого другого колесного или гусеничного транспортного средства в целом.

Это обусловлено тем, что каждое слагаемое внешних факторов (силы сопротивления качению, дополнительные силы сопротивления движению на поворотах, преодоление подъема, разгон, торможение автомобиля, сопротивление воздуха, затраты мощности на преодоление колебаний и др.) переменно, изменяется по своему закону и трудно поддается простым расчетам при заданной точности результата.

Новый подход принципиально отличен от традиционных методов оценки дорог и предусматривает оценку общего воздействия на автомобиль через показатель суммарного сопротивления движению автомобиля на каждой j-ой дороге:

$$\Psi_{\Sigma_{ij}} = \frac{0{,}27\eta_{\text{тр}} N_{eij} \eta_{\text{дв}}}{V_{ij} G_{\text{а}}}, \qquad (1)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ и $\eta_{\text{дв}}$ — кпд трансмиссии и двигателя; N_{eij} — случайное (мгновенное) значение мощности, затрачиваемое для реализации i-ой скорости на j-ой дороге V_{ij}; G_a — масса автомобиля.

Приняв $\frac{0{,}27\eta_{\text{тр}}\eta_{\text{дв}}}{G_{\text{а}}} = K$, получим:

$$\Psi_{\Sigma_j} = K\sum \frac{N_{eij}}{V_{ij}}. \qquad (2)$$

Значения N_{eij} и V_{ij} могут регистрироваться непрерывно при аналоговой записи или дискретно. При достаточно простом определении V_{ij} все еще присутствуют проблемы по регистрации N_{eij} при больших объемах пробегов при испытаниях образцов ВАТ (до 45 тыс. км и более).

При сохранении энергетических затрат на движение автомобиля с учетом рекомендаций [4] можно перейти к другим параметрам мощностного баланса, приравняв, например, $KN_{eij} = nQ_{eij}$, где nQ_{eij} — мгновенный расход топлива; n — коэффициент пропорциональности, характерный для каждого образца.

Перейдя к интегральным оценкам, выражение (2) можно записать в виде:

$$\Psi_{\Sigma_j} = n\frac{Q_j}{V_j}, \qquad (3)$$

где Q_j — расход топлива на j-й дороге в объеме выполненного пробега, л/100 км/ч; V_j — реализованная средняя скорость движения на той же дороге, км/ч.

При этом коэффициент n принимается в качестве центра факторного пространства (центра эксперимента), в котором все транспортные средства рассматриваются на начальном уровне нагружения, соответствующего режиму определения контрольного расхода топлива при V = const, что по ГОСТ 20306 [5] соответствует скорости 60 км/ч на динамометрической дороге.

Расчет показателей n и Ψ_{Σ_j} на основе статистических обобщений 238 образцов АТ НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ" и НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ, представлен в ОСТ 37.001.520 [6], на основе которых дана классификация указанных испытательных дорог, каждая из которых выражена количественными значениями показателя Ψ_{Σ_j} в виде математического ожидания и границ показателя j-й дороги.

Использование количественного показателя Ψ_{Σ_j} как норматива [6], обеспечивает применение единого способа оценки воздействия разных видов до-

рог с помощью самого испытываемого образца, причем непосредственно в момент (период) его испытаний (в пробеге за смену или за любой наперед заданный пробег) без использования посторонних технических средств. Но самое важное состоит в том, что способ оценки категорий дороги может быть использован на любой испытательной базе (испытательном полигоне) в любой период года с единой оценкой, что обеспечивает сопоставимость и воспроизводимость результатов испытания с исключением субъективной оценки испытательной дороги.

Выполненные метрологические исследования оценки одних и тех же дорог с помощью различных транспортных средств показывают, что погрешность определения показателя Ψ_{Σ_j} не превышает 10 % [7, 8].

Способ категорирования дорог запатентован [9], многократно опробован на ряде предприятий автомобильной отрасли, составляет основу ОСТ 37.001.520 [6] и широко используется в практике пробеговых испытаний автомобильной техники.

Изложенный способ категорирования испытательных дорог, в свою очередь, позволяет решить другую, не менее важную задачу, обусловленную необходимостью нормировать объем воздействия каждой дороги на испытываемый образец, не ограничиваясь только нормами пробега.

Используя математическое ожидание $m_{\Psi_{\Sigma_j}}$ показателя Ψ_{Σ_j} для каждого вида дорог, можно принять допущение, что запас потенциальной надежности, заложенный в конструкцию, расходуется пропорционально затратам энергии на движение (Ψ_{Σ_j}) и протяженности совершаемого при этом пробега (S_j)

Тогда накопленная величина энергонагружения (W_j) может быть представлена в виде:

$$W_j = \Psi_{\Sigma_j} S_j, \qquad (4)$$

где S_j — пробег, выполненный по j-й дороге в заданном или контролируемом объеме, км.

На основе выражения (4) устанавливается норматив $W_{j\text{н}}$, выражающий расход ресурса образца через статистически обоснованное значение $\Psi_{\Sigma_{j\text{н}}}$ ($m_{\Psi_{\Sigma_{j\text{н}}}}$), и нормативный пробег $S_{j\text{н}}$.

Учитывая, что характеристики испытательных дорог (особенно грунтовых), как указано, формируются случайно в широком диапазоне, в условиях непредсказуемого изменения Ψ_{Σ_j}, можно через показатель W_j ступенчато регулировать "тяжесть" испытательного пробега и выйти к его завершению на нормативное значение $W_{j\text{н}}$. При такой технологии регулирования пробега обеспечивается реализация заданной программы испытаний.

Принципиальная схема регулируемой технологии пробеговых испытаний образцов ВАТ для оценки ее надежности показана на рис. 1, а на рис. 2 (кривая *б*) — практическая ее реализация на примере

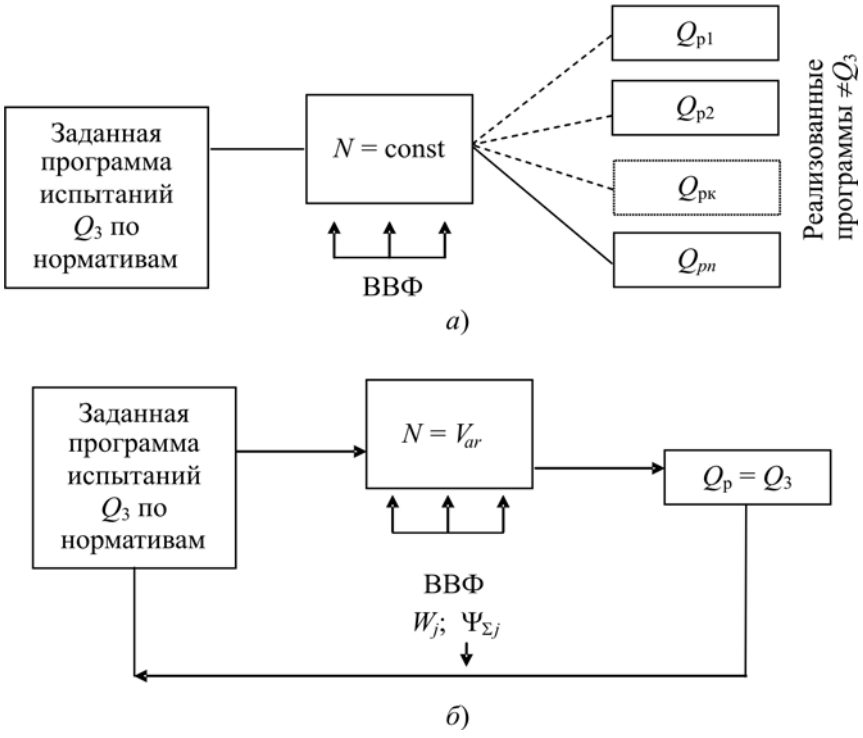

Рис. 1. Система пробеговых испытаний автомобилей для оценки безотказности и долговечности:

а — действующая с множеством фактически реализованных программ Q_{pn}; *б* — управляемая (регулируемая) с одной реализованной программой Q_p, адекватно заданной Q_3; ВВФ — внешние воздействующие факторы; Ψ_{Σ_j} — количественный показатель j-й категории дорог; Wj — накопленная величина уровня нагружения автомобиля

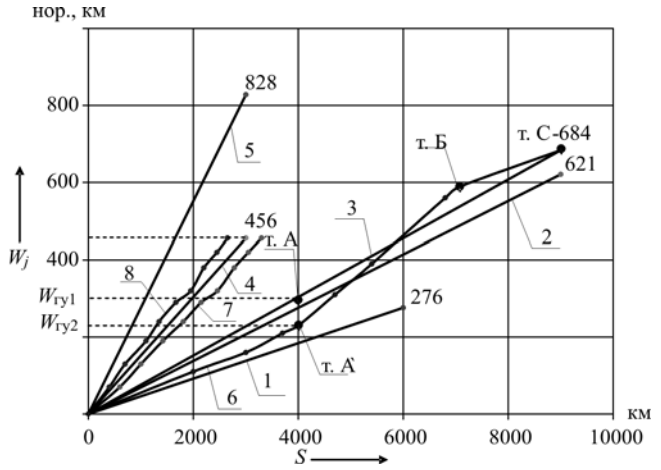

Рис. 2. Управляемая (регулируемая) технология пробеговых испытаний:

1 — кривая уровня нагружения *Wj* в зависимости от пробега *S* на асфальтобетонном шоссе; *2* — на булыжной дороге ровного мощения; *3* — на грунтовой дороге удовлетворительного состояния; *4* — на разбитой грунтовой дороге с колеями и выбоинами в сухом или замерзшем состоянии; *5* — на размокших грунтовых дорогах, снежной целине, сыпучем песке; *6* — кривая фактически реализованной накопленной величины уровня нагружения автомобиля на грунтовой дороге удовлетворительного состояния; *7* и *8* — кривые фактически реализованного $W_{г.р} = f(S)$ на разбитой грунтовой дороге, равные соответственно при пробеге 3455 км и 2505 км (корректировка "по горизонтали"); т. А' — соответствует фактически накопленной величине $W_{г.д}$, значение которой меньше нормативного ($W_{г.у.ф} < W_{г.у.н}$); т. Б — $W_{г.у.ф} > W_{г.у.н}$; т. А — соответствует нормативному значению накопленной величине $W_{г.д}$ при пробеге 4000 км; т. С — соответствует равенству накопленной величине $W_{г.д}$ нормативного значения и фактически реализованного при пробеге 9000 км

грунтовой дороги удовлетворительного состояния (при пробеге 9000 км).

При такой технологии практическая корректировка испытательного пробега может выполняться как переходом на более "легкие" (в т. *Б*) или "тяжелые" (в т. *А'*) участки того же вида дороги, а в случае отсутствия на полигоне таких участков, так и путем изменения объема пробега при строгом учете основного показателя нагружения автомобиля $W_{jн}$ (кривые *7* и *8*).

Исходные данные для построения графиков нормативных значений $W_{jн}$ помещены в таблице с учетом объема гарантийной наработки в объеме 30 тыс. км.

Изложенная регулируемая технология пробегов запатентована изобретением на способ [10] и детально раскрыта в [11].

Новая технология пробегов успешно может быть дополнена дозированным техническим обслуживанием (ТО), периодичность которого устанавливается не только по пробегу, но и с учетом темпа накопления уровня нагружения испытываемого образца, что обеспечивает корректировку пробега и поддержание безотказности на заданном уровне. Указанный способ корректировки периодичности ТО, в зависимости от условий испытаний, также запатентован [12].

Таким образом, одна из проблем оценки надежности образцов ВАТ по условиям испытаний с переходом от визуальной оценки категории дорог к количественным показателям успешно решена и далее развита до уровня управляемой технологии пробегов.

Принципиальные недостатки по второй проблеме, указанные в начале статьи, касаются оцениваемых показателей надежности (безотказности и долговечности) и обоснования их нормативных значений.

Определение показателей надежности относится к категории свойств самой затратной и по стоимос-

Комплексная оценка надежности образцов ВАТ по результатам их пробеговых испытаний

Дорога	Нормативное значение					
	пробега, $S_{jн}$		коэффициента суммарного сопротивления движению $m_{\Psi_{\Sigma_{jн}}}$			накопленной величины уровня нагружения $W_{jн}$, н.км
	%	тыс.км	без прицепа	с прицепом	общий	
1. Асфальтобетонное шоссе	20	6,0*	0,04	0,05	0,046	276
2. Булыжная дорога	30	9,0	0,06	0,075	0,069	621
3. Грунтовая дорога удовлетворительного состояния	30	9,0	0,07	0,08	0,076	684
4. Разбитая грунтовая дорога	10	3,0	0,14	0,16	0,152	456
5. Размокшая грунтовая дорога	10	3,0	0,24	0,30	0,276	828
Итого	100	30,0	0,034	0,0615	0,0955	2865

* 60 % пробега выполняется с прицепом по всем видам дорог.

ти, и по объему испытаний (особенно по показателям долговечности) — до 70 % всего объема трудозатрат испытаний. Это предопределяет особые требования по полноте, объективности и точности показателей надежности.

С целью устранения указанных недостатков и обеспечения требований по показателям надежности, в НИИЦ АТ на основе исследований разработан новый показатель и методика его определения — показатель невыработанного гарантийного ресурса j-го образца M_j, чел.-ч., определяемый по зависимости:

$$M_j = \Sigma A_{ij} \frac{s_н - s_{ij}}{s_н}, \qquad (5)$$

где A_{ij} — затраты на устранение каждого дефекта (независимо от деления на отказы и повреждения) в условиях ПТОР (пункта ТО и ремонта), чел.-ч.; S_{ij} — пробег до проявления дефекта i-й детали j-го образца, км; $S_н$ — нормативный пробег (гарантийный или ресурсный), км.

Таким образом, учитывается весь перечень дефектов, а не только отказы, а весомость дефекта оценивается трудозатратами, которые корректируются в зависимости от величины пробега до проявления дефекта по соотношению:

$$\frac{s_н - s_{ij}}{s_н},$$

то есть, при $S_{ij} \to 0$ учитываются трудозатраты полностью и, напротив, $S_{ij} \to S_н$ — их минимальная величина.

На основе анализа банка данных по безотказности автомобилей многоцелевого назначения (АМН), военных гусеничных машин (ВГМ) и специальных колесных шасси и тягачей (СКШТ) по всем заводам производства ВАТ и статистических обобщений разработаны научно обоснованные нормативы показателя M_j по его среднему значению и доверительным границам ($M_н \pm \Delta_M$), а не по одночисловому значению, как это по-прежнему регламентируется нормативом по наработке в км на отказ, что логически никак не согласуется со случайным характером проявления дефектов, в том числе отказов.

В связи с этим аналогичные расчеты выполнены и по "наработке на отказ".

Такой подход позволяет результаты испытаний по обоим показателям безотказности представлять в виде:

— безотказность образца находится на уровне требований при $M_j = (M_н \pm \Delta_M)$;

— образец вполне соответствует требованиям при $M_j < (M_н - \Delta_M)$;

– образец по показателю M_j испытания не выдержал при $M_j > (M_н + \Delta_M)$.

Представленные материалы позволяют сделать вывод, что найдено решение комплексной оценки надежности образцов ВАТ через расчет показателей ее свойств по результатам пробеговых испытаний при условии достижения необходимых точности, достоверности и воспроизводимости результатов испытаний благодаря использованию количественных показателей категории дорог, управляемой технологии пробеговых испытаний, нового показателя оценки безотказности через трудозатраты устранения дефекта, обоснования его нормативного значения и вид представления.

Антикризисный лизинг от "КАМАЗа"

Специалисты-аналитики Группы компаний "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" проработали несколько базовых сценариев развития ситуации на рынке и в стране и подготовили пакет мер для каждого из них.

Целями антикризисных мер являются сохранение основного модельного ряда лизинговых продуктов без пересмотра срока лизинга и размера аванса, обеспечение бесперебойного финансирования новых сделок и формирование добротного лизингового портфеля с отбором кредитоспособных контрагентов. Кроме того, меры направлены на оптимизацию бизнес-процессов компнии и увеличение эффективности ее деятельности, а также предупреждение роста проблемной задолженности.

План поступления лизинговых платежей выполняется с опережением. В 2015 г. компания ожидает значительное снижение емкости рынка лизинга грузовой техники. Вместе с тем, как бы ни повел себя рынок, "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" готов к реализации каждого из разработанных сценариев. В нынешнем году продолжат свое действие такие востребованные продукты, как "Уверенный", "На Ваших условиях", "Автобус", "Лизинг для корпоративных клиентов", "2 × 2" (продукт для малого бизнеса), "Старый друг" (для постоянных и повторных клиентов).

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 621.436.038

В. С. Акимов, аспирант, **А. С. Кулешов,** д-р техн. наук, проф.,
В. А. Марков, д-р техн. наук, проф., Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,
А. Ю. Яковчук, инженер-конструктор, Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова, e-mail: yakovchuk@ciam.ru,
Т. Т. Йанхунен, ген. дир. фирмы AumetOy, Финляндия, e-mail: timo.hanhunin@aumet.fi

ВПРЫСКИВАНИЕ И РАСПЫЛИВАНИЕ ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЕ ТИПА Z-ENGINE

Представлен новый тип двигателя — Z-engine. Приведены характеристики газообмена двигателя Z-engine и его индикаторная диаграмма. С использованием программного комплекса Diesel-RK проведены расчеты рабочего процесса двухцилиндрового двигателя Z-engine с воспламенением рабочей смеси от искры.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, дизельное топливо, процесс топливоподачи, процесс распыливания топлива, характеристики токсичности отработавших газов.*

Одним из основных факторов, предопределяющих направления развития современного двигателестроения, является все более ужесточающиеся требования к токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания [1, 2]. Действующие экологические нормативы предполагают резкое уменьшение предельных выбросов токсичных компонентов ОГ. Это заставляет производителей двигателей не только разрабатывать и внедрять системы, позволяющие уменьшить эмиссию вредных выбросов, но и принципиально новые способы организации рабочего процесса.

Компанией AumetOy (Финляндия) был предложен новый принцип работы двигателя, который был запатентован в пяти странах мира: Австралии, Российской Федерации, Индии, США и Корее [3, 4]. Согласно предложенному принципу, двигатель *Z-engine* сочетает в себе основные преимущества двухтактной и четырехтактной схем. Как и в двухтактном двигателе, полезная работа совершается при каждом обороте коленчатого вала, но при этом двигатель имеет как впускные, так и выпускные клапаны. Выпуск происходит как и в обычном четырехтактном двигателе — посредством вытеснения рабочего тела с помощью поршня, а не при помощи продувки свежим воздухом (рис. 1). В результате не происходит потерь свежего заряда как в традиционных двухтактных двигателях.

В двигателе Z-engine сгорание и рабочий ход имеют почти такую же продолжительность, как и в обычных четырехтактных двигателях. Газообмен начинается с открытия выпускного клапана до нижней мертвой точки НМТ, происходит выпуск газов, находившихся под давлением в цилиндре, далее часть ОГ вытесняется из цилиндра при движении поршня вверх. Продолжительность выпуска достаточна для качественной очистки цилиндра, но при этом насосные потери сравнительно невелики.

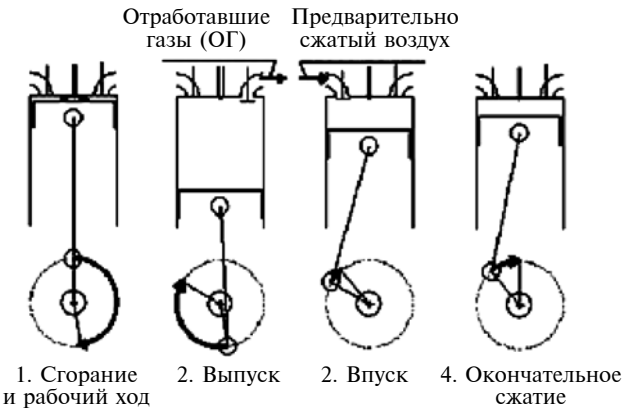

Рис. 1. Принцип работы двигателя "Z-engine"

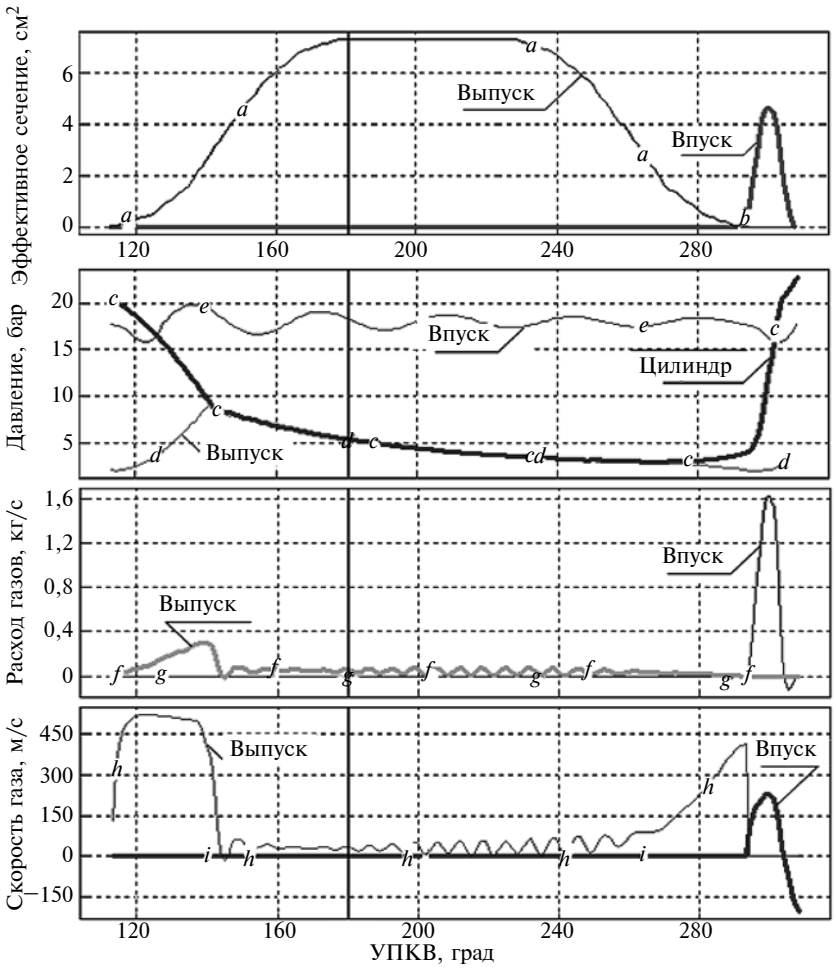

Рис. 2. Характеристики газообмена в двигателе *Z-engine* по углу поворота коленчатого вала (УПКВ)

Впускной клапан открывается незадолго до закрытия выпускного (рис. 2). На режиме максимальной мощности период его открытия не превышает 22 градуса поворота коленчатого вала (ПКВ). Этот период достаточен для впуска, поскольку впускной воздух предварительно сжимается в поршневом компрессоре. Сжатие рабочего тела занимает около 40 градусов ПКВ, в результате обеспечивается геометрическая степень сжатия, равная 15,5. Такая схема газообмена приводит к тому, что значительная часть ОГ остается в цилиндре ("внутренняя" рециркуляция ОГ). Этот фактор используется для организации гомогенного смесеобразования — рабочего цикла *HCCI* (Homogeneous Charge Compression Ignition) при отсутствии неконтролируемого преждевременного самовоспламенения, а, следовательно, и для снижения выбросов оксидов азота и сажи с ОГ. Высокое давление воздуха на впуске позволяет обеспечить высокую интенсивность вихревого движения газов в цилиндре, способствующего улучшению качества смесеобразования.

Описанная концепция газообмена двигателя Z-engine значительно видоизменяет привычную индикаторную диаграмму. Представленные на рис. 3 индикаторные диаграммы четырехтактного двигателя

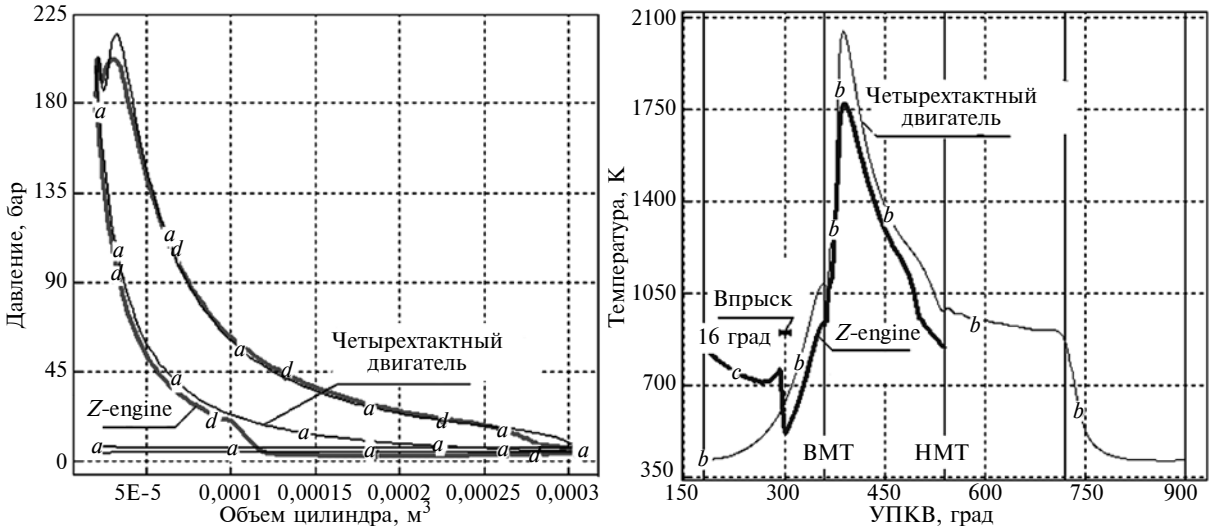

Рис. 3. Сравнение индикаторных диаграмм двух типов двигателей

и двигателя Z-engine свидетельствуют о том, что индикаторная работа в цилиндре Z-engine превышает индикаторную работу в цилиндре четырехтактного двигателя той же размерности. Это происходит потому, что часть работы сжатия производится вне цилиндра двигателя — в поршневом компрессоре.

Ряд проведенных расчетных и экспериментальных исследований двигателей с воспламенением от сжатия, работающих на гомогенной рабочей смеси, подтвердили перспективность реализации цикла HCCI для достижения требуемых показателей токсичности ОГ, в первую очередь — для получения предельно низких выбросов оксидов азота [5—8]. Причем, для достижения наибольшей эффективности цикла HCCI, как с точки зрения показателей топливной экономичности, так и показателей токсичности ОГ, необходима оптимизация процессов, протекающих в цилиндрах двигателя Z-engine. При этом важнейшими процессами, определяющими эффективность последующего процесса сгорания, являются процессы впрыскивания и распыливания топлива [9]. Для исследования и совершенствования этих процессов были проведены моделирование, расчет и оптимизация рабочего процесса *Z-engine* с использованием программных комплексах (ПК) *Diesel-RK* и *ANSYS Fluent* 14 [1, 10].

Расчетные исследования, проведенные с использованием ПК Diesel-RK, показали, что при организации процесса HCCI в цилиндре Z-engine впрыскивание топлива происходит в среду с высокой температурой (около 800 К) и низким давлением (около 0,25 МПа). Эти условия способствуют гораздо более интенсивному испарению капель топлива, чем в цилиндре обычного дизеля. Кроме того, впрыскивание топлива происходит в среду с большой долей ОГ, поэтому предпламенные реакции значительно затормаживаются. С другой стороны, так как начало впуска реализуется незадолго до верхней мертвой точки — ВМТ (около 60 градусов ПКВ по сравнению с 220 градусов ПКВ у традиционных двухтактных двигателей), количество активных радикалов остается достаточным для того, чтобы осуществить воспламенение при помощи свечи зажигания или подачи дополнительной порции топлива. В целом же своевременное воспламенение топлива можно обеспечить путем управления следующими параметрами:

— температурой и давлением смеси;

— составом смеси (коэффициентом избытка воздуха);

— содержанием ОГ в цилиндре при помощи механизма газораспределения с управляемыми фазами;

— мощностью компрессора и степенью охлаждения надувочного воздуха;

— моментом начала и продолжительностью топливоподачи;

— моментом подачи напряжения на свечу зажигания.

Показатели двигателя, полученные при расчете рабочего процесса двухцилиндрового Z-engine с воспламенением рабочей смеси от искры с использованием ПК Diesel-RK на частичном нагрузочном режиме представлены в таблице.

Для получения гомогенной смеси в цилиндре двигателя необходимо осуществлять распыливание топлива с требуемой равномерностью и мелкостью капель, а также, по возможности, предотвратить попадание топлива на стенки цилиндра. При этом следует иметь в виду, что противодавление газов в цилиндре составляет всего 0,25—0,35 МПа, а их плотность — всего 1,4—1,6 кг/м^3, что намного меньше, чем в цилиндре традиционного дизеля. В таких условиях подача топлива при помощи традиционной многосопловой форсунки обычно приводит к попаданию значительной доли топлива на стенку цилиндра. В работах [11—15] показано, что в таких условиях явными преимуществами обладают форсунки, формирующую коническую форму струи — штифтовые или клапанные (рис. 4). При этом явление ка-

Показатели двигателя Z-engine на частичном нагрузочном режиме

Показатель	Значение
Диаметр цилиндра, мм	72
Ход, мм	70
Степень сжатия	15
Частота вращения КВ, об/мин	1400
Мощность, кВт	8,9
Среднее эффективное давление, МПа	0,67
Мощность поршневого компрессора, кВт	1,37
Давление на впуске, МПа	0,44
Коэффициент избытка воздуха	2,3
Расход воздуха, кг/с	0,014
Доля "внутренней" рециркуляции, %	31
УОВТ, град ПКВ до ВМТ	67
Продолжительность впрыскивания, град	2,8
Давление впрыскивания, МПа	54,5
Цикловая подача, мг	11
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт · ч)	210
Удельный массовый выброс оксидов азота, г/(кВт · ч)	0,01

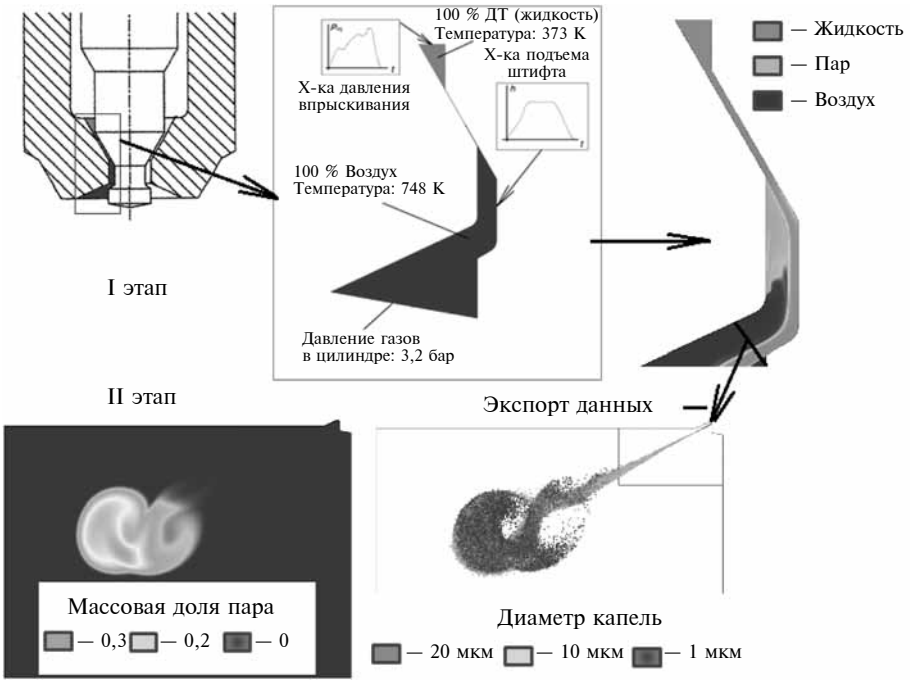

Рис. 4. Схема двухэтапной методики расчета процессов впрыскивания и распыливания штифтовой форсункой

витации (или суперкавитации) в канале распылителя способствует значительной интенсификации распада струи [16, 17]. При впрыскивании топлива в условиях значительно развитой кавитации уменьшается сечение струи на выходе из форсунки, увеличивается скорость впрыскивания, уменьшаются диаметры капель. В результате процесс распыливания топлива становится более mкачественным, а смесь более однородной. Объем зоны, охваченной кавитацией, во многом зависит от давления впрыскивания и геометрии распылителя.

К сожалению, процессы формирования и развития кавитации, а также процессы развития струй топлива, формируемых штифтовой форсункой при впрыскивании, недостаточно изучены. В работе [18] показано также, что применение широко используемых для многосопловых форсунок полуэмпирических зависимостей (Хироясу, Арай, Дент, Люстгартен) для расчета дальнобойности и мелкости распыливания не дают хороших результатов (рис. 5). С этой целью были проведены численные исследования [19], в ходе которых смоделирован процесс впрыскивания дизельного топлива штифтовой форсункой, условно разделенный на два этапа: течение топлива в каналах распылителя форсунки и развитие струй топлива с испарением капель внутри цилиндра (рис. 6).

На первом этапе расчетных исследований (см. рис. 4) определялись расходные характеристики течения топлива в распылителе, характеристики турбулентности, толщина потока на выходе из распылителя, области, занятые паром, образовавшимся в процессе кавитации, и области, занятые воздухом, проникающим из цилиндра в каналы распылителя. При этом использовался ПК ANSYS Fluent 14, позволяющий моделировать течение двухфазного потока дизельного топлива (жидкость и пар) в проточной части распылителя штифтовой форсунки. Полученные данные использовались как исходные для второго этапа (см. рис. 4), на котором моделировался распад струи на капли топлива с использованием упомянутого ПК ANSYS Fluent 14. При этом размеры капель, полученные при первичном распаде струи $d_{перв}$, принимались равными толщине потока $h_п$ [13]:

$$d_{перв} = h_п = \frac{Q_{эф}}{\pi d_{шт} u_{эф}},$$

где $Q_{эф}$ — расход дизельного топлива, м^3/с; $d_{шт}$ — диаметр штифта, м; $u_{эф}$ — скорость течения топлива, м/с.

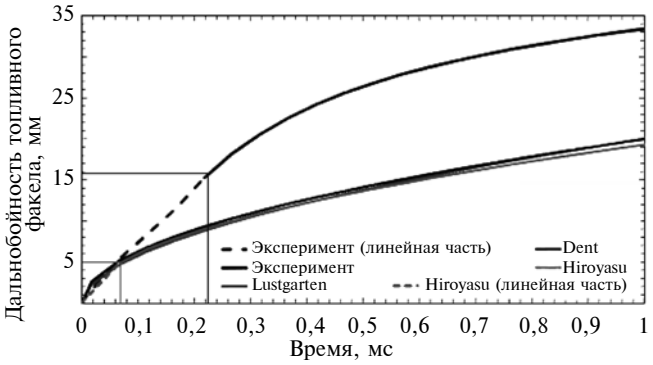

Рис. 5. Дальнобойность топливного факела клапанной форсунки, полученная по различным расчетным методикам

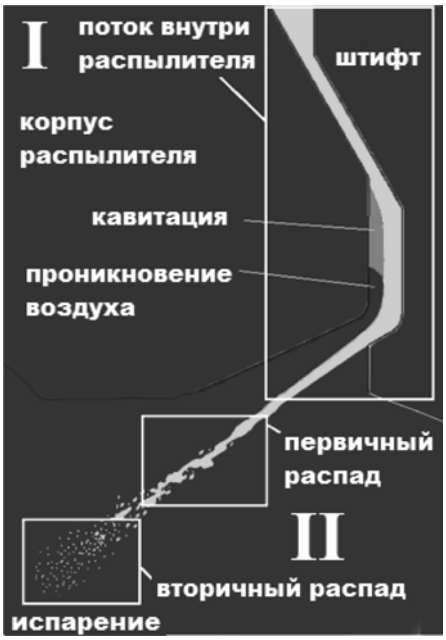

Рис. 6. Схема процесса впрыскивания штифтовой форсункой

При впрыскивании дизельного топлива в среду с низкой плотностью (1,4—1,6 кг/м^3) сложно избежать попадания топлива на стенку цилиндра даже при впрыскивании штифтовой форсункой. Поэтому произведен анализ факторов, влияющих на распыливание топлива, и проведен поиск способов ограничения дальнобойности струи. Было проведено несколько расчетов развития струй, полученных при различных значениях влияющих факторов: диаметра штифта форсунки $d_{шт}$, максимального давления впрыскивания $p_{впр}$, продолжительности впрыскивания $\tau_{впр}$ и коэффициента сужения струи: $\varepsilon = \dfrac{F_{факт}}{F_{теор}}$.

При этом оптимальным считался вариант, когда возможно осуществить впрыскивание максимальной порции топлива, которая при этом не достигала бы стенки цилиндра. На рис. 7 представлены результаты моделирования для различных вариантов сочетания влияющих факторов.

Анализируя результаты расчетных исследований, представленные на рис. 7, можно отметить, что при неизменности давления впрыскивания $p_{впр}$ уменьшение диаметра штифта $d_{шт}$ уменьшает дальнобойность струи, так как уменьшается эффективное проходное сечение распылителя $\mu F_{теор}$, а следовательно и расход через распылитель $Q_{факт}$:

$$Q_{факт} = \mu F_{теор}\sqrt{\frac{2(p_{впр} - p_ц)}{\rho}},$$

где $p_{впр}$ — давление в цилиндре, ρ — плотность топлива, μ — коэффициент расхода. Таким образом, топливо впрыскивается практически с прежней скоростью, но с меньшим импульсом, поэтому кривая *2* (см. рис. 7) лежит ниже кривой *1*. Но значительное уменьшение сечения приводит к тому, что меньшая порция топлива может быть впрыснута без попадания на стенки цилиндра. Увеличение давления впрыскивания приводит к увеличению скорости впрыскивания

$$u_{факт} = \varphi u_{теор} = \varphi\sqrt{\frac{2(p_{впр} - p_ц)}{\rho}}$$

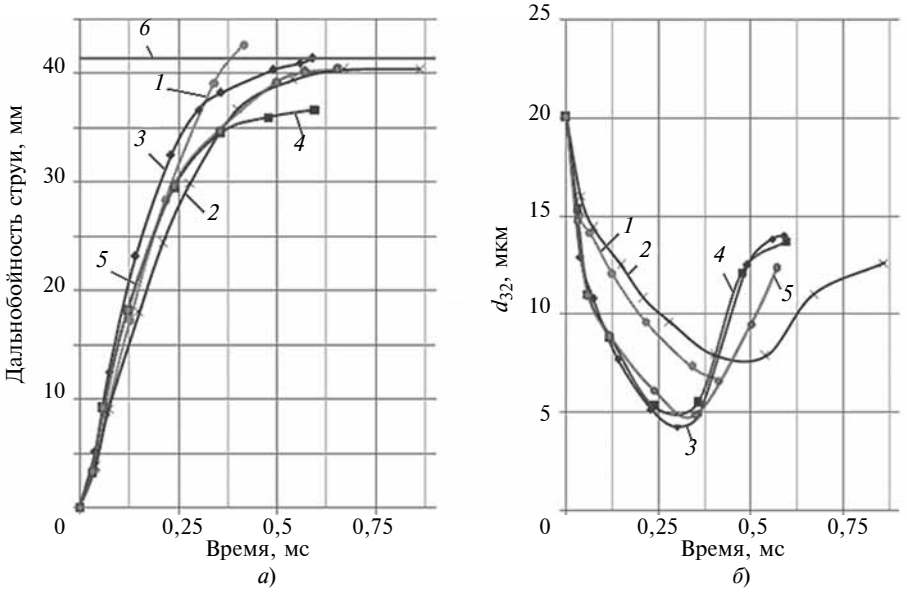

Рис. 7. Зависимости динамики струи и мелкости распыливания от различных факторов:

1 — $d_{шт}$ = 5 мм, $p_{впр}$ = 350 бар, ε = 0,8, $\tau_{впр}$ = 0,22 мс, q_c = 0,023 г; *2* — $d_{шт}$ = 2,5 мм, $p_{впр}$ = 350 бар, ε = 0,8, $\tau_{впр}$ = 0,22 мс, q_c = 0,011 г; *3* — $d_{шт}$ = 2,5 мм, $p_{впр}$ = 800 бар, ε = 0,8, $\tau_{впр}$ = 0,22 мс, q_c = 0,015 г; *4* — $d_{шт}$ = 2,5 мм, $p_{впр}$ = 800 бар, ε = 0,5, $\tau_{впр}$ = 0,22 мс, q_c = 0,011 г; *5* — $d_{шт}$ = 2,5 мм, $p_{впр}$ = 800 бар, ε = 0,5, $\tau_{впр}$ = 0,32 мс, q_c = 0,023 г; *6* — стенка цилиндра

и, как следствие, более интенсивному распаду струи. По этой причине кривая *3а* среднего диаметра капли по Заутеру d_{32} лежит ниже кривой *2а* (см. рис. 7).

Минимум кривых d_{32} соответствует моменту, когда все капли малых размеров уже испарились, и в цилиндре остаются только капли с большими размерами и малыми скоростями. Несмотря на более интенсивный распад струи и более интенсивное испарение капель при впрыскивании под высоким давлением с прежним значением $\mu F_{теор}$, повышение давления вызывает также и повышение расхода, то есть увеличение импульса, в результате чего топливо достигает стенки цилиндра (кривая *3*). Если же повышение давления вызывает уменьшение проходного сечения из-за возросшей интенсивности кавитации, то скорость впрыскивания возрастает значительно, а расход возрастает в меньшей степени.

Таким образом, впрыскивание происходит с максимальными скоростями, но уменьшенными массами. Такому режиму впрыскивания соответствуют кривые *4* (см. рис. 7, *а* и *б*). Это дает возможность увеличить продолжительность впрыскивания, не вызывая при этом попадания топлива на стенки цилиндра: кривые (см. рис. 7, *а* и *б*).

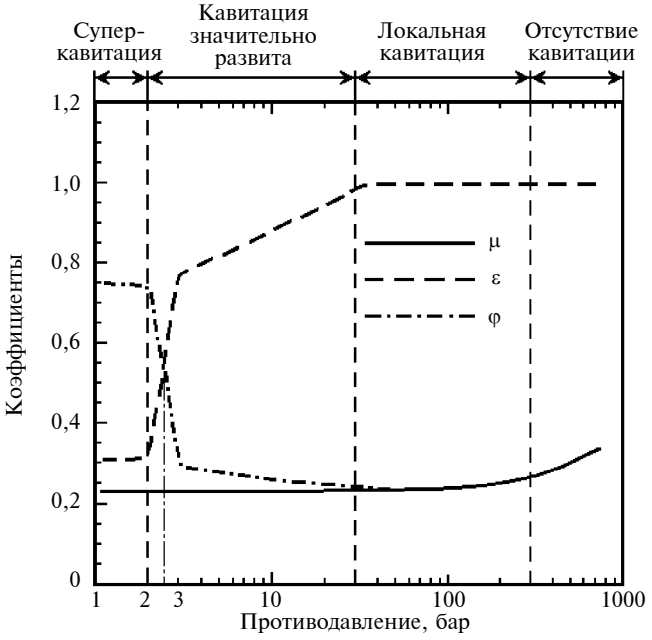

Рис. 8. Режимы течения в штифтовой форсунке в зависимости от противодавления при давлении впрыскивания $p_{впр}$ = 100 МПа

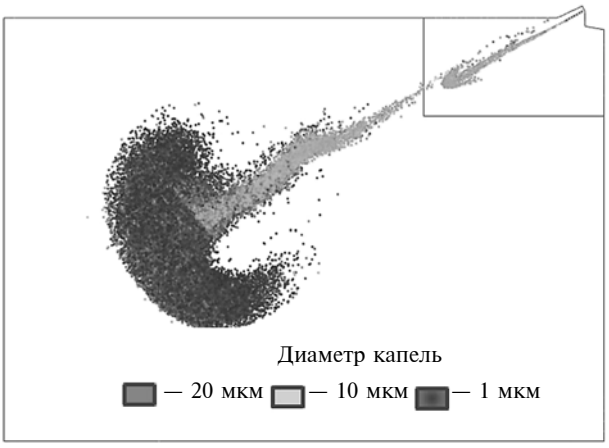

Рис. 9. Многостадийный впрыск в двигателе Z-engine

В работе [16] показано, что при использовании штифтовой форсунки возможно обеспечить впрыскивание в режиме суперкавитации, когда сужение сечения максимально (ε минимально), а коэффициент скорости φ максимален (рис. 8).

Для предотвращения попадания топлива на стенки камеры сгорания в условиях низкой плотности газов в цилиндре необходимо так же применять многостадийный впрыск. В частности, для двигателя Z-engine предложена стратегия впрыскивания топлива на режиме максимальной нагрузки, состоящая из четырех порций [19].

Результаты расчета многостадийного впрыска в двигателе Z-engine, представленные на рис. 9, показывают, что при таком впрыске удается обеспечить необходимую мелкость распыливания — во фронте струи получен диаметр капель, равный около 1 мкм.

Выводы

Удовлетворение современных требований к показателям токсичности ОГ возможно при внедрении принципиально новых способов организации рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания. К таковым относится двигатель Z-engine, в котором организовано гомогенное смесеобразование — рабочий цикл HCCI. Для реализации рабочего цикла HCCI в двигателе Z-engine необходима реализация следующих мероприятий:

— применение малоразмерной форсунки штифтового типа, реализующей впрыскивание топлива с высокими скоростями при максимальном сужении сечения (режим суперкавитации или близкий к нему);

— 3—4 стадии впрыскивания на режиме максимального момента;

— раннее начало первого впрыскивания (90 град ПКВ до ВМТ).

Проведены расчетные исследования процессов впрыскивания и распыливания топлива штифтовой форсункой в двигателе Z-engine с HCCI-процессом и подтверждена возможность получения гомогенного смесеобразования в исследуемом двигателе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Учебник для вузов. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. 344 с.
2. **Марков В. А., Баширов Р. М., Габитов И. И.** Токсичность отработавших газов дизелей. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 376 с.
3. **Janhunen T. T.** HCCI-Combustion in the Z-Engine // SAE Technical Paper Series. 2012. № 2012-01-1573. P. 1—16.
4. **Tiainen J., Saarinen A., Grönlund T., Larmi M.** Novel Two-Stroke Engine Concept, Feasibility Study // SAE Technical Paper Series. 2003. № 2003-01-3211. P. 1—15.
5. **Flowers D., Aceves S., Smith R. et al.** HCCI in a CRF Engine: Experiments and Detailed Kinetic Modeling // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-0328. P. 1—13.
6. **Yao M., Chen Z., Zheng Z. et al.** Effect of EGR on HCCI Combustion Fuelled with Dimethyl Ether (DME) and Methanol Dual-Fuels // SAE Technical Paper Series. 2005. № 2005-01-3730. P. 1—8.
7. **Zheng Z., Yao M., Chen Z. et al.** Experimental Study on HCCI Combustion of Dimethyl Ether (DME) / Methanol Dual-Fuel // SAE Technical Paper Series. 2004. № 2004-01-2993. P. 1—9.
8. **Гусаков С.В., Махмуд Мохамед Эль Гобаши Эль Хагар.** Моделирование рабочего процесса поршневого двигателя с самовоспламенением гомогенного заряда // Известия Тульского государственного университета. Автомобильный транспорт. 2003. № 7. С. 173—179.
9. **Марков В. А., Девянин С. Н., Мальчук В. И.** Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 360 с.
10. **Марков В. А., Стремяков А. В., Акимов В. С., Шумовский В. А.** Расчетные исследования процесса топливоподачи дизеля, оснащенного распылителями форсунок с различной геометрией проточной части // Грузовик. 2011. № 3. С. 13—17.
11. **Araki M., Umino T., Obokata T., Ishima T. et al.** Effects of Compression Ratio on Characteristics of PCCI Diesel Combustion with a Hollow Cone Spray // SAE Technical Paper Series. 2005. № 2005-01-2130. P. 1—8.
12. **Obokata T., Long W., Ishima T.** PDA and LDA Measurements of Large Angle Hollow Cone Spray Proposed for Hot-Premixed Combustion Type Diesel Engine // SAE Technical Paper Series. 1996. № 960772. P. 1—10.
13. **Yang X., Takamoto Y., Okajima A., Obokata T. et al.** Comparison of Computed and Measured High-Pressure Conical Diesel Sprays // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-0951. P. 1—9.
14. **Obokata I., Shiga E., Matsuda M., Long Y. L.** Characteristics of Premixed Combustion Type Diesel Engine Using Hollow Cone Spray // ASME. 2001. № 2001-ICE-419. P. 1—10.
15. **Ishima T., Matsuda T., Shiga S., Araki M. et al.** Characteristics of HCCI Diesel Combustion Operated with a Hollow Cone Spray // SAE Technical Paper Series. 2003. № 2003-01-1823. P. 1—8.
16. **Ming J., Maozhao X., Hong L., Wei-Haur L., Tianyou W.** Numerical Simulation of Cavitation in the Conical-Spray Nozzle for Diesel Premixed Charge Compression Ignition Engines // Fuel. 2011. Vol. 90. P. 2652—2661.
17. **Jia M., Hou D., Li J., Xie M. et al.** A Micro-Variable Circular Orifice Fuel Injector for HCCI-Conventional Engine Combustion — Part I Numerical Simulation of Cavitation // SAE Technical Paper Series. 2007. № 2007-01-0249. P. 1—15.
18. **Schmid A.** Experimental characterization of the two phase flow of a modern, piezo activated hollow cone injector. DISS. ETH № 20852; 2012. P. 1—16.
19. **Кулешов А. С., Акимов В. С., Janhunen T.** Численные исследования развития кавитации в штифтовой форсунке двигателя с *HCCI*-процессом. Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках: тезисы докладов XIX школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А. И. Леонтьева. 2013. С. 125—126.

"КАМАЗ" подвел итоги продаж в ноябре

ОАО "КАМАЗ" в ноябре 2014 г. реализовало на рынке России 2,5 тыс. грузовиков. Такие данные получены на основании итогов отгрузки оплаченной продукции в товаропроводящуюсеть компании.

Необходимо отметить, что данные показатели являются наиболее высокими с июля 2014 г., когда произошло падение продаж в среднем с трех до двух тысяч грузовиков в месяц.

При этом доля "КАМАЗа" на российском рынке грузовиков в ноябре составила 44 %.

Пресс служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 625.08:620.169.1:657.372.3

А. Н. Максименко, Е. В. Заровчатская, Белорусско-Российский университет,
г. Могилев Республика Беларусь
E-mail: maksimenko.bru@yandex.ru

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКА ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

В статье представлена методика определения срока полезного использования строительных и дорожных машин с учетом изменений их технико-экономических показателей на этапе эксплуатации их жизненного цикла.

Ключевые слова: *эксплуатация, жизненный цикл, строительные и дорожные машины, производительность, прибыль, срок полезного использования, технико-экономические показатели.*

Введение

В настоящее время предприятиям, используемым технику при реализации производственных процессов, предоставляется право самостоятельно определять срок полезной эксплуатации машины [1]. Этот срок зависит от динамики основных технико-экономических показателей (ТЭП) на этапе эксплуатации жизненного цикла (ЭЖЦ) машины. В процессе увеличения наработки машины с начала эксплуатации до определенного состояния основные ТЭП (производительность, себестоимость единицы продукции, количество рабочего времени) изменяются в разы, что важно учитывать при определении прибыльной продолжительности ее эксплуатации. Индивидуальный учет динамики выходных параметров и всех составляющих машиночаса [2] позволяет повысить точность определения ТЭП, определить целесообразность дальнейшей эксплуатации или списания машины и обеспечить безотказную работу машины на объекте. Для оценки эффективности использования строительных и дорожных машин (СДМ) важно определить наработку каждой машины, соответствующей максимальной прибыли от использования ее на строительной площадке.

В совокупности решение обозначенных проблем позволит определить наработку окупаемости стоимости машины, и полезный срок службы с учетом получения максимальной прибыли за этап ЭЖЦ машины.

Динамика основных технико-экономических показателей на этапе эксплуатации жизненного цикла машины

Основная задача эксплуатирующих организаций состоит в максимальном использовании потенциальных возможностей конструкции машины при выполнении полезной работы с минимальными затратами на сохранение и восстановление ее работоспособности.

В процессе производственной эксплуатации строительных и дорожных машин затраты на поддержание их работоспособности постоянно изменяются. Эти изменения связаны в первую очередь с процессом старения техники. Наиболее четко процесс старения может быть отражен наработкой машины с начала эксплуатации. Так, с увеличением наработки с начала эксплуатации затраты начинают изменяться, причем для различных наименований эксплуатационных затрат это изменение будет носить различный характер.

Значительный рост затрат на поддержание и восстановление работоспособности строительных и дорожных машин с увеличением наработки необходимо учитывать при определении продолжительности их использования. Изменение себестоимости машиночаса для парка СДМ имеет тенденцию к увеличению, и если для заказчика производства работ усредненные значения стоимости машиночаса позволяют определить сметную стоимость производс-

тва работ, то для организации, занимающейся поддержанием и восстановлением работоспособности, важно знать динамику изменения себестоимости машиночаса от наработки с начала эксплуатации. Так, для погрузчика Амкодор 352 изменение себестоимости машино-часа за наработку от начала эксплуатации до капитального ремонта составило 34 %, от 16,69 у. е. при наработке в 1000 машиночасов до 22,44 у. е. при наработке 6000 машиночасов. Эксплуатационные затраты в себестоимости машино-часа составляют свыше 75 %. Так, для погрузчика грузоподъемностью 3 т они составляют 75—86 %, из них соответственно 40—55 % ТСМ, 28—32 % поддержание и восстановление работоспособности, 6—9 % оплата труда рабочим по управлению машиной, менее 1 % перебазировка (рис. 1).

Производительность является важнейшим показателем оценки эффективности использования СДМ на этапе ЭЖЦ и в разы изменяется от наработки с начала эксплуатации машин, суточного и внутрисменного режима работы. Годовая эксплуатационная производительность с учетом этих факторов может определяться по формуле:

$$П_э^г = (Д_к - Д_п - Д_{рем} - Д_{кр})T_{см}K_{см}П_тK_cK_в,$$
$$м^3/год\ (м^2/год,\ т/год\ и\ т.\ д.), \qquad (1)$$

где $Д_к$ и $Д_п$ — соответственно количество календарных суток и суток всех простоев и перерывов за год за исключением простоев в технических обслуживаниях (ТО) и текущих ремонтах (ТР), сут; $T_{см}$ — продолжительность смены, ч; $K_{см}$ — коэффициент сменности; $K_в$ — коэффициент использования машины по времени; $П_т$ — часовая техническая производительность, $м^3/ч$ ($м^2/ч$, т/ч и т. д.); K_c — коэффициент, учитывающий снижение технической производительности с увеличением наработки с начала эксплуатации; $Д_{рем}$ — количество суток простоев в ТО и ТР, сут.; $Д_{кр}$ — количество суток простоев в капитальном ремонте (КР) (включается только в год его проведения), сут.

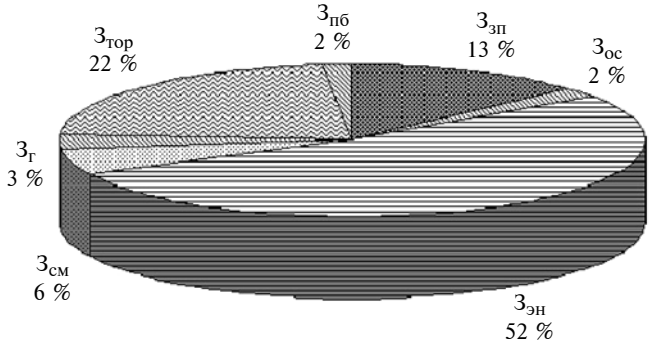

Рис. 1. Распределение эксплуатационных затрат для погрузчика Амкодор 332:

$З_{эн}$ — затраты на энергоносители, $З_{ос}$ — сменную оснастку, $З_{зп}$ — заработную плату машинистов при повременной системе оплаты труда, $З_{пб}$ — перебазирование техники, $З_{тор}$ — ТО и ремонты, $З_г$ — гидравлические жидкости, $З_{см}$ — смазочные материалы

Количество суток простоев $Д_п$ практически не изменяется от наработки СДМ с начала эксплуатации и могут определяться на основе среднегодовых статистических данных в соответствии с рекомендациями [2, 3]. Для всесезонной техники в условиях второй климатической зоны $Д_п$ находится в пределах 130—140 суток и для планирования можно принимать среднее значение 135.

В процессе эксплуатации значительно изменяется количество суток для поддержания и восстановления работоспособности машины, которое можно определять в соответствии с рекомендациями [2] по формуле:

$$Д_{рем} = (Д_к - Д_п)(1 - K_{ти})K_п, \qquad (2)$$

где $K_{ти}$ — комплексный показатель надежности — коэффициент технического использования, определяемый с учетом наработки с начала эксплуатации; $K_п$ — коэффициент перехода от сменного рабочего времени к моточасам, который для погрузчика Амкодор 352 изменяется от 0,85 до 0,5 при среднем значении 0,68 (значения $K_п$ определены на основе хронометража работы погрузчика в дорожной отрасли), моточас/машино-час.

Для рассматриваемого погрузчика количество суток простоя в ТО и ТР изменяется более чем в два раза с начала его эксплуатации до КР при организации агрегатного метода ремонта (рис. 2).

Количество рабочих суток ($Д_р$) можно определить по формуле:

$$Д_р = (Д_к - Д_п)(1 - (1 - K_{ти})K_п). \qquad (3)$$

Для средних условий количество рабочих суток и эксплуатационной производительности при односменном и двухсменном режиме работы погрузчика сведены в таблицу.

Анализ ее значений показывает, что важнейшие технико-экономические показатели (ТЭП) изменяются на этапе ЭЖЦ более чем в 4 раза по сово-

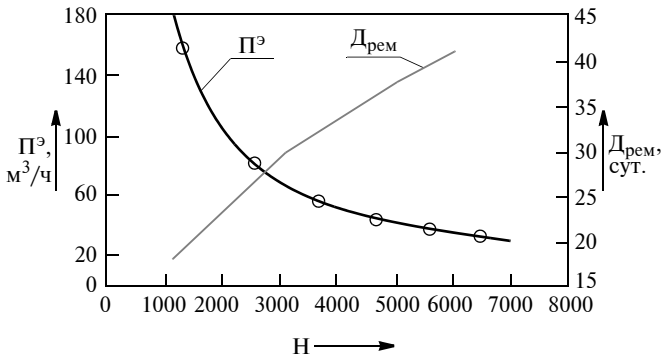

Рис. 2. Изменение простоев при обслуживании и текущем ремонте, а так же часовой эксплуатационной производительности погрузчиков Амкадор 352, эксплуатирующихся во второй климатической зоне

купности влияния наработки с начала эксплуатации, внутрисменного и суточного режима работы, а также наработки до проведения КР.

Так, годовая производительность ($П^{г}_{э}$) изменяется более чем в два раза от наработки погрузчика с начала эксплуатации, до двух раз от суточного режима его работы и до трех раз от внутрисменного режима работы.

Руководителям предприятий важно учитывать эти изменения при планировании и организации строительного производства, так как в таких пределах будет изменяться и стоимость единицы механизированных работ. Хронометраж работы СДМ показал значительные резервы повышения эксплуатационной производительности через коэффициент внутрисменного режимы работы.

Коэффициент использования машины по времени для СДМ изменяется в пределах от 0,3 до 0,85. Этот коэффициент можно выражать через $К_{п}$ по формуле:

$$К_{в} = К_{п} К^{х}_{n}, \qquad (4)$$

где $К^{х}_{n}$ — коэффициент, учитывающий работу двигателя на холостых оборотах (на основе хронометража работы погрузчика Амкодор-352 он изменяется в пределах 0,90—1,0).

При обеспечении запуска двигателя из кабины машины стартером работу его на холостых оборотах можно исключить, т. е. $К^{х}_{n} = 1$ и $К_{в} = К_{п}$. Для определения годовой эксплуатационной производительности и годовой наработки $К^{х}_{n}$ можно принимать среднее значение — 0,95.

Начисление амортизации пропорционально объему продукции (работ) можно определять по формуле:

$$С_{аоt} = П^{г}_{эt} \frac{С_{ас}}{\sum\limits_{t=1}^{n} П^{г}_{эt}}, \text{ руб.}, \qquad (5)$$

где $С_{аоt}$ — сумма амортизационных отчислений в t-ом году, руб.; $П^{г}_{эt}$ — прогнозируемая годовая производительность в t-ом году (м^3/год, м^2/год, т/год и т. д.); $С_{ас}$ — амортизируемая стоимость объекта, руб.; $t = 1...n$ — годы полезного срока использования объекта.

Определение $П^{г}_{эt}$ по формуле (1) позволит планировать годовую сумму амортизационных отчислений с учетом снижения работоспособности машины на этапе ЭЖЦ.

Изменения $П^{г}_{эt}$ погрузчика Амкодор 352 за восемь лет эксплуатации для односменного и двухсменного режима работы приведены в таблице.

Для целей планирования можно использовать коэффициент амортизационных отчислений, который определяется по формуле:

$$К_{аоt} = \frac{П^{г}_{эt}}{\sum\limits_{t=1}^{n} П_{эt}}, \qquad (6)$$

т. е. $С_{аоt}$ может определяться в этом случае выражением:

$$С_{аоt} = К_{аоt} С_{ас}. \qquad (7)$$

Значения $С_{аоt}$ и $К_{аоt}$, рассчитанные для односменного и двухсменного режима работы погрузчика Амкодор 352 при использовании способа списания стоимости пропорционально объему работ, сведены в таблице.

При наличии данных по объему выполняемой машиной полезной работы и затрат на ТО и ремонты в процессе наработки с начала эксплуатации можно на любом этапе определить эффективность ее использования.

Оценку эффективности использования СДМ за рассматриваемый период эксплуатации важно рассматривать с учетом производительности, коэффициента технического использования, коэффициента внутрисменного режима работы, стоимости единицы полезно выполняемой работы, приведенной себестоимости выполнения полезной работы, оптимальной наработки роста прибыли и наработки окупаемости капитальных затрат на приобретение техники [2].

Изменения технико-экономических показателей ($Д_р$, Н, $П_э^г$) по годам использования погрузчика Амкодор 352

Технико-экономические показатели	Год эксплуатации погрузчика							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Количество рабочих суток в году ($Д_р$)	212/211	206/196	199/179	194/196	191/186	179/174	203/193	198/190
Годовая наработка (Н), моточас	1320/2600	1250/2070	1120/1720	1000/2250	930/1880	870/1670	1170/2160	1124/1840
Годовая эксплуатационная производительность для средних условий эксплуатации погрузчика, 10^3 м^3/год	208/400	178/353	151/185	123/320	104/217	93/171	173/286	148/195
Значение коэффициента амортизационных отчислений ($К_{ао}$)	0,18/0,20	0,15/0,13	0,13/0,09	0,10/0,15	0,09/0,10	0,08/0,08	0,15/0,15	0,12/0,011
Сумма амортизационных отчислений на год при производительном способе, 10^3 руб/год	415/462	346/300	300/208	231/346	208/231	195/185	346/346	277/254

Примечания: 1. В числителе приведены значения для односменного режима работы, а в знаменателе двухсменного.
2. Капитальный ремонт проводится для односменного режима на шестом году эксплуатации погрузчика, а двухсменного — на третьем и шестом.
3. Годовая сумма амортизационных отчислений определена с учетом стоимости погрузчика $23 \cdot 10^5$ руб.

Получение максимального эффекта при эксплуатации СДМ возможно при учете затрат на их изготовление, динамики изменения эксплуатационных затрат и производительности в зависимости от наработки, а также стоимости полезно выполняемой работы. На стадии эксплуатации СДМ возможно по каждой машине наладить учет трудоемкости на поддержание и восстановление ее работоспособности, простоев в ТО и ТР, расхода топливосмазочных материалов и запчастей, объема выполняемых работ и наработки с начала эксплуатации. Индивидуальный учет этих показателей при организации производственной и технической эксплуатации позволяет определить наработку окупаемости затрат на приобретение машины, целесообразности проведения капитального ремонта и (или) ее списания с учетом получения максимальной прибыли, а также ее полезный срок службы.

Эффективность поддержания и восстановления работоспособности строительных и дорожных машин в значительной степени зависит от точности планирования обслуживаний и ремонтов в соответствии с их техническим состоянием.

В процессе работы машины снижается время использования ее по назначению, и одновременно возрастают расходы на поддержание и восстановление ее работоспособности. Интенсивность снижения времени выполнения полезной работы и роста затрат на ТО и ремонты определяют рациональную наработку до капитального ремонта или до списания машины. Причем для определения этой наработки необходимо иметь не усредненные данные по изменению простоев в ТО и ремонтах и затраты на их проведение, а индивидуальные по каждой машине.

Методика индивидуального метода определения полезного срока службы машины

При эксплуатации СДМ важно определить рациональную наработку и полезный срок службы для получения максимальной прибыли от их использования. Изменение выходных параметров СДМ зависит от множества факторов на стадии проектирования, производства и эксплуатации.

Сочетание этих факторов определяет разную динамику выходных параметров в процессе эксплуатации конкретной машины. Определение рациональной наработки и полезного срока службы машины на основе средних значений ТЭП приведет к ошибкам более 50 %. В настоящее время на предприятиях дорожной отрасли проводится мониторинг расхода топлива и рабочего времени СДМ с установкой приборов на каждую машину. Возможности устанавливаемых электронных блоков можно расширить для получения данных по простоям машины в ТО и ремонтах, наработке и полезного вре-

мени ее работы. К полученной информации добавляются объем выполняемых работ и другие ТЭП в соответствии с карточкой учета, предложенной в нормативном документе [3].

Индивидуальный учет эксплуатации машин позволит определять себестоимость машино-часа, эксплуатационную производительность, полезную наработку, прибыль и полезный срок службы с учетом суточного режима работы и проведения капитальных ремонтов.

Определение фактических суммарных затрат по эксплуатации машины определяется по методике, предложенной в [2].

Экономический эффект, выражаемый в виде фактической прибыли или фактических убытков ($П^ф$) за месяц, определяется по формуле:

$$П^м_ф = С^м_р - З^м_{см}, \text{ руб.}, \quad (8)$$

где $С^м_р$ — стоимость выполненного объема работ, руб.; $З^м_{см}$ — суммарные затраты, включая налоги, руб.

Определяя фактическое значение прибыли за каждый месяц эксплуатации СДМ можно выявить динамику ее изменений за квартал, год и оценить эффективность эксплуатации данной машины. При сильном снижении экономического эффекта за длительный промежуток времени руководитель организации или соответствующего структурного подразделения может принимать решение о проведении диагностики машины с последующим ее ремонтом или ставить вопрос о целесообразности списания убыточной машины. В итоге эксплуатация, ремонт или списание машины будет экономически обоснованным.

На основании заносимой информации можно оценивать не только экономическую эффективность машины, но и определять фактические значения коэффициентов, используемых при планировании и организации дальнейшей эксплуатации. По этим данным можно определять: фактические значения коэффициентов готовности, технического использования и перехода от рабочего времени машины к часам наработки в моточасах, удельного расхода топлива, приведенной себестоимости машины и себестоимости единицы выполненной работы, а также их динамики в процессе наработки с начала эксплуатации.

Коэффициент готовности $\left(К^м_г\right)$ отражающий готовность выполнять машиной полезную работу за месяц, можно определить по формуле:

$$К^м_г = \frac{Т^м_ч}{Т^м_н}, \quad (9)$$

где $Т^м_ч$ — расчетное количество часов рабочего времени машины на планируемый год, машино-час; $Т^м_н$ — время нахождения машины в наряде, час.

Коэффициент технического использования за месяц ($К^м_{ти}$), являющийся комплексным показателем надежности, отражающий процесс старения техники, можно определить по формуле:

$$К^м_{ти} = \frac{Нм^м}{Нм^м + Н^м_р + Н^м_{то}}, \quad (10)$$

где $Нм^м$ — фактическое значение наработки, моточас; $Н^м_р$ — количество времени нахождения машины в ремонте; $Н^м_{то}$ — количество времени нахождения машины в ТО.

Коэффициент перехода $\left(К^м_п\right)$ от рабочего времени машины к часам наработки в моточасах за месяц, можно определить по формуле:

$$К^м_п = \frac{Нм^м}{Т^м_ч}. \quad (11)$$

Коэффициент использования машины по времени для СДМ изменяется в пределах от 0,3 до 0,85. Этот коэффициент можно выражать через $К_п$ по формуле:

$$К_в = К^м_п \, К^х_n, \quad (12)$$

где $К^х_n$ — коэффициент, учитывающий работу двигателя на холостых оборотах.

Значения данных коэффициентов можно определить не только за месяц, но и на год или произвольный промежуток времени. Для этого достаточно подставлять в формулы значения за год или за интересующий интервал времени.

Удельный расход топлива ($q_{еп}$) на единицу объема выполненных работ, можно определить по формуле:

$$q_{еп} = \gamma \sum_{j=1}^{Д^{м}_{рм}} \frac{G^{м}_{тj}}{V^{м}_{рj}} \text{ расход ТСМ/единица выполненного объема работ} \quad (13)$$

где γ — плотность топлива, г/лж; $V^{м}_{рj}$ — значение объема выполненной работы за j-ые сутки в установленных физических величинах; $G^{м}_{тj}$ — расход ТСМ за сутки, л; j — порядковый номер суток в месяце.

На основании интенсивности изменения коэффициента технического использования и коэффициента внутрисменного режима работы определяется **прогнозируемая прибыль** ($П_п$) в процессе дальнейшей эксплуатации машины по формуле:

$$П_п = (С_т - Се^{пр})П_т К_с К_в t К^{м}_{ти}, \text{ руб.}, \quad (14)$$

где $С_т$ — стоимость единицы выполненной работы, руб.; $С^{пр}_{е}$ — приведенная себестоимость механизированных работ с учетом накладных расходов и амортизационных отчислений по парку СДМ, руб./м^3, руб./т, руб./м^2; $П_т$ — техническая производительность машины, м^3/машино-час, т/машино-час, м^2/машино-час; $К_с$ — коэффициент, учитывающий снижение технической производительности; t — количество рабочего времени машины с учетом простоев в ТО и ТР, кроме КР за рассматриваемый интервал времени, машино-час.

При возможности определения наработки машины по приборам $П_п$ можно определить по формуле:

$$П_п = (С_т - С^{пр}_{е})П_т К_с К^{х}_{n} Н_{пл}, \text{ руб.}, \quad (15)$$

где $Н_{пл}$ — планируемая годовая наработка машины за рассматриваемый интервал ее использования на объекте, моточас.

Учет и анализ использования машины за прошедший этап ее применения и прогнозирование дальнейшей эксплуатации невозможно без использования информационных технологий. Определение эффективности эксплуатации СДМ на основании получения прибыли можно определять в соответствии с предложенным алгоритмом (рис. 3). В основе работы алгоритма лежит индивидуальный учет показателей работы машины и определение фактических либо планируемых показателей прибыли и эффективности эксплуатации машины. Планируемый расчет показателей работы алгоритма производится согласно методике, приведенной ранее [2, 4]. Фактический расчет осуществляется на основании данных карточки учета работы СДМ, по предложенной выше методике.

В соответствии с алгоритмом осуществляется расчет фактической или (и) планируемой прибыли, происходит анализ эффективности эксплуатации машины с выдачей рекомендаций о ее дальнейшей эксплуатации, необходимости ремонтно-восстановительных операций или списания.

В каждом i-ом интервале по исходным данным определяются приведенные затраты на эксплуатацию машины ($С_{эНi}$), стоимость полезно выполненной работы ($С_{Нi}$) и прибыль или убытки ($П_{Нi}$). Эти величины за период времени с начала эксплуатации оцениваются суммой значений по всем интервалам, т. е.

$$С_н = \sum_{i=1}^{n} С_{Нi} = \sum_{i=1}^{n} С_{Тi} П_{Тi} К_{Сi} К^{х}_{ni} Н_i; \quad (16)$$

$$С_{ЭН} = \sum_{i=1}^{n} С_{ЭНi} = \sum_{i=1}^{n} С^{ПР}_{МЧ} Н_i К^{х}_{ni}; \quad (17)$$

$$П_Н = \sum_{i=1}^{n} П_{Нi} = \sum_{i=1}^{n} П_{Тi} К_{Сi} К^{х}_{ni} Н_i \left(С_{Тi} - Се^{ПР}_{Нi} \right), \quad (18)$$

где n — количество рассматриваемых интервалов за количество рабочего времени.

В процессе организации выполнения строительных работ возникает необходимость определять наработку: окупаемости приобретаемой техники; проведения ее КР и списания. Для решения этой задачи прибыль от эксплуатации конкретной машины можно определить по формуле:

$$П_а = \left(С_т - С^{пр}_{еа} \right) П_т К_с К^{х}_{n} Н - С_{и}, \text{ руб.}, \quad (19)$$

где $С^{пр}_{еа}$ — приведенная себестоимость механизированных работ, определяемая при исключении из себестоимости машино-часа затрат на амортизацию машины, руб./м^3, руб./т, руб./м^2 и т. д.; $С_{и}$ — стоимость машины, руб.

Начало эксплуатации машины характеризуется минимальными эксплуатационными затратами путем применения самых низких составляющих на сохранение и восстановление работоспособности машины и на расход эксплуатационных материалов при максимальном объеме полезно выполняемой работы за единицу времени. Продолжительность $Н_{ок}$ зависит от стоимости изготовления машины и разности между интенсивностью роста стоимости полезной работы и стоимостью ее эксплуатации. Важно обеспечить минимальное значение наработки окупаемости и перейти в период эксплуатации,

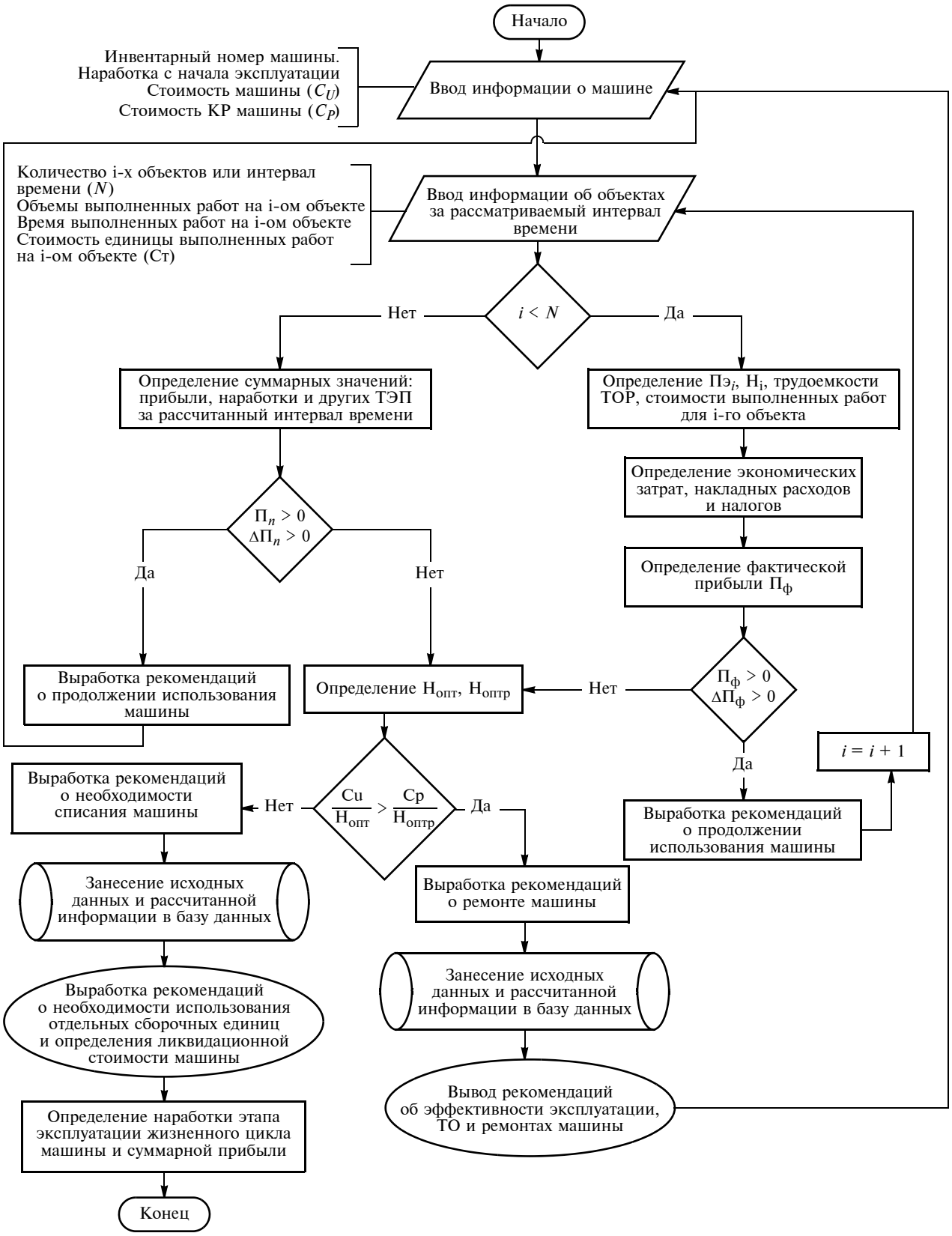

Рис. 3. Алгоритм определения целесообразности использования, ремонта и списания машины

когда машина начинает приносить потребителю прибыль. Этот период эксплуатации заканчивается, когда интенсивность роста стоимости полезной работы становится равной интенсивности роста стоимости эксплуатации машины, что обеспечивает максимальный экономический эффект, и его продолжительность зависит от качества изготовления машины и организации технической эксплуатации. Наработка соответствующая максимальной прибыли является оптимальной наработкой ($Н_{опт}$), дальнейшее использование машины по назначению при $Н_i > Н_{опт}$ приведет к снижению приращения суммарного экономического эффекта. Максимально возможную прибыль машины за срок службы можно получить при проведении КР, после которого величина ТЭП снижается, однако интенсивность их роста с увеличением наработки после КР превышает значения роста для новой машины. Целесообразность проведения КР определяется неравенством $\frac{C_u}{Н_{опт}} > \frac{C_р}{Н_{оптр}}$, где соответственно $Н_{опт}$ и $Н_{отпр}$ — это оптимальная наработка до и после КР. Приобретая машину, юридическое или физическое лицо несет затраты (C_u), которые ему компенсируются в процессе использования машины по назначению.

При определенной наработке $П_а$ будет равна нулю:

$$\left(C_т - C_{еа}^{пр}\right)П_т K_с K_n^х Н_{ок} = 0, \text{ руб.}, \qquad (20)$$

а наработка окупаемости стоимости новой машины в этом случае определяется по формуле:

$$Н_{ок} = \frac{C_н}{\left(C_т - C_{еа}^{пр}\right)П_т K_с K_n^х}. \qquad (21)$$

С увеличением наработки с начала эксплуатации происходит накопление численных значений расчетных технико-экономических показателей, позволяющих определить не только наработку окупаемости, но и предельную наработку роста суммарного экономического эффекта, наработку прибыльной эксплуатации машины, а также выработку рекомендаций о прекращении ее использования.

Для погрузчика Амкодор 352 нижним пределом полезного срока можно принимать 6 лет, так как за менее короткий срок не реализуется ресурс при односменном режиме работы и ресурс после КР соответственно при двухсменном.

Двухсменный режим работы СДМ обеспечивает более низкие амортизационные отчисления на единицу производимой работы (в 1,7 раза) и более высокий уровень восстановления работоспособности в течение двух лет предприятием-изготовителем в соответствии с гарантийным сроком эксплуатации [2]. К сожалению после гарантийного срока восстановление работоспособности СДМ производится индивидуальным методом без фирменного контроля на предприятиях, их эксплуатирующих, что приводит к значительным потерям в строительной отрасли.

В связи с увеличением простоев в ТО и ремонтах и затрат на поддержание и восстановление работоспособности машины, а также снижения годовой производительности с увеличением наработки ее с начала эксплуатации полезный срок амортизации целесообразно принимать в соответствии с оптимальной наработкой проведения КР и суточного режима работы. Так, для рассматриваемого погрузчика Амкодор 352 целесообразно принять полезный срок амортизации 6 или 9 лет при двухсменном режиме работы и 11 лет при односменном режиме работы.

При индивидуальном учете использования СДМ с применением информационных технологий можно определять полезный срок амортизации с учетом изменений годовой производительности на этапе ЭЖЦ машины для любых условий ее эксплуатации.

Заключение

1. Полезный срок службы должен определяться в соответствии с динамикой ТЭП, оптимальной наработкой проведения КР и принятым суточным режимом работы машины.

2. Продолжительность этапа ЭЖЦ машины, соответствующего максимальной прибыли, можно определять по приведенному алгоритму (см. рис. 3) с учетом мониторинга динамики ТЭП в процессе ее использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Методические указания** по бухгалтерскому учету основных средств. Приказ Минфина России от 13 октября 2003 г. № 91н, с изменениями от 27.11.2006 № 156н, от 25.10.2010 № 132н, от 24.15.2010 № 186н.
2. **Максименко А. Н.** Оценка эффективности использования строительных и дорожных машин: монография / А. Н. Максименко. — Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. — 213 с.: ил.
3. **Рекомендации** по совершенствованию технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин с учетом целесообразности их эксплуатации на любом этапе с начала использования. ДМД 02191.7.-2009, Минск: БелдорНИИ, 2009. — 90 с.
4. **Максименко А. Н.** Повышение эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин на основе комплексного контроля их работы / А. Н. Максименко, Г. С. Тимофеев, В. В. Васильев, В. В. Кутузов, Е. В. Заровчатская, Е. А. Косенко // Автомобильные дороги и мосты. — 2013. — № 1 (11). — С. 70—76.

УДК 629.113.004.67

М. Ю. Карелина, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), e-mail: karelinamu@mail.ru,
С. М. Гайдар, д-р техн. наук, **А. В. Пыдрин**, аспирант, ФГБОУ ВО РГАУ — МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: avtokon93@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Обоснована общая закономерность старения моторных масел. Рассмотрены возможные причины снижения эффективности их работы в зависимости от воздействия различных факторов. Выявлены органические соединения, молекулы которых представляют дифильное строение с перфторированным радикалом. Экспериментально показано, что сформулированный молекулярный слой на поверхностях трибосопряжений двигателя, за счет сил адсорбции, позволяет улучшить эксплуатационные свойства масел и, как следствие, эксплуатационные характеристики двигателя внутреннего сгорания.

***Ключевые слова**: трибосопряжения, трение, износ, моторное масло, двигатель, модификатор, перфторированные поверхностно-активные вещества, компрессия, механические потери, крутящий момент, удельный расход топлива.*

Для снижения величины и стабилизации условий трения, предотвращения интенсивного износа в трибосопряжение вводят различные смазочные среды.

Как известно, работающие моторные масла — это сложные многокомпонентные системы, содержащие поверхностно-активные вещества — присадки, продукты старения масла и продукты сгорания топлива, между которыми неизбежно происходят взаимодействия. Присадки обеспечивают маслам требуемые эксплуатационные свойства и продлевают тем самым срок их службы, повышая существенным образом ресурс двигателей. Продукты старения масел и сгорания топлива (кислоты, поликонденсированные ароматические углеводороды, смолы, сажистые частицы и т. д.) отрицательно влияют на эксплуатационные свойства масел, поскольку, взаимодействуя с присадками, эти продукты приводят к их срабатыванию и в целом ухудшают эксплуатационные свойства масел.

На практике об изменении эксплуатационных свойств масел судят по значениям основных стандартных физико-химических показателей, к которым относят кислотное и щелочное числа, вязкость, температуру вспышки, зольность и т. д. [1]. Однако до сих пор отсутствует единое мнение по обоснованному выбору и критическим значениям стандартных показателей, при достижении которых следует производить замену работавшего масла свежим. Поэтому зачастую замена масла оказывается экономически и экологически неоправданной. Если масло не вырабатывает свой ресурс, возникает экономическая проблема, если значительно переработает ресурсный срок, что может вызвать отказ двигателя — техническая и экологическая проблемы. Кроме того, несвоевременная замена моторного масла затрудняет его повторное использование в силу наличия большого количества поверхностно-активных веществ: в первом случае — присадок, а во втором — экологически опасных продуктов старения масла. Следует признать, что даже при комплексном использовании ряда основных показателей, принятых на практике, точно определить момент рациональ-

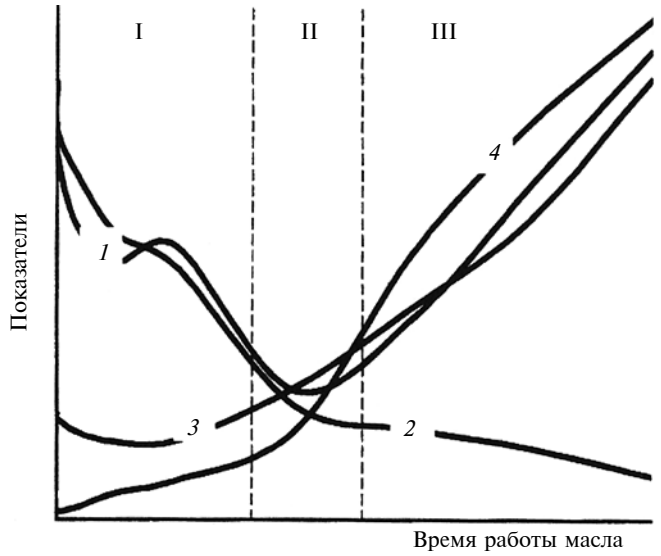

Рис. 1. Изменение показателей качества работающего моторного масла во времени:

1 — электропроводность; *2* — щелочное число; *3* — кислотное число; *4* — вязкость; I — эффективная работа масла; II — диапазон замены масла; III — потеря эффективности действия масла

ной замены смазочного материала по его фактическому состоянию редко удается.

На рис. 1 приведены обобщенные зависимости значений основных показателей качества моторного масла от времени работы, полученные путем сопоставления результатов испытаний моторных масел в лабораторных условиях и на моторных стендах [2]. Как видно, на этих зависимостях могут быть выделены три области (см. рис. 1). В области I имеет место нормальная работа масла, когда оно отвечает всем функциональным требованиям и при этом негативных последствий в эксплуатации техники не наблюдается. В области III присадки уже неспособны противостоять негативному влиянию внешних воздействий, и имеет место резкое изменение выбранных показателей. Когда текущие значения анализируемых показателей качества масла попадают в область II, это масло целесообразно заменить свежим. Таким образом, именно время работы масла до достижения этой области определяет работоспособность и срок службы моторного масла.

Важно отметить, что кривая *1*, характеризующая изменение электропроводности работающего масла, является суммарным показателем, отражающим наличие в масле как присадок, так и продуктов окисления. Снижение электропроводности в I области характеризует убыль присадок, а возрастание в III области — накопление продуктов окисления. Скачкообразное изменение электропроводности в начале I области работы масла свидетельствует о так называемой "притирке" присадок между собой и компонентами базового масла.

В то же время, для более обоснованной оценки уровня функциональных свойств моторных масел при их создании и применении кроме общепринятых стандартных целесообразно использовать ряд новых показателей и методов оценки качества этих масел на любом участке их работы. Эти показатели должны обладать возможностью оценивать предполагаемую эффективность действия и срок работы вновь созданных, а также определить запас работоспособности (остаточный ресурс) работающих моторных масел.

В настоящее время существующие методы оценки изменений состава и свойств работающих моторных масел по точности и достоверности не соответствуют современным требованиям. Комплекс методов, позволяющий оценить запас работоспособности работающих моторных масел, предложенный авторами в работе [2], возможно применять в лабораторных условиях. В условиях эксплуатации необходимы экспресс-методы, но они не обеспечивают требуемую точность и достоверность.

В работе предложено компенсировать изменение качества моторного масла при его работе в двигателе не его преждевременной заменой, а введением через рабочую среду в качестве добавки к маслу антифрикционного модификатора.

Модификатор представляет собой перфторорганическое соединение и эмульгатор, в качестве перфторорганических соединений может быть использована перфторированная кислота полипропиленоксида, перфторполиэфиро-ацилфториды или смесь перфторполиэфиров общей формулы:

$$R_F(C_3F_6O)_nZ,$$

где

$$R_F = 1)\ CF_3O–,\ 2)\ C_2F_5O–,\ 3)\ C_3F_7O–,$$

$$Z = 1)\ –COOH,\ 2)\ –CF_2COF,\ 3)\ –CF_3,$$

$$n = 8...32.$$

В качестве эмульгатора модификатор содержит неионогенное ПАВ [3].

Обработку двигателя предложенным модификатором производят в течение 1—3 ч на холостом ходу или в режиме движения введением в систему смазки.

Перфторорганические соединения, входящие в состав предлагаемой композиции, за счет сил хемо-

сорбции способны образовывать на поверхностях мономолекулярный слой толщиной 4—6 нм, который и обеспечивает необходимый эффект [4].

Проверка эффективности указанного модификатора включала два этапа. Первый — измерение компрессии и определение момента механических потерь двигателя, получение нагрузочных и скоростных характеристик при использовании базового масла. Второй этап — проведение экспериментов и измерение параметров при тех же условиях работы двигателя, используя базовое масло с модификатором.

У двигателя ЗМЗ-21 было использовано масло, показатели качества которого находились в зоне II — диапазон замены масла (см. рис. 1).

Для испытаний использовали весы для взвешивания топлива, секундомер, компрессиметр. Приспособления стенда показывали частоту вращения коленчатого вала n, температуру масла и охлаждающей жидкости, крутящий момент двигателя M_s и механические потери двигателя M_m.

Другие параметры, такие как G_d, N_e и g_e, получили с помощью расчетов. Для вычисления использовали формулы:

$$G_d = G_b 3{,}6\tau, \quad (1)$$

где G_d — часовой расход топлива, кг/ч; G_b — расход топлива за время испытания, г; τ — время испытания, с.

$$N_e = 1{,}047 \cdot 10^{-4} M_s n, \quad (2)$$

где N_e — эффективная мощность двигателя, кВт; M_s — крутящий момент двигателя, Нм; n — частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$.

$$g_e = (G_d \cdot 1000)/N_e, \quad (3)$$

где g_e — удельный расход топлива, г/кВт · ч.

Некоторые вычисления и измерения представлены не в системе величин СИ, а в единицах, которые распространены и доступны для понимания специалистов; в вычислениях, в которых оценивали расход топлива, величина погрешности составляет ±3 %.

Измерение компрессии в цилиндрах мотора

Одним из параметров, указывающих на уровень износа цилиндро-поршневой группы двигателя, является величина компрессии в цилиндрах.

Во время измерения температура охлаждающей жидкости двигателя достигала 80—90 °С, дроссель был полностью открыт, все свечи зажигания выкручены, частота оборотов коленчатого вала при повороте стартера составляла 40—60 мин$^{-1}$. Измерения проводили компрессиметром, предназначенным для карбюраторных двигателей.

Результаты измерений представлены в табл. 1, 2 и на рис. 2.

Полученные данные показывают, что при использовании масла с модификатором компрессия в отдельных цилиндрах возросла с 5 до 10 % (в среднем — на 8 %) и стала одинаковой во всех цилиндрах.

Данный двигатель эксплуатируется давно и не относится к типу двигателей высокого давления, поэтому повышение компрессии является результатом создания стабильной пленки масла в цилиндрах под воздействием модификатора. Восстановление величины компрессии в эксплуатируемом двигателе создает возможность уменьшить расходы топлива и масла без увеличения мощности двигателя.

Таблица 1

Значения компрессии в цилиндрах двигателя при использовании базового масла

Цилиндр	1	2	3	4
Компрессия, МПа	0,91	0,86	0,9	0,92
	0,92	0,88	0,88	0,9
	0,9	0,88	0,9	0,9
	0,93	0,88	0,88	0,92
	0,92	0,86	0,89	0,92
Среднее значение компрессии, МПа	0,91	0,86	0,89	0,91

Таблица 2

Значения компрессии в цилиндрах двигателя при использовании базового масла с модификатором

Цилиндр	1	2	3	4
Компрессия, МПа	0,96	0,94	0,98	0,98
	0,94	0,96	0,99	0,90
	0,95	0,97	0,98	0,99
	0,97	0,93	0,97	0,98
	0,98	0,98	0,96	0,97
	0,94	0,96	0,99	0,98
	0,95	0,97	0,97	0,96
	0,97	0,94	0,97	0,99
Среднее значение компрессии, МПа	0,95	0,95	0,97	0,97

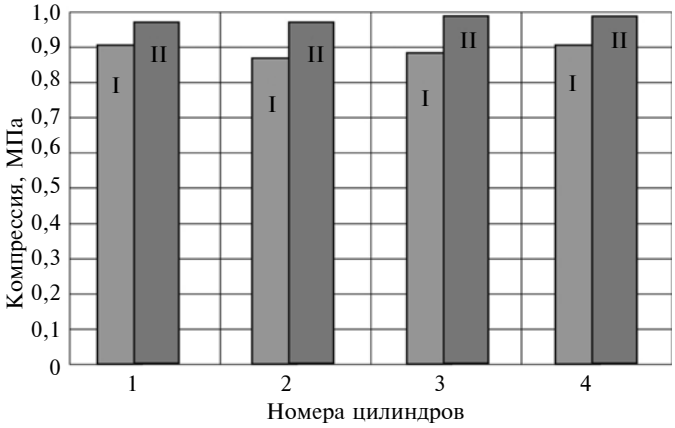

Рис. 2. Компрессия в цилиндрах двигателя:

I — при использовании базового масла; II — базового масла с модификатором; *1*, *2*, *3*, *4* — номера цилиндров

Температура во время экспериментов, °С: масла — 60; окружающей среды — 25; охлаждающей жидкости — 85.

Известно, что увеличение компрессии может произойти только при повышении вязкости масла, но в этом случае увеличивается не только компрессия, но и механические потери (M_m), особенно когда двигатель холодный. Необходимо установить, как изменилась величина механических потерь двигателя при добавлении модификатора.

Определение механических потерь в двигателе

При эксплуатации часть индикаторной мощности расходуется на компенсацию внутренних механических потерь, т. е. на преодоление трения между поршнем, кольцами и цилиндром, в подшипниках вращающихся деталей, между двигающимися деталями и воздухом, газами, маслом, охлаждающей жидкостью, а также на процессы газообмена и в сопряжениях дополнительных механизмов.

Важно, чтобы механические потери в двигателе были минимальными. Существует много способов их сокращения: уменьшение массы двигающихся деталей, новые конструкции и т. п. Одним из самых эффективных способов уменьшения механических потерь является смазка поверхностей трущихся деталей маслами с антифрикционными присадками.

Для определения величины механических потерь проведены две серии экспериментов: двигатель ЗМЗ-21 пускали в холодном и прогретом состоянии при частоте оборотов менее 1500 мин$^{-1}$ с использованием базового масла и масла с модификатором. В первой серии экспериментов поставлена задача: имитировать рабочий режим только что пущенного двигателя, во второй — прогретого до нормальной температуры.

Таблица 3

Механические потери двигателя при использовании масла без модификатора

Холодный двигатель		Прогретый двигатель	
Обороты (n), мин$^{-1}$	Момент механических потерь (M_m), Н · м	Обороты (n), мин$^{-1}$	Момент механических потерь (M_m), Н · м
400	37	500	27,5
500	38	600	28
600	40,5	700	28
700	42,5	800	28
800	43,5	900	29
900	45	1000	30,5
1000	46	1100	30,5
1100	47	1200	32
1200	48	1300	33
1300	50,5	1400	33,5
1400	50,5	1300	32,5
1300	49,5	1200	31,5
1200	46,5	1100	30
1100	45	1000	29,5
1000	42	900	29,5
900	41	800	29
800	38,5	700	28,5
700	37	600	27
600	34,5	500	26
500	32	400	25

Результаты испытаний представлены в табл. 3, 4 и на рис. 3, 4.

Из рис. 3 видно, что момент механических потерь холодного двигателя (M_m) при использовании масла с модификатором на 5—6 % меньше, чем при использовании масла без модификатора.

Еще большая разница момента механических потерь (M_m) при использовании масла с модификатором и без него была достигнута, когда двигатель работал в обычном температурном режиме, и температура охлаждающей жидкости достигла 80—90 °С. В данном случае эта разница составила 8—9 % (см. рис. 4).

Полученные результаты позволяют добиться не только увеличения мощности двигателя и продления его моторесурса, но и значительного уменьшения расхода топлива.

Нагрузочные характеристики двигателя

Данные характеристики позволяют оценить экономичность двигателя в зависимости от частоты

Таблица 4

Механические потери двигателя при использовании масла с модификатором

Холодный двигатель		Прогретый двигатель	
Обороты (n), мин$^{-1}$	Момент механических потерь (M_m), Н · м	Обороты (n), мин$^{-1}$	Момент механических потерь (M_m), Н · м
1	2	3	4
500	38	500	27
660	41,5	540	30
780	44	600	31
920	46	660	32
1030	47	740	31
1100	48	800	30
1200	48	870	32
1300	49	920	31
1440	51	930	33
1360	49	1000	33
1250	47	1020	32
1150	45	1090	34
1000	42	1090	33
900	40	1170	36
700	38	1180	34
620	40	1260	37
500	35	1290	34
560	36	1340	37
750	38	1390	37
820	41	1460	38
900	41	1470	39
1010	43	1390	38
1120	43	1390	37
1200	44	1310	36
1300	47	1300	37
1400	48	1200	34
1300	46	1190	36
1200	43	1040	34
1120	42	1000	33
1000	40	990	32
900	38	900	31
760	35	850	33
640	34	800	31
500	32	710	30
		660	30
		620	30
		540	31

вращения коленчатого вала (эксперименты проводили при n = 1700 и 2000 мин$^{-1}$) и величины переменной нагрузки.

Во время испытаний двигатель был заведен и после того, как установился тепловой режим (температура охлаждающей жидкости 80—90 °С), были проведены эксперименты. Результаты представлены в табл. 5—8 и на рис. 5—8. Нагрузка двигателя во время испытаний достигала более 60 % номинальной мощности, при этом удельный расход топлива g_e достиг минимального значения. Полученные экспериментальные данные обработаны полиномом второй степени.

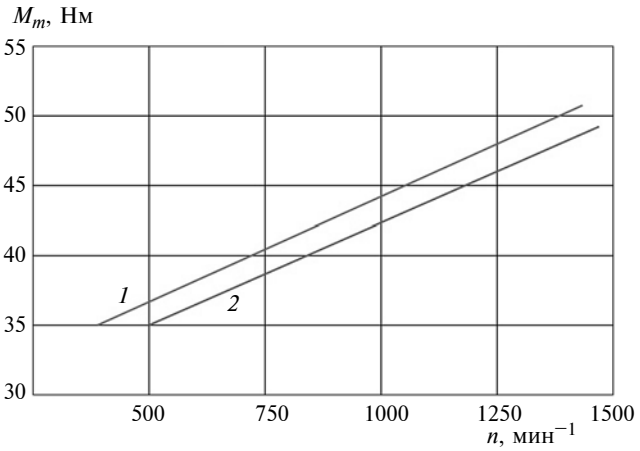

Рис. 3. Зависимость момента механических потерь (M_m) от числа оборотов (n) холодного двигателя:

1 — без модификатора; *2* — с модификатором (температура во время эксперимента, °С: масла — 25; окружающей среды — 20; охлаждающей жидкости — 20)

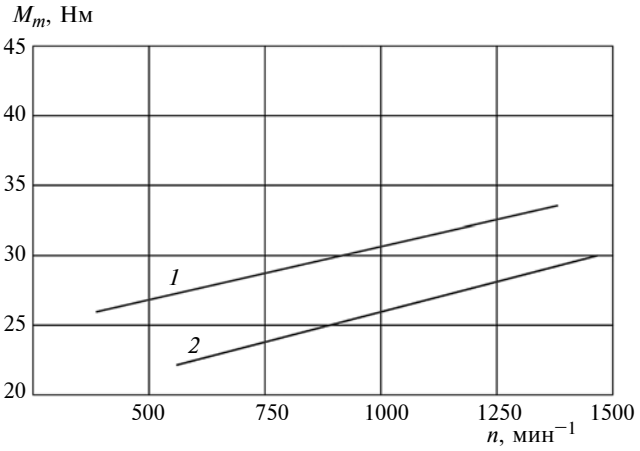

Рис. 4. Зависимость момента механических потерь (M_m) от числа оборотов (n) прогретого двигателя:

1 — без модификатора; *2* — с модификатором (температура во время эксперимента, °С: масла — 50...60; окружающей среды — 25: охлаждающей жидкости — 80)

Анализ стендовых испытаний показал, что по всему диапазону нагрузки двигателя использование модификтора в качестве присадки к моторному маслу наблюдается понижение удельного расхода топлива g_e на 7—8 %. При крутящем моменте 140 Н · м · с, что соответствует экономичному режиму (см. рис. 8), удельный расход топлива при применении модификатора снизился на 12—15 %. Часовой расход бензина на 100-километровый пробег автомобиля в литрах составил экономию 0,7—1,0 л при среднем расходе топлива около 8 л на 100 км.

Таблица 5

Нагрузочные характеристики двигателя при работе на оборотах 1700 мин$^{-1}$ без модификатора в масле

Обороты (n), мин$^{-1}$	Крутящий момент (M_s), Н · м	Время (τ), с	Расход топлива (G_b), г	Часовой расход топлива (G_d), кг/ч	Развиваемая мощность (N_e), кВт	Удельный расход топлива (g_e), г/кВт · ч
1700	127	41,30	100	8,72	22,56	386,38
1700	127	41,83	100	8,61	22,56	381,53
1700	109	50,64	100	7,11	19,36	367,17
1700	108	51,94	100	6,93	19,18	361,28
1700	85	60,80	100	5,92	15,1	392,13
1700	75	62,59	100	5,75	13,32	431,74
1700	55	70,00	100	5,14	9,77	526,39
1700	53	75,73	100	4,75	9,41	504,90
1700	39	96,57	100	3,73	6,93	538,08
1700	34	93,22	100	3,86	6,04	639,41
1700	24	108,63	100	3,31	4,26	777,36
1700	23	114,80	100	3,14	4,09	767,53

Таблица 6

Нагрузочные характеристики двигателя при работе на оборотах 1700 мин$^{-1}$ с модификатором в масле

Обороты (n), мин$^{-1}$	Крутящий момент (M_s), Н · м	Время (τ), с	Расход топлива (G_b), г	Часовой расход топлива (G_d), кг/ч	Развиваемая мощность (N_e), кВт	Удельный расход топлива (g_e), г/кВт · ч
1700	120	45,00	100	8,00	21,32	375,29
1700	110	47,45	100	7,59	19,54	388,25
1700	103	53,07	100	6,78	18,3	370,77
1700	100	55,48	100	6,49	17,76	365,32
1700	87	61,85	100	5,82	15,45	376,65
1700	72	71,45	100	5,04	12,79	393.95
1700	72	74,12	100	4,86	12,79	379,77
1700	57	75,44	100	4,77	10,13	471,30
1700	52	86,69	100	4,15	9,24	449,58
1700	42	90,69	100	3,97	7,46	532,04
1700	41	105,27	100	3,42	7,28	469,53
1700	24	115,50	100	3,12	4,26	731,09

Таблица 7

Нагрузочные характеристики двигателя при работе на оборотах 2000 мин$^{-1}$ без модификатора в масле

Обороты (n), мин$^{-1}$	Крутящий момент (M_s), Н · м	Время (τ), с	Расход топлива (G_b), г	Часовой расход топлива (G_d), кг/ч	Эффективная мощность (N_e), кВт	Удельный расход топлива (g_e), г/кВт·ч
2000	140	33	100	1	29,26	372,86
2000	120	40,00	100	9,00	25,08	358,89
2000	118	38,50	100	9,35	24,66	379,18
2000	102	47,08	100	7,65	21,32	358,70
2000	100	45,86	100	7,85	20,9	375,65
2000	86	52,93	100	6,8	17,97	378,45
2000	85	46,94	100	7,67	17,76	431,72
2000	60	58,84	100	6,12	12,54	487,92
2000	58	68,14	100	5,28	12,12	435,88
2000	36	87,44	100	4,12	7,52	547,25
2000	32	102,21	100	3,52	7,11	495,71
2000	17	112,04	100	3,21	3,55	904,44

Таблица 8

Нагрузочные характеристики двигателя при работе на оборотах 2000 мин$^{-1}$ с модификатором в масле

Обороты (n), мин$^{-1}$	Крутящий момент (M_s), Н · м	Время (τ), с	Расход топлива (G_b), г	Часовой расход топлива (G_d), кг/ч	Эффективная мощность (N_e), кВт	Удельный расход топлива (g_e), г/кВт·ч
2000	140	40,00	100	9,00	29,26	307,61
2000	122	46,06	100	7,82	25,5	306,58
2000	104	50,27	100	7,16	21,73	329,48
2000	87	57,07	100	6,31	18,18	346,93
2000	60	71,19	100	5,06	12,54	403,28
2000	42	85,90	100	4,19	8,78	477,44
2000	31	95,79	100	3,76	6,48	580,09
2000	42	95,22	100	3,78	8,78	430,75
2000	53	79,83	100	4,51	11,08	407,13
2000	71	70,30	100	5,12	14,84	345,10
2000	85	59,37	100	6,06	17,76	341,36
2000	101	53,16	100	6,77	21,11	320,83
2000	108	49,00	100	7,35	22,57	325,51
2000	117	48,00	100	7,50	24,45	306,73

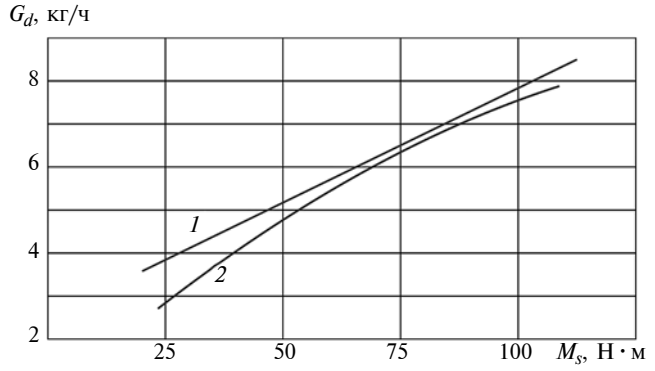

Рис. 5. Зависимость часового расхода (G_d) топлива от крутящего момента (M_s) двигателя при n = 1700 мин$^{-1}$:

1 — без модификатора; *2* — с модификатором

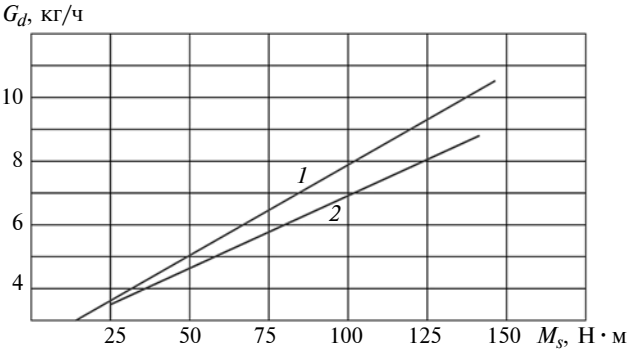

Рис. 7. Зависимость часового расхода (G_d) топлива от крутящего момента (M_s) двигателя при n = 2000 мин$^{-1}$:

1 — без модификатора; *2* — с модификатором

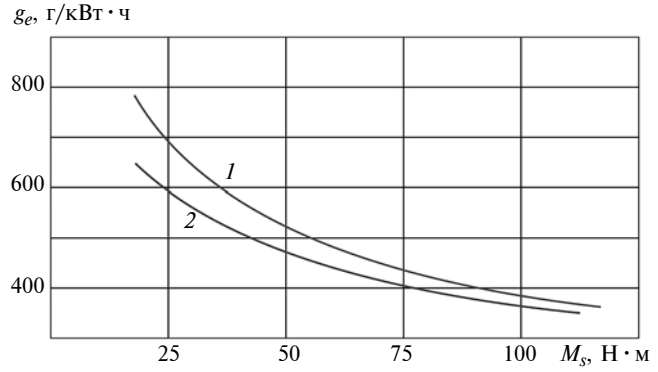

Рис. 6. Зависимость удельного расхода (g_e) топлива от крутящего момента (M_s) двигателя при n = 1700 мин$^{-1}$:

1 — без модификатора; *2* — с модификатором

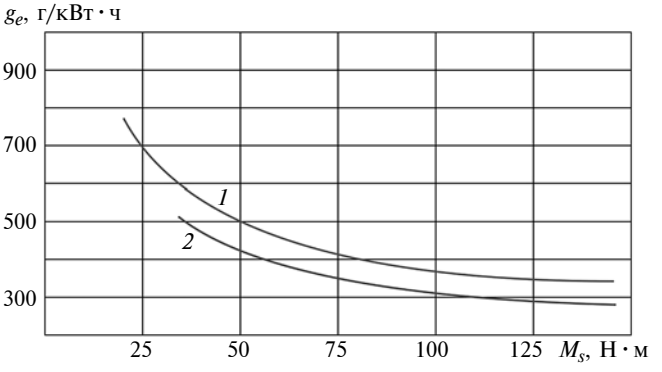

Рис. 8. Зависимость удельного расхода (g_e) топлива от крутящего момента (M_s) двигателя при n = 2000 мин$^{-1}$:

1 — без модификатора; *2* — с модификатором

Скоростные характеристики двигателя

В эксплуатационных условиях скоростной режим изменяется так же часто, как и нагрузка. Число оборотов оказывает наибольшее влияние на параметры рабочего цикла и показатели работы двигателя. Поэтому цель скоростной характеристики — получить закономерность изменения показателей работы двигателя (N_e, M_s, G_d и g_e) от числа оборотов n.

Результаты испытаний представлены в табл. 9 и 10 и на рис. 9—12. Из рис. 9 и 10 видно, что мощность мотора (N_e) и крутящий момент вращения (M_s) увеличились незначительно при использовании в двигателе масла с модификатором, при этом кривые на рис. 11 и 12 отражают уменьшение расхода топлива. Экономия бензина составляет 7—8 %.

Проверка отработавших газов двигателя на токсичность

При работе ДВС образуется около двадцати вредных соединений, выделяются пар и твердые частицы (сажа и т. п.).

Самый ядовитый компонент — угарный газ (CO). К вредным соединениям относятся также соединения азота (NO_x) и углеводороды (C_mH_n), количество которых регламентируется стандартом.

В отработавших газах карбюраторных двигателей количество CO уменьшается при обеднении рабочей смеси или при использовании современных способов сжигания топлива (прямое впрыскивание топлива, камера факельного горения, и т. п.).

Сравним количество CO в отработавших газах двигателя при использовании масла с модификатором и без него.

Таблица 9

Скоростные характеристики двигателя при работе без модификатора в масле

Обороты (n), мин$^{-1}$	Крутящий момент (M_s), Н · м	Время (τ), с	Расход топлива (G_b), г	Часовой расход топлива (G_d), кг/ч	Эффективная мощность (N_e), кВт	Удельный расход топлива (g_e), г/кВт·ч
1700	128	100	48,76	7,38	22,74	324,71
1820	132	100	43,64	8,25	25,10	328,61
1900	134	100	41,23	8,73	26,60	328,2
2000	140	100	35,68	10,09	29,26	344,85
2080	139	100	37,12	9,70	30,17	321,47
2150	134	100	37,48	9,61	30,11	319,02
2500	120	100	35,93	10,02	31,35	319,588
2620	117	100	35,78	10,06	32,03	314,11
2440	122	100	36,01	10,00	31,12	321,26
2300	129	100	36,26	9,93	31,06	319,66
2200	140	100	34,52	10,43	32,18	324,04
1920	145	100	36,98	9,73	29,05	335,13
1640	128	100	46,35	7,77	21,94	354,06
1625	126	100	48,65	7,40	21,39	345,87

Таблица 10

Скоростные характеристики двигателя при работе с модификатором в масле

Обороты (n), мин$^{-1}$	Крутящий момент (M_s), Н · м	Время (τ), с	Расход топлива (G_b), г	Часовой расход топлива (G_d), кг/ч	Эффективная мощность (N_e), кВт	Удельный расход топлива (g_e), г/кВт·ч
1700	130	100	49,26	7,31	23,09	316,47
1800	132	100	43,59	8,26	24,83	332,65
1900	138	100	42,23	8,52	27,40	311,14
1990	144	100	37,18	9,68	29,86	324,29
2060	140	100	38,12	9,44	30,14	313,38
2160	135	100	37,42	9,62	30,52	315,24
2500	122	100	39,50	9,11	31,87	286
2570	120	100	36,28	9,92	32,23	307,92
2460	125	100	36,52	9,86	32,13	306,79
2320	132	100	35,91	10,03	31,91	314,18
2180	139	100	36,84	9,77	31,62	309,06
1920	134	100	41,38	8,70	26,88	323,61
1640	127	100	38,32	7,45	21,76	342,33
1640	129	100	48,73	7,39	22,11	334,18

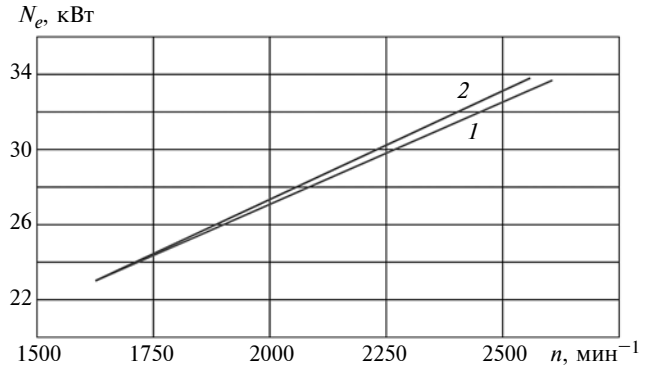

Рис. 9. Зависимость развиваемой мощности (N_e) от числа оборотов (n) коленчатого вала двигателя:
1 — без модификатора; *2* — с модификатором

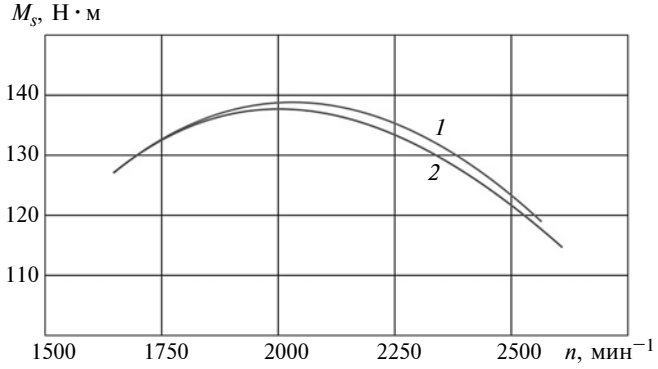

Рис. 10. Зависимость нагрузки (M_s) двигателя от числа оборотов (n) коленчатого вала двигателя:
1 — без модификатора; *2* — с модификатором

Испытания проводили при работе двигателя на холостом ходу (n = 600—900 мин$^{-1}$), так как при низких оборотах уменьшается величина компрессии, поэтому в камере сгорания присутствует много остаточных продуктов горения, богатая топливная смесь и т. п. Количество СО в отработавших газах измеряли анализатором AVL DiGas 465.

В результате испытаний было установлено, что использование модификатора позволяет снизить количество СО при различных оборотах на холостом ходу (n = 600—900 мин$^{-1}$) на 10—30 %.

Выводы

Испытания показали, что использование модификатора в масле двигателя позволяет:

— выровнять и увеличить компрессию в цилиндрах на 5—10 %;

— уменьшить величины механических потерь холодного двигателя на 5—6%, прогретого — на 8—9 %;

— получить экономию топлива в размере 9—12 %;

— повысить мощность двигателя на 5—6 %;

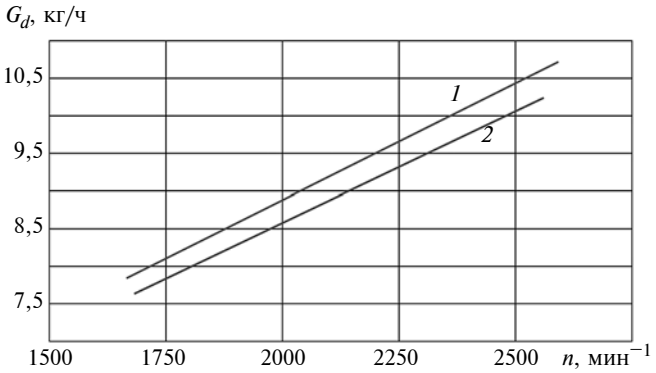

Рис. 11. Зависимость часового расхода (G_d) топлива от числа оборотов (n) коленчатого вала двигателя:
1 — без модификатора; *2* — с модификатором

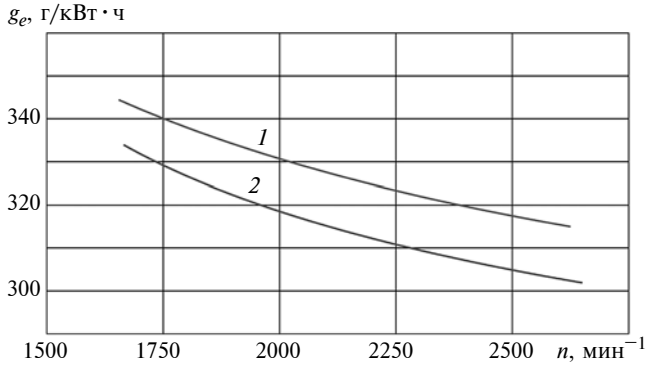

Рис. 12. Зависимость удельного расхода (g_e) топлива от числа оборотов (n) коленчатого вала двигателя:
1 — без модификатора; *2* — с модификатором

— снизить количество СО в отработавших газах на 10—30 %.

Таким образом, стендовые испытания двигателя внутреннего сгорания показали возможность использования добавки на основе фторсодержащих поверхностно-активных веществ для компенсации потери качественных показателей моторных масел в процессе эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гайдар С. М.** Этаноламиды карбоновых кислот как полифункциональные ингибиторы окисления углеводородов. Химия и технология топлив и масел. 2010. № 6. С. 16—20.
2. **Лейметер Т., Фукс И. Г.** Выбор и обоснование показателей работоспособности моторных масел. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2007. № 6. С. 37—45.
3. **Гайдар С. М., Чумаков А. Г.** Перспективы применения нанотехнологий в двигателестроении. Авиационно-космическая техника и технология. 2009. № 10 (67). С. 12—16.
4. **Гайдар С. М., Пучин Е. А., Корнеев А. В.** Способ получения антифрикционного покрытия на контактирующих поверхностях плунжерных пар топливных насосов. Пат. 2391369 Российская Федерация: МПК 7C09D127/12 — № 2009114401. Заявл. 16.04.2009, опубл. 10.06.2010. Бюл. № 16-5с.

УДК 621.882.58

В. А. Зорин, д-р техн. наук, проф., **А. М. Шакурова**, магистр, МАДИ
E-mail: madi-dm@list.ru; alla11777@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАПСУЛИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

В статье рассмотрены особенности применения капсулированных полимерных материалов в резьбовых соединениях транспортно-технологических машин. Приведены результаты исследования изменения состояния капсулированных полимерных материалов в резьбовых соединениях под влиянием эксплуатационных факторов.
Работа проводится в рамках программы стратегического развития ФГБОУ МАДИ на период 2012—2016 гг.

Ключевые слова: *капсулированные материалы, резьбовые соединения, транспортно-технологические машины.*

Повышение надежности резьбовых соединений транспортных, технологических, строительных и дорожных машин является актуальной задачей. В процессе эксплуатации резьбовые соединения испытывают статические и динамические нагрузки. От прочности резьбового соединения во многом зависит надежность машины и безопасность ее эксплуатации. Качество резьбового соединения закладывается при проектировании, однако именно сборка во многом определяет его дальнейшую работоспособность. Применение капсулированных полимерных материалов является перспективным направлением повышения качества резьбовых соединений транспортно-технологических машин. При использовании новых материалов в технологических процессах производства и ремонта машин одной из основных задач является прогнозирование их надежности. Как известно, надежность машин в значительной степени зависит от физико-механических свойств применяемых материалов.

Во время работы машины конструкционные и эксплуатационные материалы испытывают совместное влияние эксплуатационных факторов (механические, тепловые нагрузки) и окружающей среды. Важнейшими факторами окружающей среды являются суточные перепады температуры и влажности.

В настоящей работе приведены результаты исследования состояния резьбовых соединений, собранных с использованием капсулированного полимерного материала, в реальных эксплуатационных условиях. В качестве объектов исследований выбраны стандартные колесные гайки M12 × 1,5 L20 (DIN 74361 A), установленные на автомобиле KIA Sportage с предварительно нанесенным капсулированным материалом ChesterLock P80.

Исследования проводились в условиях подконтрольной эксплуатации: городской транспортный режим в пределах московского региона с умеренно-континентальным климатом в период с ноября 2013 г. по март 2014 г. По данным федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды распределение температур по месяцам в период испытаний представлено в табл. 1. Из этой таблицы видно, что максимальная температура за данный период составила +16 °С, минимальная температура –22 °С. Среднесуточный перепад температур в период испытаний составил от 14 до 27 °С. Интервал изменения влажности в период испытаний составил от 40 до 85 %.

Таблица 1

Распределение максимальных и минимальных температур по месяцам

Месяц, год	День		Ночь	
	min, °C	max, °C	min, °C	max, °C
Ноябрь, 2013	–5	6	–8	4
Декабрь, 2013	–10	4	–13	2
Январь, 2014	–15	5	–22	4
Февраль, 2014	–19	2	–11	5
Март, 2014	0	16	–7	7

Исследования структуры капсулированного материала ChesterLock P80 до и после эксплуатации проводились в Российском федеральном центре судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации на электронном сканирующем микроскопе Phenom Pro X. Материал нанесен кистью на металлическую пластину из токопроводящего материала размером 12 × 12 мм. Область исследования обозначена квадратом на рис. 1, *б*.

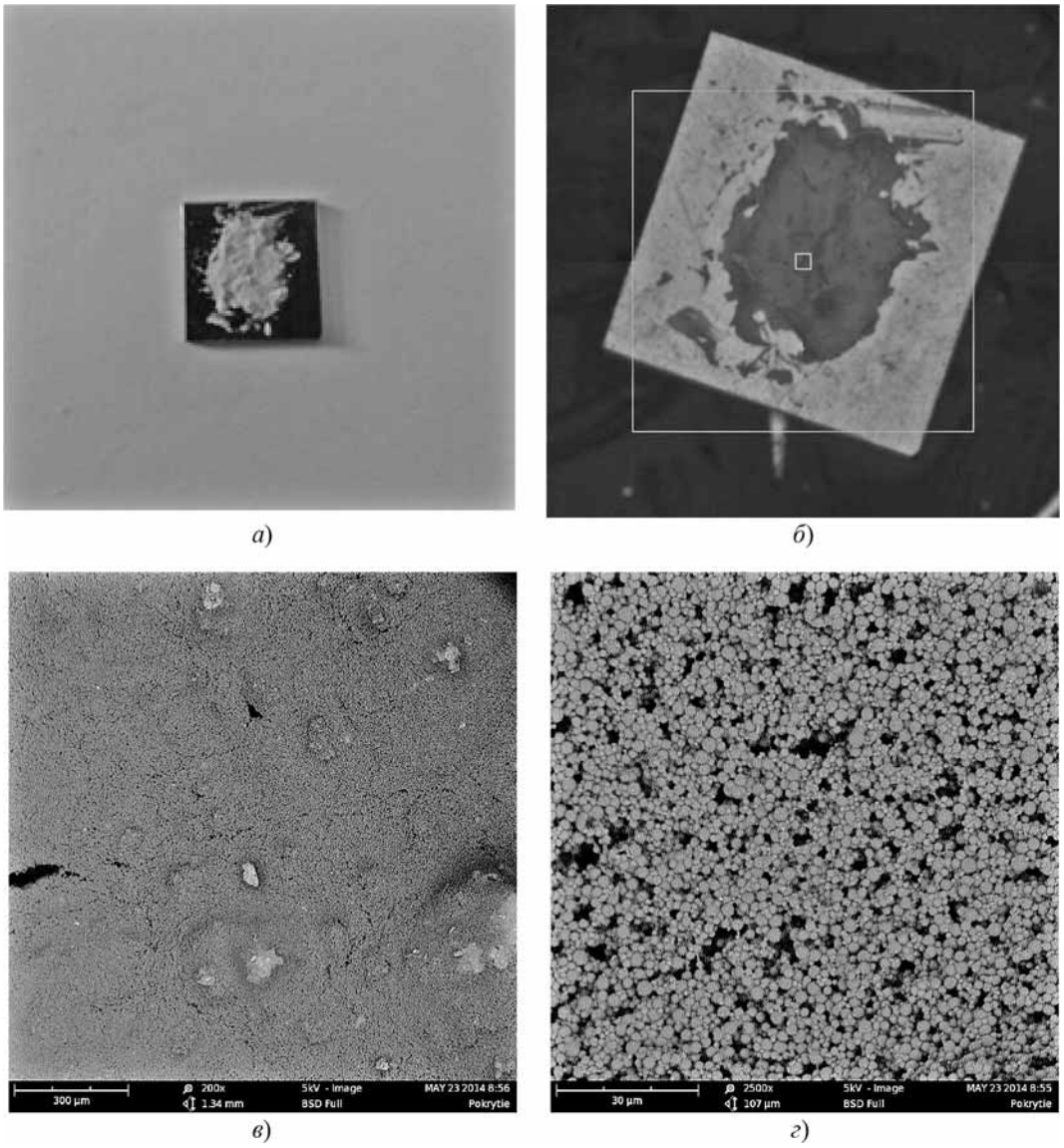

Рис. 1. Капсулированный полимерный материал ChesterLock P80 до эксплуатации:

а — образец материала; *б* — образец материала с указанием области микроскопического исследования; *в* — результаты микроскопического исследования под 200-кратным увеличением, *г* — результаты микроскопического исследования под 2500-кратным увеличением

Изучение структуры проводилось под увеличением в 200 и в 2500 раз (рис. 1 *в*, *г*). На полученном фото образца распознаются капсулы сферической формы, размер которых варьируется от 1,3 до 3,6 мкм.

Затем проведено исследование материала, снятого с витка резьбы гайки после окончания испытаний (рис. 2, *а*). Исследование проводилось под увеличением в 1000 и 7500 раз. Область исследования обозначена квадратом на рис. 2, *б*. На фото (рис. 2, *г*) видно, что в процессе сборки резьбового соединения и в период испытаний были разрушены не все капсулы.

Значительное количество капсул сохранило свою целостность поскольку их размеры были несо-

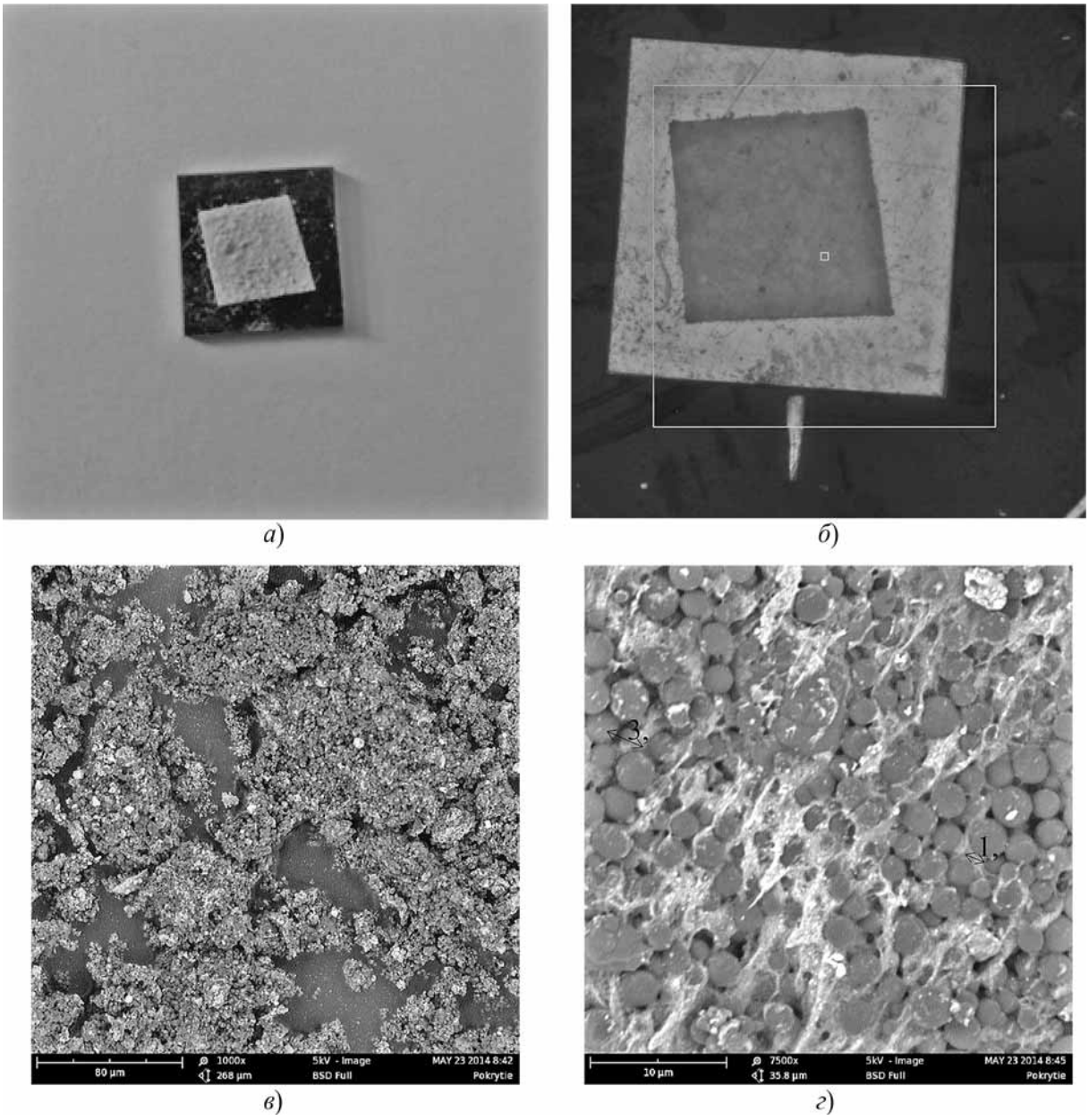

Рис. 2. Капсулированный полимерный материал ChesterLock P80 после эксплуатации:

а — образец материала; *б* — образец материала с указанием области микроскопического исследования; *в* — результаты микроскопического исследования под 1000-кратным увеличением, *г* — результаты микроскопического исследования под 7500-кратным увеличением

измеримо малы по сравнению с величинами зазоров в резьбовом соединении.

Химический анализ проводился в Национальном исследовательском технологическом университете "МИСиС" с помощью сканирующего электронного микроскопа "JEOL JSM-6480LV". Химический анализ состава ChesterLock P80 проведен до и после испытаний. Изучение состава проводилось в трех областях, помеченных прямоугольниками на рис. 3 (капсулированный материал до испыта-

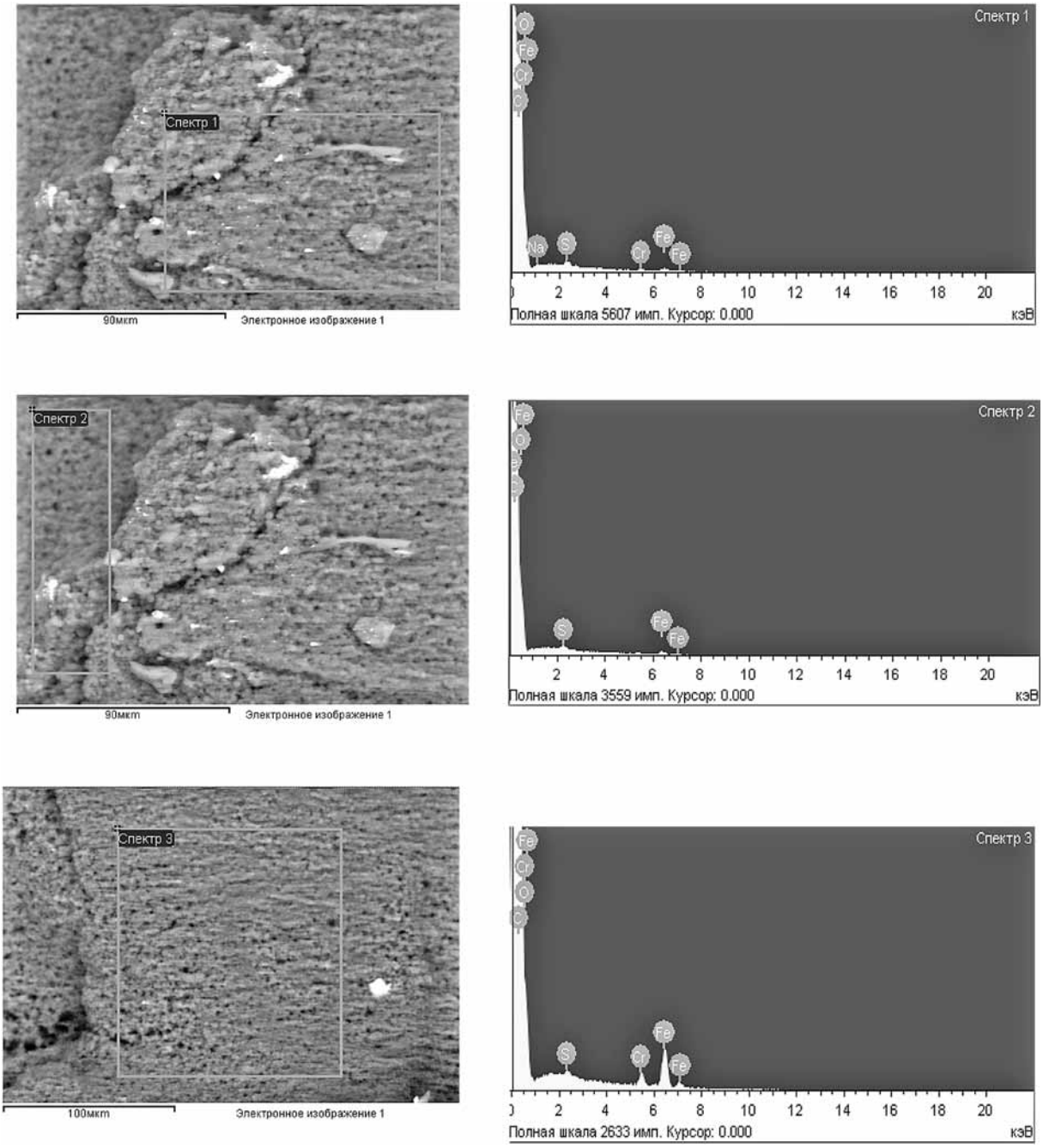

Рис. 3. Состав капсулированного полимерного материала ChesterLock P80 до испытаний:

а — первая область исследования; *б* — распределение химических элементов в первой области исследования; *в* — вторая область исследования; *г* — распределение химических элементов во второй области исследования; *д* — третья область исследования; *е* — распределение химических элементов в третьей области исследования

ний) и рис. 4 (капсулированный материал после испытаний).

Распределение химических элементов в капсулированном полимерном материал ChesterLock P80 до и после испытаний представлено в табл. 2 и 3.

Результаты химического анализа выявили наличие натрия и цинка в капсулированном полимерном материале после испытаний в условиях подконтрольной эксплуатации. Появление натрия в составе материала, извлеченного из зоны контакта рабочих поверхностей деталей резьбового соединения, обусловлено тем, что испытания проводились в зимний период на городских магистралях, обработанных противогололедными реагентами. Выявление в составе материала цинка можно объяснить отделением частиц цинкового покрытия с внутренней поверхности гайки.

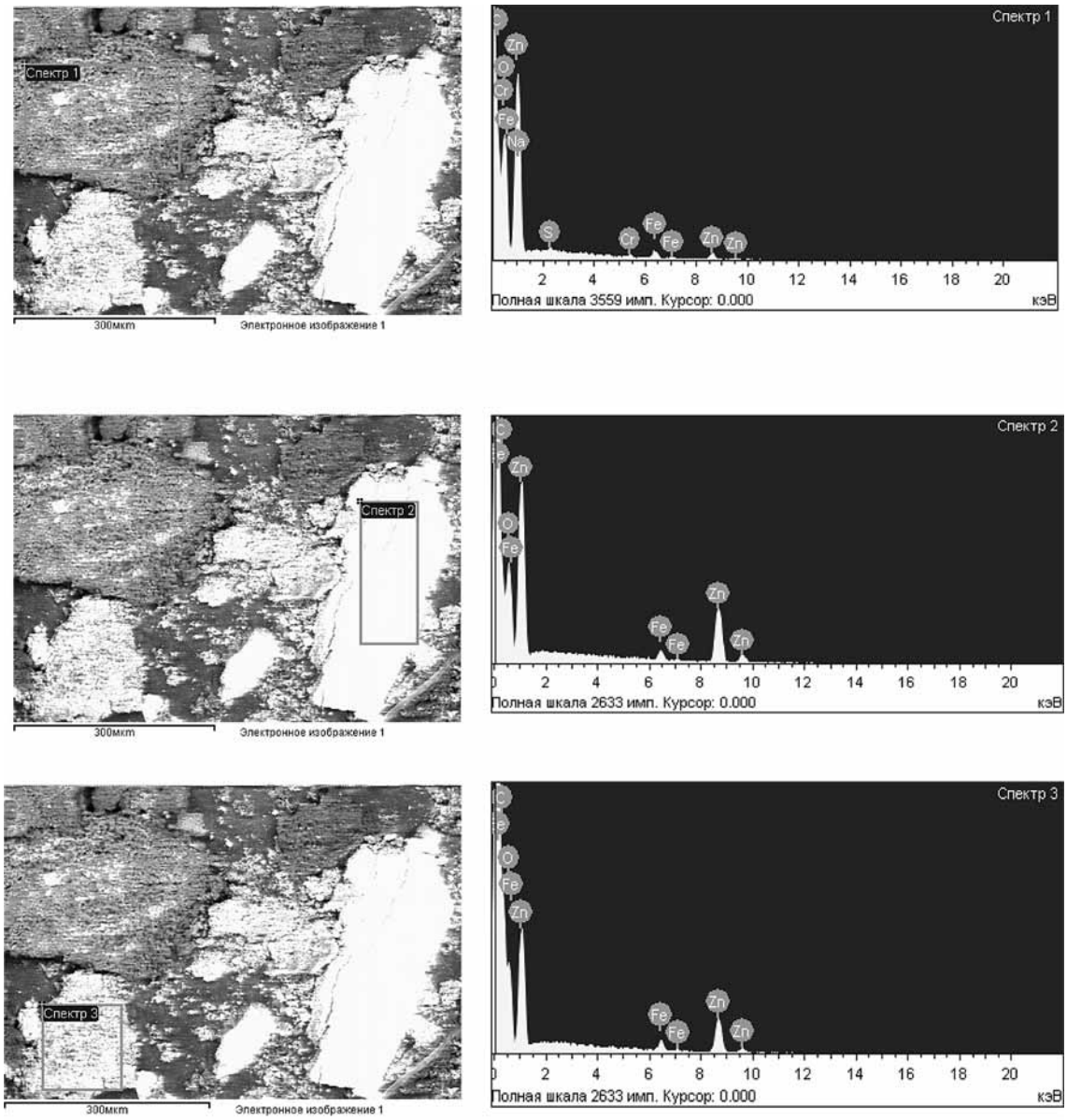

Рис. 4. Состав капсулированного полимерного материала ChesterLock P80 после испытаний:

а — первая область исследования; *б* — распределение химических элементов в первой области исследования; *в* — вторая область исследования; *г* — распределение химических элементов во второй области исследования; *д* — третья область исследования; *е* — распределение химических элементов в третьей области исследования

Таблица 2

Распределение химических элементов в капсулированном полимерном материале ChesterLock P80 до испытаний

Элемент	Весовой, %	Атомный, %
Спектр 1		
C	60,70	67,84
O	37,66	31,60
Na	0,25	0,15
S	0,38	0,16
Cr	0,17	0,04
Fe	0,85	0,20
Спектр 2		
C	65,16	71,85
O	33,61	27,82
S	0,21	0,09
Fe	1,01	0,24
Спектр 3		
C	59,55	68,89
O	33,87	29,41
S	0,21	0,09
Cr	1,13	0,30
Fe	5,24	1,30

Таблица 3

Распределение химических элементов в капсулированном полимерном материале ChesterLock P80 после испытаний

Элемент	Весовой, %	Атомный, %
Спектр 1		
C	38,83	49,93
O	37,73	36,43
Na	18,32	12,31
S	0,18	0,09
Cr	0,37	0,11
Fe	1,57	0,43
Zn	3,00	0,71
Спектр 2		
C	35,80	52,98
O	35,15	39,04
Fe	1,82	0,58
Zn	27,22	7,40
Спектр 3		
C	49,17	62,83
O	34,74	33,32
Fe	1,68	0,46
Zn	14,42	3,38

Выводы

В результате проведенного структурного анализа капсулированного материала после эксплуатационных испытаний выявлено неполное разрушение капсул, что можно объяснить несоответствием их размеров параметрам зазоров резьбового соединения. Результаты исследований позволяют обосновать рациональные параметры капсул полимерных материалов, применяемых в процессе сборки резьбовых соединений.

Результаты химического анализа выявили повышенное содержание натрия в образце материала, извлеченного из зоны контакта рабочих поверхностей деталей резьбового соединения, что объясняется проникновением элементов противогололедных реагентов в зазоры сопряжения. Выявление в материале цинка можно объяснить отделением частиц цинкового покрытия с внутренней поверхности гайки.

Работа проводится в рамках программы стратегического развития ФГБОУ МАДИ на 2012—2016 гг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Зорин В. А.** Полимерные материалы для ремонта агрегатов дорожных машин / В. А. Зорин, Н. И. Баурова // Строительная техника и технология, 2004. № 3. — С. 90—91.
2. **Баурова Н. И.** Диагностирование и ремонт машин с применением полимерных материалов: монография / Н. И. Баурова. — М.: ТехПолиграфЦентр, 2008. — 280 с.
3. **Бартенев Г. М.** Физика и механика полимеров / Г. М. Бартенев, Ю. В. Зеленев. — М.: Высшая школа, 1983. — 391 с.
4. **Солодовник В. Д.** Микрокапсулирование / В. Д. Солодовник. — М.: Химия, 1980. — 216 с.

КАМАЗы будут собирать в Азербайджане

Подписан ряд соглашений между ОАО "КАМАЗ" иПроизводственным Объединением "Гянджанский автомобильный завод" (Азербайджан) по сборке автомобилей КАМАЗ на территории Азербайджана.

Одно из соглашений предусмаотривает поставку машинокомплектов автомобилей КАМАЗ для дальнейшей сборки на площадях азербайджанского предприятия. Еще одним подписанным документом стал Лицензионный договор между "КАМАЗом" и Гянджинским автомобильным заводом на право сборки из машинокомплектов автомобилей КАМАЗ-43114, 4326, 43118, 65115, 65117 и 6520.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 629.33

А. А. Хазиев, канд. техн. наук, доцент, **Н. В. Колдаев**, студент, МАДИ
E-mail madi-chim@mail.ru

ШКОЛЬНИКИ В МАДИ "ПРОКАЧАЛИ" АВТОМОБИЛИ

В статье описан проведенный в МАДИ конкурс для школьников "Юный автомеханик". Конкурс включал теоретические и прикладные этапы и закончился, как и положено, награждением.

Ключевые слова: *конкурс, школьники, автомобиль.*

Современный автомобиль будет всегда "бегать" как новый и показывать заложенные в него заводом-изготовителем динамические и экологические показатели только при своевременном техническом обслуживании и ремонте, которые могут обеспечить квалифицированные специалисты.

Прошедший 15 октября в МАДИ II городской конкурс "Юный автомеханик" позволил выявить среди школьников Московского региона будущих специалистов в обслуживании колесных транспортных средств.

Участниками были как юноши, так и девушки. Конкурс же проходил "по-взрослому" — в два этапа. Вначале был квалификационный тур, включающий в себя тесты по устройству и обслуживанию автомобиля и его систем. Подсчет набранных очков позволил выделить группу учащихся, которой предстояло серьезно помериться знаниями и практическими навыками с "коллегами" в основной части соревнования.

Конкурс носил профориентационную направленность, поэтому соревнования включали как ознакомительные беседы, так и практические тренинги. Школьники узнали много нового о многообразии марок, моделей автомобилей и разнообразных видах топлива, разработке и испытании спортивных автомобилей, методах обеспечения активной и пассивной безопасности и экологичности транспорта. Эти знания пригодились ребятам на одном из первых этапов конкурса, который проводился на семи рабочих постах. Участники при этом вспоминали, зачем автомобилю нужен каталитический нейтрализатор, как ведёт себя моторное масло при понижении температуры, и даже перечисляли основные виды альтернативного топлива. За правильный ответ конкурсанты получали по шайбе. Эти самые шайбы были важным элементом оценки результата — по их количеству после выполненных заданий отбирали учащихся, проходящих на следующие этапы конкурса.

Следом за теорией приступили к практической части: от накачки автомобильных шин до сборки настоящих бензонасосов. На одном из этапов следовало как можно быстрее найти подходящую к болту гайку и собрать пары с одинаковым шагом резьбы. Соревнующиеся изрядно поволновались. При накачке шин не все смогли правильно установить золотниковое устройство. Лучший результат и максимальное давление в автомобильном колесе при ручной накачке показал учащийся лицея № 1252 Олег Абрамов.

Предпоследний этап — сборка топливного насоса. Ключевыми параметрами оценки здесь стали соответствие сборки насоса технологической карте и возможность его работы в системе питания двигателя. Лишь четверо финалистов смогли выполнить все условия и собрали бензонасосы, готовые к эксплуатации.

Финишная прямая ждала конкурсантов на гоночном треке. Специально для последнего этапа была развернута мультимедийная система с игровой приставкой, установленная в кокпите настоящего участника профессиональных соревнований — болида Формулы-Студент. Борьба со временем прохождения трассы и борьба с собственными эмоциями смогли выявить окончательного победителя соревнований. Им стал Артём Коротков из лицея № 11 города Химки. Второе и третье места заняли соответственно Олег Абрамов (лицей № 1252) и Алексей Часовников (лицей № 1575). Восьмерка финалистов получила дополнительные и иногда столь необходимые 10 баллов к общему результату ЕГЭ при поступлении в МАДИ.

Хочется отметить, что лучшей среди девушек стала Инна Калмыкова (школа № 211).

Как сказал заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, профессор А. Н. Ременцов, организация такого рода конкурсов и университетских суббот, проводимых под эгидой Департамента образования города Москвы, позволяет школьникам получить представление о дальнейшей профессиональной деятельности, понять всю суть цепочки школа—вуз—производство и более осмысленно подойти к выбору профессии.

"Юный автомеханик" в этом году вновь задал высокий уровень подобных мероприятий. Слаженная работа преподавателей и сотрудников кафедры Эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса позволила четко и без заминок провести конкурс, собрать увлеченных молодых людей и выявить среди них лучших.

Множество призов и поздравления преподавателей университета были достойной наградой для наиболее целеустремленных и технически подкованных школьников. Все участники конкурса покидали МАДИ с новыми знаниями, интересными впечатления и желанием вернуться, тем более, что организаторы пообещали проведение новых этапов конкурса уже в следующем году. Остается ждать и готовиться к новым стартам в МАДИ!

УДК 625.7/8

Д. М. Немчинов, В. В. Столяров, Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, **А. В. Кочетков,** Пермский национальный исследовательский политехнический университет
E-mail: soni.81@mail.ru

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ТЕРРИТОРИЯХ, МАЛО ИЛИ НЕ ОСВОЕННЫХ ХОЗЯЙСТВЕННО

Значительная часть территории Российской Федерации в настоящее время не имеет наземных путей сообщения, практически не заселена и не освоена хозяйственно. Хозяйственное освоение таких территорий возможно и экономически эффективно только при наличии сети автомобильных дорог, позволяющей организовать круглогодичное снабжение населения продуктами и товарами, обеспечивающими приемлемый по современным стандартам уровень жизни. В статье проведен анализ погодно-климатических, исторических факторов, наличия полезных ископаемых, показывающий возможность и привлекательность освоения территорий и необходимость строительства для этого сети автомобильных дорог.

Ключевые слова: *дорожная сеть, развитие, население, территории, строительство, уровень жизни.*

(Рисунки на 2-, 3-, 4-й полосах обложки)

Более или менее хозяйственно освоена относительно небольшая территория Российской Федерации. Это наглядно видно на карте размещения населения страны (рис. 1). Население России проживает в средней и южной частях ее европейской территории и узкой полосой вдоль южной границы азиатской части (с Казахстаном, Монголией и Китаем). Размеры этой "жилой" части составляют примерно 40 % всей территории Российской Федерации. Такая ситуация сложилась не просто так, а по определенным причинам.

"Жилая" территория расположена в южной, наиболее благоприятной по климату части страны. А следует ли развивать автомобильно-дорожные сети на остальной, северной территории? Будут ли там жить люди и насколько эти территории перспективны в промышленном и сельскохозяйственном отношениях? Смогут ли эти территории кормить людей и поедут ли люди добровольно, по собственному желанию в эти холодные места?

От ответов на эти вопросы зависит решение о целесообразности строительства сети автомобильных дорог. Ясно, что какая-то часть территории наверняка будет непригодна для жизни по погодно-климатическим и экономическим условиям. Поэтому необходимо оценить, насколько следует продвинуть сеть дорог на север (разумеется, исходя из сегодняшнего уровня развития науки и техники).

Для поиска ответов на поставленные вопросы проведем анализы: природно-климатических условий на территории Российской Федерации; истории заселения территории севера Европейской части страны, Сибири и Дальнего Востока; размещения полезных ископаемых, уже открытых и частично даже разрабатываемых.

Анализ природно-климатических условий на территории Российской Федерации с оценкой условий проживания населения

В настоящее время подавляющая часть населения Российской Федерации — 107 914,1 тыс. человек из общего населения 145 383,3 тыс. человек, т. е. 74,2 % проживают в Европейской части России западнее 41° з.д. и южнее 60° с.ш., в Сибири и на Дальнем Востоке — южнее 58° с.ш., за исключением района города Якутска, расположенного южнее 62° с.ш. (рис. 2 [1]). Эти 103 млн чел. занимают около 31,8 % (5434 тыс. км^2) территории страны. На этой территории средняя плотность сети существующих дорог федерального и регионального значения составляет 3,95 км на 1000 жителей и 0,0336 км на 1 км^2 территории. Оставшиеся 37 469,2 тыс. человек проживают на 11 666 тыс. км^2. Плотность населения в первом случае составляет 19—20 чел. на 1 км^2, во втором — около 3 чел. на 1 км^2.

Аналогичная ситуация наблюдается и в другой северной стране — Канаде. Канада расположена между 48 и 76° с.ш. и разделена на 10 провинций и три территории. В трех "холодных" зонах общей площадью около 40 % территории Канады проживает всего 70 тыс. чел. (плотность населения 0,019 чел./км^2). Подавляю-

щая часть населения (более 99 %) выбрала для жизни расположенные между 48° и 60° с.ш. южные провинции страны (при средней плотности населения около 5 чел. на 1 км^2).

Будут ли жители России проживать на территории холодных районов страны? Чтобы ответить на этот вопрос рассмотрим погодно-климатические условия на этих северных территориях, так как именно они — температура воздуха летом и зимой, северные ветры — в основном воздействуют на организм человека. Другие природные условия могут считаться вполне благоприятными: большая часть территорий покрыта лесами, много рек с рыбой, рельеф равнинный, пересеченный и горный, условия для земледелия в средней части территории вполне подходят для занятий огородничеством, животноводством. Правда, на значительной части территории имеется вечная мерзлота. Но есть территории повсеместного ее залегания и очагового и на разной глубине.

Карты распределения средних месячных температур (рис. 3, 4 [3]) показывают, что в январе на рассматриваемых территориях температура равна –10 °С в Мурманске и –20 °С на Северном Урале, –20 °С на западе Сибири и –30 °С на Байкале вдоль 60° с.ш. (южнее которой живут канадцы). Наиболее холодные места наблюдаются лишь на юге Якутии (выше 60° с.ш.) до –35 °С. Центр холода северного полушария в Якутии на данном этапе из рассмотрения исключается. Далее среднемесячная температура повышается от –25° до –20° вдоль побережья Охотского моря и до –15° (местами до –10 °С) на Камчатке.

Средняя месячная температура воздуха в июле на всей территории России вдоль 64° с.ш. колеблется около +15 °С. На севере Канады среднемесячная температура января достигает –35 °С, на юге Тихоокеанского побережья +3 °С. Среднемесячные температуры в июле: на севере от –4 °С до +4 °С на островах Канадского архипелага; на юге — +21 °С.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что на большей (подавляющей) части рассматриваемых северных территорий Российской Федерации погодно-климатические условия вполне пригодны для проживания людей.

Исключением являются выделенные на рис. 2 территории, хотя и на них постоянно проживает местное национальное и русское население. Как известно, город Якутск является растущим и все улучшающимся по условиям жизни городом с населением 350 тыс. жителей (2013 г. [Интернет]).

Исторический анализ заселения территорий севера Европейской части Российской Федерации, Сибири и Дальнего Востока

Проведенная осредненная оценка природно-климатических условий северных территорий Российской Федерации теоретически выявила вполне приемлемый для жизни людей уровень. Но будут ли люди жить в этих краях? Жили ли они там ранее? Ведь всем ясно, что русский север это не северная Италия, не север США. Климатические условия в России значительно более суровые.

История освоения русскими людьми земель современного русского севера показала [2], что суровость климатических условий имеет определенное значение — теплые края осваиваются раньше холодных. Тем не менее главным в процессе освоения новых земель является их хозяйственная пригодность для землепашества, скотоводства и промышленного производства. Территории русского государства — Поморье, Вятка, Пермь — активно были освоены уже к концу XVI века. Там существовали такие крупные по тем временам поселения, как Соловецкий монастырь (270 членов братии и более 1000 человек работных людей), Каргополь, Окладникова слобода (ныне город Мезень), Великий Устюг, Пустозерск, Архангельск, Холмогоры, Тотьма, Чердынь и многие другие. Большинство из этих земель были мало пригодны для землепашества (как и сейчас), но они были богаты солью, лесом, пушниной. На северном Урале строили металлургические заводы. И люди активно заселяли эти земли и жили там достаточно обеспеченно. В те времена в северной части Урала действовало три перехода в Сибирь, не считая морского пути.

Несколько позднее развивались и сибирские земли. Достаточно сказать, что город Енисейск перед прокладкой железнодорожного Транссиба был значительным по размерам и процветающим городом, считавшимся столицей Сибири. Активно осваивались и северные земли Дальнего Востока. Достаточно вспомнить год основания Петропавловска на Камчатке и открытия Берингова пролива.

В советские времена освоение северных земель велось совершенно по иному принципу, основой которого была система концентрационных лагерей — ГУЛАГ. Советская система хозяйствования быстро привела к разорению местного населения и его оттоку в другие районы страны. Север европейской и азиатской частей страны осваивался руками миллионов заключенных: строились заводы, шахты, морские и речные порты, города, добывали уголь, руду, лес, строили железные дороги. Однако об экономическом и особенно социальном развитии северных территорий говорить не приходится. От этой работы сейчас очень мало что осталось. Сократилось и местное население. Северные территории стали приходить в упадок. А система вербовок привела к появлению в северных районах людей временных, калымщиков, совершенно не заинтересованных в экономическом и социальном развитии мест работы (впрочем и руководители являлись временными жителями). При первой же возможности эти люди всех уровней, от высших руководителей до самых низов, уезжали. На Камчатке (Петропавловск-Камчатский, центр Камчатского края, важнейший морской порт, важнейшая военно-морская база) даже не было своей картошки. Ее привозили, хотя она прекрасно растет в тех местах.

Таким образом, "обезлюдение" Сибири и Дальнего Востока — результат политики Советского государства, а не влияние природно-климатических условий. В XIX веке и начале XX века, до революции, было два успешных этапа добровольного переселения людей из европейской части страны в Сибирь и на Дальний Восток. Люди там хорошо жили и долго воевали против советской власти (рабочие и крестьяне). В настоящее время отток населения из восточных и северных частей страны в ее Европейскую центральную часть активно продолжается.

Вывод из проведенного анализа: люди добровольно могут и захотят жить на северных территориях России при условии создания там хороших условий жизни, работы, обеспечении определенных преференций для бизнеса. А связь с заграницей, при наличии современной связи и Интернета, там даже легче и интереснее, чем в Европейской части страны.

Анализ размещения полезных ископаемых на мало и не освоенных в экономическом отношении территориях Российской Федерации

Необходимо рассмотреть вопрос о потенциале и производственной номенклатуре мест приложения труда жителей севера Российской Федерации. В общем можно разделить сферы приложения труда на несколько групп.

Промышленно-производственная группа обеспечена потенциалом ресурсов полезных ископаемых на территории центральных и северных зон России. Этот потенциал наглядно представлен на картах-схемах размещения открытых полезных ископаемых и, особенно, на карте-схеме полезных ископаемых севера страны (рис. 5, 6). Несомненно на этой базе возникнут новые промышленно-хозяйственные территории (это неизбежно, хотя бы по причине исчерпаемости действующих ныне месторождений).

Сельскохозяйственная группа связанна не с массовым выращиванием зерновых культур, а с деятельностью в животноводстве, огородничестве, сельскохозяйственных предприятий, с производством продуктов питания и обеспечения ими жителей всех новых и старых поселений — городов, поселков и т. п.

Группа отраслей. Она обеспечивает достойный уровень жизни населения (это прежде всего дорожное хозяйство с потенциалом рабочих мест 1,5—2 млн чел.; предприятия торговли и всевозможные виды сервиса и т. д.).

Группа предприятий и организаций сферы образований, культуры, медицины, отдыха

Анализ влияния развития сети автомобильных дорог на единство территории

Как показывает практика развития международных интеграционных процессов в Европе и Северной Америке, наиболее успешные объединительные процессы строятся на общности экономических интересов, усилении международного разделения труда и торговых связей, которые объединяют территории при условии минимизации транспортных издержек в составе торговых транзакций. Такие транспортные издержки формируются не только затратами на доставку, но и необходимостью наличия и величины складского запаса, обусловленного транспортными возможностями.

Минимизацию таких издержек, ритмичность поставки товаров и полуфабрикатов малыми партиями может обеспечить только автомобильный транспорт.

Экономически эффективное вовлечение в хозяйственный оборот земель северной части азиатской территории Российской Федерации, интегрирование их в структуру экономики России без риска обезлюдить, как это произошло после закрытия ГУЛАГа, возможно только на основе развития сети автомобильных дорог на неосвоенных территориях.

Вслед за дорогами, как показала практика автомобильной дороги Чита—Хабаровск, придет экономическая активность.

Экономические стимулы являются наиболее сильными и долгосрочными. Поэтому, например, строительство автодорожной инфраструктуры — автомобильной дороги "Вилюй" от Иркутска на Якутск и моста через реку Лена — позволит существенно повысить инвестиционную привлекательность Якутии, с одной стороны, а при наличии мест приложения труда и нормальных условий жизни — для заселения постоянными жителями, с другой.

Общий вывод из проведенных анализов: на предлагаемых к освоению территориях существует громадный потенциал развития и обеспечения достойного и благоприятного уровня (материального, культурного, образовательного, медицинского, трудового) жизни населения. Полностью отсутствует лишь важнейшая технологическая составляющая жизненного и производственного процессов — наземные пути сообщения.

Анализ также показал, что продвинуть автомобильно-дорожные сети (следовательно, и хозяйственное развитие, заселение) можно далеко на север от современных мест массового проживания людей. Эти возможности можно оценить по уже упоминаемой карте распределения населения на территории России. Территории, действительно не благоприятные для жизни людей, показаны штриховкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Атлас мира.** — М.: Гл. упр. Геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1967.
2. **Платонов С. Ф.** Очерки по истории смуты в Московском государстве XVI—XVII веков. — М.: Гос. социально-экономическое изд-во, 1937.
3. **Строительная климатология.** Справочное пособие к СНиП. — М.: Стройиздат, 1990.

ABSTRACTS OF ARTICLES

2 *Demick E. V.* Armor Russia

5 *Shestakov V. A.* Innovative decisions of saddle active road-train construction
For performance characteristics improvement (cargo capacity, travelling comfort, roadability and dynamical stability) of active saddle road-trains the article invites attention to a new vehicle construction — a road-train with truck-tractor hinged frame. The possibility of the new road-train high performance characteristics is proved with theoretical and experimental analysis on the full-scale samples.
Keywords: active saddle road-train, semitrailer, cargo capacity, articulated joint, vibration load, travelling comfort, theoretical and experimental analysis.

9 *Ustimenko V. S.* Assessment of non-failure operation of vehicles by results of natural tests.
The requirement of a complex assessment of reliability of samples of the military automotive vehicles (MAV) or any other transport base only by results of their control tests arises every time owing to the existing problems in methods of calculation of indicators of its some properties (non-failure operation, durability, maintainability). In practice they are considered insufficiently, first of all, by value judgment, for example, under the terms of tests. It results in a wide variety of results, reducing thereby the accuracy of estimates of their indicators.
Keywords: refusal, labor costs, natural tests, complex assessment, reliability, calculation methods, control tests, accuracy of estimates, test conditions.

14 *Akimov V. S., Kuleshov A. S., Markov V. A., Jakovchuk A. Yu., Janhunen T. T.* Fuel Injection and Spray Processes in a Z-Engine
A new diesel engine type — Z-engine — is introduced. Characteristics of the gas interchange process in a Z-engine and its indicator diagram are presented. Calculations of the two-cylinder Z-engine operational process are carried out using the program set DIESEL-RK.
Keywords: internal combustion engine, diesel fuel, fuel injection process, fuel spraying process, exhaust gases toxicity characteristics.

21 *Maksimenko A. N., Zarovchatskaya E. V.* Methodology detection useful life of building and road machines
The article presents a method of determining the useful life of the construction and road machines to reflect changes in their engineering-and-economical performance during the operational phase of their life cycle.
Keywords: maintenance, life cycle, construction and road machine, efficiency, profit, useful life, engineering-and-economical performance.

29 *Karelina M. Yu.*, *Gaidar S. M., Pydrin A. V.* Research of influence of nanostructuring surfaces of tribosopryazheniye on operational characteristics of engines
The general regularity of aging of engine oils is proved. The possible reasons of decrease in efficiency of their work depending on influence of various factors are considered. Organic compounds which molecules represent a difilny structure with the perftorirovanny radical are revealed. It is experimentally shown that the formulated molecular layer on surfaces of tribosopryazheniye of the engine, at the expense of adsorption forces, allows to improve operational properties of oils and, as a result, operational characteristics of an internal combustion engine.
Keywords: tribosopryazheniye, friction, wear, engine oil, engine, modifier, perftorirovanny surface-active substances, compression, mechanical losses, torque, specific fuel consumption.

38 *Zorin V. A., Shakurova A. M.* Features the use of encapsulated polymeric materials in the threaded connections of transport and technological machines.
The article describes the features of the application encapsulated polymeric materials in threaded connections of transport and technological machines. Results of the changes encapsulated polymeric materials in threaded connections under the influence of operational factors are presented.
Keywords: encapsulated materials, threaded connections, transport and technological machines.

44 *Khaziev A. A., Koldaev N. V.* Students in MADI streams cars
The article describes carried out in MADI school competition "Young mechanic". The competition consisted of theoretical and applied stages and ended as it should be rewarding
Keywords: the competition, students, car.

45 *Nemchinov D. M., Stolyarov B. B., Kochetkov A. V.* Assessment of prospects of development of highways in territories, it isn't enough or not mastered
The considerable part of the territory of the Russian Federation has now no land means of communication, practically isn't populated and isn't mastered hozyaystvenno. Economic development of such territories probably and economically effectively only in the presence of a network of the highways, allowing to organize year-round supply of the population by products and the goods providing a standard of living accepted on modern standards. In article the analysis of weather and climatic, historical factors, availability of the minerals, showing opportunity and appeal of development of territories and need of construction for this purpose networks of highways is carried out.
Keywords: road network, development, population, territories, construction, standard of living

Художественный редактор *Т. Н. Галицына*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*
Сдано в набор 09.12.2014. Подписано в печать 22.01.2015. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5.88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**