# Грузовик

## 5 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.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,

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.























#### B HOMEPE:

#### Конструкция

- Макеев В.Н., Плешков Д.Д. Усовершенствованная конструкция грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора
- Чайнов Н.Д., Мягков Л.Л., Маластовский Н.С. Численное моделирование движения жидкости в полости охлаждения крышки цилиндра среднеоборотного дизеля
- Воробьев С.А., Воробьев С.С., Гончаров Р.А., Тихомиров А.Г. Оценка динамических характеристик подвески автомобиля с системами оптимального демпфирования колебаний

#### Исследования. Расчет

- Батыщев Д.Ю., Рыжиков В.А. Моделирование процесса горения газо-водяных смесей в ДВС
- Дебелов В.В., Козловский В.Н., Пьянов М.А., Строганов В.И. Моделирование и разработка электротехнического комплекса управления автомобилем в режимах старт и стоп
- Синёгина Г.В. Методические подходы к прогнозированию остаточной стоимости автомобильной техники при ее продаже в экономический сектор на вторичном рынке

#### Практика

- **27** *Гайдар С.М., Заяц Ю.А., Заяц Т.М., Власов А.О.* Подходы к определению технического состояния транспортных средств
- **31** Дьяков И.Ф. Алгоритм планирования технического обслуживания грузовых автомобилей
- **Максименко** А.Н., Бездников Д.В., Лесковец И.В., Кутузов В.В. Определение остаточного ресурса гидропривода машин
- 48 Abstracts of articles

Корпункт: Я.Е. Карповский

д-р техн. наук

В.В. Комаров,

канд. техн. наук

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  $\Pi$ И № 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

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"

УДК 383:621.879

**В. Н. Макеев,** канд. техн. наук, профессор, **Д. Д. Плешков,** соискатель, Воронежская государственная лесотехническая академия (ВГЛТА), г. Воронеж E-mail: pleskov2012@yandex.ru

# УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

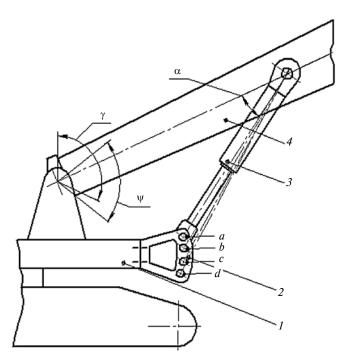
С целью увеличения производительности гидравлического экскаватора при производстве земляных работ и удобства применения различных видов сменного рабочего оборудования, была предложена конструкция грузоподъемного механизма с измененными параметрами. Однако после детального рассмотрения вопроса применения основных видов рабочего оборудования и вопроса удобства их эксплуатации, был выявлен ряд недостатков. В результате их устранения предлагается усовершенствованная конструкция грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора, содержащая дополнительное звено, выполненное в виде сектора круга с рядом технологических отверстий, служащих для крепления гидроцилиндров стрелы. При этом значительно упрощается перевод гидравлического экскаватора с одного вида рабочего оборудования на другой, экономится время, снижается доля ручного труда, более рационально используется потенциал гидравлического экскаватора и, как следствие, повышается производительность.

**Ключевые слова:** конструкция, гидравлический экскаватор, грузоподъемный механизм, рабочее оборудование, разработка грунта, производительность.

Для максимального использования потенциала гидравлического экскаватора в условиях проведения земляных работ в дорожном строительстве в зависимости от вида рабочего оборудования и условий эксплуатации была разработана конструкция грузоподъемного механизма (ГМ) [1], содержащая дополнительное звено — съемный кронштейн треугольной формы. Эта конструкция ГМ способствует повышению производительности путем изменения угла между стрелой и гидроцилиндром ее поворота, а также упрощению эксплуатации основных видов рабочего оборудования. Однако ей присущи следующие недостатки: отсутствует возможность плавного изменения угла между стрелой и гидроцилиндром поворота; энергоемкий процесс перевода гидравлического экскаватора с прямой лопаты на обратную и наоборот, так как для этого необходимо отсоединить гидроцилиндр поворота стрелы от кронштейна, отсоединить его болтовое крепление к платформе, повернуть кронштейн на 180° и затем все закрепить заново, проделав эту операцию дважды.

С учетом устранения недостатков, выявленных в конструкции [1], и с целью увеличения производительности гидравлического экскаватора и удобства эксплуатации, предлагается конструкция  $\Gamma M$  [2], содержащая дополнительное звено, выполненное в виде кронштейна в форме сектора круга с рядом технологических отверстий (a, b, c, d), служащих для изменения места крепления гидроцилиндра стрелы в зависимости от применяемого рабочего оборудования и параметров эксплуатации.

В отличие от ранее предложенной конструкции ГМ [1] точка крепления гидроцилиндра поворота стрелы к платформе переносится по окружности кронштейна, что значительно упрощает перевод гидравлического экскаватора с одного вида рабочего оборудования на другой (а именно с прямой лопаты на обратную и наоборот) и при этом есть возможность изменять угол между стрелой и гидроцилиндром поворота, что позволяет более гибко использовать момент сил гидроцилиндра, вращающих стрелу, т. е. увеличивать подъемную составляющую гидроцилиндра стрелы в требуемых рабочих зонах.



Общий вид гидравлического экскаватора с усовершенствованной конструкцией грузоподъемного механизма

Общий вид гидравлического экскаватора с усовершенствованной конструкцией ГМ представлен на рисунке, согласно которому на платформе I экскаватора при помощи болтового соединения устанавливается дополнительное звено 2, выполненное в форме сектора круга.

При использовании экскаватора с оборудованием типа "прямая лопата", гидроцилиндр 3 поворота стрелы 4 крепится в отверстия a или b кронштейна. В этот момент обеспечивается необходимый угол  $\gamma$  качания стрелы 4 для охвата зоны работы с данным оборудованием и необходимый угол  $\alpha$  между стрелой 4 и цилиндром ее поворота 3. Крепление гидроцилиндра к отверстиям кронштейна a или b осуществляется в зависимости от технологических особенностей проведения земляных работ и исходя из требуемых конструктивных параметров экскаватора.

При установке на экскаватор рабочего оборудования типа "обратная лопата", гидроцилиндр 3 поворота стрелы 4 крепится к кронштейну 2 в отверстия c или d в зависимости от технологических параметров проведения земляных работ. При этом обеспечивается необходимый угол поворота  $\phi$  стрелы  $\phi$  для охвата зоны работы с этим рабочим оборудова-

нием и оптимальный угол  $\alpha$  между стрелой 4 и цилиндром 3 ее поворота.

Размеры кронштейна и количество технологических отверстий в нем выбираются для каждой размерной группы экскаваторов отдельно, исходя из требуемых углов поворота стрелы и технологических особенностей проведения земляных работ, а также конструктивных возможностей, на основании проведенных теоретических исследований [3—5].

Применение кронштейна данной конструктивной формы, позволит изменять угол давления на стрелу со стороны гидроцилиндра поворота при различных технологических условиях проведения земляных работ, а также после переоборудования гидравлического экскаватора с одного вида рабочего оборудования гидравлического экскаватора с прямой лопаты на обратную и наоборот, становится менее энергоемким, что в значительной степени экономит время и сокращает применение ручного труда. Вместе с этим есть возможность увеличения глубины копания при использовании обратной лопаты, и высоты уступа или выгрузки при использовании прямой лопаты.

Вследствие этого уменьшается время рабочего цикла, плавно изменяется усилие резания грунта, повышается производительность и, в сравнении с машинами, выполняющими такие же работы, более рационально используется потенциал экскаватора в зависимости от технологических условий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Патент на полезную модель** № 54971 РФ. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора / В. Н. Макеев, Д. Д. Плешков. опубл. 27.07.2006, Бюл. № 21. 2 с.
- 2. **Патент на полезную модель** № 65904 РФ. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора / В. Н. Макеев, Д. Д. Плешков. опубл. 27.08.2007, Бюл. № 24. 2 с.
- 3. **Макеев В. Н.** Влияние параметров крепления гидроцилиндра подъема стрелы на динамическую нагруженность экскаватора / В. Н. Макеев, П. И. Попиков, Д. Д. Плешков, А. А. Сидоров // Изв. вузов северокавказ. регион. Техн. науки. 2007. № 5. С. 59—60.
- 4. **Макеев В. Н.** Исследование и выбор параметров грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора / В. Н. Макеев, Д. Д. Плешков // Строительные и дорожные машины. 2010. № 9. С. 24—25.
- 5. **Сушков С. И.** Результаты исследования параметров грузоподъемного механизма гидравлического экскаватора / С. И. Сушков, В. Н. Макеев, Д. Д. Плешков // Строительные и дорожные машины. 2014. № 2. С. 47—53.

УДК 621.436

Н. Д. Чайнов, д-р техн. наук, профессор, Л. Л. Мягков, канд. техн. наук, доцент,

Н. С. Маластовский, канд. техн. наук, доцент, МГТУ им. Н. Э. Баумана

E-mail: abk-85@mail.ru

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ПОЛОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ КРЫШКИ ЦИЛИНДРА СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ

При моделировании полей температур базовых деталей и узлов двигателей внутреннего сгорания применяются различные высокоэффективные численные методы, при этом точность решения во многом зависит от адекватности задания граничных условий по поверхностям теплообмена. В частности, для определения условий теплообмена со стороны поверхностей охлаждения все чаще используется численное моделирование гидродинамики на основании уравнений Рейнольдса, дополненных моделью турбулентности. В работе проведено расчетное исследование движения жидкости в полостях охлаждения среднеоборотного дизеля и выполнен анализ полученных результатов по оценке неравномерности расхода охладителя по цилиндрам и особенностям циркуляции жидкости в отдельной крышке цилиндра.

**Ключевые слова:** теплообмен, численное моделирование, крышка цилиндра, двигатель внутреннего сгорания, гидродинамика.

В настоящее время основным направлением совершенствования двигателей внутреннего сгорания является повышение их мощностных показателей за счет интенсификации рабочего процесса. Это приводит к росту тепловых и механических нагрузок на детали, образующие камеру сгорания, что повышает требования к обеспечению их надежности, определяемой в том числе уровнем максимальных температур и их перепадов.

В подобных условиях, необходимо чтобы система охлаждения двигателя обеспечивала как эффективный теплоотвод, так и распределение температур исходя из приемлемого уровня термических напряжений. При этом равенство расходов жидкости по цилиндрам, обеспечивает их идентичные условия работы.

Говоря о циркуляции жидкости в полостях охлаждения отдельных деталей, наиболее сложной из которых является крышка цилиндра, следует обеспечить отсутствие зон застоя, а также повышенные скорости охладителя в наиболее нагруженных областях, таких как перемычки клапанов. Например, в работе [1] отмечается, что профилирование полостей охлаждения может позволить снизить значение максимальной температуры крышки цилиндра на 25—30 °C. Это возможно пояснить на основе зави-

симости Зоннекена [2], которая для двигателей внутреннего сгорания, хотя и признана устаревшей, ставит в соответствие коэффициент теплоотдачи —  $\alpha$  и скорость движения жидкости — w в полостях охлаждения:

$$\alpha = 1{,}163(300 + 1800w^{0,5}).$$
 (1)

Эффективно решить задачу оптимизации геометрии системы охлаждения возможно на базе численных методов моделирования. В частности, в работе [3], целью которой являлось получение равномерного охлаждения блока цилиндра бензинового двигателя была произведена оценка коэффициента теплоотдачи для двух случаев конфигурации полостей охлаждения, причем для оптимизированного варианта максимальная температура в перемычке выпускных клапанов крышки цилиндра на 14 °С ниже.

Наиболее распространенным методом расчета задач гидродинамики в настоящее время является метод контрольных объемов. В качестве разрешающих используются следующие уравнения относительно давления и осредненной скорости потока  $\bar{u}$ :

уравнение неразрывности:

$$(\nabla \overline{u}) = 0, \tag{2}$$

уравнение Навье—Стокса в форме Рейнольдса:

$$\rho \frac{d\overline{u}}{dt} = -\nabla p + \nabla \left(\mu \nabla \overline{u} - \tau_t\right), \tag{3}$$

здесь  $\tau_t$  — дополнительно возникающие касательные напряжения, определяемые в соответствии с STT моделью турбулентности [4].

Интерес представляет и неизотермическая задача течения жидкости, с определением температур потока, когда дополнительно решается уравнение сохранения:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \left( \overline{u}T \right) = \frac{1}{\rho C_p} \left[ \nabla (q_{tot}) + \nabla \left( \overline{u}\tau \right) \right], \tag{4}$$

где  $\nabla(\overline{u}\tau)$  — работа диссипативных сил вязкости, а скорость переноса теплоты связана с локальным градиентом температуры и для турбулентного течения принимает вид:

$$q_{tot} = \left(\lambda + \frac{C_p \mu_t}{P r_t}\right) \nabla T,$$

где  $\lambda$  и  $C_p$  — теплопроводность и теплоемкость охлаждающей жидкости, а  $\mu_t$  и  $Pr_t$  — турбулентная вязкости и турбулентное число Прандтля соответственно.

Такая постановка приводит к сопряженной задаче определения теплового состояния деталей двигателя с прямым моделированием теплоотдачи в охлаждающую жидкость. Однако может быть реализован независимый расчет теплообмена в жидкости, когда коэффициент теплоотдачи рассчитывается исходя из явно заданной температуры стенок. Для обоснования выбора метода расчета используется методика, предложенная А. В. Лыковым и базирующаяся на оценке безразмерного числа Брюна [5].

В обоих случаях в результате моделирования получают граничные условия теплообмена по охлаждаемым поверхностям для расчета согласованных температурных полей деталей с использованием различных методик, в частности для совместного расчета крышки цилиндра с клапанами [6].

В данной работе объектом исследования является система охлаждения среднеоборотного дизеля ЧН 26.5/31 [7]. Двигатель V-образный, что позволяет отдельно рассматривать каждый ряд цилиндров. Конфигурация системы охлаждения приведена на

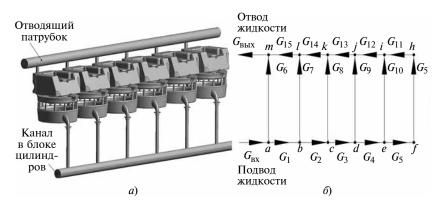


Рис. 1. Схема системы охлаждения отдельного ряда цилиндров исследуемого двигателя:

a-3D модель расчетной области;  $\delta-$  эквивалентная гидравлическая схема

рис. 1, a. Подобная схема, с индивидуальным охлаждением отдельных цилиндров является характерной для крупных судовых и тепловозных двигателей. Для предварительной оценки факторов, влияющих на распределение жидкости по цилиндрам, использовалась эквивалентная гидравлическая схема, приведенная на рис.  $1, \delta$ .

Рассматривая гидравлическую задачу применительно к пятому и шестому цилиндрам двигателя, можно записать уравнение баланса потерь на контуре *eifh*:

$$\Delta p_{ei} = \Delta p_{ef} + \Delta p_{fh} + \Delta p_{hi}. \tag{5}$$

Потери давления пропорциональны квадрату скорости движения жидкости, а приведенный коэффициент гидравлического сопротивления участков ei и fh (состоящих из полостей втулки и крышки цилиндра) одинаков:

$$S_{ei}G_{10}^2 = S_{ef}G_5^2 + S_{fh}G_5^2 + S_{hi}G_5^2, (6)$$

где  $S_{ei}, S_{ef}, S_{fh}$  — коэффициент потерь на участках ei, ef и hi соответственно.

Тогда соотношение расходов через пятый и шестой цилиндр может быть записано как:

$$G_{10} = \sqrt{\frac{S_{ef}}{S_{ei}} + 1 + \frac{S_{hi}}{S_{ei}}} G_5.$$
 (7)

Таким образом, отношение расходов в двух последних цилиндрах определяется как абсолютными, так и приведенными величинами коэффициентов гидравлического сопротивления каналов ef и hi. При условии постоянства величины коэффициента потерь  $S_{ei}$  при перетекании через цилиндр и крышку и, используя зависимость для приведенного коэффициента со-

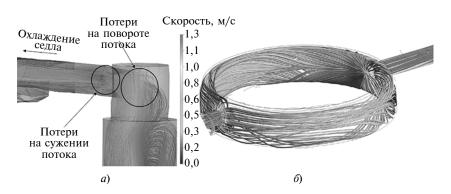


Рис. 2. Структура потока жидкости при охлаждении седла клапана:

a — потери давления в канале, связанные с особенностью конструктивного исполнения;  $\delta$  — траектория движения жидкости в седле клапана

противления от диаметра канала (*d*): 
$$S \sim \frac{1}{d} + \frac{1}{d^2}$$
 [8],

можно заключить, что именно диаметры подводящего и отводящего канала определяют неравномерность расхода по цилиндрам двигателя. Аналогично, рассматривая всю систему, можно показать, что предельный случай равенства расходов может быть достигнут при больших диаметрах  $d_{\rm BX}$  и  $d_{\rm BЫX}$ , что своего рода эквивалентно наличию ресивера с постоянным давлением на входе во втулку цилиндра и выходе из крышки цилиндра двигателя.

Для численного моделирования на базе представленной модели (рис. 2, *a*) в программном комплексе ICEM ANSYS построена конечно-элементная сетка. Сетка включает до 80 млн ячеек. В соответствии с рекомендациями [9] количество узлов в пограничном слое составило семь. Расчет проводился в программном комплексе CFX ANSYS на восьми машинах — Intel core i7 3.5Ghz, RAM16 Gb, HDD 2 Tb, объединенных в сеть и используемых в расчетах параллельно. Время, затрачиваемое на решение при такой конфигурации оборудования, составляло около 72 ч.

Полученные результаты показали, что расход охлаждающей жидкости по цилиндрам двигателя в значительной степени равномерен, при этом разница между первым и шестым цилиндрами составляет 3,5 %. Наблюдается практически линейная зависимость расхода жидкости от удаленности от первого цилиндра (таблица).

Наиболее сложный характер носит течение в крышках цилиндров. Неоднородность поля скоростей, образование

зон застоя и, как следствие, локальные перегревы днища требуют особого внимания к профилированию полостей охлаждения. В исследуемом двигателе крышки цилиндра комбинированные с промежуточным днищем и со сверлеными каналами к седлам клапанов. Таким образом достигается интенсификация движения жидкости около теплоотдающей поверхности.

Перепускные каналы из втулки цилиндра в крышку выполнены прямыми, в случае охлаждения седел — с поворотом потока на 90°, что снижает расход жидкости через них прак-

тически в четыре раза вследствие дополнительных гидравлических потерь (см. рис. 2, a). Однако скорости движения в этой области соответствуют средневзвешенной скорости по всей крышке цилиндра порядка  $0.5 \,\mathrm{m/c}$ . Здесь отсутствуют зоны застоя и движение жидкости равномерно (см. рис.  $2, \delta$ ).

Течение жидкости в полости охлаждения крышки носит неорганизованный характер. Дополнительной иллюстрацией этому служит поле векторов скоростей в горизонтальных сечениях относительно днища крышки на высоте  $15 \, \mathrm{mm}$  (рис. 3, a). Поток, сталкиваясь с промежуточным днищем (рис.  $3, \delta$ ), отделяющим нижнюю, прилегающую к теплоотдающей поверхности крышки, полость от верхней, включается в вихревое движение, теряет скорость и, как следствие, уменьшается приток жидкости к межклапанной области с образованием зон застоя.

Значительный интерес представляет область перемычек клапанов и стакана под форсунку. Интенсивность движения в данном месте определяется наличием перепускного канала в верхнюю часть полости охлаждения. Наиболее высокие скорости по-

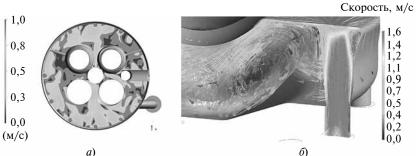


Рис. 3. Поле скоростей жидкости в крышке цилиндра:

a-15 мм от теплоотдающей поверхности; b-1 линии тока жидкости в области водоподводящего отверстия

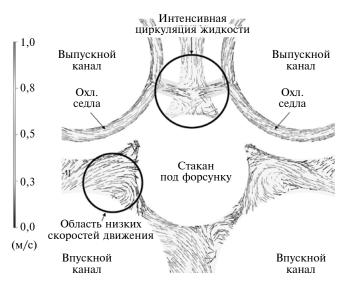


Рис. 4. Структура потока охлаждающей жидкости в центральной части крышки цилиндра

#### Распределение жидкости по цилиндрам

	1	2	3	4	5	6
	цил.	цил.	цил.	цил.	цил.	цил.
Доля от суммарного расхода, %	17,9	17,4	16,8	16,6	15,9	15,3

лучены в области выхода каналов под охлаждение седел в основную полость — перемычку между выпускными клапанами. Наименьшая скорость движения наблюдается в области перемычки между выпускным и впускным клапаном, что отображено на рис. 4.

На основании полученных данных можно сопоставить воспринимаемую тепловую нагрузку с характером движения жидкости в крышке, так как интен-

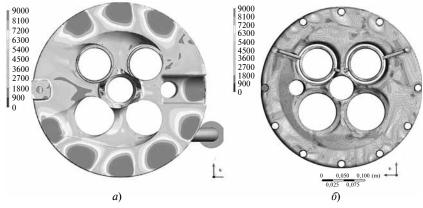


Рис. 5. Коэффициент теплоотдачи (Вт/м<sup>2</sup>К):

a — по промежуточному днищу;  $\delta$  — по теплоотдающей поверхности крышки

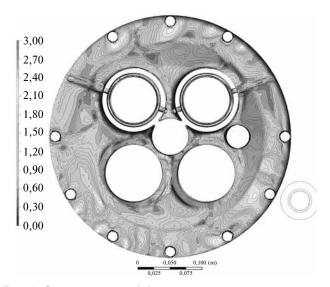


Рис. 6. Отношение коэффициентов теплоотдачи, полученных численным моделированием и с использованием зависимости (8)

сивность конвективного теплообмена в значительной мере определяется полем скоростей.

Максимальные значения коэффициента теплоотдачи получены на промежуточном днище, отделяющем нижнюю прилегающую к теплоотдающей поверхности крышки полость от верхней (рис. 5, a), около 9000 BT/м $^2$ K. В зонах с низкой скоростью движения жидкости наблюдаются невысокие величины коэффициента теплоотдачи около 1500—2000 BT/м $^2$ K (рис. 5,  $\delta$ ).

При решении задачи конвективного теплообмена интерес представляет сопоставление величин коэффициентов теплоотдачи, полученных с помощью численного моделирования и эмпирического подхо-

да, например, формулы Зоннекена, применяемой для определения граничных условий со стороны охлаждения в крышках цилиндра судовых среднеоборотных двигателей (1). Для исследуемого двигателя использование зависимости (1) позволило получить значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha_{\text{конв}} = 3500 \, (\text{BT/M}^2 \text{K})$ .

Результаты показывают, что величина коэффициента теплоотдачи  $\alpha_{\text{конв}}$ , вычисленная по эмпирической зависимости (1), в среднем по поверхности теплообмена несущественно отличается от осредненного значения, полученного при численном моделировании (рис. 6). Тем не менее значительная не-

равномерность распределения  $\alpha_{\text{конв}}$  и более низкие величины в наиболее термонагруженных зонах могут являться причиной возникновения ошибок при решении задачи расчета температурного поля крышки цилиндра.

Следует отметить, что высокие тепловые нагрузки могут привести к переходному режиму теплообмена, характеризующемуся наличием как конвективной составляющей, так и составляющей, возникающей за счет кипения жидкости. В этом случае зависимости для определения граничных условий теплообмена со стороны поверхностей охлаждения при моделировании температурных полей крышек цилиндров могут быть описаны с использованием степенного закона [10]:

$$\alpha_{\text{OXJ}} = \left[\alpha_{\text{KOHB}}^{n} + \alpha_{\text{KUII}}^{n}\right]^{1/n}, \tag{8}$$

где  $\alpha_{\text{ОХЛ}}$  — коэффициент теплоотдачи при охлаждении поверхностей крышки;  $\alpha_{\text{КИП}}$  — коэффициент теплоотдачи при кипении;  $\alpha_{\text{КОНВ}}$  — конвективный коэффициент теплоотдачи.

При этом интенсивность теплоотдачи при кипении  $\alpha_{\text{кип}}$  в значительной мере определяется температурой охлаждаемой поверхности, что позволяет использовать итерационный алгоритм, в котором в качестве критерия сходимости принимается приращение температуры при постоянной величине  $\alpha_{\text{конв}}$ . Данный алгоритм применительно к двигателям внутреннего сгорания был реализован в работах [11—13], где определению локальных величин  $\alpha_{\text{конв}}$  придается большое значение.

#### Выводы

В результате анализа циркуляции жидкости в системе охлаждения можно констатировать что:

- распределение жидкости по цилиндрам двигателя достаточно равномерно (расхождение 3,5 %);
- вертикальный подвод жидкости через перепускные каналы из втулки цилиндра приводит к образованию вихрей на периферии крышки;
- застойными зонами являются области перемычки между выпускным и впускным клапаном;
- движение в полости охлаждения седел клапанов носит упорядоченный характер;
- выход отверстия под охлаждение седел в перемычку выпускных клапанов интенсифицирует движение жидкости;

— невозможность учета при использовании эмпирических зависимостей влияния организации подвода и циркуляции жидкости в полости охлаждения определяет целесообразность применения численного моделирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Highly loaded cylinder heads in diesel and gasoline engines. Trends and Potentials / H. Sorger [et al.] // MTZ. 2008. Vol. 69, No. 02. P. 4—11.
- 2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания / Н. Д. Чайнов [и др.]; Под ред. Н. Д. Чайнова. — М.: Машиностроение, 2011. — 496 с.
- Ravindra K., Sachin B. Optimisation of Engine Cooling for Knock Suppression of Turbocharged Gasoline Engine // International Conference on Engineering and Meta-Engineering: ICEME 2010. — Orlando USA, 2010. — P. 301—314.
- Menter F. R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications // AIAA Journal. — 1994. — Vol. 32, No. 8. — P. 1598—1605.
- Лыков А. В. Теория теплопередачи. М.: Высш. шк., 1967. — 600 с.
- 6. Чайнов Н. Д., Мягков Л. Л., Маластовский Н. С. Методика расчета согласованных температурных полей крышки цилиндра с клапанами // Вестник московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия: машиностроение. 2012. № s7. С. 82—91.
- Рыжов В. А. Разработка дизелей нового поколения на Коломенском заводе // Двигателестроение. — 2009. — № 2. — С. 18—20.
- 8. Петриченко Р. М., Петриченко М. Р. Конвективный теплообмен в поршневых машинах. Л.: Машиностроение. 1979. 232 с.
- 9. **Vieser W., Esch T., Menter F.** Heat Transfer Predictions using Advanced Two-Equation Turbulence Models. Hamburg, 2002. 70 p. (CFX Validation Report CFX-VAL10/0602)
- Кутателадзе С. С. Теплопередача при конденсации и кипении. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машгиз, 1952. — 232 с.
- 11. **Чайнов Н. Д., Мягков Л. Л., Маластовский Н. С.** Моделирование теплообмена на охлаждаемых поверхностях крышек цилиндров двигателей / Чайнов Н. Д., Мягков Л. Л., Маластовский Н. С. // Известия вузов. Сер. "Машиностроение". 2011. № 10. С. 52—56.
- 12. **Новенников А. Л.** Теоретические аспекты, методы и пути улучшения теплового состояния охлаждаемых деталей поршневых двигателей: Дис. ... докт. техн. наук. М., 1993. 213 с.
- 13. Modeling of nucleate boiling in engine cylinder head cooling ducts / J. Kroes [et al.] // 5th International Conference on Transport Phenomena in Multiphase Systems HEAT-2008. Warsaw, 2008. P. 79—84.

УДК 62-567.143

С. А. Воробьев, канд. техн. наук, доцент, С. С. Воробьев, канд. техн. наук, доцент,

Р. А. Гончаров, канд. техн. наук, доцент, А. Г. Тихомиров, канд. техн. наук, доцент,

ДГТУ г. Ростов-на-Дону E-mail: v.serge.79@mail.ru

# ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ С СИСТЕМАМИ ОПТИМАЛЬНОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ

В статье приведены результаты исследований, находящиеся в области разработки эффективных систем защиты подвесок автомобилей, подвергающихся динамическому воздействию неровностей дорожного покрытия. Полученные результаты определяют дальнейшее развитие теории оптимального управления демпфированием колебаний.

Ключевые слова: динамика, подвеска автомобиля, демпфирование, колебания, оптимальность.

В настоящее время ведущие мировые автопроизводители предлагают системы подвесок с улучшенными характеристиками, например с возможностью автоматической адаптации к различным дорожным условиям (активные или адаптивные подвески), подвески, позволяющие изменять дорожный просвет (гидравлические, пневматические, винтовые) [1]. Однако те или иные виды "комфортных" подвесок остаются доступными либо в определенном сегменте транспортных средств, либо у конкретных автопроизводителей или разработчиков. Для большинства же серийных автомобилей проблема оптимальной конструкции подвески остается актуальной.

Весьма актуальна защита оборудования и людей от качки, тряски, вибраций и ударов при движении транспортных средств по неровностям дороги, особенно в условиях, когда время на транспортировку ограничено.

В статье предлагается методика оценки динамических характеристик подвески с системами оптимального демпфирования колебаний. Методика предназначена для расчета вертикально-угловых колебаний двухосного транспортного средства при движении по неровной дороге (рис. 1).

В этом случае использование систем оптимального демпфирования достаточно эффективно. Для исследований была принята расчетная схема транспортного средства с двухточечным опиранием (рис. 2). В качестве обобщенных координат были выбраны перемещение точек над опорами  $z_1$ ,  $z_2$ .

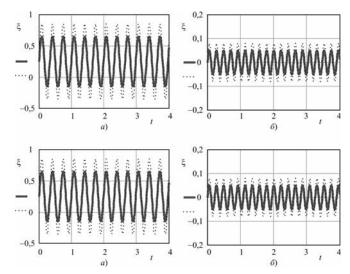


Рис. 1. Вертикально-угловые колебания двухосного транспортного средства при движении по неровной дороге:

a — передней оси;  $\delta$  — задней оси

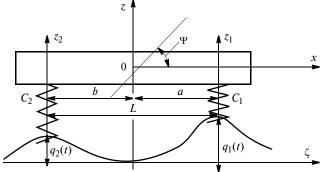


Рис. 2. Модель объекта с двумя точками подвеса

Математическая модель оптимального демпфирования колебаний в этом случае имеет вид:

$$\begin{split} M_1 \ddot{z}_1 + M_3 \ddot{z}_2 + k_1 z_1 + c_1 z_1 &= k_1 \dot{q}_1(t) + c_1 q_1(t); \\ M_3 \ddot{z}_1 + M_2 \ddot{z}_2 + k_2 z_2 + c_2 z_2 &= k_2 \dot{q}_2(t) + c_2 q_2(t); \\ t &= 0, \quad z_1 = z_2 = \dot{z}_1 = \dot{z}_2 = 0; \\ c_j &= \begin{cases} c_{j \max}, & \dot{z}_j(z_j - q_j) > 0; \\ c_{j \min}, & \dot{z}_j(z_j - q_j) \leqslant 0; \end{cases} \quad j = \overline{1, 2}, \end{split}$$

где  $M_1, M_2$  — приведенные к осям массы;  $M_3$  — масса инерционной связи;  $q_j(t)$  — профиль дорожной неровности;  $k_1, k_2$  — коэффициенты вязкого сопротивления.

Сравнительные результаты расчетов для случаев оптимального и неоптимального демпфирования показаны на рис. 3 и 4. Пунктиром показан процесс, идущий без управления, сплошной линией — с управлением, показана также функция управления. Во всех случаях подтверждается высокая эффективность оптимальных систем.

При определении эффективности гашения колебаний при оптимальных постоянных параметрах в качестве исходной была принята расчетная схема вертикальных колебаний контейнера в пусковой установке. Движение такой системы представлено математической моделью с одной степенью свободы с кинематическим возбуждением колебаний:

$$m\ddot{z} + k\dot{z} + cz = cq(t) + k\dot{q}(t),$$
  
 $t = 0, \quad z = z_{(0)}, \quad \dot{z} = \dot{z}_{(0)}, \quad q(t) = q_0 \sin vt.$ 

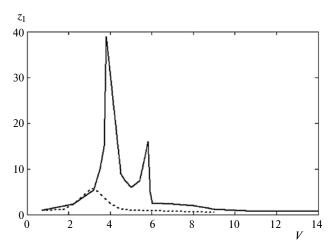


Рис. 3. Зависимость коэффициента динамичности от частоты внешнего воздействия для передней оси

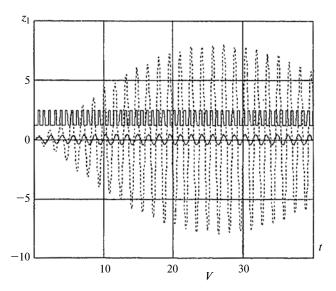


Рис. 4. Зависимость коэффициента динамичности от частоты внешнего воздействия для задней оси

Здесь v — частота внешнего кинематического воздействия.

$$\eta = \frac{z_1}{q_1}$$
.

Оценка эффективности гашения колебаний осуществлялась по критерию точности:

$$J = \frac{1}{2} \int_{0}^{t_K} (z - y)^2 dt,$$

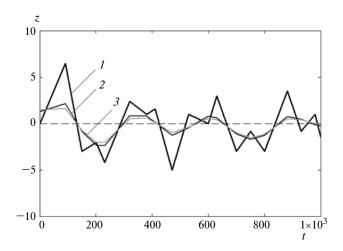
где y(t) — желаемое движение, определяемое для случая оптимального демпфирования колебаний.

$$m\ddot{y} + \tilde{c}y = \tilde{c}q(t)$$
;

$$\tilde{c} = \begin{cases} c_{\text{max}}, & \dot{y}(y-q) > 0; \\ c_{\text{min}}, & \dot{y}(y-q) \leq 0; \end{cases} \quad t = 0; \quad y = z_0; \quad \dot{y} = \dot{z}_0.$$

Оптимизации подлежали коэффициенты жесткости и сопротивления  $p_1 = c$ ,  $p_2 = k$ . Дифференциальные уравнения для параметров и функций чувствительности имеют вил:

$$\begin{split} \dot{p}_1 = u_1; & \ \dot{\lambda}_1 = -(z-y)\Gamma_1; \ \ \dot{p}_2 = u_2; \ \ \lambda_2 = -(z-y)\Gamma_2; \\ \\ m\ddot{\Gamma}_1 + k\dot{\Gamma}_1 + c\Gamma_1 + z = q_0 \sin\nu t; \\ m\ddot{\Gamma}_2 + k\Gamma_2 + c\Gamma_2 + Zz = \nu q_0 \cos\nu t. \end{split}$$



#### Рис. 5. Графики колебаний:

1 — колебания без демпфирования; 2 — колебания при оптимальном демпфировании; 3 — колебания при оптимальном выборе c, k

Характерные графики колебаний представлены на рис. 5.

Приведенные в статье исследования находятся в рамках разработки эффективных систем защиты

подвесок, подвергающихся динамическому воздействию неровностей дорожного покрытия. Получила дальнейшее развитие теория оптимального управления демпфированием колебаний, методы численного решения оптимизационных задач, предложены перспективные решения, которые могут быть использованы в современной автоиндустрии.

Эти результаты могут быть полезны также специалистам других направлений, связанных как с приложениями теории оптимального демпфирования колебаний, так и к приложению теории оптимального управления другими процессами [2—3].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Кушвид Р. П.** Испытания автомобиля: учебник. М.: МГИУ, 2011. 351 с.
- 2. **Воробьев С. А., Костоглотов А. И., Кулешов А. В.** Мгновенно-оптимальное демпфирование колебаний многомассовых систем с упругими связями. Изв. вузов, Сев.-Кав. Регион, Естественные науки, 2000, № 2. С. 29—32.
- 3. **Воробьев С. А., Кулешов А. В.** Способ демпфирования колебаний упругоподвешенного объекта. Патент РФ на изобретение № 2162034 от 20.01.01.

#### ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

принимает подписку на журнал

## «ГРУЗОВИК»

#### ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2015 год

Подписавшись в издательстве, вы:

- 1) получаете без задержек журнал с первого номера;
  - 2) экономите на стоимости почтовой доставки;
    - 3) получаете скидку до 5 %.

Наши реквизиты:

E-mail: realiz@mashin.ru Тел.: 8 (499) 269-52-98.

Факс: 8 (499) 269-48-97.

Отдел продаж, маркетинга, рекламы

WWW.MASHIN.RU

УДК 621.43

**Д. Ю. Батыщев,** аспирант, e-mail: batyshhev@bk.ru,

**В. А. Рыжиков**, д-р техн. наук, профессор, e-mail: rigikov54@mail.ru

ИСОиП ФГБОУ ВПО Донской государственный технический университет

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ГАЗО-ВОДЯНЫХ СМЕСЕЙ В ДВС

Разработана математическая модель, описывающая горение газо-водяной смеси в двигателях внутреннего сгорания. В результате компьютерного моделирования процессов горения топливных смесей, обоснованы изменения параметров тепловых процессов. Определена оптимальная концентрация воды в топливной смеси.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего, сгорания, газовая, вода, смесь, математическая модель, процессы, моделирование.

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем двигателестроения является изучение тепловых режимов горения газового топлива. Несмотря на многочисленные попытки определения оптимальных параметров горючей смеси, условия создания и

T<sub>c</sub> BMT

Рис. 1. Расчетная схема горения газо-водяной смеси внутри цилиндра двигателя:

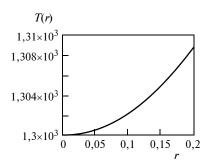
 $T_c$  — температура стенки цилиндра; T — температура топливной смеси;  $\eta$  — концентрация продуктов реакции; ВМТ и НМТ — соответственно верхняя и нижняя мертвая точка; r — пространственная координата

существования стационарного режима горения газа внутри цилиндра остаются малоизученными.

Согласно тепловой теории, распространение пламени внутри цилиндра можно описать системой двух уравнений [1, 3]. Исходя из наличия соответствующих начальных и конечных граничных условий, которые определяют степень воздействия рабочего тела на физико-химические параметры рабочего процесса, с помощью данной системы уравнений можно описать изменение этих параметров в условиях стационарного режима горения. Данная система уравнений так же подходит и для описания процесса горения альтернативных видов топлива, поскольку она справедлива для всех случаев, когда заданы граничные условия. На рис. 1 изображена расчетная схема горения газо-водяной смеси внутри цилиндра двигателя.

Из схемы видно, что температура процесса и концентрация продуктов горения изменяются относительно точки r от BMT до HMT.

Температура газовой смеси T и концентрация продуктов реакции  $\eta$  изменяются относительно ВМТ, искрообразование до НМТ пропорционально радиусу r. С учетом полярной системы координат наиболее простая постановка математической задачи будет включать в себя уравнение теплопроводности и уравнение диффузии [4].



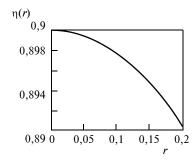


Рис. 2. Графики зависимости изменения температуры T и концентрации  $\eta$  от пространственной координаты r для стационарного режима горения смеси горючего газа без добавления воды

$$k\left(\frac{\partial^{2}T}{\partial r^{2}} + \frac{1}{r}\frac{dT}{dr}\right) - V\frac{\partial T}{\partial r} =$$

$$= \frac{\alpha}{c_{V}\rho} (T - T_{c}) - \frac{Q_{0}}{c_{V}\rho} k(1 - \eta) \exp\left(-\frac{E_{a}}{RT}\right); \qquad (1)$$

$$D\left(\frac{d^{2}\eta}{dr^{2}} + \frac{1}{r}\frac{d\eta}{dr}\right) = -k(1 - \eta) \exp\left(-\frac{E_{a}}{RT}\right),$$

где k — эффективный коэффициент температуропроводности;  $\alpha$  — коэффициент теплообмена;  $\rho$  — плотность топливной смеси;  $c_V$  — удельная теплоемкость топливной смеси при постоянном объеме;  $Q_0$  — тепловой эффект реакции; n — порядок реакции; k — константа скорости;  $E_a$  — энергия активации; R — универсальная газовая постоянная; V — скорость топливной смеси; D — коэффициент диффузии.

Исходя из утверждения, что температура внутри цилиндра равна температуре горючего газа, принимаем граничные условия:

$$r = R$$
;  $T = 90^{\circ}$ ;  $\eta = 0.9$ ,

где  $T_0$  — температура рабочей смеси. Температура внешней стенки будет равна температуре охлаждающей жидкости [2, 5].

Чтобы исследовать зависимость режима от параметров, характеризующие свойства газовой смеси и размеры цилиндра, необходимо перейти к стационарной задаче. Следует отметить, что параметр скорости движения топливной смеси V не является показательным, поскольку равен нулю. Таким образом, уравнение (1) принимает следующий вид:

$$k \left( \frac{d^2 T}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT}{dr} \right) =$$

$$\frac{\alpha}{C_v \rho} (T - T_c) - \frac{Q_0}{c_V \rho} k (1 - \eta) \exp\left( -\frac{E_a}{RT} \right); \qquad (2)$$

$$D \left( \frac{d^2 \eta}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\eta}{dr} \right) = -k (1 - \eta) \exp\left( -\frac{E_a}{RT} \right).$$

Граничные условия в стационарной задаче оставляем прежними.

При добавлении воды изменяются параметры k,  $\alpha$ ,  $C_{\nu}$ ,  $\rho$ .

Для моделирования процессов горения газа в цилиндрах ДВС численным методом можно использовать пакет прикладных программ Mathcad-14 с помощью функции Odesolve.

Следует отметить, что несмотря на заданные граничные условия, режимы горения могут протекать с разной интенсивностью и быть обусловленными численным изменением физико-химических параметров [3—6]. В качестве наглядного примера рассмотрим горение газо-водяной смеси в цилиндре двигателя, и влияние свойств топлива на скорость и время рабочего процесса ДВС.

На рис. 2 графически изображены зависимости изменения температуры от пространственной координаты r для стационарного режима горения смеси горючего газа без добавления воды.

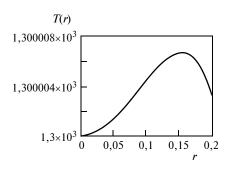
По графику видно, что с увеличением пространственной координаты происходит увеличение температуры.

На рис. 3 показано изменение температуры при концентрации водяного пара  $22\,\%$ .

Из графика видно, что максимальное значение T устанавливается при r=0.16, затем наблюдается стремительное снижение температуры процесса горения. При большей концентрации водяного пара происходит снижение температуры рабочей смеси до значений меньших температуры горения. Дальнейшее падение температуры цикла может привести к прекращению процесса горения ДВС.

На рис. 4 показано изменение температуры  $V_1$  и концентрации  $V_2$  от величины координаты r.

На основании данных полученных графиков, можно сделать вывод, что изменение параметров рабочего тела напрямую влияет не только на интенсивность протекания рабочего цикла, но и на тепловой эффект горения. Также следует отметить, что увеличение концентрации водяного пара в газовом



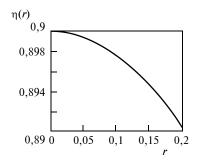


Рис. 3. Графики зависимости изменения температуры T и концентрации  $\eta$  от пространственной координаты r для стационарного режима горения смеси при концентрации водяного пара 22 %

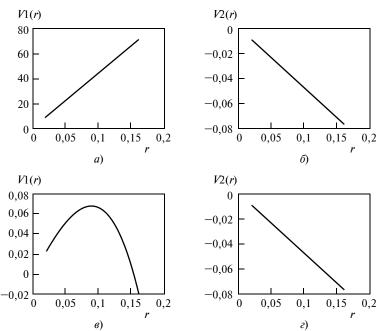


Рис. 4. Изменение температуры  $V_1$  и концентрации  $V_2$  от величины координаты r:

a — скорости изменения температуры и концентрации продуктов горения в зависимости от пространственной координаты без добавления воды;  $\delta$  — скорости изменения температуры и концентрации продуктов горения в зависимости от пространственной координаты при концентрации водяного пара 22 %

топливе обусловливает изменение критической температуры в цилиндре, что напрямую влияет на динамику работы ДВС и тепловую загруженность деталей цилиндропоршневой группы [1, 6]. Оптимальная концентрация водяного пара в горючей смеси для начальных и граничных условий составляет 22 %, что позволяет снизить тепловой режим работы ДВС. Также следует отметить, что изменение температуры стенок цилиндров или температуры горения топливной смеси приводит к измене-

нию величины оптимальной концентрации водяного пара в горючей смеси.

#### Выводы

- Представленная математическая модель описывает процесс горения газо-водяной смеси внутри цилиндра и позволяет моделировать типовые процессы рабочих циклов ЛВС.
- Компьютерное моделирование процесса горения газо-водяной смеси позволило определить оптимальную концентрацию водяного пара в газовой смеси, равную 22 %, соответствующую оптимальному тепловому процессу.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Бадришвили Г. Н.** Исследование влияния первичного очага воспламенения на показатели автомобильных двигателей. Дис. ... канд. техн. наук. Тбилиси, 1979. 224 с.
- 2. **Вилюнов В. Н.** Приближенные методы решения задач тепловой теории зажигания. Первый союзный симпозиум по горению и взрыву. Тезисы докладов. М.: Наука, 1968. С. 9—11.
- 3. **Зельдович Я. Б., Воедовский В. В.** Тепловой взрыв и распространение пламени в газах. М.: Изд. ММИ, 1947, 294 с.
- Anderson R. W., Asik J. R. Ignitability Experiments in a Fast Burn, Lean Burn Engine. — SAE Technical Paper Series, 1983, No. 830477, 15 p.
- Dale D. J., Oppenheim A. K. Ecnhance Ignition for I.C. Endines wint Premixed Gases. — SAE Technical Paper Series, 1981, 22 p.
- Daniel W. A. Engine Variable Effects on Exhaust Hydrocarbon Composition. — SAE Technical Paper Series, No. 670124, 1967, 22 p.

УДК 629.113

**В. В. Дебелов**, аспирант, **В. Н. Козловский**, д-р техн. наук, **М. А. Пьянов**, канд. техн. наук, ПВГУС, г. Тольятти,

В. И. Строганов, канд. техн. наук, МАДИ, г. Москва

E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ В РЕЖИМАХ СТАРТ И СТОП

В статье представлены результаты разработки имитационной модели электротехнического комплекса системы управления "Start-Stop" автомобиля.

Статья выполнена в рамках работы над грантом Президента РФ по поддержке молодых ученых — докторов наук на 2014—2015 гг., МД-2782.2014.8.

**Ключевые слова:** автомобиль; электротехнические и электронные системы управления; система "Start-Stop".

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

Электротехническая система "Start-Stop" автомобиля предназначена для снижения вредного техногенного воздействия на окружающую среду путем оптимизации работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а также обеспечения топливной экономичности и повышения энергоэффективности. Эффект от внедрения в состав легкового автомобиля рассматриваемой системы достигается главным образом за счет сокращения времени работы ДВС в режиме холостого хода и частичной рекуперации энергии при движении накатом или при торможении автомобиля. Система позволяет оптимизировать энергетический баланс и увеличить ресурсы системы электропитания и пуска автомобиля, независимо от индивидуального характера вождения и условий эксплуатации транспортного средства [1].

Часто при решении проектных задач, связанных с реализацией электротехнических и электронных систем управления в новых моделях автомобилей, первично необходимо выбрать путь разработки, заключающийся в полном цикле проектирования или адаптации существующей системы. В первом случае требуется разработать новую архитектуру системы, что влечет значительные затраты времени и средств.

Второй путь более предпочтителен. Его сущность заключается в расширении функциональных

горизонтов разрабатываемой системы по сравнению с аналогами, относительно которых проводится адаптация. В представленной работе как раз и проводится разработка имитационной модели системы "Start-Stop", улучшенной и адаптированной к практике отечественных предприятий автомобилестроения [2].

Основой для создания энергоэффективной системы "Start-Stop", соответствующей заданным требованиям стандарта экологичности, является концепция самой системы, описывающая состав компонентов системы и взаимосвязи элементов измерения и управления заданными параметрами, а также отдельных устройств и блоков управления, которые подключены между собой посредством интерфейсных шин данных, через которые происходит обмен параметрами между электронными блоками управления. Концепция "Start-Stop" строится исходя из требований экономии затрат, что означает эффективное использование всех необходимых автомобильных компонентов для достижения максимально возможного эффекта от ее использования, в условиях массового производства.

Главной задачей разработки концепции электронной системы "Start-Stop" является описание взаимосвязей и системных функций, на основе кото-

рых строятся алгоритмы работы электронных блоков управления.

Для проектирования эффективной концепции управления первоначально определяется перечень компонентов системы, а позднее режимы управления двигателем, необходимые для выполнения его быстрого пуска и способствующих снижению токсичности. Компоненты системы выбираются исходя из требуемой точности и надежности работы системы управления. После определения перечня компонентов за ними закрепляются функции и роль в системе. Определяется главный модуль, который наиболее эффективно сочетает в себе функции управления пуском двигателя и адресации команд на отключение мощных потребителей в момент остановки ДВС.

Иногда в качестве основного модуля применяется контроллер системы управления двигателем (КСУД) или контроллер (VCU-vehicle control unit — контроллер управления автомобильными системами). Однако VCU используется реже вследствие значительной стоимости изделия и программного обеспечения к нему. Нами в разрабатываемой концепции выбран КСУД, который имеет подключение к основным датчикам и исполнительным механизмам, а также имеет связь через интерфейсные шины данных с другими модулями управления, что позволяет получать значение измеренных величин от датчиков и управлять нагрузками, подключенными к другим электронным блокам управления.

Для системы "Start-Stop" на автомобиле как с ручной, так и автоматической трансмиссией требуется наличие следующих датчиков и механизмов в составе системы управления двигателем (рис. 1, таблица):

- датчик положения педали акселератора, который имеет прямое подключение к контроллеру и дает возможность определять режимы движения;
- датчик положения коленчатого вала. Возможны различные варианты датчиков, наиболее популярными из которых являются магнитно-индуктивный датчик и датчик Холла (датчик Холла позволяет достаточно точно определить положение остановки ДВС и обратное вращение; магнитно-индуктивный датчик в сочетании с датчиком фаз позволяют с меньшей точностью определять положение остановки коленчатого вала);
- датчик фазы позволяет выполнять быструю синхронизацию ДВС и служит для определения но-

мера цилиндра, в который должна быть произведена подача топливовоздушной смеси;

— датчик педали тормоза с защитой от дребезга позволяет достоверно определить момент нажатия водителем на педаль, означающее желание остановить двигатель при выполнении совокупности дополнительных условий (он также обеспечивает ус-

#### Основные выходные параметры компонентов системы

Ком- понент	Название устройства	Измеряе- мый пара- метр	Диапазон изменения параметра
1	Датчик включения ней- тральной передачи	Напряжение	Лог 0 Лог 1
2	Датчик педали сцепления	Напряжение	Лог 0 Лог 1
3	Датчик педали тормоза	Напряжение	Лог 0 Лог 1
4	Датчик угла поворота руля	Угол поворота рулевого колеса	0—720 г.п.р.к.
5	Кнопка включения и выключения функции Старт-Стоп	Напряжение	Лог 0 Лог 1
6	Датчик ремня безопас- ности водителя	Напряжение	Лог 0 Лог 1
7	Выключатель двери водителя	Напряжение	Лог 0 Лог 1
8	Датчик температуры: наружного воздуха салона охлаждающей жидкости АКБ	Температура	Пределы: —40+45 —40+45 —40+150 —40+45
9	Датчик детонации	Вибрация	_
10	Аккумуляторная батарея (АКБ)	Напряжение	11—14 B
11	Генератор	Напряжение	13,5—14,5 B
12	Контроллер ЭСУД	-	
13	Датчик положения коленчатого вала (ДПКВ)	Напряжение	Лог 0 Лог 1
14	Регулятор напряжения	Напряжение	13,5—14,5 B
15	Комбинация приборов	_	_
16	Датчик скорости	Скорость	0255 км/ч
17	Стартер с улучшенным ресурсом пусков	_	_
18	Датчик положения пе- дали акселератора	Напряжение	0100 %

ловия работы системы безопасности и предназначен для сигнализации момента прекращения подачи топлива и искры зажигания);

- датчик сцепления применяется исключительно в системе управления двигателем с ручной трансмиссией и необходим для определения момента времени ее отсоединения от силового агрегата, а также в сочетании с сигналами от датчиков скорости и частоты вращения коленчатого вала предназначен для формирования сигнала разрешения остановки двигателя;
- стартер служит для прокрутки двигателя после его остановки и выполнения быстрого пуска (управляется стартер включением реле стартера);
- генератор с регулятором напряжения используется для того, чтобы регулировать уровень напряжения при старте и для обеспечения требуемого уровня напряжения зарядки аккумуляторной батареи;
- форсунки и катушки зажигания используются для выполнения подачи топлива в соответствии с выбранным цилиндром (особенность применения заключается в том, что в отличие от традиционного пуска двигателя, момент подачи топлива для системы "Start-Stop" должен быть известен уже после начала прокрутки двигателя стартером, что приводит к открытию форсунок управляющим напряжением);
- датчик температуры охлаждающей жидкости способствует определению условий остановки двигателя, что позволяет избежать остановки двигателя и способствует снижению токсичности при прогретом нейтрализаторе;
- датчик заряда аккумуляторной батареи используется для определения условия разрешения остановки двигателя и достижения максимальной энергоэффективности системы, а также обеспечивает продление срока службы аккумуляторной батареи, не допускает его разряд ниже установленного уровня, что способствует уверенному пуску ДВС;
- датчик температуры окружающей среды зачастую входит в состав одного из дополнительных блоков управления двигателем и нужен для определения температуры окружающей среды, что позволяет наилучшим образом выбрать стратегию пуска двигателя после его остановки, а также предсказать его перегрев или преждевременное охлаждение;
- датчик угла поворота рулевого колеса позволяет определять положение рулевого колеса как до

- начала движения, так и после проведения процедуры его определения и адаптации его крайних положений;
- аккумуляторная батарея с повышенным ресурсом и способная перезаряжаться в течение короткого интервала времени;
- модуль управления кузовной электроникой отключает мощные нагрузки такие, как ближний и дальний свет, подогрев стекол и зеркал, подогрев сидений в момент пуска, тем самым позволяет разгрузить аккумулятор и выполнить значительно более быстрый пуск двигателя;
- комбинация приборов служит индикатором системы "Start-Stop" и сигнализирует о режимах работы двигателя в режиме включенной функции;
- датчик ремня водителя, датчик двери водителя, выключатель крышки капота, датчик включения нейтральной передачи (для ручной трансмиссии) используются для определения водителя в кресле, чтобы избежать случайного пуска ДВС и перевести функцию управления системой "Start-Stop" в пассивное состояние;
- стабилизатор напряжения питания необходим для исключения прерываний в питании мультимедийной системы и систем визуализации как в момент пуска двигателя, так и в момент его остановки;
- датчик включения стояночного тормоза используется в качестве дополнительного датчика для отключения или деактивации системы наряду с датчиком нажатия педали тормоза (особенность заключается в том, что отсутствие данного датчика в значительной мере снижает качество функции управления в момент пуска при подключенной трансмиссии и может послужить причиной срабатывания системы диагностики, приводящей к немедленной остановке ДВС с целью предотвращения его поломки);
- клавиша включения функции может располагаться в составе любого модуля управления, поэтому условно принято, что она подключена напрямую к блоку управления двигателем (зачастую клавиша может совмещать в себе и функцию индикации работы системы "Start-Stop").

После определения основного состава компонентов системы "Start-Stop", позволяющей реализовать функцию запуска и остановки двигателя в минимальные промежутки времени с обеспечением требований по токсичности (см. рис. 1 и таблицу), переходим к определению связей системы.

## Описание взаимосвязи блока управления двигателем и исполнительными механизмами

Блок управления двигателем включает в себя программные функции: разрешения работы системы "Start-Stop", выбора режима работы (Старт или Стоп). Дополнительно в состав системы входят модули контроля заряда аккумуляторной батареи, модуль управления реле стартера, модуль управления генератором, модуль температуры двигателя. С их помощью производится расчет входных параметров, способствующих формированию сигналов Стоп и Старт, что приводит к отключению топливоподачи или включению реле стартера, для прокрутки двигателя. Дополнительно в системе присутствуют модули, отвечающие за работу функций низкого уровня, которые управляют портами и позволяют считать состояние датчиков или сигналы с интерфейсных шин данных. Наряду с низкоуровневыми функциями в системе присутствуют модули программной и аппаратной диагностики, модули базовых функций управления двигателем и управления электронным балансом систем управления.

При имитационном моделировании системы "Start-Stop" нами особое внимание уделялось критериям, по которым оценивается качество работы системы в целом: быстрый пуск двигателя; низкий уровень  $\mathrm{CO}_2$  в момент пуска; оптимальный энергетический баланс; минимальный, но достаточный состав компонентов системы; безопасность водителя и окружающих.

Исходя из приведенного перечня критериев составлена модель управления системой "Start-Stop", которая отвечает заданным требованиям. Основную функцию по запуску и остановке двигателя выполняет контроллер управления двигателем, который также позволяет опросить остальные контроллеры, устройства и датчики, вовлеченные в процесс запуска двигателя и получить все требуемые параметры для проверки условий запуска или остановки двигателя.

На рис. 2 представлена структура имитационной модели системы "Start-Stop".

На рис. 3 представлена структура системы "Start-Stop", а также обозначены взаимосвязи на уровне функций, исполнительных механизмов и модулей управления.

Модель определяет функции работы системы, которые реализуются посредством перевода соответствующих алгоритмов из среды Mathlab в программный код контроллера управления двигателем.

В модели основную роль по Пуску и остановке двигателя играют четыре модуля: разрешения работы системы "Start-Stop"; выбора режима работы двигателя; формирования сигнала "Stop" служащего для разрешения остановки двигателя; формирования сигнала "Start", предназначенного для разрешения запуска двигателя.

Дополнительно для работы системы "Start-Stop" в режиме базовой функциональности требуются следующие модули: контроля заряда батареи; управления генератором; управления реле стартера и топливным насосом; прогрева двигателя; диагностики неисправностей.

## Модуль формирования условия разрешения работы "Start-Stop"

Для формирования признака разрешения работы системы требуется проверка основных условий. Главным условием является нажатие клавиши "Start-Stop" на панели приборов. После проверки этого условия система переходит к проверке остальных. Уравнение (1) описывает условие разрешения работы системы. Синтаксис, использованный для описания систем уравнений, соответствует языку программирования С++.

$$EnStSt = (StStBtnState != 0) & & (Teng > TengStSt) & & ...$$

$$(VSthr < VSmx) & & (DorOpn!=1) & & \\ (BltLock!=0) & & ...$$

(PedalAcKickDwn!= 1) && (FuelLvl>FuelLvlTrh) &&...
(BatryChrg>BatryChrgTrh) &&
(ImmoState!=1) &&...

В приведенной формуле: EnStSt — условие разрешения работы системы; StStBtnState — состояние нажатия клавиши; Teng — температура охлаждающей жидкости двигателя; TengStSt — порог температуры, после которой запуск двигателя разрешен; VSthr — скорость, позволяющая определить движение автомобиля; VSmx —максимальная скорость автомобиля за поездку с момента пуска двигателя;

*DorOpn* — условие, показывающее текущее состояние открытия дверей автомобиля; *BltLock* — признак пристегнутого ремня безопасности (водителя); *PedalAc Kick Dwn* — нажатие на педаль акселератора в режиме *Kick Down*; *FuelLvl* — уровень топлива в бензобаке; *FuelLvlTrh* — минимально допустимый уровень топлива; *BatryChrg* — уровень заряда аккумулятора; *BatryChrgTrh* — минимально допустимый уровень заряда АКБ; *ImmoState* — состояние иммобилизатора автомобиля; *Injection* — разрешение впрыска топливо-воздушной смеси; *Ignition* — разрешение подачи искры зажигания;

Модуль формирования сигнала остановки двигателя. Прежде чем сформировать признак, который разрешит остановку двигателя и передаст управление модели остановки двигателя, требуется выполнение совокупности условий. Выражение (2) описывает эту совокупность.

(EnStSt == 1) && ((VScur < VSmintrh) &&...

(TmrEngRunSlow > TmrTrhEnStp)) & & ((BatCharge > BatCharge EnStp) ... || (Icharge < Icharge Trh)) & & (Gear!=RevrsGear) & & (BrPedlPrs==1) ... & & (Frqsetpint < Frq < Frqsetpint + cAddTrh) & & ...

$$((KL15Sts!=0) \&\& (VSmxRd > VSmxStpEnbl)).$$
 (2)

В приведенной формуле: ClutchPedal — признак нажатия на педаль сцепления; *Teng* — температура хладагента; Тепдтах — максимально допустимая температура хладагента, выше которого остановка двигателя запрещена; *TengStSt* — температурный порог, выше которого остановка двигателя разрешена; EnStSt — признак включения функции "Старт-стоп"; VScur — текущая скорость автомобиля; VSmintrh — минимальный порог скорости автомобиля, ниже которого определяется состояние простоя; *TmrEngRunSlow* — время работы двигателя, в течение которого (VScur < VSmintrh); TmrTrhEnStp - порог интервала времени, по прошествии которого определяется состояние простоя; *Frgsetpint* установка оборотов холостого хода; *cAddTrh* — допуск на величину уставки холостого хода; *Frq* — величина оборотов двигателя; *BatCharge* — мгновенный текущий уровень заряда аккумулятора; BatChargeEnStp — установленный уровень заряда аккумулятора, выше которого разрешается остановка двигателя; Icharge — мгновенный текущий ток аккумулятора; IchargeTrh — порог тока заряда аккумулятора, ниже которого разрешается остановка двигателя; Gear — текущая передача; RevrsGear — реверсивная передача; BrPedlPrs — признак нажатия педали тормоза; VSmxStpEnbl — заданный порог скорости, который должен быть преодолен для разрешения остановки двигателя; VSmxRd — максимальная скорость за поездку; KL15Sts — статус включения замка зажигания.

В результате одновременного выполнения представленной формулы, состоящей из различных условий, формируется сигнал "Stop" для разрешения остановки двигателя. После пуска двигателя сигнал "Stop" принимает нулевое значение (сбрасывается в ноль), когда выполнится условие начала прокрутки стартером. Если реле стартера включено, то это означает, что разрешение на остановку двигателя не должно выполняться.

После появления запроса на остановку двигателя, контроллер управления двигателем должен выполнить действия по его остановке, аналогичные выключению замка зажигания, а для этого выполняется передача управления модели остановки двигателя, которая корректно позволяет произвести его остановку. Отличие работы этой модели заключается в том, что время выключения главного реле должно увеличиться до установленной величины. Если по истечении этого времени сигнал на запуск не поступил, то ЭСУД должен выключить главное реле и дальнейший запуск должен осуществляться поворотом ключа в замке зажигания.

#### Модуль формирование сигнала разрешения пуска двигателя

При формировании признака "Start", управление передается функции, которая отвечает за запуск двигателя, включая топливный насос, подачу искры зажигания, включение реле стартера, после чего двигатель пускается. Функции топливоподачи и расчета искры зажигания выполняются отдельно, обычно это низкоуровневые драйверы, написанные системными программистами или переведенными в код из графической модели, поэтому для модели остановки двигателя достаточно только сгенерировать разрешение на запуск и установить бит, разрешающий включение реле стартера.

Для пуска двигателя в режиме "Start-Stop" необходимо выполнение следующих условий: включена функция "Start-Stop"; разрешен запуск двигателя; если автомобиль с автоматической трансмиссией, то при условии, что педаль тормоза не нажата и рычаг переключения режимов находится в позиции Drive; если автомобиль с механической трансмиссией, то при условии, что положение педали акселератора больше установленного порога, определяемого калибровочной константой, по положению педали акселератора и рычаг переключения коробки передач находится в нейтральном положении; время работы двигателя после остановки менее порога по времени, ниже которого разрешается старт автомобиля в режиме "Start-Stop".

При запуске двигателя в режиме "Start-Stop" ЭСУД должен отключать сам или давать команду другим системам на отключение электропотребителей, не влияющих на безопасность, кратковременное отключение которых будет незаметно водителю, но будет способствовать разгрузке аккумуляторной батареи при пуске.

К числу основных отключаемых потребителей можно отнести: подогрев сидений; обогрев ветрового стекла; обогрев заднего стекла; вентилятор охлаждения радиатора (с задержкой на несколько секунд); вентилятор охлаждения конденсата (для автомобиля в комплектации с системой климатического контроля); дневные ходовые огни; противотуманные фары.

## Модуль контроля заряда аккумуляторной батареи (АКБ)

ЭСУД осуществляет измерение уровня заряда батареи, используя вместо модельного параметра определения степени заряда АКБ реально существующий параметр с электронного датчика заряда.

Определение заряда батареи выполняется в следующей последовательности:

- проверяется условие включения реле стартера;
- проверяется условие включения реле стартера из предыдущего цикла;
- проверяется условие превышения порога оборотов после старта (порог определяет значение, при котором двигатель начал вращаться и можно пода-

вать искру зажигания; также проверяется условие того, что в предыдущем цикле условие прокрутки стартером было истинным).

Модуль формирования условия остановки стартера. Для того чтобы остановить работу электростартера, необходимо формирование ряда условий, по любому из которых происходит сброс первого и второго триггеров, а именно сброс триггеров приводит к тому, что производится отключение реле электростартера.

Модуль формирования условия запуска стартера. Данный модуль позволяет обеспечить правильный пуск при выполнении заданных условий. Модуль активируется после включения функции "Start-Stop", при наличии напряжения на клемме KL50, и при условии того, что ранее был выполнен первый пуск двигателя с помощью замка зажигания.

В результате имитационного моделирования работы системы "Start-Stop" установлена общая эффективность рассматриваемой электронной системы управления в составе автомобиля:

1) алгоритм, реализованный в составе системы, предотвращает ложные пуски ДВС, обеспечивает снижение расхода топлива на старте и обеспечивает заданный градиент достижения уставки холостого хода в момент пуска;

2) для реализации системы "Start-Stop" и обеспечения быстрых пусков необходима доработка функции синхронизации, которая позволяет исключить пропущенные зубья муфты синхронизации коленчатого вала. Особенность доработки заключается в том, что при использовании датчика положения коленчатого вала, основанном на эффекте холла, дорабатывается модуль определения обратного вращения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Строганов В. И. Комплекс электронных систем управления движением легкового автомобиля с комбинированной силовой установкой. Часть 1 / / В. И. Строганов, В. Н. Козловский, В. В. Дебелов, М. А. Пьянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2014. N 1. C. 40—49.
- Строганов В. И. Комплекс электронных систем управления движением легкового автомобиля с комбинированной силовой установкой. Часть 2 // В. И. Строганов, В. Н. Козловский, В. В. Дебелов, М. А. Пьянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2014. № 2. С. 19—29.

УДК 629.113:657.372.4/5.001.5 "313"

Г. В. Синёгина, НИИЦ АТ ФГБУ "З ЦНИИ" МО РФ

E-mail: 3cnii@niicat@mail.ru

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ОСТАТОЧНОЙ СТОИМОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЕЕ ПРОДАЖЕ В ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СЕКТОР НА ВТОРИЧНОМ РЫНКЕ

В статье рассмотрены методические подходы к прогнозированию остаточной стоимости работоспособной военной автомобильной техники, в зависимости от срока ее эксплуатации и учитывающие рыночные механизмы функционирования вторичного рынка экономического сектора страны. Представленные в статье материалы могут представлять интерес не только для Минобороны России, но и для крупных корпоративных организаций, эксплуатирующих автомобильную технику.

**Ключевые слова:** цена автомобиля, остаточная стоимость автомобиля, корреляционно-регрессионный анализ, срок эксплуатации.

Организация реализации и утилизации военной автомобильной техники (BAT) является сложным процессом, связанным с сохранением, использованием и перераспределением больших материальных ценностей, оказывающим влияние на техническую готовность автомобильных парков и, вследствие этого, требует четкой регламентации.

Нормативную базу для организации доиспользования высвобождающейся техники должны определять Федеральные законы, инструкции и другие нормоопределяющие документы Министерства обороны и начальника Генерального штаба.

Нормативно-правовая база утилизации и высвобождающейся техники должна содержать:

- порядок организации процесса;
- ответственность должностных лиц и органов управления, их права и обязанности;
- нормативы для определения вариантов доиспользования и реализации;
- порядок оформления оплаты и документооборота при реализации техники;
- методики определения остаточной стоимости автомобильной техники и затрат на подготовку к реализации (утилизации);
- меры по исключению злоупотреблений в процессе реализации высвобождаемой техники;
- порядок и особенности реализации автомобильных базовых шасси (АБШ) в составе объектов вооружения и военной техники (ВВТ);

- порядок оплаты дополнительных услуг, связанных с процессом реализации ВАТ (погрузка, доставка, разгрузка и др.);
- порядок использования вырученных от реализации средств.

Отсутствие в настоящее время действующей нормативной документации по доиспользованию высвобождающейся техники не дают возможности разработки полноценного каталога технико-экономических показателей для прогнозирования цены контракта на утилизацию образцов ВАТ.

Автомобильная техника многоцелевого назначения, подлежащая списанию, а также списанная в установленном порядке, но имеющаяся в наличии, реализуется двумя способами:

- путем сдачи металлолома в соответствующие пункты приема, при условии, что она неработоспособна и ее восстановление с последующей продажей на рынке не целесообразно;
- путем продажи работоспособной техники в экономический сектор страны на вторичном рынке.

Высвобождаемые автомобили, которые выработали ресурс, и по своему техническому состоянию не могут быть использованы по назначению и реализованы, подлежат утилизации.

В общем виде получаемая прибыль складывается из следующих составляющих

$$\Pi_{\mathbf{P}} = \Pi_{\mathbf{p}\mathbf{M}} + \Pi_{\mathbf{p}\mathbf{9}\mathbf{c}},\tag{1}$$

где  $\Pi_{\rm pm}$  — прибыль от реализации металлолома, руб.;  $\Pi_{\rm psc}$  — прибыль от реализации ВАТ в экономический сектор страны, руб.

Прибыль от реализации металлолома вычисляется по зависимости

$$\Pi_{\rm pM} = \sum_{j=1}^{n} \left[ (N_{\rm YTH})_j (M_{\rm MJ})_j (\bar{C}_{\rm MJ})_j \right], \tag{2}$$

где  $(N_{\text{VTH}})_i$  — количество ВАТ j-ой марки, подлежащей утилизации путем разборки и сдачи металлолома, шт.;  $(M_{\rm MJ})_i$  — масса извлекаемого металлолома

из ВАТ j-ой марки, кг;  $\left(\bar{C}_{\text{мл}}\right)_{i}$  — стоимость 1 кг металлолома, руб.

Прибыль от реализации ВАТ на вторичном рынке вычисляется по зависимости

$$\Pi_{\text{psc}} = \sum_{j=1}^{n} \left[ (N_{\text{pec}})_{j} \left( \bar{C}_{\text{psc}} \right)_{j} \right], \tag{3}$$

где  $(N_{\text{pec}})_i$  — количество ВАТ j-ой марки, подлежащей реализации в экономический сектор страны, шт.; $\left(\bar{C}_{\mathrm{psc}}\right)_{i}$  — стоимость образца автомобильной техники для реализации ее на рынке, руб.

В статье предлагаются методические подходы оценки затрат на утилизацию ВАТ и получаемой прибыли от ее реализации путем продажи работоспособной техники в экономический сектор страны на вторичном рынке.

Существует несколько подходов к определению рыночной цены ВАТ многоцелевого назначения, из которых выделяются два основных:

- остаточная и базовая стоимость высвобождаемых (выводимых из состава излишних, неиспользуемых) из ВС РФ образцов автомобильной техники и других военно-технических средств, определяется методикой [1];
- цена устанавливается на уровне не менее свободной (рыночной) ее величины на каждый конкретный образец, сложившейся на момент продажи в регионе ее осуществления.

Согласно утвержденной методике в основу определения остаточной стоимости ( $C_0$ ) конкретных образцов ВАТ используется классический подход, в основу которого положены указанные нормативы.

$$C_0 = K_{KHH} K_{MH} K_{\Phi c} \coprod_{\Pi p}, \tag{4}$$

где  $C_0$  — остаточная стоимость образца ВАТ, руб.;  $K_{\rm KHH}$  — коэффициент корректирования норм наработки ВАТ при ее эксплуатации;  $K_{\rm MM}$  — коэффициент степени морального износа ВАТ;  $\mathit{K}_{\mathrm{\varphi c}}$  — коэффициент фактического состояния конкретного образца ВАТ; Цпр — цена приобретения марки ВАТ или ее современного аналога в текущем году.

Коэффициент корректирования норм наработки ВАТ при ее эксплуатации определяется в соответствии с [2] по формуле:

$$K_{\text{KHH}} = K_1 K_2 K_3,$$
 (5)

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий дорожные условия эксплуатации;  $K_2$  — коэффициент, учитывающий природно-климатические условия эксплуатации;  $K_3$  — коэффициент, учитывающий тип машин, а также характер (интенсивность) ее использования.

Коэффициент степени морального износа  $K_{\text{ми}}$ ВАТ принимает свое значение в зависимости от срока эксплуатации образца:

- до 5 лет  $K_{\text{ми}} = 0.85$ ;
- от 5 до 10 лет  $K_{\text{ми}} = 0.7;$  свыше 10 лет  $K_{\text{ми}} = 0.5;$
- для ЛУАЗ-967; "Москвич-408", -412; ГАЗ-13, -14; ГАЗ-21; ГАЗ-52, -63; УАЗ-450, -451; ПАЗ-652, -672; ЛАЗ-695; ГАЗ-69; КрАЗ-214, -219; -258; МАЗ-200, -500; ЗИЛ-164, -157; Т-100; ДТ-75; АТС-712; АТ-Л; AT-T; ATC-59  $K_{MM} = 0.2$ .

Коэффициент фактического состояния конкретного образца  $K_{\text{doc}}$  BAT определяется:

- для автомобильной техники интенсивной группы эксплуатации;
- для автомобильной техники хранения и ограниченной эксплуатации.

Для автомобильной техники интенсивной группы эксплуатации коэффициент фактического состояния определяется по формуле:

$$K_{\Phi c} = 1 - \frac{\left(P_{\Phi}\right)_{j}^{i}}{\left(P_{H}\right)_{j}},\tag{6}$$

где  $\left(P_{\Phi}\right)_{i}^{l}$  — фактическая наработка (тыс. км) i-го образца ј-й марки ВАТ с начала его эксплуатации (для ВАТ, прошедшей капитальный или регламентный ремонт со времени проведения ремонта);  $\left(P_{\rm H}\right)_i$ установленная норма наработки (тыс. км) конкретного образца АТ с начала эксплуатации до списания (для ВАТ, прошедшей капитальный или регламентный ремонт со времени проведения ремонта до списания).

Для автомобильной техники хранения и ограниченной эксплуатации коэффициент фактического состояния определяется по формуле:

$$K_{\Phi c} = 1 - \left(\frac{\left(P_{\Phi}\right)_{j}^{i}}{\left(P_{H}\right)_{j}} + K_{\Phi u}\left(T\right)_{j}^{i}\right), \tag{7}$$

где  $K_{\rm фc}$  — коэффициент физического износа автомобиля ( $K_{\rm фи}=0{,}042$ );  $\left(T\right)_j^i$  — срок эксплуатации конкретного образца ВАТ в годах фактической наработки (срока службы).

Установленная норма наработки  $H_{ycT}$  определяется из Руководства МО РФ [3]:

- для машин интенсивного использования с помощью коэффициента, учитывающего категорию дорожных условий эксплуатации ВАТ;
- для машин неинтенсивного использования и находящихся на длительном хранении определяется истечением срока службы 30 лет.

После 15 лет нахождения в эксплуатации АБШ подлежат проведению ремонта по техническому состоянию

Данные о фактической наработке (сроке службы) ВАТ ( $H_{\phi a K}$ ) получают из паспорта (формуляра), где ведется сводный учет работы, и вся информация за каждый год заносится с начала ее эксплуатации и подтверждается подписью начальника автомобильной службы воинской части.

 $\rm II_{np}$  — это оптовая цена приобретения марки ВАТ или ее современного аналога в текущем году. Если на время расчета нет данных по оптовой цене приобретения ВАТ рассматриваемой марки, то берется индексированная (приведенная) к году продажи оптовая цена.

В качестве примера проводятся расчеты с использованием изложенной методики по конкретным образцам ВАТ с различными сроками эксплуатации.

Для этого формулу (4) представляем в виде:

$$C_0 = K_{\text{MII}} \coprod_{\text{TID}} /100,$$
 (8)

где  $K_{\text{иц}}$  — коэффициент изменения цены ВАТ в зависимости от условий эксплуатации и срока службы (физического и морального износа), %.

В табл. 1 приведены исходные данные и результаты расчета коэффициента изменения цены ВАТ ( $K_{\text{иц}}$ ) в зависимости от срока ее эксплуатации, полученные с использованием представленной методики.

В расчетах при отсутствии данных по фактической наработке образца ВАТ ее значение определялось исходя из срока ее эксплуатации и норм годового пробега ВАТ, утвержденных приказом Министра обороны Российской Федерации 1996 года № 50 [4]. Для ВАТ транспортной группы эксплуатации: 18 000 км для легковых автомобилей, 16 000 км для бортовых автомобилей, 24 000 км для автомобилей учебной группы эксплуатации в год. Для АБШ и образцов, находящихся на длительном хранении:

- для легковых автомобилей до 3000 км в год;
- для грузовых автомобилей до 5000 км в год.

Таким образом, с использованием формулы (8) и значениям коэффициента  $K_{\rm иц}$ , рассчитанным с использованием методики (см. табл. 1), устанавливают остаточную стоимость образцов ВАТ.

Второй подход к определению свободной (рыночной) цены ВАТ на вторичном рынке сводится к накоплению и обработке статистических данных, которые позволяют определить остаточную стоимость автомобиля в зависимости от срока нахождения автомобиля в эксплуатации. Был проведен корреляционно-регрессионный анализ изменения рыночных цен на отечественную поддержанную автомобильную технику, взятых из материалов периодического издания "За рулем". Исходные данные, отобранные для обработки, приведены в табл. 2.

Таблица 1 Исходные данные для определения цены подержанных образцов ВАТ и результаты расчета  $K_{\rm HII}$ 

Марка ВАТ	Срок службы ВАТ, лет	<i>K</i> <sub>1</sub>	<i>K</i> <sub>2</sub>	<i>K</i> <sub>3</sub>	$K_{\scriptscriptstyle ext{KUH}}$	$K_{\text{MM}}$	Н <sub>факт</sub> , тыс. км	Н <sub>уст</sub> , тыс. км	$K_{ m \phi c}$	$K_{ m MII},\%$
ГАЗ-3102,	10	0,8	1,0	1,0	0,8	0,5	180,0	630,0	0,714	28,6
ГАЗ-3110	10	0,8	1,0	1,0	0,8	0,5	180,0	630,0	0,714	28,6
УАЗ-3151	10	0,8	1,0	1,0	0,8	0,5	180,0	396	0,55	22,0
BA3-2114	6	0,8	1,0	1,0	0,8	0,5	108,0	225,0	0,52	20,8
BA3-2121	5	0,8	1,0	1,0	0,8	0,5	90,0	180,0	0,50	20,0
УАЗ-3163	6	0,8	1,0	1,0	0,8	0,7	108,0	396,0	0,73	41,0
ГАЗ-66	9	0,8	1,0	1,0	0,8	0,5	108,0	396	0,73	19,2

Таблица  $\,2\,$  Исходные данные для расчета остаточной цены автомобиля на вторичном рынке

	Цена на подержанный автомобиль, руб.										
Год выпуска		Марка, модель									
автомобиля	В границах	BA3-2114	BA3-2121	BA3-2131	ГАЗ-3102	ΓΑ3-3110, 31105	УАЗ-3151, "Хантер"	УАЗ-3163, "Патриот"			
1004	min	42 000	30 000	_	19 000	_	_	_			
1994	max	70 000	80 000	_	42 500	_	_	_			
1995	min	48 000	35 000	_	20 000	_	45 000	_			
1993	max	72 000	90 000	_	52 500	_	145 000	_			
1996	min	56 000	35 000	50 000	23 500	_	45 000	_			
1990	max	76 000	100 000	70 000	60 000	_	160 000	_			
1007	min	62 000	40 000	60 000	30 000	20 000	55 000	_			
1997	max	80 000	105 000	85 000	70 000	65 000	165 000	_			
1000	min	68 000	40 000	65 000	37 500	22 500	60 000	_			
1998	max	98 000	105 000	110 000	100 000	72 500	180 000	_			
1000	min	70 000	50 000	80 000	39 000	32 500	60 000	_			
1999	max	110 000	110 000	127 500	100 000	80 000	200 000	_			
2000	min	92 000	65 000	85 000	42 500	42 500	70 000	_			
2000	max	115 000	120 000	134 500	110 000	105 000	205 000	_			
2001	min	100 000	75 000	102 500	65 000	50 000	100 000	160 000			
2001	max	130 000	125 000	140 000	130 000	117 500	240 000	240 000			
2002	min	112 500	95 000	107 500	75 000	60 000	115 000	200 000			
2002	max	145 000	140 000	150 000	140 000	125 000	260 000	260 000			
2003	min	122 500	112 500	120 000	110 000	75 000	140 000	200 000			
2003	max	155 000	145 000	187 500	155 000	140 000	280 000	360 000			
2004	min	135 000	117 500	160 000	125 000	92 500	160 000	270 000			
2004	max	167 500	175 000	202 500	167 500	175 000	300 000	380 000			
2005	min	147 500	157 500	167 500	130 000	125 000	220 000	310 000			
2003	max	177 500	205 000	232 500	210 000	210 000	320 000	400 000			
2006	min	157 500	175 000	190 000	190 000	137 500	270 000	320 000			
2006	max	195 000	225 000	245 000	240 000	245 000	340 000	440 000			
2007	min	_	_	_	_	_	285 000	_			
2007	max	_	_	_	_	_	355 000	_			
2000	min	229 000	295 000	312 900	280 000	278 300	330 000	440 000			
2008	max	234 270	300 000	318 000	378 900	336 100	410 000	591 000			

При статистической обработке исходных данных по остаточной стоимости подержанных автомобилей с различными сроками службы в качестве определяющего фактора принимались во внимание не их абсолютные стоимостные значения, а приведенные к величине средней стоимости нового образца АТ рассматриваемой марки на срок продажи. Таким образом, устанавливалась количественная связь изменения средней стоимости подержанных образцов от стоимости новых ( $K_{\text{иц}}$ ) в зависимости от срока эксплуатации. Задача решалась методами регрессии и корреляции.

Для получения уравнений регрессии использовалось программное обеспечение обработки статистических данных SPSS, позволяющее перебирать различные функции и выбрать ту из них, для которой остаточная дисперсия и ошибка аппроксимации минимальны, а коэффициент детерминации максимален.

Проводился расчет следующих зависимостей:

- 1 модель для минимальных значений цен продажи подержанных автомобилей в зависимости от срока службы;
- 2 модель для максимальных значений цен продажи подержанных автомобилей в зависимости от срока службы;
- общая модель, включающая в себя как минимальные, так и максимальные указанные цены.

Оценка надежности и значимости результатов полученных уравнений парной регрессии проводилась с расчетом коэффициентов корреляции (R),

коэффициента детерминации  $(R^2)$ , скорректированного коэффициента детерминации  $\left(R_{\rm ckop}^2\right)$ , стандартной ошибки, а также с расчетом критериев правдоподобия (F-критерия Фишера).

В табл. 3 представлены уравнения регрессии, а также параметры значимости и тесноты связи рассматриваемых факторов.

Как видно из табл. 3, между зависимостью величины коэффициента изменения цены ВАТ (У) от года ее эксплуатации (X) существует тесная и статистически значимая связь (коэффициент корреляции находится в пределах от 0,851 до 0,920, коэффициент детерминации — в пределах от 0,724 до 0,846).

В табл. 4 представлены рассчитанные с помощью регрессионных уравнений коэффициенты изменения цены ( $K_{\rm иц}$ ) для видов AT, представленных в табл. 2, в зависимости от года ее эксплуатации для каждой из приведенных моделей.

В зависимости от момента продажи, условий эксплуатации и интенсивности использования ВАТ из табл. 4 выбирают наиболее рациональное значение  $K_{\text{ИЦ}}$ . Далее по формуле (8) рассчитывают остаточную стоимость (стоимостной диапазон) продажи.

Для анализа полученных результатов расчетов при назначении первоначальной цены продажи ВАТ проводится сравнение значений коэффициента изменения цены ( $K_{\rm ИЦ}$ ), полученное расчетным путем с применением методики [1] с его значением, спрогно-

Таблица 3 Уравнения регрессии и параметры, отображающие связь изменения средней стоимости подержанных образцов ВАТ в процентах от стоимости новых, в зависимости от срока их эксплуатации

Модель	Уравнение регрессии	R	$R^2$	$R_{\rm ckop}^2$	Стандартная ошибка	F-критерий Фишера
1 модель	$\mathbf{y} = 91,568 - 13,512\mathbf{X} + 0,741\mathbf{X}^2 - 0,013\mathbf{X}^3$	0,920	0,846	0,840	7,954	137,098
2 модель	$\mathbf{y} = 95,801 - 10,947X + 0,611X^2 - 0,014X^3$	0,886	0,785	0,776	8,824	91,120
Общая модель	$\mathbf{y} = 93,685 - 12,228X + 0,676X^2 - 0,013X^3$	0,851	0,724	0,718	10,805	134,458

Таблица 4 Спрогнозированные значения  $K_{\rm nu}$ , выраженного в процентах, в зависимости от года службы ВАТ

Модель		Значение $K_{ m NII}$ , $\%$ , от года эксплуатации автомобиля, годы												
расчета	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 модель	78,78	67,40	57,35	48,54	40,91	34,36	28,83	24,24	20,50	17,55	15,29	13,66	12,58	11,96
2 модель	85,45	76,25	68,09	60,91	54,61	49,11	44,33	40,19	36,59	33,46	30,71	28,27	26,03	23,93
Общая модель	82,12	71,83	62,73	54,76	47,82	41,85	36,75	32,47	28,91	26,01	23,67	21,83	20,40	19,32

 $\begin{tabular}{ll} $T\,a\,6\,\pi\,u\,\mu\,a$ & 5 \\ \end{tabular}$  Результаты расчета  $K_{u\mu}$  (в процентах), приведенные в качестве примера по использованию методики расчета остаточной цены BAT

	Срок	$K_{\text{иц}}$	Регрессионная модель					
Марка АТ	службы ВАТ, лет	(расчет по методике [1])	<i>К</i> <sub>иц</sub> (1 модель)	<i>К</i> <sub>иц</sub> (2 модель)	<i>К</i> <sub>иц</sub> (общая модель)			
ΓΑ3-3102, ΓΑ3-3110	10	28,6	17,55	33,46	26,01			
УАЗ-3151	10	22,0	17,55	33,46	26,01			
BA3-2114	6	20,8	34,36	49,11	41,85			
BA3-2121	5	20,0	40,91	54,61	47,82			
УАЗ-3163	6	41,0	34,36	49,11	41,85			
ГАЗ-66	9	19,2	20,50	36,59	28,91			

зированным с помощью регрессионных зависимостей. Результаты расчета приведены в табл. 5.

Как видно из табл. 5, значения  $K_{\rm иц}$  для военной автомобильной техники, рассчитанные с применением методики [1], входят в диапазон значений, полученных с помощью регрессионных зависимостей. Для народнохозяйственной АТ (ВАЗ-2114, ВАЗ-2121) значения  $K_{\rm иц}$ , рассчитанные с применением методики [1], являются значительно заниженными по сравнению со статистическими данными, полученными по ее продажам на протяжении ряда лет на вторичном рынке, что снижает возможность ее использования в экономическом секторе страны.

Предлагаемый в статье метод с применением к объекту понятия "остаточная стоимость автомобильной техники" и реализованный вероятностностатистическими моделями прогнозирования, имеет значительное преимущество по сравнению с представленным методом [1]:

- возможность прогнозирования остаточной стоимости автомобиля с учетом рыночных механизмов функционирования вторичного рынка;
- реализует прогнозирование остаточной стоимости автомобиля, как в интервальной оценке (1 модель для минимальных, 2 модель для максимальных значений цен продажи), так и общей модели, включающая в себя как минимальные, так и максимальные цены;
- не требует трудоемких расчетов по каждой марке автомобиля с использованием специализированных баз данных.

Таким образом, разработанный метод позволяет прогнозировать цены на работоспособную AT с учетом ее остаточной стоимости в зависимости от срока

ее эксплуатации, проводить оценку получаемой прибыли от реализации высвобождающейся техники как в Вооруженных силах страны, так и в крупных организациях, ее эксплуатирующих.

Кроме того, полученные данные могут быть использованы для разработки системы управления жизненным циклом при исследовании процесса замены АТ в войсках в процессе решения оптимизационной задачи определения экономически целесообразного срока эксплуатации (службы) образца АТ с учетом решения о дальнейшем его использовании (списании, передачи, продажи, утилизации). Для решения подобных задач метод был использован в работе [5], где регрес-

сионные зависимости (см. табл. 3) были проверены и использованы при расчете значений  $K_{\rm иц}$  для военной автомобильной техники марок "Урал" и КамАЗ. На основании полученных значений коэффициента  $K_{\rm иц}$  и ряда других факторов, рассматриваемых в работе, позволило провести обоснование сроков замены образца АТ при неопределенном периоде обеспечения им войск в зависимости от условий эксплуатации, интенсивности использования, возможной (рыночной) остаточной стоимости.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Приказ Начальника ГАБТУ № 500 от 30.10.1998.
   "Методика порядка определения стоимости оценки высвобождаемого движимого военного имущества, генеральным заказчиком которого является Главное автобронетанковое управление Министерства обороны Российской Федерации". М.: Вч 93603, 2000.
- 2. **ГОСТ-21624—81.** Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности и ремонтопригодности изделий.
- Приказ Министра обороны Российской Федерации № 300.
   "Об утверждении Руководства о нормах наработки (сроках службы) до ремонта и списания автомобильной техники и имущества в Вооруженных Силах Российской Федерации": М., 2006.
- Приказ Министра обороны Российской Федерации № 50.
   "Об утверждении норм расхода моторесурсов автомобильной техники Вооруженных Сил Российской Федерации на мирное время и порядке их применения": М., 2006.
- 5. Дынченков В. С. Обоснования сроков замены автомобильной техники в подразделениях войсковой противовоздушной обороны методом динамического программирования: дис. ... канд. техн. наук.— Смоленск: ВА ПВО ВС РФ, 2011.

УДК 681.3

- С. М. Гайдар, д-р техн. наук, доцент, МСХА им. К. А. Тимирязева,
- Ю. А. Заяц, д-р техн. наук, доцент, Т. М. Заяц, канд. техн. наук, доцент,
- **А. О. Власов,** аспирант, Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) им. генерала армии В. Ф. Маргелова E-mail sajua@yandex.ru

## ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

На основе решения задачи оптимального управления расходом моторесурса транспортных средств представлены подходы к определению технического состояния транспортных средств для техники с ненормируемым расходом моторесурса с учетом изменения интенсивности отказов в процессе эксплуатации.

**Ключевые слова:** ремонт по техническому состоянию, диагностические параметры, интенсивность отказов.

Современные средства мониторинга и контроля эксплуатации подвижного состава позволяют вывести на качественно новый уровень учет, контроль и управление расходом моторесурса. Кроме того, это позволяет снизить негативные последствия отказов транспортных средств.

Для большинства технических систем характерны три вида зависимостей интенсивности отказов от времени, которые соответствуют трем "периодам жизни" этих устройств (рис. 1) [1]. Период приработки I, период нормальной эксплуатации II, период старения или износа III, который характеризуется резким увеличением интенсивности износовых от-

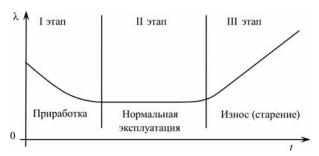


Рис. 1. Зависимость интенсивности отказов от времени

казов, подчиняющихся нормальному закону распределения (закону Гаусса).

Известно, что распределение вероятностей безотказной работы объекта от начала работы до момента отказа (эту зависимость называют обычно математической моделью безотказности) у различных объекта различно. Другими словами, время между соседними отказами для элементов, блоков, агрегатов, механизмов, и систем является непрерывной случайной величиной, которая характеризуется определенным законом распределения, зависящим от "периодов жизни" объекта, его условий функционирования, типа самого объекта в целом.

В монографии [2] рассмотрена задача оптимального управления расходом моторесурса для техники с нормированным расходом моторесурса на планируемый период. Получены уравнения экстремалей и представлена методика планирования и перераспределения расхода моторесурса между группой однотипных машин. Для любых структур, эксплуатирующих технику, главным является обеспечение высокого значения коэффициента технической готовности.

Это может быть достигнуто в том числе снижением времени нахождения транспортных средств на техническом обслуживании и ремонте путем равномерной загрузкой этих подразделений, а также

уменьшением времени проведения технического диагностирования за счет мониторинга технического состояния. Однако при единстве подходов критерии выбора экстремалей и движение по ним (расход моторесурса) для транспортных средств, не имеющих ограничения в расходе моторесурса на планируемый период, должны быть несколько иными.

Переход к индивидуальным законам расхода моторесурсов, а от них к подгруппе машин позволяет решать задачи обеспечения высокой технической готовности подвижного состава. Для решения этой задачи использованы основные принципы вариационного исчисления и оптимального уравнения [2]. В результате решения задачи получены пять видов экстремалей, удовлетворяющих ограничению:  $M_3(t_1) \ge M_3(t_2)$ , если  $t_2 \ge t_1$ . Количество экстремалей бесконечно в области допустимых решений. Речь идет о пяти видах кривых, имеющих принципиальные отличия.

Для техники интенсивной эксплуатации при отсутствии норм расхода моторесурса характерны иные законы изменения расхода моторесурсов. В первую очередь необходимо выполнение условия стабилизации отказов и их перехода на экспоненциальный закон распределения. На рис. 2 линия N определяет окончание этапа приработки и начало этапа нормальной эксплуатации.

Этот этап связан с окончанием периода гарантийной эксплуатации транспортного средства. Учитывая, что гарантийный период A определяется либо величиной расхода моторесурса, либо календарным сроком эксплуатации расход моторесурса может осуществляться по одной из экстремалей 1-5, но с условием пересечения экстремали линией N

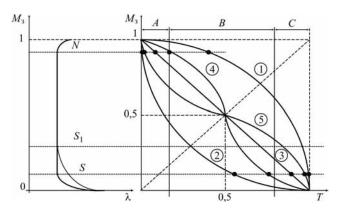


Рис. 2. Взаимосвязь интенсивности отказов и характера изменения запаса моторесурса:

 $\lambda$  — интенсивность отказов;  $M_3$  — запас моторесурса; T — календарная продолжительность эксплуатации

в точке T = A (гарантийный срок). На этом этапе желательно, чтобы при окончании гарантийного периода расход моторесурса и срок эксплуатации были равны соответствующим гарантийным величинам (экстремаль 4).

Завершающая стадия эксплуатации характеризуется отказами от износа, которые определяются (в вероятностном приближении) расходом моторесурса и сроком эксплуатации.

К началу этого периода (линия S) календарная продолжительность эксплуатации может быть различна и определяется видом экстремали. Однако при эксплуатации по экстремали I интенсивный расход моторесурса начинается со второй половины участка B и продолжается на участке C. При этом срок эксплуатации уже достаточно большой, а следовательно, третий этап — старение, наступает несколько раньше и характеризуется повышением интенсивности отказов начиная с линии  $S_1$ .

Экстремаль 2 характеризуется высокой интенсивностью эксплуатации на начальном этапе. Поэтому значение интенсивности отказов на участке C определяется сроком эксплуатации. Для отдельных марок машин, имеющих хорошее техническое состояние и заниженные межремонтные нормы, ее целесообразно использовать для сохранения запаса моторесурсов до ремонта.

Прямая линия 3 характеризуется отсутствием управляющих воздействий по расходу моторесурса и предполагает равномерное распределение расхода до выхода в капитальный ремонт или списания машины.

Экстремаль 4 отражает случай расхода моторесурса с повышенной интенсивностью в нормальном периоде эксплуатации. Начальный и конечный этапы имеют невысокую интенсивность. Этот тип положен в основу эксплуатации большинства предприятий.

Эксплуатация по экстремали 5 характерна для транспортных средств, находящихся на хранении.

Отказы в экстремалях 1 и 2 носят разный характер. При эксплуатации по экстремали 1 отказы связаны со старением деталей (старение резинотехнических, пластмассовых изделий, коррозия металлов и коррозионно-механический износ сочленений, сварных швов и др.) и в меньшей степени с износом. Так, например, усталостная прочность соединений при точечной сварке может уменьшиться на 50% [3].

Отказы при эксплуатации по экстремалям 2 больше носят износовый характер, когда ресурс выработан почти полностью за непродолжительный период эксплуатации. Такая эксплуатация экономически оправдана, техника быстро окупает вложенные в ее приобретение средства. Эксплуатация по этим экстремалям характерна для машин с ненормируемым расходом моторесурса.

Представленный метод управления расходом моторесурса дает инструмент снижения оценки последствий отказов на начальном и конечном этапах эксплуатации, а также снижения времени ожидания технического обслуживания и ремонта, за счет равномерной загрузки этих подразделений.

Повышение коэффициента технической готовности, как указывалось выше, возможно за счет уменьшения времени проведения технического диагностирования при мониторинге технического состояния.

При мониторинге технического состояния транспортных средств преследуется две главных цели. Первая связана с мониторингом физических величин, по значению которых можно принимать решение о воздействии — проведении технического обслуживания (ТО) или ремонта. Задача, которую требуется решить для достижения этой цели состоит в выборе диагностируемых параметров и обеспечении технической возможности их определения. Например, для таких агрегатов трансмиссии как коробка переключения передач, раздаточная коробка, главная передача достаточно непрерывного мониторинга температуры и вязкости масла, концентрации примесей. Причем динамика температуры во времени дает информацию о температуре окружающей среды, а вязкость масла и его изменение от температуры — о его физико-химических свойствах. Замена масла при таком подходе осуществляется по техническому состоянию и, зная предельные значения этих параметров, можно не допускать недоиспользование ресурса масла или работу агрегата на масле, потерявшем свои свойства. Диагностирование этих трех параметров в процессе эксплуатации не требует контрольного диагностирования, а сразу дает возможность определить вид технического воздействия.

Обратим внимание на то, что транспортное средство прибывает на техническое обслуживание с конкретным предписанием — заменить масло. Такая постановка задачи не предполагает невыполне-

ния операции, замены на другую операцию (долив масла), но остается возможность замены масла без промывки агрегата или залить масло выше или ниже уровня.

Вторая цель мониторинга сложнее и связана с определением технического состояния транспортного средства на основе статистических данных. Однако статистический анализ выходов из строя конкретного агрегата (механизма, системы, детали) по всем машинам одной марки будет иметь ценность только в том случае, если проведена группировка данных по идентичности условий эксплуатации. Логично задать вопрос: совокупность каких параметров необходимо анализировать, чтобы сделать вывод об идентичности или о неидентичности условий эксплуатации транспортного средства?

По сути, этот набор параметров является входным для определения технического состояния элементов и систем, для которых нет возможности технического диагностирования прямых или косвенных параметров.

Условия эксплуатации транспортного средства влияют на режимы работы агрегатов и деталей, ускоряя или замедляя интенсивность изменения параметров их технического состояния. Различают:

- дорожные условия;
- условия движения (транспортные, природноклиматические, сезонные).

Дорожные условия определяют режим работы ATC, характеризуются технической категорией дороги (их пять), видом и качеством дорожного покрытия, сопротивлением движению автомобиля, элементами дороги в плане (ширина, величины подъемов и уклонов, радиусы закруглений).

Условия движения характеризуются влиянием внешних факторов на режимы движения и, следовательно, на режимы работы ATC и его агрегатов (интенсивность движения за городом и в городе).

Транспортные условия (условия перевозок) характеризуются скоростью движения, длиной груженой ездки, коэффициентом использования пробега, коэффициентом использования грузоподъемности, коэффициентом использования прицепов, родом перевозимого груза.

Совокупное влияние дорожных и транспортных условий учитывается с помощью категорий условий эксплуатации (всего пять категорий).

Природно-климатические условия характеризуются температурой окружающего воздуха, влажнос-

тью, ветровой нагрузкой, уровнем солнечной радиации.

Важно знать не только внутренние параметры рабочих процессов, но и соответствующие им характеристики ATC как объекта (транспортные условия), в первую очередь изменение скорости во времени ATC и его массу в данный момент времени.

Интересным является то, что при таком мониторинге по ускорению автомобиля и его массе можно определять силу сопротивления движению, а следовательно, необходимую для его преодоления мощность.

К первичным параметрам, определяющим режим работы агрегатов (систем, механизмов, деталей и элементов) и транспортного средства в целом относятся:

- частота вращения коленчатого вала;
- положение органа управления подачей топлива;
- расход воздуха;
- температура охлаждающей жидкости, масла в системе смазки, температура воздуха во впускном коллекторе;
- периоды включения и отключения турбины (при наличии наддува);
- положение селектора раздаточной коробки (при наличии);
- положение кнопок блокировки дифференциалов (при наличии);
- положение рычага изменения давления в шинах (при наличии);
- положения рычага колесной формулы (при наличии).

Решение вопроса об идентичности условий эксплуатации связано с разбиением каждого параметра на диапазоны, определение возможных сочетаний параметров и фиксации временных интервалов работы в каждой ячейке гиперкуба. Так, если частоту вращения коленчатого вала, положение органа управления подачей топлива, расход воздуха разделить на 10 интервалов (не обязательно равных), температуру охлаждающей жидкости, масла в системе смазки, температуру воздуха во впускном коллекторе — на пять, а остальные — двумя, то количество ячеек достигает 2 000 000 штук. По сути, мы имеет хранилище данных по параметру "время работы на заданном режиме" со структурой "звезда" и количеством записей около 2000 000. Учитывая, что частота вращения коленчатого вала и скорость автомобиля однозначно определяют положение рычага переключения в коробке передач и в раздаточной коробке, эту величину можно уменьшить до 1 000 000 записей. С другой стороны, учет транспортных и климатических условий может на два порядка (а то и более) увеличить эту величину.

Мониторинг технического состояния не может в полной мере обеспечить объективность анализа при решении вопроса об идентичности условий эксплуатации. Даже при точечном, пооперационном проведении технического обслуживания по состоянию операцию можно выполнить качественно, не выполнить, выполнить с нарушением требований нормативно-технической документации.

Так, например, для противокоррозионной защиты тонколистовых металлоконструкций основным средством продолжает оставаться лакокрасочное покрытие. Долговечность и защитные свойства покрытий зависят в первую очередь от тщательной подготовки поверхности под окраску, ибо какие бы высококачественные материалы и совершенные методы нанесения не применялись, при неудовлетворительной подготовке поверхности они не могут обеспечить высокую адгезию и хорошие защитные свойства [3].

Анализ указанной информации обобщается для каждой марки ATC и ведется по агрегатам, системам, механизмам и деталям, определяющим работоспособность ATC. Статистика технических воздействий (регулировки, восстановление, замена и др.) накладывается на статистику режимов и условий эксплуатации и позволяет определить положение линии S и  $S_1$  для проведения воздействия по техническому состоянию.

Представленные подходы обосновывают необходимость разработки новой методики организации технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств по техническому состоянию.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Заяц Ю. А.** Основы теории надежности [Текст]: учебник / Ю. А. Заяц. Рязань: РВВДКУ, 2013. 277 с.
- 2. Заяц Ю. А. Теория и математические методы планирования эксплуатации вооружения и военной техники с использованием информационных технологий [Текст]: монография / Ю. А. Заяц, Т. М. Заяц. Рязань: РВАИ, 2011. 102 с.
- 3. **Пучин Е. А.** Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники [Текст]: учебное пособие / Е. А. Пучин, С. М. Гайдар. М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2011. 512 с.

УДК 629.113

**И. Ф. Дьяков**, д-р техн. наук, профессор, Ульяновский государственный технический университет

E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

## АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье показан алгоритм планирования периодичности проведения технического обслуживания с учётом множества факторов, влияющих на количество отказов и трудоемкость текущего ремонта. Результатом функционирования подсистемы своевременного проведения технического обслуживания может быть вектор кодовых сигналов о грузообороте и количества отказов на единицу наработки за п проведенных обслуживаний, которые передаются другим функциональным алгоритмам через подсистему регистрации. Экспериментально определены оптимальное количество проведенных обслуживаний с учетом множества факторов и коэффициент корреляции между переменными величинами.

**Ключевые слова:** работоспособность. оптимальная периодичность, количество отказов, функциональный модуль, унифицированный алгоритм.

#### Состояние вопроса

Обоснованием метода поддержания работоспособности транспортных средств является математическая обработка статистических данных по отказам на единицу пробега [1, с. 5]. Периодичность технического обслуживания (ТО), как правило, нормируют и планируют по пробегу [5, с. 247], что непос-

редственно влияет на несвоевременное проведение обслуживания и снижает работоспособность транспортных средств. Главной целью данного исследования является сведение к минимуму удельных затрат на поддержание в работоспособном состоянии транспортного средства за счет своевременного диагностирования, проведения оптимальной периодичности технических воздействий, режимов нагружения, а также за счет учета дорожных условий.

#### Пути решения

Схему способа получения минимума удельных затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт (ТР) составляют с учетом комплекса факторов, в основу которых положены

различие физические, физико-технические и химические процессы как при проектировании, так и при эксплуатации транспортных средств, которые приведены на рис. 1. В данной задаче рассмотрено влияние периодичности технического обслуживания на повышение работоспособности в процессе эксплуатации грузовых автомобилей и соответственно на снижение удельных затрат.



Рис. 1. Способы снижения удельных затрат на ТО и ТР

Исходные данные для расчета оптимальной периодичности обслуживания автомобилей

Годовой	Трудоемкость текущего ремонта, $\tau_{ij}$ нормо-ч/тыс. км								
годовой грузооборот, $Q(n)$ , тыс. ткм	Количество проведенных обслуживаний за год, $n_i$								
	10	15	20		$n_i$				
40	$\tau_{11}X_{11}$	$\tau_{12}X_{12}$	$\tau_{13}X_{13}$		$\tau_{1n}X_{1n}$				
50									
$Q_n(n)$	$\tau_{n1}X_{n1}$	$\tau_{n2}X_{n2}$	$\tau_{n3}X_{n3}$		$\tau_{ni}X_{ni}$				
Удельные простои на ТР при <i>j</i> -м обслуживании	$D_{\mathrm{Tp1}}$	$D_{\mathrm{Tp2}}$	$D_{\mathrm{Tp3}}$		$D_{\mathrm{Tp}i}$				

Для активного управления предельным уровнем удельных затрат необходимо учитывать комплекс факторов, влияющих на работоспособность транспортных средств, которая имеет следующие виды градации, определяемые при диагностировании узлов и агрегатов автомобиля: исправность, работоспособность, неисправность, неработоспособность, правильное функционирование, неправильное функционирование.

Если выделить автомобили с эквивалентными значениями по грузообороту, количеству проведенных  $n_i$  обслуживаний и по количеству отказов  $X_z$ , приходящихся на одно обслуживание, то можно составить математическую модель [2, с. 18; 3, с. 166] с исходными данными по затратам на текущий ремонт и техническое обслуживание автомобилей, которые представлены в таблице.

Представим функциональный алгоритм модуля как  $\Phi_{K+2,j+6}^{3}(E|e)$  элементарных технологических операций (e) при проведении технического обслуживания и текущего ремонта в виде модулей подсистемы диагностики  $E_{K+2}$ , которая предшествует изучению объекта испытаний при его нормальном функционировании, а также определим необходимый перечень наиболее вероятных состояний перехода к неработоспособным свойствам узлов автомобиля, т. е. количество отказов деталей, агрегатов и их комбинаций, которые следует различать в процессе диагностирования.

Композиция функционального алгоритма модуля  $\Phi_{K+1,j+5}^{9}(E|e)$  может быть осуществлена из алгоритмов элементарных технологических операций настройки ( $\alpha$ ) алгоритма. При этом в качестве диа-

гностируемых параметров автомобиля (мощность двигателя, работа муфты сцепления, внутренний и внешний шум, расход топлива, работа систем зажигания, охлаждения и смазки, экологическая безопасность и тормозные свойства), используемых для решения задач диагностики, должны быть приняты следующие:  $e_1 = (p_{e1}, p_{e2}, ...)$  — множество идентификаторов измеренных и расчетных значений параметров  $p_{ei}$ , участвующих в диагностике на данном текущем режиме;  $e_1 = (c_{e1}, c_{e2}, ...)$  — множество заданных по техническим условиям допустимых зон параметров ( $[p_{e1}], [p_{e2}], ...$ );  $e3 = (m_{e1}, m_{e2}, ...)$  — множество факторов (например, влияние организации (ТО) и ремонта, периодичность и качество их проведения, дорожные условия и режимы нагружения), влияющих на техническое состояние автомобиля;  $e_4 = (i_{e1}, i_{e2})$  множество идентификаторов неисправных элементов (деталей, агрегатов, систем и т. д.) автомобиля;  $e_5 = (g_{e1}, g_{e2}, ...)$  — множество идентификаторов измеренных и расчетных (удельный расход топлива) значений, выступающих в качестве функциональных диагностических параметров;  $e_6 = \{n_{ii}\}$  матрица взаимосвязи между различными неисправными состояниями обозначим в виде  $\delta_i^*$  (i = 1, 2, ..., k) и внешними признаками их проявления через функциональные диагностические параметры  $p_{jg}^*(j=1,2,...,m)$ , причем элемент  $n_{ii} = 0$ , если *i*-е неисправное состояние агрегата не проявляется через j-й параметр, и  $n_{ii} = 1$ , может быть задано множество значений, которые принимает ј-й диагностический параметр при і-м неисправном состоянии агрегатов автомобиля;  $e_7 = \{p_{ii}\}$  — матрица вероятностей попадания jго диагностического параметра в заданную область при і-м неисправном состоянии агрегатов автотранспортных средств при эксплуатации;  $e_8 = (p_{\delta 1}, p_{\delta 2}, ...)$  множество априорных вероятностей нахождения технического состояния автомобиля в исправном

Поддержание автомобиля в технически исправном состоянии возможно при своевременном проведении (ТО). Результатом функционирования подсистемы своевременного проведения ТО должен быть вектор  $p_n = (p_{n1}, p_{n2}, \dots p_{nn})$  кодовых сигналов о грузообороте и вектор  $X_n = (x_{n1}, x_{n2}, \dots x_{nn})$  количества отказов на единицу наработки за n количество проведенных ТО, которые далее будут переданы другим функциональным алгоритмам через подсистему регистрации. На рис. 2 показана схема

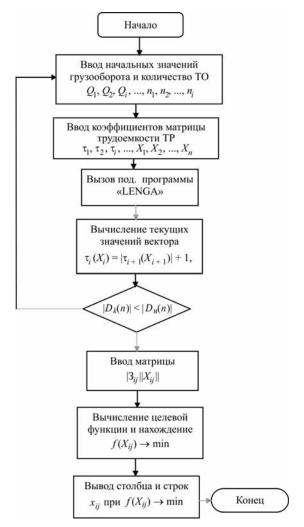


Рис. 2. Алгоритм программы выбора оптимальной периодичности TO

алгоритма программы расчета оптимальной периодичности проведения технического обслуживания.

При этом значения измеряемых параметров должны изменяться в выходных векторах  $p_n$  и  $X_n$  подсистемы измерения с частотой, равной или пропорциональной заданной по технологии периодичности проведения ТО. В подсистеме измерение всех эксплуатационных показателей невозможно, а иногда и нецелесообразно. Поэтому в состав  $\Phi^9(E|e)$  функционального модуля измерения показателей должен быть включен унифицированный алгоритм  $\Phi^9(D_{\rm Tp}|\tau_{\rm Tp})$ , где  $D_{\rm Tp}$  — удельные простои на текущем ремонте;  $\tau_{\rm Tp}$  — трудоемкость текущего ремонта. Он должен обеспечить построение очереди проведения ТО по критерию оптимальности, характеризующему отношение удельных потерь на проведение ТО и

(TP) к производительности автомобиля. Тем самым можно обеспечить построение очереди в зависимости от заданной трудоемкости проведения TP.

По величине трудоемкости определяют среднее количество отказов на единицу наработки, количество проведенных обслуживаний и грузооборот. Построение очереди запроса измеряемых параметров алгоритмом  $\Phi^{9}(D_{\mathrm{Tp}}|\tau_{\mathrm{Tp}})$  подсистемы должно производиться на основе представленных эксплуатационных режимов нагружения. При реализации конкретного технологического процесса возможны ситуации, когда реальное техническое воздействие несколько ниже или выше требуемого значения, тогда используется коррекция частот периодичности ТО. Коррекция может быть осуществлена на основе изложенного алгоритма, либо пропорционально заданным частотам, или на основе целевой функции. В первом случае скорректированные значения периодичности обслуживания (частота)  $f(\bar{n}_i)(j=\overline{1,n})$ должны определяться из выражения:

$$f(\overline{n}_j) = n_j \sum 3_H / \sum 3_{\Phi} \rightarrow \min; (j = \overline{1, n}),$$

где  $\Sigma 3_{\rm H}$ ,  $\Sigma 3_{\rm \Phi}$  — затраты нормативные и фактические соответственно на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей.

В случае задания целевой функции выражение для определения частот  $\left(f=\overline{n_j}\right)$  может быть получено с учетом весовых коэффициентов  $w_j=w_j=\left(j=\overline{1,n}\right)$  по формуле:

$$f(\overline{n}_{j}) = n_{j} + \frac{\left(f(\tau_{\text{Tp}})_{\Phi} - f(\tau_{\text{Tp}})_{H} w_{j}\right)}{\sum_{j=1}^{n} w_{j}},$$

где  $f(\tau_{\rm Tp})_{\Phi}$ ,  $f(t_{\rm Tp})_{\rm H}$  — функция удельной трудоемкости на ТО и ТР соответственно фактическая и нормативная.

Следует отметить, что назначение величин  $n_j\left(j=\overline{1,n}\right)$  и  $w_j\left(j=\overline{1,n}\right)$  должно производиться с учетом решения уравнений, представив их в виде матрицы отказов, непрерывной индикации измеренных и расчетных значений эксплуатационных показателей. Процесс измерения должен быть организован таким образом, чтобы очередность проведения ТО распределялась равномерно в соответствии матрицы отказов с коэффициентом коррекции.

Однако выполнение условий равномерного проведения ТО с заданным коэффициентом коррекции возможно только при одинаковых значениях показателей. Поэтому алгоритм  $\Phi^{9}(D_{\rm Tp}/\tau_{\rm Tp})$  должен обеспечить некоторую оптимальную очередность выбора показателя для выполнения расчетов, когда функционал принимает минимальное значение.

Работоспособный автомобиль может быть неисправным (например, большой расход топлива, появление шума при включении передачи, неравномерное торможение колес). Переход из работоспособного состояния в неработоспособное связан с понятием отказа. При этом автомобиль имеет одно работоспособное состояние, когда все параметры лежат в соответствующих допусках, и множество неработоспособных состояний — вне допуска.

Таким образом, совокупность этого множества соответствует интенсивному числу отказов. Если продолжать эксплуатировать автомобиль за пределами допуска, то наступает отказ, т. е. событие, заключающееся в нарушении работоспособности и приводящее к прекращению транспортного процесса. Все эти неисправности в основном зависят от точности учета используемого показателя, по которому проводят техническое обслуживание. На основе проведенных экспериментальных исследований в условиях эксплуатации транспортных средств с одинаковыми годом выпуска и дорожными условиями была выявлена тесная связь между машиноднями в ремонте и затратами энергии на выполнение транспортной работы, которая составила 0,763, а с километрами пробега — 0,604. При одинаковом объеме перевозок грузов  $P_n$  или наработке  $J(S)_i$  и среднем количестве отказов на  $1000 \text{ кBr} \cdot \text{ч}(\bar{X}_z)$ , функцию плотности распределения трудоемкости текущего ремонта можно представить в виде:

$$f(\tau_{i}, x_{i}) =$$

$$= \overline{X}_{z} \left[ \left( \overline{a}_{t} + \sqrt{\overline{b}_{n}} \frac{J(S) - \tau_{i} x_{i}}{J(S_{j}) n_{\text{TO}}} \right) / k_{\text{TO}} \right] \leq \left[ f\left(\sum 3_{\text{TO,TP}}\right) \right],$$

где  $\overline{a}_t, \overline{b}_n, x_i$  — постоянные коэффициенты (при определенном количестве обслуживаний автомобилей в год (для автомобилей ГАЗ-3307 с наработкой до 50 тыс. кВт • ч коэффициенты по данным эксперимента равны: при среднем количестве отказов  $\overline{X}_z = 2,1$ );  $k_{\text{то}}$  — коэффициент, учитывающий нагрузочные режимы между периодами технического обслу-

живания;  $n_{TO}$  — количество проведенных обслуживаний.

#### Выводы

С увеличением количества ТО  $n_{\text{TO}} \geqslant 16$  раз в год число отказов не уменьшается. При количестве обслуживаний меньше 10 раз распределение числа отказов подчиняется параболическому закону, и коэффициенты составляют  $\bar{a}_t = 1,471; a_n = 5,068; k_{\text{TO}} = 2,534$  при  $\bar{X}_j = 2,85$ . Тогда функция плотности распределения количество отказов будет иметь вид

$$\begin{split} &f\left(\tau_{\text{TO}}\right) = \\ &= D_{\text{TD}i} / \left[ \overline{X}_z \left( \overline{a}_t + \sqrt{\overline{b}_n \frac{J(S) - \tau_i X_j}{J(S) n_{\text{TO}}}} \right) / k_{\text{TO}} \right] \rightarrow \text{min}, \end{split}$$

где  $n_{\text{то}}$  — количество проведенных обслуживаний за i-й промежуток времени.

Минимизация суммарной величины простоев на единицу отказа возможно

при условии:

$$\begin{vmatrix} \sum \tau_{jk} X_{jk} \leqslant \left[ P_{ij} k_n \right] \\ \sum \tau_{jk} X_{jk} \leqslant \left[ \tau_{\text{то}} n_{\text{то}} \right] \\ \sum \tau_{jk} X_{jk} \leqslant \left[ \tau_{\text{to}} x_{jk} \right] \end{vmatrix}$$
 или 
$$\begin{vmatrix} \sum C_{jk} X_{jk} \leqslant J(S)_i C_{to} \\ \sum C_{jk} X_{jk} \leqslant \sum_{i=1}^n \left( C_{\text{то}} + C_{\text{тр}} \right)_h \\ \sum C_{jk} X_{jk} \leqslant \left[ C_{jk} X_j \right] \end{vmatrix}$$

где  $C_{jk}$  — затраты на текущий ремонт при i-й периодичности технического обслуживания и  $k_n$ -й нагрузке.

Коэффициенты при переменных параметрах в системах ограничений описывают матрицами, которые являются транспонированными относительно друг друга.

$$C_{jk} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{bmatrix}, \; \tau_{jk} = \begin{bmatrix} \tau_{11} & \tau_{12} & \dots & \tau_{1n} \\ \tau_{21} & \tau_{22} & \dots & \tau_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tau_{n1} & \tau_{n2} & \dots & \tau_{nn} \end{bmatrix}.$$

Причем число неравенств в системе, ограниченной одной задачей, совпадает с числом переменных другой задачи. Условия неотрицательности переменных сохраняются в обеих задачах.

Задачи удовлетворяют условиям симметричности и взаимной двойственности. Решение такой за-

дачи позволит определить режимы нагружения и соответственно для данного режима количество обслуживаний за год. Для других режимов нагружения производится корректировка периодичности технического обслуживания. Поиск уменьшения интервала периодичности проведения технического обслуживания можно осуществлять по удельным показателям. Вместо удельных затрат на текущий ремонт подставляют удельные значения машинодней или трудоемкости текущего ремонта и технического обслуживания, выраженные в кВт • ч, так как теснота связи между машино-днями в ремонте и затратами энергии на выполнение транспортной работы составляет на 23 % больше, чем с километрами пробега [3, с. 160]. Для парков, имеющих разную возрастную структуру, возможно также рациональное распределение автомобилей с учётом их возраста и условий эксплуатации. При этом выбранные показатели эффективности парка в целом, без изменения его состава, будут наилучшими, например, коэффициент технической готовности максимален, а удельные затраты на ТО и ТР минимальны. Если известны потери времени по техническим причинам автомобилям и в і-й возрастной группе на *j*-м маршруте, то данная задача решается как транспортная — линейного программирования.

Более целесообразно и экономичнее планировать постановку автомобилей на ТО по расходу энергии [4, с. 35], так как коэффициент корреляции на 27 % выше, чем с километрами пробега, а количество израсходованной энергии характеризует затраченную механическую работу, соответственно и износ деталей.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Авдонькин Ф. Н.** Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. М.: Транспорт, 1985.  $210~{\rm c}.$
- 2. **Дьяков И. Ф.** Влияние микропрофиля дорог на повреждаемость автомобиля // Автомобильная промышленность. 1981. № 12. С. 18—19.
- 3. **Дьяков И. Ф.** Основы оптимизации в автомобилестроении. М.: Машиностроение. 2012. 385 с.
- 4. **Дьяков И. Ф.** Вероятностно-статистическая оценка безотказной работы автомобиля // Автомобильная промышленность. 2011. № 10. С. 35—38.
- 5. **Кузнецов Е. С.** Управление технической эксплуатацией автомобилей. М.: Транспорт, 1990. 270 с.

#### Лизинговой компании "КАМАЗ" 12 лет

Стопроцентное дочернее предприятие ОАО "КАМАЗ" — Группа компаний "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" — выросла из небольшого подразделения материнской компании и работает на рынке лизинговых услуг с 2002 г. "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" — трехкратный обладатель премии "Компания года", в том числе в номинации "За финансовую надежность и стабильность на рынке лизинговых услуг", занимает 1-е место в рейтинге лизинговых компаний РТ по итогам 2013 г. по версии сайта "Деловой квартал", имеет высший уровень клиентоориентированности — ААА (по результатам анализа компании "Новые маркетинговые решения"), является обладателем международной награды "Европейское качество" (2007 г., Оксфорд, Великобритания), награждена дипломом "Наиболее динамичная лизинговая компания года" по итогам конкурса "Финансовая элита России" (2006 г.).

На сегодня ГК "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" имеет 15 % доли на рынке лизинга КАМАЗов, доля на рынке лизинга грузовой техники составляет 6,2 %, в 1,5 раза выше показателя прошлого года.

Портфель компании до декабря 2014 г. состоял из девяти продуктов, разработанных с учетом особенностей различных клиентов. Среди них есть уникальные, не имеющие аналогов на рынке.

2014 г. ознаменовался для компании несколькими яркими событиями: по 10 городам России был проведен автопробег "Юбилейный", в котором ГК "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" выступила соорганизатором, подготовлена сделка по передаче в лизинг от производителя 50 магистральных тягачей КАМАЗ-5490 по программе "Специальный", самая крупная сделка года на "КАМАЗе" по продаже новых тягачей; выиграно более 10 тендерных проектов на поставку техники, в том числе по поставке ФГУП "Почта России"; разработаны и реализованы новые продукты "Специальный" и "Утилизация + Лизинг". В условиях нестабильной ситуации на рынке компания чувствует себя устойчиво и планирует полностью выполнить показатели бизнес-плана.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 625.08

А. Н. Максименко, канд. техн. наук, доцент, профессор, Д. В. Бездников, ассистент,

И. В. Лесковец, канд. техн. наук, доцент, В. В. Кутузов, канд. техн. наук,

ГУ ВПО "Белорусско-Российский университет", Республика Беларусь, г. Могилев

E-mail: Spectrol@tut.by

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ГИДРОПРИВОДА МАШИН

В статье рассматриваются вопросы определения остаточного ресурса гидропривода гидрофицированных машин на примере погрузчика Амкодор-332. Предложенная методика оценки работоспособности машины с учетом динамики выходных параметров на этапе эксплуатации ее жизненного цикла.

Ключевые слова: гидропривод, диагностика, работоспособность, погрузчик, остаточный ресурс.

#### Введение

Работоспособность строительных и дорожных машин определяется выходными параметрами, которые находятся в пределах требований нормативнотехнической документации и позволяют реализовать не только функциональные требования, но и получить прибыль от выполненной работы.

Для решения этой задачи важно знать предельное значение контролируемых параметров оценки работоспособности машины, которые необходимо определять по физическому состоянию и по получаемой прибыли от ее использования. Для гидрофицированных машин гидропривод лимитирует ее предельную наработку [1—4].

Основным выходным параметром гидрофицированной машины, влияющим на ее производительность, является коэффициент полезного действия (КПД), который изменяется в пределах 0,95—0,4. Важно определить минимальное его значение, при котором исключается убыточная эксплуатация машины.

На основе трех значений КПД (предельного, номинального и текущего) определяется остаточный ресурс с учетом динамики выходных параметров на этапе эксплуатации жизненного цикла машины. Номинальное значение КПД и ресурс сборочных единиц гидропривода определяется фирмой-изготовителем. А при эксплуатации необходимо определять предельное значение КПД, исключающее убы-

точное использование машины, и текущее значение, соответствующее определенной наработке.

Существующая методика определения остаточного ресурса основывается на усредненных значениях выходных параметров, что приводит к ошибкам до 50 %. Переход на индивидуальный метод определения текущих и предельных значений диагностических параметров позволяет повысить точность определения остаточного ресурса подконтрольного объекта на порядок.

## Индивидуальный подход к определению остаточного ресурса машины

В ходе эксплуатации машина теряет свои функциональные возможности, снижаются ее технико-экономические показатели. Причем с увеличением наработки эксплуатационные затраты на поддержание и восстановление работоспособности машины увеличиваются, а часовая производительность и годовое количество рабочего времени уменьшаются. Это приводит к значительному росту себестоимости работ. При использовании машины важно своевременно определить ее предельную наработку по работоспособности сборочных единиц, систем и агрегатов.

Основой прогнозирования работоспособности любого объекта является остаточный ресурс. Он определяется по динамике диагностического параметра в процессе наработки машины от его номинального до предельного значения.

Для решения практических задач остаточный ресурс объекта можно определять по формулам:

$$H_{\text{oct}} = H_i \left( \frac{\Delta H_{\Pi P}^{1/\alpha}}{\Delta H_i^{1/\alpha}} - 1 \right), \text{ moto-vac}, \tag{1}$$

или

$$H_{\text{oct}} = \frac{\Delta H \left( \Delta U_{\Pi P}^{1/\alpha} - \Delta U_{i}^{1/\alpha} \right)}{\Delta U_{i}^{1/\alpha} - \Delta U_{i-1}^{1/\alpha}}, \text{ moto-vac,}$$
 (2)

где  $H_i$  — наработка машины в момент измерения параметров, мото-час;  $\alpha$  — показатель степени, характеризующий интенсивность изменения контролируемого параметра;  $\Delta M_i$ ,  $\Delta M_{\rm пp}$  — соответственно текущие и предельное значение диагностического параметра;  $\Delta H$  — интервал наработки между двумя замерами диагностического параметра  $M_{i+1}$ ,  $M_i$ , мото-час.

Достоверность прогнозирования остаточного ресурса определяется точностью принимаемого значения показателя степени а. В настоящее время используется методика определения остаточного ресурса на основе средних значений а, которые приведены в литературе [5—8]. Функциональностатистический подход к определению остаточного ресурса дает хорошие результаты для парка строительных и дорожных машин при определении среднего ресурса машины, потребности запасных частей и сборочных единиц для восстановления работоспособности контролируемых объектов. Достоверность прогнозирования наработки до предельного состояния для конкретного объекта при использо-

вании средних значений диагностических параметров низкая (ошибка может достигать 50%). Для снижения ошибки необходимо определять остаточный ресурс объекта с учетом динамики диагностического параметра в процессе наработки.

Безотказную работу гидрофицированных строительных и дорожных машин лимитирует гидропривод в целом и для расчетов получаемых результатов используем экспериментальные данные А. М. Харазова [9] по изменению коэффициента подачи десяти насосов от наработки с начала их эксплуатации (табл. 1).

Коэффициент подачи ( $\eta_{\Pi}$ ) десяти насосов по этим данным при наработке 5500 мото-часов находится в пределах от 0,2 до 0,8 при среднем значении 0,57. Предельного значения ( $\eta_{\Pi}=0,75$ ) первый насос достигает при наработке 2400 мото-часов, а второго — свыше 6000 мото-часов при среднем значении 4,2, т. е. разность от среднего значения составляет 43 %. Достоверность получаемых результатов можно повысить на порядок при определении показателя  $\alpha$  каждого насоса (ошибка не превышает 5 %) на основе двух замеров диагностического параметра, по формуле:

$$\alpha_{i} = \frac{\ln\left(\frac{\Delta M_{i+1}}{\Delta M_{i}}\right)}{\ln\left(\frac{H_{i+1}}{H_{i}}\right)}.$$
(3)

С увеличением наработки и количества замеров диагностического параметра точность определения

Таблица 1 Изменение коэффициента подачи десяти насосов

$M_i$ , $\alpha_i$	$H_i$ , мото-час									
	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	
$\frac{{f M}_i^1}{lpha_i^1}$	$\frac{0.94}{2.49}$	$\frac{0.93}{1.51}$	$\frac{0,86}{2,49}$	$\frac{0.8}{1.81}$	0,74 0,94	0,65 1,49	0,6 1,49	$\frac{0.5}{1.41}$	$\frac{0,41}{1,78}$	
$\frac{{ m M}_i^2}{{ m a}_i^2}$	<u>0,98</u> 1,71	$\frac{0.98}{1.41}$	$\frac{0.97}{0}$	<u>0,96</u> 1,56	0,95 1,45	$\frac{0.95}{1.37}$	$\frac{0.94}{2,44}$	$\frac{0.93}{7,69}$	$\frac{0.92}{17.8}$	
$\frac{\underline{M}_{i}^{10}}{\alpha_{i}^{10}}$	<u>0,96</u> 1, 38	<u>0,95</u> 1,24	<u>0,93</u> 1,18	0,9 1,14	<u>0,87</u> 1,76	<u>0,84</u> 1,59	<u>0,81</u> 1,76	<u>0,76</u> 2,11	<u>0,71</u> 9,29	

показателя  $\alpha$  повышается (снижается вероятность ошибок при замерах, формируется база данных по характеру его изменения в зависимости от наработки). Причем определять показатель  $\alpha$  нецелесообразно при значениях текущих приращений  $\Delta M_i$  контролируемых параметров менее 50 % от предельных  $\Delta M_{\rm np}$ , так как фактический остаточный ресурс многократно превышает периодичность технических обслуживаний, устанавливаемой производителем техники. Кроме того, приращение  $\Delta M_i$  в начале эксплуатации близко к нулю, что приводит к искаженным результатам по остаточному ресурсу.

В рассматриваемом примере для насоса с минимальной наработкой 2500 мото-часов до предельного значения коэффициента подачи будет проведено еще два технических обслуживания с периодичностью 500 мото-часов после наработки 1500 мото-часов, а для второго насоса  $\Delta H_i$  равно нулю до наработки 1500 мото-часов и два ТО до  $H_{\rm np}$  будут проведены уже после 5000 мото-часов.

Предложенная методика проверена на экспериментальных данных, приведенных в работе А. М. Харазова. Анализ результатов расчета показывает, что для всех десяти насосов после равенства  $\Delta U_i = 0.5\Delta U_{\rm пр}$  остаточный ресурс превышал две периодичности первого технического обслуживания, а для шести — одну периодичность второго технического обслуживания (500 мото-часов).

Причем для всех десяти подконтрольных насосов интенсивность изменения коэффициента подачи в начале наработки ниже ( $\Delta U_i < 0.5 \ \Delta U_{\rm np}$ ), а после наработки 0,5 ресурса — значительно выше

 $(\Delta M_i > 0,5 \, \Delta M_{\rm пp})$ . Так, среднее значение  $\alpha_{\rm cp}$  в первом интервале наработки равно 1,95, во втором 2,8. Средняя наработка соответственно равна 3250 и 1020 мото-часам. Эти данные свидетельствуют о том, что до равенства  $\Delta M_i = 0,5 \, \Delta M_{\rm пp}$  важно только накапливать информацию для создания базы данных по характеру изменения контролируемых параметров для определения остаточного ресурса при  $\Delta M_i > 0,5 \, \Delta M_{\rm пp}$ .

При создании любой сборочной единицы проводятся испытания по определению ресурса и закона его распределения со среднеквадратичным отклонением. В рассматриваемом примере средний ресурс составляет 4240 мото-часов при среднеквадратичном отклонении 1150 мото-часов, что обеспечивает безотказную работу насосов до 2000 мото-часов с вероятностью 0,98.

Достоверность прогнозирования остаточного ресурса, как правило, определяется точностью показателя степени  $\alpha$ .

Значения контролируемых параметров могут различаться в 4 раза у отдельных объектов диагностирования и практически в 3 раза отличаются от среднего значения. Так, по данным исследований А. М. Харазова, коэффициент подачи десяти насосов при наработке 5500 мото-часов изменялся от 0,2 до 0,8 при среднем значении 0,57. Результаты изменения коэффициента подачи этих насосов отражены в табл. 2.

Динамика значений контролируемых параметров зависит от материала и конструкции изделий, качества изготовления и режимов термообработки

Изменения коэффициента подачи насосов

Таблица 2

№ насоса	Наработка, мото-час									
	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
1	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,95	0,92	0,89	0,85
2	0,99	0,97	0,95	0,9	0,86	0,8	0,7	0,7	0,61	0,51
3	0,97	0,96	0,95	0,95	0,92	0,87	0,86	0,83	0,8	0,72
4	0,93	0,92	0,92	0,9	0,9	0,86	0,83	0,8	0,8	0,7
5	0,97	0,94	0,93	0,86	0,8	0,74	0,65	0,6	0,5	0,41
6	0,99	0,95	0,93	0,88	0,81	0,8	0,71	0,63	0,54	0,45
7	0,94	0,93	0,93	0,93	0,9	0,87	0,86	0,83	0,8	0,75
8	0,98	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,92
9	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93	0,9	0,89	0,86	0,82	0,75
10	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94	0,92	0,89	0,86
Среднее	0,97	0,96	0,95	0,93	0,90	0,87	0,83	0,80	0,76	0,69

деталей, применяемых смазочных материалов и рабочей жидкости, условий эксплуатации и режимов работы. Так, в рассматриваемом примере изменение коэффициента подачи двух насосов одного типа отличалось в 4 раза, т. е. оценивать их работоспособность по средним значениям на основе вероятностного подхода бессмысленно. Здесь важно установить интенсивность изменения контролируемого параметра от наработки по каждой сборочной единице, что повысит точность получаемых результатов по прогнозированию остаточного ресурса и своевременного выполнения операций в технических обслуживаниях и ремонтах.

Многочисленные исследования показывают, что динамику технического состояния машины определяют конструктивные, производственные и эксплуатационные факторы. Их всевозможные комбинации одновременного воздействия не позволяют выявить наиболее значимые для определения остаточного ресурса. В этих условиях техническое состояние машины с установленной точностью можно определять по интенсивности изменения контролируемых параметров через динамику показателя  $\alpha$  в зависимости от наработки с начала эксплуатации или после капитального ремонта. Остаточный ресурс машины определяется через текущие значения контролируемых параметров инструментальным методом.

В данном случае достоверность получаемых результатов в значительной степени зависит от точности определения текущих значений контролируемых параметров и установления их динамики от наработки, через которую учитывается влияние всех факторов на техническое состояние сборочных единиц, систем и машины в целом.

Выбор параметров и определение их динамики в зависимости от наработки с начала эксплуатации или после капитального ремонта составляют основу определения остаточного ресурса по техническому состоянию сборочных единиц, систем и машины в целом.

# Влияние основных выходных параметров машин на критерии оценки эффективности их использования

В условиях рыночной экономики основным комплексным показателем эффективности использования машины на любом этапе ее эксплуатации

является прибыль, которая зависит от объективно сформированной стоимости ( $C_{\rm T}$ ) и качества единицы выполняемой работы; наработки (H); технической производительности ( $\Pi_{\rm T}$ ); себестоимости машино-часа ( $C_{\rm M-V}$ ); комплексного показателя надежности — коэффициента технического использования ( $K_{\rm Tu}$ ); коэффициента внутрисменного режима работы ( $K_{\rm II}$ ); коэффициента, учитывающего изменения  $\Pi_{\rm T}$  от наработки машины с начала эксплуатации ( $K_{\rm C}$ ) и других выходных параметров. Все перечисленные ТЭП, за исключением  $C_{\rm T}$ , зависят от наработки машины с начала эксплуатации, и динамика их изменений приведена ранее [10].

С учетом изменений основных ТЭП прибыль (П) от использования машины можно определять по формуле:

$$\Pi = (K_{HT}C_m - C_e^{\Pi p})\Pi_m K_c K_{\Pi}^X (H - H_{OK}), \text{ py6.},$$
 (4)

где  $K_{\rm HT}$  — коэффициент, учитывающий повышение качества производимой работы при применении новых технологий;  $C_e^{\rm np}$  — приведенная себестоимость механизированных работ или приведенная стоимость единицы продукции с учетом экономии строительных материалов при производстве строительных работ, руб/м³, руб/м², руб/т;  $K_{\rm II}^{\rm X}$  — коэффициент, учитывающий работу двигателя на холостых оборотах; H — наработка с начала эксплуатации до капитального ремонта, мото-час;  $H_{\rm ok}$  — наработка окупаемости затрат на приобретение машины, мото-час.

Приведенная себестоимость единицы механизированных работ может определяться по формуле:

$$C_e^{\Pi p} = \frac{C_{M^q} K_H}{\Pi_m K_c K_\Pi}, \text{ py6/M}^3, \text{py6/M}^2, \text{py6/T},$$
 (5)

где  $K_{\rm H}$  — коэффициент накладных расходов при производстве механизированных работ.

При планировании и организации производства строительных работ прибыль будет всегда положительной, если выполняются два неравенства:

$$(K_{HT}C_T - C_{eпp}) \ge 0$$
 и  $(H - H_{oK}) \ge 0$ . (6)

Множитель (( $K_{\rm HT}C_{\rm T}-C_{e \rm пp}$ ) формулы (4) принимает отрицательное значение при заниженной стоимости технологических процессов или высокой приведенной себестоимости механизированных работ.

Себестоимость эксплуатации машино-часа СДМ зависит от расхода топливо-смазочных мате-

риалов (TCM), трудоемкости планирования и организации поддержания и восстановления их работоспособности; оплаты труда оператору, управляющего машиной, затрат на перебазирование, принятой амортизационной политики и других факторов.

Причем перечисленные факторы по-разному влияют на снижение  $C_{M-V}$  при использовании СДМ и важно управлять изменениями их выходных параметров для повышения прибыли на этапе эксплуатации жизненного цикла.

Эксплуатационные затраты в себестоимости машино-часа погрузчика грузоподъемностью 3 т составляют 75—86 %, из них соответственно 40—45 % ТСМ, 28—32 % поддержание и восстановление работоспособности, 6—9 % оплата труда рабочим по управлению машиной, менее 1 % перебазировка. Основная составляющая  $C_{\text{м.ч}}$  — затраты на ТСМ, которые для СДМ определяются на машино-час без учета показаний приборов (расхода топлива или работы двигателя).

К основным составляющим себестоимости машино-часа СДМ относятся также затраты на поддержание и восстановление их работоспособности. В настоящее время эти затраты определяются на основе затрат на запасные части и материалы для ремонта или сведений о работе машин, предоставляемых их владельцами.

Затраты на поддержание и восстановление работоспособности машины должны учитывать не только стоимость запасных частей и материалов, но и трудоемкость на выполнение обслуживаний, ремонтов и диагностики, которая составляет основу планирования и организации технической эксплуатации СДМ и оплаты труда ремонтных рабочих.

Значения приведенных себестоимостей единицы механизированных работ и единицы продукции в значительной степени зависят от эксплуатационной производительности ( $\Pi_9 = \Pi_m K_c K_{\Pi}$ ), которая уменьшается с увеличением наработки с начала эксплуатации машины (для гидрофицированных машин уменьшается более, чем в 2 раза). По результатам исследований А. М. Харазова, изменения коэффициента  $K_c$  с высокой точностью описывается линейной зависимостью:

$$K_c = 1 - 10^{-4} \text{ H}.$$
 (7)

Исследования авторов подтвердили качественную зависимость по результатам исследований А. М. Харазова [9]. Изменения  $K_c$  от наработки с на-

чала эксплуатации и после капитального ремонта (КР) для погрузчика грузоподъемностью 3 т соответственно можно определять по формулам:

$$K_c = 1 - 7 \cdot 10^{-5} \,\mathrm{H},$$
 (8)

$$K_{cp} = 1 - 85 \cdot 10^{-6} H_p,$$
 (9)

где  $H_p$  — наработка после KP, мото-час.

При определенной наработке гидрофицированных машин важно произвести замену или ремонт основных СЕ (насосов, распределителей, гидроцилиндров или гидромоторов) гидропривода, что позволит повысить  $\Pi_3$  до 100 %.

Коэффициент внутрисменного режима работы  $K_{\Pi}$  СДМ также изменяется от наработки с начала эксплуатации или после KP.

Для погрузчиков грузоподъемностью 3 т эти изменения можно описать формулами:

$$K_{\text{TI}} = 0.82 - 39 \cdot 10^{-6} \,\text{H},$$
 (10)

$$K_{\text{IID}} = 0.78 - 4 \cdot 10^{-5} \,\text{H}_{\text{p}}.$$
 (11)

По совокупности от влияния двух коэффициентов без замены сборочных единиц (CE)  $\Pi_9$  для рассматриваемого погрузчика к наработке 6000 моточасов уменьшается, а  $C_{e\ пp}$  увеличивается в 2,2 раза. Такое снижение  $\Pi_9$  и увеличение  $C_{e\ пp}$  необходимо исключить своевременным ремонтом по результатам диагностики на основе текущих значений контролируемых параметров в соответствии с алгоритмами, разработанными ранее [10].

Множитель ( $H-H_{ok}$ ) уравнения (4) может иметь отрицательное значение вследствие несоответствия стоимости машины ее выходным параметрам на этапе эксплуатации ЖЦ и (или) низким уровнем организации производства работ (низкое значение  $K_n$ ) и технической эксплуатации (низкое значение  $K_c$  и  $K_{Tu}$ ).

Приобретая машину, нужно определиться с объемами выполняемых работ при рациональной ее загрузке на строительной площадке, исключая простои по организационным причинам.

Организация поддержания и восстановления работоспособности машины должна обеспечивать стабилизацию значений  $K_c$  и  $K_{\tau u}$ 

При выборе новой машины важно оценить ее основные выходные параметры, влияющие на ресурс основных СЕ и интенсивность изменений коэффициентов  $K_{\Pi}$ ,  $K_{c}$  и  $K_{Tu}$ .

При планировании и организации строительного производства необходимо учитывать изменения выходных параметров каждой конкретной машины. А при достижении критических значений параметров — своевременно принимать решение о целесообразности использования как отдельных сборочных единиц, так и гидропривода в целом.

В зависимости от наработки, с начала эксплуатации для гидрофицированных машин изменения технической производительности можно выразить через динамику КПД гидропривода:

$$K_c = 1 - (\eta_H - \eta_i) = 1 - \eta_H + \eta_i,$$
 (12)

где  $\eta_{\rm H}$  — объемный КПД гидропривода новой машины;  $\eta_i$  — объемный КПД гидропривода при i-ой наработке;

Используя зависимости 5, 6 и 13, можно определить предельное значение КПД гидропривода:

$$K_{_{\rm HT}}C_{_{T}} = \frac{C_{_{\rm M}q}K_{_{\rm H}}}{\Pi_{_{T}}\left(1-\eta+\eta_{_{\Pi p}}\right)K_{_{\Pi}}}. \label{eq:KHT}$$

Для погрузчика Амкодор 332, используемого в дорожной отрасли второй климатической зоны, он составил 0,4.

## Диагностирование гидропривода машин без разгерметизации гидравлической системы

Неисправности многих сборочных единиц (СЕ) гидропривода имеют общие признаки, что позволяет уменьшить количество диагностических параметров и приборов для их определения. Так, при неисправностях гидронасоса, гидромотора, гидроцилиндра, аппаратуры управления, напорного и рабочего контуров происходит изменение давления, т. е. с помощью измерения давления и его перепадов можно оценивать их работоспособность.

В соответствии с действующим методическим документом в Российской Федерации (МДС 12-20.2004 [12]) номинальное и максимальное давление, а также перепад давления на отдельных СЕ, являются три из пяти основных параметров при диагностировании внутреннего состояния гидросистемы и ее отдельных СЕ. Приведенные схемы и алгоритмы предусматривают, как правило, использование стендов шести размерных групп мощностью от 11 до 500 кВт с подключением их в гидросистему и требуют ее разгерметизации.

Оценка работоспособности гидропривода технического средства с помощью этого прибора позволит определить предельные значения контролируемых параметров (давление, разрежение и его перепады) и выявить СЕ, требующие замены при проведении планового технического обслуживания или ремонта.

Важно в процессе использования гидрофицированных машин оценить предельное состояние СЕ гидропривода без его разгерметизации [11, 12].

Одним из основных параметров контроля работоспособности гидропривода, наиболее полно характеризующим его техническое состояние, является его объемный КПД. Однако в связи с невозможностью непосредственного (прямого) измерения объемного КПД гидропривода без разгерметизации, при диагностировании используют внешние (выходные) характеристики, а также учитывают сопутствующие процессы, возникающие при выполнении рабочих операций. Такие диагностические параметры, как частота вращения гидромашин, скорость перемещения штоков гидроцилиндров, величина и скорость изменения давления и температуры рабочей жидкости (РЖ) и др., дают конкретную информацию о техническом состоянии диагностируемого гидрооборудования.

Следует отметить особую важность такого диагностического параметра, как давление в гидросистеме. Так, при диагностировании большинства СЕ гидропривода приходится сталкиваться как с измерением номинального и максимального давления в контурах, так и с измерением перепада давления на гидроаппаратах и отдельных участках гидросистемы.

На примере гидросистемы рабочего оборудования погрузчика Амкодор-332 рассмотрен способ диагностирования различных СЕ, входящих в состав его гидросистемы без нарушения их герметичности [13]. Способ основан на измерении давления в гидролиниях с помощью накладных датчиков, входящих в комплект прибора КДГ-01. Этим методом можно диагностировать гидроагрегаты по величине номинальных и максимальных давлений, по перепаду давлений и температуре РЖ.

Исследования для погрузчиков с различной наработкой с начала эксплуатации показали значительное изменение перепадов давления и температуры нагрева с увеличением наработки.

По интенсивности изменения выбранных диагностических параметров (давление, перепад давле-

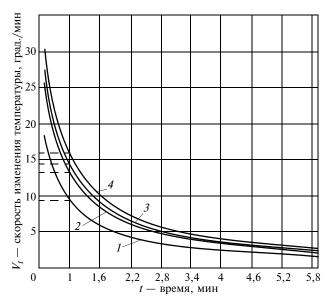


Рис. 1. Изменение скорости роста температуры корпуса насоса НШ-50 от времени:

I- КПД насоса 0,9; 2- КПД насоса 0,8; 3- КПД насоса 0,7; 4- КПД насоса 0,6

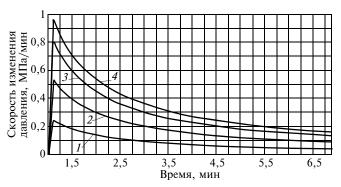


Рис. 2. Изменение скорости падения давления в напорной магистрали насоса НШ-50 от времени:

I- КПД насоса 0,9; 2- КПД насоса 0,8; 3- КПД насоса 0,7; 4- КПД насоса 0,6

ния и температуры) можно определить КПД и остаточный ресурс контролируемой СЕ гидропривода.

Эти параметры можно определять с помощью комплекта КДГ-01 с определением КПД и остаточного ресурса СЕ гидропривода машин. Это устройство позволяет реализовать пять методов диагностирования: тепловой, статопараметрический, метод эталонных состояний, метод амплитудно-фазовых характеристик и метод переходных характеристик.

При помощи разработанного комплекта КДГ-01 на практике реализовали тепловой метод диагностики гидропривода, который основан на определе-



Рис. 3. Зависимость КПД СЕ и гидропривода в целом от наработки с начала эксплуатации:

 $1-{\rm K\Pi}$ Д распределителя;  $2-{\rm K\Pi}$ Д насоса;  $3-{\rm K\Pi}$ Д гидроцилиндра;  $4-{\rm K\Pi}$ Д гидропривода в целом

нии изменения температуры поверхности СЕ гидропривода (или перепада температуры рабочей жидкости на входе и выходе из гидроагрегата). Этот метод реализуется при помощи монтажа температурных датчиков на поверхности СЕ гидропривода, создании нагрузочных режимов, записи и анализе полученных результатов с дальнейшими выводами и рекомендациями по поводу дальнейшей эксплуатации исследуемого гидроагрегата.

На рис. 1 приведены зависимости изменения скоростей прироста температур корпусов насосов НШ-50 от времени нагрузочного режима. Анализируя данные зависимости, можно сделать выводы, что скорость изменения температуры корпусов насосов находится в обратной зависимости от КПД исследуемых насосов, что наглядно подтверждено графиками.

На рис. 2 представлены зависимости изменения давления в напорной магистрали насосов НШ-50 от времени нагрузочного режима. Эти зависимости получены в результате реализации статопараметрического метода диагностики насосов путем монтажа датчиков измерения давления на напорном рукаве высокого давления и последующем создании нагрузочного режима. Этот метод позволяет оценить состояние испытуемого насоса без нарушения герметичности гидропривода.

Анализируя динамику скоростей температур и давлений рабочей жидкости (РЖ) в СЕ гидропривода, можно сделать вывод о целесообразности определения КПД при продолжительности нагружения равной 1 мин и сравнивать их для определения остаточного ресурса. Таким образом, нагружая аналогично другие СЕ гидропривода, можно получить по-

добные зависимости, которые позволяют определить их КПД, а также КПД гидропривода в целом.

Для рассматриваемого варианта, прекратить использование машины необходимо при наработке 3000 мото-час, так как дальнейшая ее эксплуатация будет убыточной.

#### Выводы

- 1. Определение остаточного ресурса гидропривода машины целесообразно проводить с учетом получаемой прибыли на основе динамики важнейших выходных параметров в процессе ее эксплуатации.
- 2. Для повышении точности определения остаточного ресурса можно использовать предложенную методику, основанную на мониторинге динамики основных параметров конкретной машины на этапе эксплуатации ее жизненного цикла и постоянным началом отсчета времени диагностирования и создания нагрузочных режимов при температуре РЖ равной 20 °C.
- 3. Полученные зависимости обеспечивают высокую точность расчетов (погрешность не превышает 10%) остаточного ресурса СЕ гидропривода, используемых на машинах во второй климатической зоне.
- 4. Для обеспечения высокой точности расчетов остаточного ресурса других СЕ и в других условиях их эксплуатации необходимо определить КПД для новой машины; предельное его значение по предложенной методике и текущее значение с помощью прибора КДГ-01 или традиционным способом с разгерметизацией гидравлической системы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебник для студентов вузов /

- А. В. Рубайлов [и др.]; под ред. Е. С. Локшина. М.: Академия, 2007. 512 с.
- 2. **Максименко А. Н.** Эксплуатация строительных и дорожных машин: учеб. пособие / А. Н. Максименко. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 400 с.
- 3. **Максименко А. Н.** Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: учеб. пособие / А. Н. Максименко, Г. Л. Антипенко, Г. С. Лягушев. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 302 с.
- 4. **Максименко А. Н.** Повышение работоспособности гидропривода строительно-дорожных машин / А. Н. Максименко, Д. В. Бездников, В. В. Кутузов, В. В. Васильев // Грузовик &. М.: Машиностроение. 2008. № 9. С. 23—27.
- 5. **Зорин В. А.** Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов / В. А. Зорин. М.: Магистр-Пресс, 2005. 536 с.
- Михлин В. М. Управление и надежность сельскохозяйственной техники / В. М. Михлин. — М.: Колос, 1984. — 335 с.
- 7. Техническая диагностика строительных, дорожных и коммунальных машин: учеб. пособие / В. И. Иванов [и др.]. Омск: СибАДИ, 2006. Ч. 1. 132 с.
- 8. Диагностика и техническое обслуживание машины: учебник / А. В. Новиков [и др.]; под. ред. А. В. Новикова. Минск: ИВЦ Минфина, 2013. 340 с.
- 9. **Харазов А. М.** Техническая диагностика гидроприводов машин / А. М. Харазов. М.: Машиностроение, 1979. 112 с.
- Максименко А. Н. Оценка эффективности использования строительных и дорожных машин: Монография / А. Н. Максименко. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2012. 213 с.
- 11. **Максименко А. Н.** Повышение работоспособности гидропривода строительно-дорожных машин / А. Н. Максименко, Д. В. Бездников, В. В. Кутузов, В. В. Васильев // Грузовик &. М.: Машиностроение. 2008. № 9. С. 23—27.
- 12. **Механизация строительства.** Организация диагностирования строительных и дорожных машин. Диагностирование гидроприводов. МДС 12-20.2004 / ЦНИ-ИОМТП. М.: ГУП ЦПП, 2004. 30 с.
- 13. Повышение работоспособности гидропривода строительных и дорожных машин при внедрении агрегатного метода ремонта и диагностики / А. Н. Максименко, И. В. Лесковец, В. В. Кутузов, Д. В. Бездников, Н. Н. Федосов, В. В. Сентюров // Грузовик &. 2010. № 4. C.5—11.

#### Атомщики перенимают опыт "КАМАЗа"

На "КАМАЗе" работала многочисленная делегация компании "Гринатом", многофункционального общего центра обслуживания госкорпорации "Росатом".

Главной целью визита стало изучение успешного опыта развития Производственной системы "КАМАЗ" (ПСК), обучение на Фабрике процессов. Делегацию атомщиков возглавляет генеральный директор ЗАО "Гринатом" Михаил Ермолаев. Об основах бережливого производства гостям рассказали представители Комитета развития ПСК во главе с Игорем Малясевым.

Гости посетили Генеральную дирекцию "КАМАЗа", посмотрели, как организована работа в офисах Центральной бухгалтерии. На автомобильном заводе, в Центре Lean-компетенций, был организован семинар "Развитие ПСК", применение lean-технологий продемонстрировано на производственных участках.

Во второй день визита, атомщики участвовали в тренингах на Фабрике процессов на Заводе двигателей.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

## ПРЕСС-ТУР

## ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

#### ЛИАЗЫ ДЛЯ НИЖНЕГО НОВГОРОДА

Дивизион "Автобусы" "Группы ГАЗ" поставил администрации Нижнего Новгорода 30 низкопольных городских сочлененных автобусов ЛИАЗ-621322 самого высокого в России экологического стандарта Евро 5. Весь транспорт адаптирован для маломобильных пассажиров. Общая стоимость техники — более 300 млн руб.

Новые автобусы уже начали работать на самых оживленных пассажирских маршрутах Нижнего Новгорода в часы пик. Автобусы укомплектованы дизельными двигателями MAN экологического стандарта Евро 5 мощностью 290 л.с., автоматической шестиступенчатой коробкой передач и мостами ZF.

Глава администрации Нижнего Новгорода Олег Кондрашов: "Закупка сочлененных автобусов — это первый шаг в наших планах по обновлению муниципального автобусного парка города. Мы приобрели эти транспортные средства для того, чтобы разгрузить автобусные остановки, сделать более быстрой и максимально комфортной поездку большого количества пассажиров в часы пик".

Автобус ЛИАЗ-621322 является первым отечественным низкопольным сочлененным автобусом. Такие машины в основном используются в крупных городах с интенсивным пассажиропотоком, таких как Москва и Санкт-Петербург. Благодаря низкому уровню пола, обеспечивающему удобную посадку/высадку пассажиров, время прохождения автобуса по маршруту сокращается на 15 %. Просторный салон, удобные накопительные площадки обеспечивают высокие показатели скорости пассажиропотока.

Автобус рассчитан на перевозку 146 человек. В салоне — 34 посадочных места и дополнительное место для людей с ограниченными возможностями передвижения. ЛИАЗ-621322 оснащен системой наклона кузова "книлинг" (наклон кузова в сторону дверей на 7°), механической аппарелью, кнопками связи с водителем, системой пожаротушения, кондиционером и десятью камерами видеонаблюдения.

Пресс-служба "Группы ГАЗ"

#### ЛИДЕР РОССИЙСКОГО КРАНОСТРОЕНИЯ ОТМЕТИЛ 60-ЛЕТИЕ

Завод "Автокран", входящий в пятерку ведущих мировых предприятий по объемам выпуска автомобильных кранов, отметил юбилей. 60 лет назад с его конвейера сошел первый отечественный кран.

За прошедшие десятилетия предприятие выпустило более 156000 автокранов "Ивановец" грузоподъемностью от 5 до 100 тонн и разработало свыше 100 моделей крановой техники. Только в 2014 году завод выпустил сразу 7 новых кранов грузоподъемностью 25, 35, 40 тонн. Некоторые модели обладают уникальными характеристиками и не имеют аналогов в мире.

ОАО "Автокран" является ведущим предприятием в отрасли, а также ведущим машиностроительным предприятием в Ивановском регионе, где поставляет более 73 % отгруженных товаров. Его годовой оборот достигает 200 млн евро, а численность персонала более 2500 человек. За последние 7 лет инвестиции в модернизацию оборудования, инфраструктуры, проведение исследований и развитие персонала завода "Автокран" составили более 40 млн евро.

Производимые на заводе краны марки "Ивановец" считаются символом надежности и прогресса. Эта спецтехника активно используется более чем в 70 странах мира, в различных отраслях: строительной, нефтегазовой, жилищно-коммунальной и т. д. Только за

последние пять лет поставки осуществлялись в Египет, Афганистан, Сирию, Уругвай, Кубу и Вьетнам.

На международной арене крановая техника "Ивановец" отмечена многочисленными наградами и призами. Символом признания продукции "Автокрана" за рубежом являются международные призы: "Трофи" — за качество и "Золотой глобус" — за развитие мировой экономики. На международных выставках "Автокран" отмечен дипломами за высокое качество техники и внедряемые инновации. Российские потребители также высоко ценят качество техники завода "Автокран". "Ивановец" стал дипломантом программы "Российское качество" и получил десятки дипломов и наград на международных специализированных выставках, проводимых в различных регионах страны.

Выпускать современную технику предприятию позволяют научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, которыми занимаются высоко-ко-квалифицированные инженеры с многолетним опытом работы. Основу технологической базы завода "Автокран" составляет прогрессивное, высокопроизводительное металлообрабатывающее, прессовое и сварочное оборудование, которое позволяет создавать сложнейшие компоненты для крановой техники, превосходного качества и точности. Более 50 % всех ком-

плектующих изделий и узлов создается непосредственно на заводе.

Также предприятие активно внедряет новые, передовые технологии. Здесь был запущен в эксплуатацию единственный в России комплекс по производству стрел овоидного профиля. Высокая степень автоматизации производства позволила обеспечить высокую

производительность труда, безупречное качество и точность изготовления сложнейших компонентов стрел. Новое производство имеет замкнутый цикл: от поступления листового материала до выхода стрелы в сборе, и занимает не более 3 часов. Все операции находятся под постоянным контролем и могут управляться дистанционно.

#### ЗАВОД "АВТОКРАН" ЛИДИРУЕТ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Завод "Автокран" является ведущим машиностроительным предприятием Ивановской области по итогам деятельности региональных предприятий.

Цифры говорят сами за себя. По информации Департамента экономического развития и торговли, общий объем отгруженных товаров и услуг предприятиями, производящими транспортные средства и оборудование, составил к концу прошлого года 5 819 млн рублей. Из них на долю ОАО "Автокран", получившего славу благодаря производству известных кранов "Ивановец", приходится 73 %.

Существенные показатели были достигнуты заводом благодаря созданию нового модельного ряда крановой техники, в том числе, не имеющей аналогов на российском рынке. Современные краны грузоподъемностью 25, 35, 40 тонн пользуются спросом у отечественных потребителей и активно поставляются за рубеж.

Ключевые особенности новых кранов заключаются в увеличенной грузоподъемности, повышенной мощности и улучшенной надежности техники. Запущенные в производство семейства автокранов КС-55744, КС-55735 и КС-65740 успешно эксплуатируются в регионах с суровыми климатическими условиями при экстремально низких и высоких температурах.

По сообщению представителей "Автокрана", завод добивается лидирующих позиций в регионе и всей стране благодаря стратегии, ориентированной на разработку инновационной техники. За 60 лет существования предприятие выпустило более 100 видов автокранов грузоподъемностью от 5 до 100 тонн.

Сегодня машиностроение является одной из ведущих отраслей региональной промышленности Ивановской области, обеспечивая 15 % внутреннего регионального продукта. Производство новых видов современной техники также играет важную роль в формировании социальной жизни региона. В отрасли

задействованы тысячи первоклассных специалистов, представляющих инженерную и научную элиту России. Обеспечение этих специалистов рабочими местами является стратегически важной задачей государства.

До введения экономических санкций российское предприятие "Автокран" поставило в соседние государства автокрановую технику "Ивановец". Очередная партия спецтехники уже отгружена заказчикам.

В среднем предприятие поставляет на экспорт до 12% всей продукции в год. Как сообщают представители предприятия, в 2014 году зарубежные покупатели законтрактовали более 100 кранов "Ивановец". В частности, в Польшу и Литву отправились два крана КС-35714К-2-10 и КС-45717К-3Р грузоподъемностью 16 и 25 тонн. Дополнительно был подготовлен контракт на очередную партию для Литвы в количестве 10 единиц.

Производитель подчеркивает, что зарубежные компании, имея альтернативу приобрести крановую технику из разных стран, зачастую делают выбор именно в пользу российской продукции, отмечая ее надежность, технологичность и простоту использования.

Удаленность клиентов не является препятствием для дальнейшего сервисного сопровождения. С начала года производитель получил в свое распоряжение профессиональный инструмент, позволяющий оперативно реагировать на обращения потребителей по всему миру. Специальный сервисный портал принимает заявки по гарантийным случаям и оперативно реагирует на них в режиме он-лайн.

Заказчики могут воспользоваться услугой профессиональной консультации специалистов, скачать необходимую техническую документацию, или заказать запасные части с доставкой. По заявлению сервисного центра в Иваново, необходимые запчасти уже имеются в наличии, либо могут быть оперативно изготовлены предприятием.

#### ТЕХНИКА "РАСКАТ" ПОСТАВЛЯЕТСЯ НА ЭКСПОРТ

Российский лидер по производству дорожно-уплотнительной техники из города Рыбинск поставил свою продукцию в Белоруссию и Казахстан.

В прошлом году завод "РАСКАТ" отгрузил на экспорт более 10 дорожных катков. Из широкого ассортимента клиенты выбрали семь моделей для выполнения различных задач. Компактные и легкие катки RV-3,5DD будут использоваться для обустройства дорожно-

го полотна территорий и проведения локального ремонта дорог местного значения. Но большую часть закупленной техники составили высокопроизводительные тяжелые вибрационные катки RV-7DS, RV-11DS, ДУ-96, ДУ-97, ДУ-84 и статические ДУ-100, предназначенные для выполнения больших объемов работ по строительству новых и ремонту существующих дорог и магистралей.

Высокая техническая оснащенность российских машин и надежность комплектующих позволяют каткам "РАСКАТ" обходиться без ремонта долгое время. При этом незначительное сервисное сопровождение можно выполнить самостоятельно: простота конструкции и свободный доступ к ключевым узлам зачастую позволяют оперативно вернуть каток в рабочее состояние прямо на рабочей площадке. Но при необходимости можно воспользоваться услугами широкой

сервисной сети "РАСКАТ". Однако, как отмечают специалисты сервисной службы, обращений по гарантийным случаям в сервисные центры немного. Хорошая техническая оснащенность предприятия-изготовителя и профессиональные кадры обеспечивают высокое качество российской продукции, которая ценится зарубежными партнерами за производительность экономичность.

#### "ИВАНОВЦЫ" СТРОЯТ ЭНЕРГОСЕТИ ОРЕНБУРГА

В Оренбургской области завершено строительство высоковольтной линии, которая обеспечит электричеством рудодобывающую шахту "Новая".

Новая воздушная линия имеет протяженность более 30 километров и обладает мощностью 110 киловольт. Она связала тепловую электростанцию Орской ТЭЦ-1 и подстанцию Гайского горно-обогатительного комбината.

Проект был реализован под руководством компании "Оренбургэнерго", задействовавшей на объекте более 50 единиц спецтехники, включая большое коли-

чество автокранов "Ивановец". Только в 2014 году ее парк пополнили двумя "Ивановцами": КС-3714К-2 грузоподъемностью 16 тонн и КС-45717К-3 грузоподъемностью 25 тонн, оба на шасси КАМАЗ-43118. А всего в распоряжении компании имеется более 10 кранов этой марки, грузоподъемностью 16 и 25 тонн, преимущественно на внедорожных шасси. Эта надежная спецтехника долгое время работает на строительных объектах региона и ценится профессионалами за прекрасные грузовысотные характеристики и высокую проходимость по бездорожью.

## РОССИЙСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ ОБХОДИТ АНАЛОГИ

Президент РФ Владимир Путин обозначил дороги и машиностроение — приоритетными направлениями, вокруг которых следует сосредоточиться в ближайшие годы.

В частности, в отношении развития транспортных сетей Владимир Путин заявил: "Для развития бизнеса, для размещения новых производств нужны подготовленные площадки и транспортная инфраструктура. Субъекты Федерации должны вплотную заняться приведением в порядок региональных и местных дорог. А в целом по стране мы должны стремиться к удвоению объемов дорожного строительства".

Среди российских предприятий, без продукции которых не обойтись при строительстве дорог — завод "РАСКАТ". Это лидер в производстве дорожно-уплотнительной техники, выпускающий все виды дорожных катков в диапазоне от 1,5 до 21 тонн. Только в 2014 году продукция завода была поставлена в десятки городов по всей России, а также страны ближнего и дальнего зарубежья. На протяжении последних лет его продукция активно участвует в профессиональных выставках и конференциях, где представляет российское машиностроение на равных с импортными аналогами. Дорожные катки "РАСКАТ" проходят модернизацию и улучшение различных узлов — что влияет на повышение качества спецтехники и позволяет привлечь внимание даже зарубежных партнеров.

Однако в России имеются отрасли, которые вовсе независимы от импортных поставок. Хороший пример лидирующего производства демонстрирует российс-

кий производитель, отметивший недавно 60-летие: завод "Автокран" из города Иваново. Предприятие занимает устойчивую лидирующую позицию на российском рынке крановой техники грузоподъемностью от 16 до 60 тонн, выдерживая жесткую конкуренцию с иностранными производителями, и практически не допускает их на российский рынок. За последний год предприятие запустило в серийное производство модельный ряд, состоящий из семи новых кранов "Ивановец" грузоподъемностью 25, 35 и 40 тонн, у которых нет аналогов на российском рынке. Многие иностранные компании предпочитают использовать именно продукцию российского предприятия.

В отношении машиностроения Президент также считает необходимым "Снять критическую зависимость от зарубежных технологий и промышленной продукции. Пока зачастую получается ровно наоборот: купили все за рубежом, а для собственной индустрии, науки результат, как правило, нулевой. Что касается импорта, то за рубежом должно приобретаться действительное уникальное оборудование и технологии".

Для заводов "Автокран" и "РАСКАТ" выступление Президента стало важным и ожидаемым, способным существенно улучшить состояние различных отраслей российской промышленности. А также повлиять на работу не только разработчиков спецтехники, но и на эффективность производителей комплектующих и запасных частей, с которыми сотрудничают предприятия.

Пресс-служба ТК "Ивановская марка"

# Грузовик

## транспортный комплекс, спецтехника

#### ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

С содержанием журнала можно ознакомиться на сайте Издательства "Машиностроение" www.mashin.ru и на сайте www.autotransportnik.ru. Журнал входит в Перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней. Система Российского индекса научного цитирования WWW.elibrary.ru. Навигатор сайта таков: каталог журналов; авторский указатель; список организаций; тематический рубрикатор; поисковые запросы; новые поступления.

Сейчас ВАК упорядочивает список журналов, включенных в Перечень. Журнал, входящий в Перечень ВАК, должен быть в открытой подписке в каталоге "Роспечати". Рейтинг журналов выстроен по импакт-фактору РИНЦ. Данный показатель отражает среднее число цитирований одной статьи в журнале.

Если импакт-фактор является своеобразным рейтингом издания в научной периодике, значит, таков рейтинг отдельных опубликованных в нем статей.

ВАК стремится сохранить в перечне рекомендованных для публикаций изданий журналы с высоким рейтингом. В этом году началась их перерегистрация. При расчете импакт-фактора журнала учитываются только научные статьи, обзорные статьи и краткие сообщения (это относится как к цитирующим, так и к цитируемым

статьям). **Не учитываются ссылки из сборников статей, монографий, материалов конференций и т. д.,** а также не учитываются публикации, у которых нет авторов.

Последнее уточнение означает, что научный журнал ради сохранения собственного рейтинга и престижа, не может изобиловать рекламными и информационными (зачастую оплачиваемыми) материалами. И поэтому в экономическом плане может делать ставку на взимание платы за публикацию, на продажу авторам отдельных номеров, на увеличение подписки.

Мы заинтересованы, чтобы подписка шла через издательство, потому что в этом случае мы знаем подписчика "в лицо".

Представление же о нашем журнале вы можете составить из публикуемой таблицы. Это фрагмент одной из страниц сайта elibrary.ru. Зайдя на сайт, можно найти пояснения, что означают те или иные показатели и как их рассчитывают.

На сайте вы найдете и издания, не входящие в перечень ВАК. В каких-то научных трудах публикации из этих журналов вошли в библиографический список, и они "автоматически" были зафиксированы системой elibrary.ru. Рейтинг научной публикации в таких журналах будет снижен.

# Место журнала "Грузовик" в рейтинге SCIENCE INDEX за 2013 год по тематике "Транспорт" — 20. Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2013 год по тематике "Машиностроение" — 48 ПОКАЗАТЕЛИ ПО ГОДАМ

Название показателя	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
• Показатель журнала в рейтинге SCIENCE INDEX	0,017	0,035	0,031	0,056	0,054	0,148	0,173
• Пятилетний импакт-фактор	0,031	0,027	0,034	0,067	0,063	0,079	0,101
• Пятилетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования	0,018	0,027	0,034	0,045	0,043	0,076	0,099
• Общее число цитирований журнала в текущем году	25	23	26	49	45	54	67
из них самоцитирований	12	0	0	15	14	3	1
• Среднее число ссылок в списках цитируемой литературы	3	0	1	2	4	3	4
• Пятилетний индекс Херфиндаля по цитирующим журналам	2180	933	1302	1420	1406	637	696
• Индекс Херфиндаля по организациям авторов	828	800	911	1351	1064	699	902
• Десятилетний индекс Хирша	_	_	4	4	4	5	6

С. Н. Педенко, главный редактор журнала "Грузовик"

#### ABSTRACTS OF ARTICLES

- Makeev V. N., Pleshkov D. D. Improved construction of the hydraulic excavator load lifting mechanism. With the purpose of the hydraulic excavator production increase and application convenience of different integral implements types the load lifting construction with the changed characteristics was offered. However, a number of drawbacks were revealed as a result of the detailed examination of the main operational equipment types application and their maintainability. Improved construction of the hydraulic excavator load lifting mechanism containing additional link made as a sector of circle with a number of operational holes serving for hydraulic actuator boom fastening was offered as a result. This significantly simplifies the transfer process of the hydraulic excavator from one operational equipment type to another, economizes time, reduces the manual labour proportion, provides more efficient usage of the hydraulic excavator potential and as a result the productivity increases.
  - **Keywords:** construction, hydraulic excavator, load lifting mechanism, operational equipment, excavation works, pro-
- Chaynov N. D., Myagkov L. L., Malastovsky N. S. Numerical modeling of the movement of liquid in a cavity of cooling of a cover of the cylinder of the sredneoborotny diesel.
  - When modeling fields of temperatures of basic details and knots of internal combustion engines various highly effective numerical methods are applied, thus decision accuracy in many respects depends on adequacy of a task of boundary conditions on heat exchange surfaces. In particular, for definition of conditions of heat exchange from surfaces of cooling numerical modeling of hydrodynamics on the basis of Reynolds's equations added with turbulence model is even more often used. In work settlement research of the movement of liquid in cavities of cooling of the sredneoborotny diesel is conducted and the analysis of the received results according to unevenness of an expense of a cooler of cylinders and features of circulation of liquid in a separate cover of the cylinder is made.
  - Keywords: heat transfer, numerical simulation, a cylinder head, an internal combustion engine, hydrodynamic.
- Vorobyev S., Vorobyev S. Jr. Goncharov R., Tikhomirov A. Evaluation of the dynamic characteristics of the vehicle suspension systems with optimal damping. The paper presents the results of research are to develop effective systems of protection pendants vehicles undergoing

dynamic effects of road surface roughness. Rhe results obtained determine the further development of the theory of optimal control of damped oscillations.

**Keywords:** dynamics, car suspension, damping, oscillation, optimally.

Batyschev D. Yi., Ryzikov V. A. Saffron milk caps. Modeling of process of burning of gas-water mixes in DVS The mathematical model describing the burning of the gas-water mixture in internal combustion engines. As a result of computer simulation of combustion process of fuel blends, justified the change of parameters of thermal process. Optimum concentration of water in fuel mix is defined.

Keywords: engine, internal, combustion, gas, water, mix, mathematical, model, processes, modeling.

- Debelov V. V., Kozlovskij V. N., Pijnov M. A., Stroganov V. I. Modeling and development of complex electrical control of the vehicle in the start and stop.
  - The article presents the results of a simulation model of the complex electrical control systems "Start-Stop" car. Article is executed within work on the Russian President's grant on support of young scientists — doctors of science for 2014—2015, MD-2782.2014.8.

Keywords: car, electrical and electronic control systems, system "Start-Stop".

- Sinegina G. V. Methodical approaches to forecasting of residual cost of automotive vehicles at its sale in economic sector in the secondary market
  - In article methodical approaches to forecasting of residual cost of efficient military automotive vehicles, depending on the term of its operation and the considering market mechanisms of functioning of the secondary market of economic sector of the country are considered. The materials presented in article can be of interest not only to the Ministry of Defence of the Russian Federation, but also to the large corporate organizations operating automotive vehicles.

**Keywords:** car price, residual coat of the car, correlation and regression analysis, operation term.

Gaidar S. M., Zayats Yu. A., Zayats T. M., Vlasov A. O. Approaches for estimating technical state of transport vehicles Represented are the approaches to estimating technical state of transport vehicles for machinery with non-normed expenditure of motor service life based on solving the problem of optimal control of transport vehicles motor service life expenditure taking into account alteration of failure rate during operation. **Keywords:** repair according to technical state, diagnostic parameters, failure rate.

Dyakov I. F. Scheduling algorithm of tracks maintenance.

The article provides a scheduling algorithm for maintenance frequency, taking into account a variety of factors that affect the number of failures and working hours for maintenance. The result of operation of the subsystem of timely maintenance must be the code signals vector for cargo turnover and the vector for number of failures perrunning a time unit during *n* maintenances, which can be expressed by the other function algorithm through recording susystem. It was observed that the number of maintenance realised considering many factors and correlation ratio of variables. **Keywords:** performance, optimal frequency, number of failures, function module, unified algorithm.

Maksimenko A. N., Bezdnikov D. V., Leskovets I. V., Kutuzov V. V. The residual resource hydraulic machines. The article deals with the definition of the residual life of the hydraulic drive hydroficated machines on the example of the loader Amkodor 332. The proposed method of estimation of efficiency car based on the dynamics of output parameters of during the operational phase of its life cycle.

**Keywords:** hydraulic, maintenance, operation, loader, residual resource.

Художественный редактор Т. Н. Галицына. Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор Е. В. Комиссарова Сдано в набор 10.03.2015. Подписано в печать 22.04.2015. Формат  $60 \times 88$  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