Грузовик

8
2019

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство "Инновационное машиностроение"

Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

В.С. Антипенко, д-р техн. наук, проф.
Е.В. Балакина, д-р техн. наук, проф.
Д.Х. Валеев, д-р техн. наук
Ю.Э. Васильев, д-р техн. наук, проф.
В.А. Волчков, "Autotransportnik.ru"
С.М. Гайдар, д-р техн. наук, проф.
Л.В. Грехов, д-р техн. наук, проф.
В.А. Зорин, д-р техн. наук, проф.
М.Ю. Карелина, д-р техн. наук, проф.
Н.Т. Катанаев, д-р техн. наук, проф.
В.Н. Козловский, д-р техн. наук, проф.
В.В. Комаров, канд. техн. наук
А.В. Кочетков, д-р техн. наук, проф.
В.А. Марков, д-р техн. наук, проф.
Л.Б. Миротин, д-р техн. наук, проф.
А.Н. Новиков, д-р техн. наук, проф
А.Н. Ременцов, д-р пед. наук, проф.
О.Н. Румянцева, генеральный директор ООО "Изд-во Инновационное машиностроение"
А.Ф. Синельников, канд. техн. наук, проф.
А.А. Солнцев, д-р техн. наук, проф.
В.С. Устименко, канд. техн. наук
Х.А. Фасхиев, д-р техн. наук, проф.
Н.Д. Чайнов, д-р техн. наук, проф.

Корпункт:
Я.Е. Карповский (г. Минск)

Адрес редакции:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр. 12
Тел. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства:
107076, Москва, Колодезный пер., дом 2-а, стр. 2
Тел. (495) 661-03-36

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Регистрационный номер ПИ № ФС 77-63955 от 09.12.2015 г.

Подписной индекс:
по объединенному каталогу "Пресса России" 39799

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», "Грузовик", 2019

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

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

В НОМЕРЕ:

Конструкция

3 *Карелина М. Ю., Филатов В. В.* Научное обоснование схемы общей модульной компоновки с симметричной посадкой для глиссирующих амфибийных машин малого класса

Эксплуатация. Ремонт

10 *Пыдрин А. В., Ершов В. С., Акулов А. А.* Исследование методов локального оцинковывания кузова автомобиля при проведении ремонтно-восстановительных работ

Исследования. Расчет

16 *Рогов В. Р., Анисимов В. Р., Исаченко Е. А.* Направление развития технологий для повышения антикоррозионной устойчивости автотранспортных средств

19 *Никитин С. В., Марясев А. И., Назаркин А. А.* Увеличение срока службы двигателя внутреннего сгорания путем изменения характеристик моторного масла и топлива

Транспортный комплекс

22 *Фасхиев Х. А., Целищев В. А.* Инновационная модель организации международных автомобильных перевозок

32 *Терентьев А. В., Евтюков С. С., Карелина Е. А., Терентьева В. А.* Объектно-ориентированные модели управления — основа цифровой транспортной логистики

Городской пассажирский наземный транспорт

36 *Рябов И. М., Омарова З. К., Юсупов Ю. Г., Данилов С. В.* Оценка экономической эффективности модернизации городских автобусов и автомобилей-такси путем установки системы рекуперации энергии торможения

Практика

41 *Черепнина Т. Ю., Земцов Н. А., Фаустов А. С.* Увеличение срока службы агрегатов автотранспортного средства путем изменения триботехнических характеристик фрикционных пар

44 *Мельников Р. В.* Повышение эффективности вибрационной диагностики гидроприводов строительных и дорожных машин

47 ***Пресс-тур***

Журнал входит в Перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней http://perechen.vak2.ed.gov.ru/
Система Российского индекса научного цитирования www.elibrary.ru. Двухлетний импакт-фактор РИНЦ 2017 г. — 0,542. Место в рейтинге SCIENCE INDEX за 2017 г. по тематике "Транспорт" — 27; по тематике "Машиностроение" — 52.

Информация на сайте "Autotransportnik.ru"

Truck

8
2019

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House "Innovative Engineering"

Editor-in-Chief S.N. PEDENKO

Editorial council

V.S. Antipenko, dr. en. s., prof.
E.V. Balakina, dr. en. s., prof.
D.H. Valeev, dr. en. s.
Ju.E. Vasilyev, dr. en. s., prof.
B.A. Volchkov, «Autotransportnik.ru»
S.M. Gaidar, dr. en. s., prof.
L.V. Grekhov, dr. en. s., prof.
V.A. Zorin, dr. en. s., prof.
M.Ju. Karelina, dr. en. s., prof.
N.T. Katanaev, dr. en. s., prof.
V.N. Kozlovsky, dr. en. s., prof.
V.V. Komarov, cand. tehn. s.
A.V. Kochetkov, dr. en. s., prof.
V.A. Markov, dr. en. s., prof.
L.B. Mirotin, dr. en. s., prof.
A.N. Novikov, dr. en. s., prof.
A.N. Rementsov, dr. hab, phd in en. s.
O.N. Rumyantseva, gen. dir. JSC "Publisher "Innovative Engineering"
A.F. Sinelnikov, cand. tehn. s., prof.
A.A. Solntsev, dr. en. s., prof.
V.S. Ustymenko, cand. tehn. s.
J.A. Faskhiyev, dr. en. s., prof.
N.D. Chaynov, dr. en. s., prof.

Correspondent's office:
Ya.E. Karpovsky (Minsk)

Address of the editorial office:
107076, Moscow, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 12
Ph. (499) 269-48-96
E-mail: gruzovik@mashin.ru; snp748@yandex.ru
http://www.mashin.ru

Address of publishing house:
107076, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 2
Ph. (495) 661-03-36

The magazine is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor).
Registration number PI number FS77.-63955 on December 9, 2015

Subscription index:
according to the integrated catalog "Press of Russia" 39799

JSC Innovatsionnoye mashinostroyeniye Publishing House, "Truck", 2019

Грузовик

Уважаемые подписчики и читатели журнала "Грузовик"!

Просим сообщить на e-mail: snp748@yandex.ru свой электронный адрес, имя или название организации с указанием:

"ПОДПИСЧИК" или **"Хотел бы подписаться"**

CONTENTS:

Design

3 *Karelina M. Yu., Filatov V. V.* Scientific substantiation of the general modular arrangement scheme with symmetrical seating for planing small-class amphibious vehicles

Exploitation. Renovation

10 *Pydrin A. V., Ershov V. S., Akulov A. A.* Investigation of methods of local galvanizing of car body during repair and restoration works

Research. Calculation

16 *Rogov V. R., Anisimov V. R., Isachenko E. A.* The direction of technology development to improve the corrosion resistance of vehicles

19 *Nikitin S. V., Maryasev A. I., Nazarkin A. A.* Increase the service life of an internal combustion engine by changing the characteristics of engine oil and fuel

Transportation complex

22 *Faskhiev Kh. A., Tselischev V. A.* Innovative model organization international road transportation

32 *Terenetyev A. V., Yevtyukov S. S., Karelina E. A., Terentyeva V. A.* Object-oriented control models — the basis of digital transport logistics

Public passenger land transport

36 *Rjabov I. M., Omarova Z. K., Jusupov Ju. G., Danilov S. V.* Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information

Practice

41 *Cherepnina T. Yu., Zemtsov N. A., Faustov A. S.* Increase in service life of units of the vehicle due to changes in tribotechnical characteristics of friction pairs

44 *Melnikov R. V.* Improving the Efficiency of Vibration Diagnostics of Hydraulic Systems of Construction and Road Machines

47 ***Press tour***

Information on the site "Autotransportnik.ru" The reprint of materials from the "Truck" magazine is possible at obligatory written coordination with editorial office of the magazine. At the link to the "Truck" magazine is obligatory for a reprint of materials.

For contents of advertizing materials responsibility is born by the advertiser.

УДК 629.026
М. Ю. Карелина, д-р техн. наук, профессор, e-mail: karelinamu@mail.ru,
В. В. Филатов, ассистент кафедры "Детали машин и теория механизмов", e-mail: 2vfilatov@gmail.com
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ОБЩЕЙ МОДУЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ С СИММЕТРИЧНОЙ ПОСАДКОЙ ДЛЯ ГЛИССИРУЮЩИХ АМФИБИЙНЫХ МАШИН МАЛОГО КЛАССА

В статье рассмотрена и научно обоснована схема общей модульной компоновки с симметричной посадкой. Данная схема предназначена для глиссирующих амфибийных машин малого класса. Схема компоновки обеспечивает максимальную вместимость три человека, нулевой начальный крен амфибии и минимальное изменение дифферента при различном нагружении. Для глиссирующей амфибийной машины малого класса с рассмотренной схемой общей компоновки составлена весовая ведомость и уравнения сил тяжести, по которым является возможным оценить вклад в общее распределение масс основных модулей амфибии.

Ключевые слова: *общая компоновка, модульная конструкция, симметричная посадка, весовая ведомость, распределение масс, быстроходная амфибийная машина, глиссирующая амфибийная машина малого класса.*

The article reviewed and substantiated a scheme of the general modular arrangement with symmetrical seating. This scheme is designed for planing small-class amphibious vehicles. The arrangement scheme provides a maximum capacity of three people, zero initial roll of the amphibian and a minimum change in trim at different loads. For the planning small-class amphibious vehicle with the considered scheme of the general arrangement, a weight table and gravity equations are compiled, according to which it is possible to estimate the contribution to the total mass distribution of the main amphibian modules.

Keywords: *general arrangement, modular design, symmetrical seating, weight table, mass distribution, high-speed amphibious machine, planing small-class amphibious vehicle.*

Общая компоновка глиссирующих машин малого класса (далее — ГАММК) и частные компоновки систем в значительной степени определяют их эксплуатационные характеристики.

Достоинства и недостатки различных вариантов общей компоновки колесных машин повышенной проходимости рассмотрены в работе Бочарова Н. Ф. [1]. Калимулин М. Р. в своей научной статье [2] формирует технический облик легких подвижных колесных транспортных средств (далее — ТС) применительно к горным условиям эксплуатации. Вышеназванные авторы не отражают особенностей компоновок амфибийных машин. В статье Зеера В. А. [3] приведено описание компоновки ТС малого класса повышенной проходимости. Данная амфибийная машина предназначена главным образом для нужд сельского хозяйства, перемещается по воде в режиме водоизмещения и поэтому имеет неудовлетворительную ходкость.

Особенности общих и частных компоновок колесных и гусеничных амфибийных машин подробно изложены в работе Редькина М. Г. [4]. В трудах Степанова А. П. [5, 6], помимо этого, приведены оценочные параметры общих компоновок амфибий — коэффициент использования массы, удельные показатели мощности, транспортная эффективность, коэффициенты удельной трудоемкости технического обслуживания и относительной стоимости.

Интерес представляют патенты на изобретения общих компоновок быстроходных амфибийных машин малого класса [7—13]. В большинстве случаев эти машины представляют собой ТС с колесными формулами 4×2 и 4×4 и независимой подвеской. На рис. 1 представлены три компоновочные схемы в зависимости от расположения двигателя, характерные для амфибийных машин малого класса. Рассмотрим преимущества и недостатки данных схем.

Расположение двигателя в носовой части корпуса (рис. 1, *а*)

Чаще всего такое компоновочное решение применяется для амфибий, созданных на основе сухопутных машин с передним расположением двигателя. Преимуществами данной схемы являются возможность увеличить грузовое отделение и облегчить к нему доступ, упростить компоновку моторной установки, трансмиссии и системы управления, обеспечить оптимальные условия охлаждения двигателя и удобство компоновки водоходного движителя. К недостаткам относятся наличие существенного начального дифферента на нос при движении по воде, а также сложность привода и системы управления водоходного движителя.

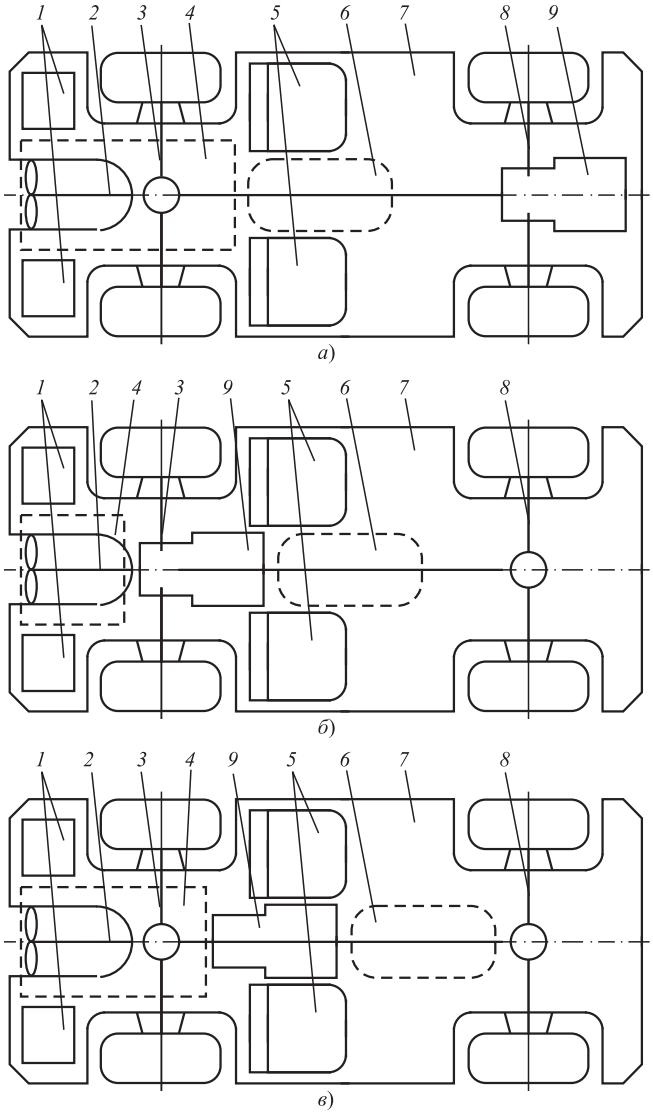


Рис. 1. Характерные схемы общих компоновок ГАММК по расположению двигателя:

а — в носовой части; *б* — в кормовой части; *в* — в средней части; *1* — аккумуляторные блоки; *2* — водоходный движитель; *3* — задняя ось; *4* — грузовое отделение; *5* — посадочные места; *6* — топливный бак; *7* — водоизмещающий корпус; *8* — передняя ось; *9* — двигатель

Расположение двигателя в кормовой части корпуса (рис. 1, *б*)

Данная компоновка используется для военных амфибийных машин, работающих с постоянной полезной нагрузкой. Расположение двигателя в задней части позволяет обеспечить постоянный дифферент на корму и упростить приводы водоходного движителя. К недостаткам схемы относятся повышение уровня грузовой платформы и увеличение высоты машины, усложнение компоновки моторно-трансмиссионной установки и ухудшение ее охлаждения.

Расположение двигателя в средней части корпуса (рис. 1, *в*)

Наиболее часто данная схема используется для самоходных переправочно-десантных средств и грузовых амфибийных машин, работающих на воде и на суше как в порожнем виде, так и в загруженном. Расположение двигателя в средней части позволяет обеспечить наилучшее распределение веса по осям и практически постоянный дифферент на корму при плавании с грузом или без, придать носовой и кормовой оконечностям корпуса хорошо обтекаемые формы, а также упростить трансмиссию и систему управления сухопутных и водоходных движителей. К недостаткам рассматриваемой схемы относятся повышение уровня грузовой платформы и увеличение высоты машины, затруднение доступа к моторно-трансмиссионной установке и условия ее охлаждения. При поперечном размещении двигателя усложняется структура трансмиссии, но увеличивается вместимость грузовой платформы и высвобождается дополнительное пространство в центральной и кормовой частях корпуса амфибийной машины.

В целом наиболее удачной является схема с расположением двигателя в средней части, главное преимущество которой — независимость величины дифферента от параметров нагрузки. Степень влияния груза на общее распределение масс амфибийных машин оценивается по значению коэффициента использования массы γ_m, который определяется по формуле [6]:

$$\gamma_m = \frac{G_{\text{гр}}}{G_{\text{сн}}}, \quad (1)$$

где $G_{\text{гр}}$ — масса пассажиров и перевозимого груза, кг; $G_{\text{сн}}$ — снаряженная масса амфибии, кг.

Для амфибийных машин малого класса γ_m = = 0,3...0,5 для машин среднего и тяжелого класса γ_m = 0,2...0,3. Исходя из этого, размещение пассажиров и груза на борту оказывает заметное влияние на начальные дифферент и крен ГАММК.

Рассмотренные компоновочные схемы не обеспечивают нулевого начального крена при посадке только водителя, что негативно скажется на устойчивости амфибии. Решением данной проблемы является симметричное размещение водителя и пассажиров (или груза) вне зависимости от их количества на борту. Общая компоновка ГАММК должна обеспечивать посадку водителя и пассажира на центральном сидении при численности экипажа два человека (посадка 1 + 1), а также размещение пассажиров на дополнительных посадочных местах по бортам при численности экипажа три человека (посадка 1 + 2).

Для обеспечения наилучших эксплуатационных свойств и универсальности применения общая компоновка перспективных ГАММК должна также быть модульной. Было установлено, что из всего многообразия вариантов общих компоновок наиболее удачной для амфибийных машин является схема с расположением двигателя в средней части корпуса, применение которой сводит к минимуму влияние размещения полезной нагрузки на гидростатические и гидродинамические характеристики. Чтобы обеспечить максимальную вместимость и отсутствие начального крена амфибии на борт, посадка водителя и пассажира должна осуществляться на центральном сидении, а при численности экипажа три человека необходимо предусмотреть размещение пассажиров на местах по бортам.

Общая модульная компоновка с симметричной посадкой, соответствующая вышеупомянутым требованиям к ГАММК, представлена на рис. 2.

Задний модуль включает в себя ведущую неуправляемую ось с независимой подвеской на двух продольных рычагах с системой складывания. Такая схема подвески позволяет сформировать глиссирующую площадь днища кормы у транца водоизмещающего корпуса. Кроме этого, использование подвески задней оси на двух продольных рычагах обеспечивает отсутствие заднего свеса машины, что повышает ее профильную проходимость, а также позволяет разместить водометный

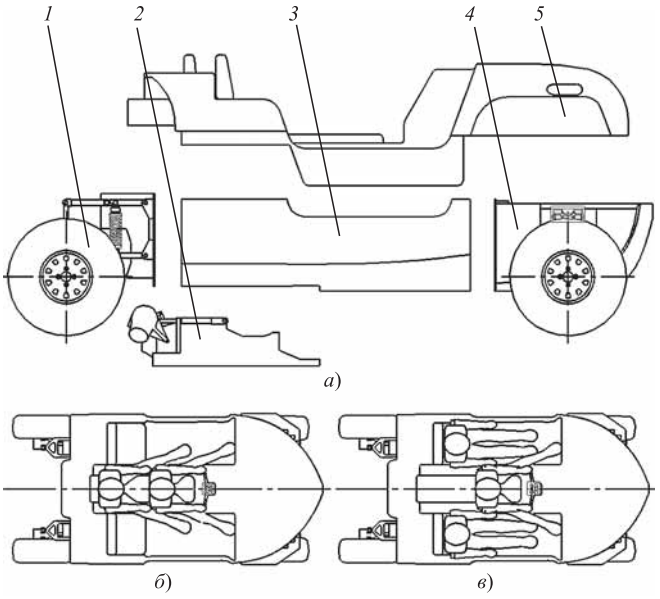


Рис. 2. Общая модульная компоновка с симметричной посадкой:

а — разнесенный вид; *б* — посадка 1 + 1; *в* — посадка 1 + 2; *1* — задний модуль; *2* — водомет; *3* — средний модуль; *4* — передний модуль; *5* — надстройка

движитель между колес, благодаря чему увеличивается водоизмещение амфибии и полезное пространство на ее борту. Привод колес задних полуосей, встроенных в ступицы обратимых электромашин, предоставляет возможность реализовать параллельную схему комбинированной энергетической установки в конструкции ГАММК.

Водомет образует отдельный модуль. Он монтируется к водоизмещающему корпусу и к подрамнику заднего модуля. Его привод может осуществляться как от двигателя внутреннего сгорания, так и от электромотора в зависимости от комбинированной энергетической установки.

Так как снижение собственной массы амфибии является одной из главных задач проектирования [14], средний модуль представляется целесообразным выполнить в виде водоизмещающего корпуса с интегрированной хребтовой рамой, на которую монтируются агрегаты комбинированной энергетической установки. Это позволит задействовать несущую способность корпуса наряду с его свойством обеспечения водоизмещения.

Передний модуль включает в себя ведущую управляемую ось с независимой подвеской на двух поперечных рычагах, оснащенной системой складывания. Выбор данной схемы подвески обусловлен необходимостью сформировать обводы носовой части водоизмещающего корпуса, воспринимающие воздействие гидродинамических сил при

движении по воде. Помимо этого, использование подвески передней оси на двух поперечных рычагах обеспечивает конструктивную возможность реализации системы управления с убирающимися рулевыми тягами и приводными валами при складывании подвески в колесные ниши. Привод колес передней оси обеспечивает двигатель внутреннего сгорания. Применение в конструкции цилиндрических одноступенчатых редукторов, встроенных в ступицы, позволит подвести к ним больший крутящий момент, облегчить трансмиссию и повысить дорожный просвет машины.

В совокупности задний, средний, передний модули и водометный движитель образуют шасси. Надстройка, устанавливаемая на данное шасси, в зависимости от назначения ГАММК может иметь различные исполнения.

Чтобы оценить эффективность данной схемы, определим положение центра тяжести машины при различной загрузке и режимах движения. Расположение центра тяжести не только определяет крен и дифферент машины, но и влияет на параметры проходимости, устойчивости движения на суше и на воде, остойчивости, ходкости и мореходности, а также на другие свойства.

Для ГАММК с общей модульной компоновкой, обеспечивающей симметричную посадку, составим контурные схемы (рис. 3), в которых машина разложена на составные части с отображением наиболее весомых компонентов. Индексы координат, изображенных на рис. 3, соответственно означают: *зм* — задний модуль, *вд* — водоходный движитель, *см* — средний модуль, *пм* — передний модуль, *н* — надстройка, *в* — водитель, *гр* — пассажиры или груз.

Массы, силы и моменты сил тяжести, а также координаты центров тяжести отдельных элементов отражены в весовой ведомости (табл. 1).

В весовой ведомости примем во внимание распределение масс компонентов среднего модуля. При заполнении данной ведомости следует также учитывать, что положения центра тяжести сложенных и разложенных подвесок различаются. Массы и размеры отдельных элементов заданы

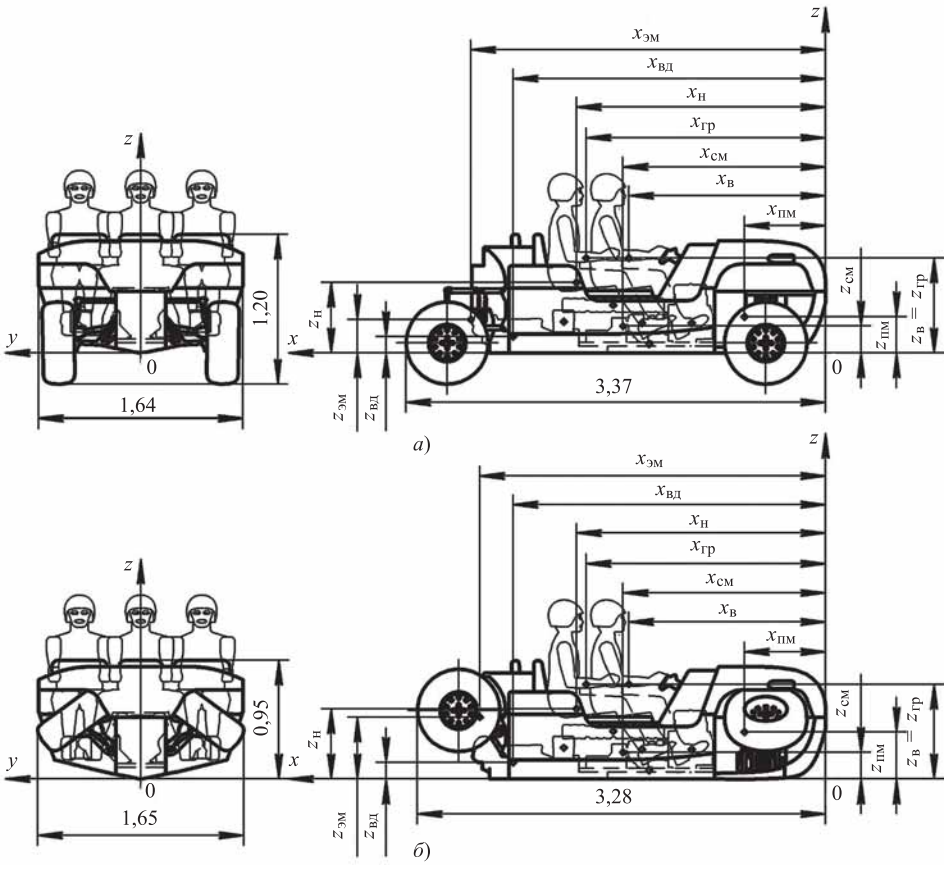


Рис. 3. Схемы для определения положения центра тяжести машины:
а — положение на суше, *б* — положение на воде

Таблица 1

Весовая ведомость ГАММК с модульной компоновкой

Наименование компонентов	Масса G_i, кг	Сила тяжести g_i, Н	Координаты ЦТ, м		Моменты сил тяжести, Нм	
			X_i	Z_i	g_iX_i	g_iZ_i
Задний модуль: на суше на воде	100	981	2,65 2,57	0,23 0,33	2600 2521	226 324
Водометный движитель	25	245	2,46	0,13	603	32
Средний модуль: водоизмещ. корпус хребтовая рама двигатель трансмиссия топливный бак аккум. блок	210 20 25 55 55 35 20	2060 196 245 540 540 343 196	1,39 1,52 1,42 0,92 1,34 1,70 2,10	0,17 0,12 0,05 0,16 0,16 0,27 0,23	2862 298 348 496 723 584 412	346 24 12 86 86 93 45
Передний модуль: на суше на воде	110	1079	0,55 0,55	0,21 0,32	594 594	227 345
Надстройка	85	834	2,0	0,45	1668	375
Водитель	90	883	1,5	0,4	1324	353
1 пассажир	90	883	1,9	0,4	1678	353
2 пассажира	180	1766	1,8	0,4	3178	706

согласно техническим характеристикам агрегатов, использующихся в конструкции серийно выпускающихся мотовездеходов. Расчетная масса одного пассажира принимается эквивалентной 90 кг груза, размещенного на борту.

Будем определять координаты центра тяжести машины по осям *Ox* и *Oz*, так как основные агрегаты, а также места для пассажиров (груза) расположены на борту амфибии симметрично относительно диаметральной плоскости.

По весовой ведомости представляется возможным вычислить координаты центра тяжести X_g, м, и Z_g, м, рассматриваемой амфибийной машины в положениях на суше и на воде без нагрузки, с водителем, с водителем и одним пассажиром, а также с водителем и двумя пассажирами. Для этого необходимо воспользоваться следующими формулами:

$$X_g = \frac{\Sigma g_i X_i}{\Sigma g_i}, \quad (2)$$

$$Z_g = \frac{\Sigma g_i Z_i}{\Sigma g_i}, \quad (3)$$

где g_i — сила тяжести i-го компонента, Н, X_i, Z_i — координаты центра тяжести i-го компонента по осям *Ox* и *Oz*, м.

Результаты определения координат центра тяжести в зависимости от параметров нагружения и режима движения для ГАММК с общей модульной компоновкой, обеспечивающей симметричную посадку, представлены в табл. 2.

Для большей наглядности по этим данным построим графики (рис. 4 и 5). Анализируя данные графики, можно сделать вывод, что модульная компоновка с симметричной посадкой для ГАММК обеспечивает минимальное изменение координат центра тяжести X_g (4 % для обоих положений) и Z_g (30 % и 19 % для положений амфибии на суше и воде соответственно) при полной загрузке относительно значений координат без груза. Таким образом, вид нагружения практически не влияет на распределение масс и на изменение ходового дифферента, но с увеличением нагрузки водоходные свойства машины ухудшаются.

Таблица 2

Положения координат центра тяжести ГАММК

Вид нагружения ГАММК	Масса G, кг	Сила тяжести g, Н	Координаты центра тяжести, м			
			На суше		На воде	
			X_g	Z_g	X_g	Z_g
Без нагружения	530	5200	1,60	0,23	1,59	0,27
С водителем	620	6082	1,59	0,26	1,57	0,29
С 1 пассажиром	710	6965	1,63	0,27	1,62	0,31
С 2 пассажирами	800	7848	1,66	0,30	1,65	0,32

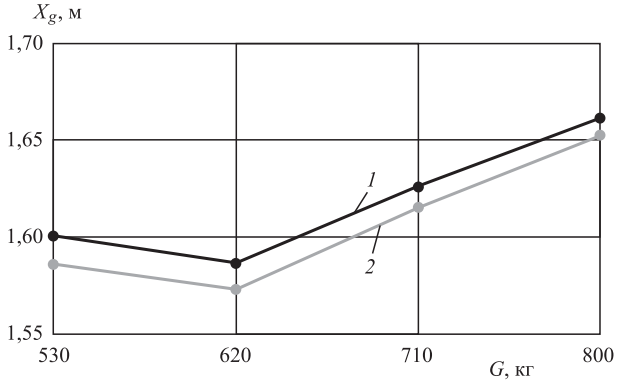


Рис. 4. Зависимость координаты центра тяжести от нагружения по оси *Ox*:
1 — на суше; *2* — на воде

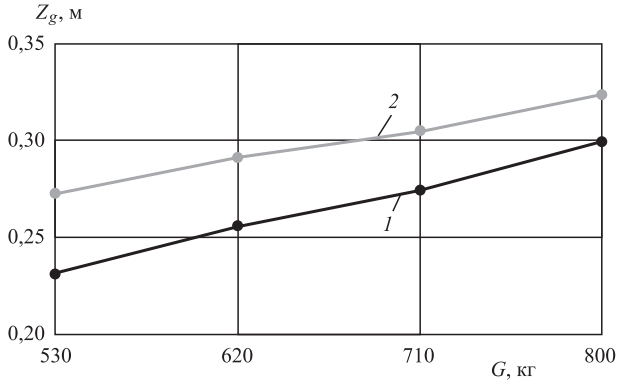


Рис. 5. Зависимость координаты центра тяжести от нагружения по оси *Oz*:
1 — на суше; *2* — на воде

Согласно Степанову А. П., по весовой ведомости также могут быть определены уравнения сил тяжести в абсолютной и относительной формах [6]. Применительно к рассматриваемой схеме общей компоновки ГАММК они приобретают следующий вид:

$$G = \Sigma G_i = G_{зм} + G_{вд} + G_{см} + G_{пм} + G_{н} + G_{в} + G_{гр}, \quad (4)$$

$$1 = \Sigma k_i = k_{зм} + k_{вд} + k_{см} + k_{пм} + k_{н} + k_{в} + k_{гр}, \quad (5)$$

где G_i — массы i-го компонента, кг, k_i — коэффициенты, характеризующие распределение сил тяжести по i-м компонентам в долях от общей силы тяжести машины с грузом.

Индексы в уравнениях (4) и (5) обозначают: *зм* — задний модуль, *вд* — водоходный движитель, *см* — средний модуль, *пм* — передний модуль, *н* — надстройка, *в* — водитель, *гр* — пассажиры или груз.

В количественном выражении для конкретной рассматриваемой компоновочной схемы ГАММК выражения (4) и (5) приобретают вид:

$$800 = 100 + 25 + 210 + 110 + 85 + 90 + 180, \quad (6)$$

$$1 = 0{,}125 + 0{,}031 + 0{,}262 + \\ + 0{,}138 + 0{,}106 + 0{,}113 + 0{,}225. \quad (7)$$

Полученные данные позволяют судить о распределении масс ГАММК по отдельным элементам. Наибольшую долю от общей массы компонентов ТС в порядке убывания составляют средний, передний и задний модули, поэтому при проведении работ по снижению собственной массы машины на данные компоненты следует обратить внимание в первую очередь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бочаров Н. Ф.** Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости / Н. Ф. Бочаров [и др.]. — М.: Машиностроение, 1983. — 299 с.
2. **Калимулин М. Р.** Анализ процесса формирования технического облика особо легких высокоподвижных колесных транспортных средств для горных условий эксплуатации / М. Р. Калимулин // Наука и образование: Научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2012. — № 11. — С. 120—134.
3. **Зеер В. А.** Транспортное средство особо малого класса повышенной проходимости / В. А. Зеер, И. С. Жарков, А. А. Сорокин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2011. — № 3. — С. 146—151.
4. **Редькин М. Г.** Плавающие колесные и гусеничные машины / М. Г. Редькин. — М.: Воениздат, 1966. — 200 с.
5. **Степанов А. П.** Конструирование и расчет плавающих машин / А. П. Степанов. — М., Машиностроение, 1983. — 198 с.
6. **Степанов А. П.** Проектирование амфибийных машин / А. П. Степанов. — М.: Мегалион, 2007. — 420 с.
7. **Автомобиль-амфибия** [текст]: пат. 2248280 Рос. Федерация: МПК B60F 3/00 / Лент-Филлипс Х. М., Хаккеберг У.; заявитель и патентообладатель Фольксваген Акциенгезелльшафт. — № 2002100129; заявл. 31.05.2000; опубл. 20.03.2005 Бюл. № 8. — 8 с.
8. **Автомобиль-амфибия** [текст]: пат. 2297922 Рос. Федерация: МПК B60F 3/00 / Гиббс А. Т.; заявитель и патентообладатель Гиббс Текнолоджиз Лтд. — № 2003105156; заявл. 19.07.2001; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12. — 13 с.
9. **Амфибия** [текст]: пат. 2520665 Рос. Федерация: МПК B60F 3/00 / Джиббс А. Т.; заявитель и патентообладатель Джиббс Текнолоджиз Лтд. — № 2009110495; заявл. 24.08.2007; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18. — 53 с.
10. **Транспортное средство типа амфибия** [текст]: пат. 2268160 Рос. Федерация: МПК B60G 17/04, B60G 17/052, F16F 9/48, B60F 3/00 / Джиббс А. Т.; заявитель и патентообладатель Джиббс Текнолоджиз Лтд. — № 2002129019/11; заявл. 26.03.2001; опубл. 20.01.2006, Бюл. № 02. — 17 с.
11. **Amphibious All-Terrain Vehicle** [текст]: пат. 7833071 США: МПК B60F 3/00 / Gaither R. L.; заявитель и патентообладатель Hydraltek. — № 903372; заявл. 13.10.2010; опубл. 17.05.2011. — 22 с.
12. **Amphibious Vehicle** [текст]: пат. 5687669 США: МПК B60F 3/00 / Engler M. E.; заявитель и патентообладатель Harness, Dickey & Pierce. — № 569592; заявл. 08.12.1995; опубл. 18.11.1997. — 19 с.
13. **Amphibious Vehicle** [текст]: пат. 8221174 США: МПК B60F 3/00 / March J. D.; заявитель и патентообладатель Newport Coast CA. — № 203146; заявл. 03.09.2008; опубл. 17.07.2012. — 20 с.
14. **Вихров А. В.** Несущие системы транспортных средств специального назначения: учеб. пособие / А. В. Вихров. — М.: МАДИ, 2015. — 112 с.

ИЗДАТЕЛЬСТВО

"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2019 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 (495) 785-60-69.
Отдел продаж, маркетинга, рекламы
WWW.MASHIN.RU

УДК 629.331

А. В. Пыдрин, канд. техн. наук, e-mail: pydrin89@mail.ru, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева,
В. С. Ершов, студент, e-mail: vsershov21@gmail.com, **А. А. Акулов,** студент, e-mail: ter34t@mail.ru,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЛОКАЛЬНОГО ОЦИНКОВЫВАНИЯ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Проведены исследования, позволяющие определить приоритетные методы обработки кузова автомобиля для достижения его оптимального срока службы. Рассмотрены различные покрытия, способы их получения и эффективность. Выделены два основных направления: гальваническое цинкование, выполняемое посредством внедрения ионов цинка в верхние слои металла; холодное цинкование, производимое путем газодинамического напыления на подготовленный металл частиц цинка. Исследованы способы нанесения цинкового слоя при проведении работ по устранению эксплуатационных повреждений кузовных элементов автомобиля, найдены решения, обеспечивающие увеличение срока службы транспортных средств. Произведено сравнение гальванического и холодного методов цинкования кузовных элементов с целью определения оптимального с точки зрения трудоемкости производимого процесса для снижения экономических затрат автотранспортных предприятий. Проанализированы конечные результаты с целью получения заключения об эффективности применения каждого из перечисленных методов нанесения защитного цинкового слоя и долговечности покрытий. Дана сравнительная характеристика преимуществ и недостатков гальванического и холодного цинкования. По результатам исследования сделаны выводы и даны рекомендации по применению данных методов защиты кузова непосредственно на автотранспортных предприятиях с целью уменьшения экономических потерь.

Ключевые слова: *локальное оцинковывание, коррозия, кузов автомобиля, ремонтно-восстановительные работы, защитное покрытие, гальваническое цинкование, железо.*

Studies have been carried out to determine the priority methods for treating a car body in order to achieve its optimum service life. Various coatings, methods for their preparation and effectiveness are considered. There are two main areas: galvanic zincing, performed by introducing zinc ions into the upper metal layers; cold galvanizing produced by gas-dynamic spraying of zinc particles on the prepared metal. The ways of applying the zinc layer during the work to eliminate the operational damage to the body parts of the car are investigated, solutions have been found that ensure an increase in the service life of vehicles. A comparison of galvanic and cold methods of galvanizing of body elements was made in order to determine the most optimal, in terms of labor-intensiveness of the process, to reduce the economic costs of road transport enterprises. Analyzed the final results with the aim of obtaining a conclusion on the effectiveness of each of these methods of applying a protective zinc layer and the durability of coatings. A comparative description of the advantages and disadvantages of galvanic and cold galvanizing is given. According to the results of the study, conclusions were drawn and recommendations were given on the application of these methods of body protection directly at motor transport enterprises in order to reduce economic losses.

Keywords: *local galvanizing, corrosion, car body, repair and restoration works, protective covering, zinc plating, metal.*

В условиях современного производства степень коррозионной стойкости автомобиля напрямую зависит от его стоимости. Кузовные элементы большинства бюджетных автомобилей не подвергаются комплексной обработке, что в процессе эксплуатации приводит к ускоренному возникновению очагов коррозии. Для решения данной проблемы требуется применение дополнительных мер защиты с целью увеличения ресурса кузова транспортного средства (ТС). Поддержание автомобиля в состоянии, приближенном к заводскому, должно осуществляться за счет своевременного проведения ремонтно-восстановительных работ с использованием современных способов и оборудования.

Снижение ресурса ТС, в основном, определяется интенсивным абразивным износом, повышенным химическим воздействием на лакокрасочное покрытие, а также различными видами механических повреждений, что в значительной степени способствует возникновению коррозии, а следовательно, сокращению срока службы. Таким образом, антикоррозионная устойчивость является одним из факторов, который необходимо учитывать при прогнозировании ресурса транспортного средства [1].

Следует отметить, что процесс нейтрализации очагов коррозии связан с выполнением ряда работ: обработкой пораженного участка металла химическим или механическим методом, применением защитных составов и восстановлением лакокрасочного покрытия.

Для повышения эксплуатационного ресурса кузова автомобиля, снижения расходов на восстановительный ремонт при эксплуатации и поддержания внешнего вида особое значение приобретает решения задачи повышения антикоррозийной устойчивости деталей автомобиля, взаимодействующих с агрессивной окружающей средой [2].

В настоящее время актуальными являются исследование методов локального оцинковывания кузовных элементов, применимых вне заводских условий, при проведении ремонтно-восстановительных работ с целью улучшения антикоррозионной стойкости, анализ физико-химических свойств и специфики нанесения цинкового слоя в зависимости от выбранного метода обработки.

Одним из направлений увеличения срока службы кузова и кузовных элементов автомобиля является применение гальванического и электрохимического методов нанесения защитного цинкового слоя при устранении очагов коррозии и ремонтно-восстановительных работах, а также установление возможностей организации технологического процесса непосредственно на автотранспортном предприятии (АТП).

В процессе эксплуатации автомобиля неизбежен процесс деформации защитного покрытия и металла. Следствием этого является взаимодействие оголенного железа с окружающей средой, что приводит к образованию первоочага коррозии. Распространение пораженного участка приводит к разрушению металла. Цинкование — это один из способов защиты металла от коррозии путем покрытия его слоем цинка.

Решающим для стойкости металла являются его механические и поверхностные свойства, которые можно обеспечить защитными коррозионностойкими покрытиями [3]. Существуют различные методы, позволяющие значительно увеличить антикоррозионную устойчивость узлов и деталей транспортных средств. Наиболее широко применяемым в настоящее время является метод нанесения ингибированных защитных покрытий [4]. Для деталей кузова используются также лакокрасочные материалы, модифицированные фторсодержащими поверхностно-активными веществами [5]. Известна рецептура и технологии синтеза оптимальных ингибированных составов, применяемых для антикоррозионной обработки транспортных средств, эксплуатирующихся в АПК [6].

В целях экологической сохранности окружающей среды применяются материалы на основе органических ингибиторов [7]. Однако при применении указанных методов необходимо учитывать изменение терморегуляционных характеристик обработанных поверхностей [8].

Цинк обладает высокими антикоррозионными свойствами, поскольку его электрохимический потенциал ниже, чем у железа (−760 и −440 мВ соответственно).

Для полного подавления коррозии железа или его сплава, в том числе углеродистой стали, необходимо навязать защищаемому объекту потенциал ниже этого значения. Одним из путей достижения этой цели является осуществление контакта железа или стали с "жертвенным" металлом (протектором), обладающим электродным стандартным потенциалом существенно ниже −440 мВ [9].

В паре цинк—железо образующийся во влажной среде цинк, при растворении выполняет роль анода, а железо — роль катода:

$$Zn - 2e \leftrightarrow Zn^2 + H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2e \leftrightarrow 2OH^-.$$

Путем подщелачивания осуществляется пассивация стали. Реакция ионов цинка с диоксидом углерода, содержащемся в воздухе, сопровождается образованием плотных слоев нерастворимых карбонатов цинка, способствующих замедлению процесса коррозии. Осуществление данной защиты металлических изделий вне заводских условий возможно с помощью нескольких способов.

Одним из направлений решения этой задачи является технология гальванического цинкования, она же, в свою очередь, является и одной из самых распространенных.

Метод гальванического цинкования заключается в погружении металлического изделия

в раствор электролита, содержащего цинк. Под действием электрического заряда происходит закрепление частиц цинка на поверхности металла.

Электролиты для цинкования можно разделить на две основные группы: простые кислые (сульфатные, хлоридные, борфтористоводородные), в которых цинк находится в виде гидротированных ионов, и сложные комплексные, в которых цинк присутствует в виде комплексных ионов, заряженных отрицательно или положительно. Из комплексных электролитов известны цианидные, цинкатные, аммиакатные, пирофосфатные и другие. От природы и состава электролитов зависят качество осадков на катоде и скорость процесса осаждения. Так как качество осадков и скорость процесса в значительной степени определяются характером и степенью изменения катодных потенциалов, то для сравнительной оценки электролитов цинкования (как и других видов покрытий металлами) лучше всего исходить из относительного расположения поляризационных кривых. Чем выше катодная поляризация, тем более мелкозернистые и равномерные по толщине осадки на катоде [10].

При гальваническом цинковании наиболее распространены простые кислые электролиты, поскольку их применение позволяет увеличить скорость осаждения цинка, стабильность выполняемых работ, производительность и относительную дешевизну технологического процесса.

Выбор электролита для промышленного применения производится с учетом требований, предъявляемых к качеству покрытий, производительности электролитов, сложности рельефа деталей, а также допустимости применения токсичных и экологически вредных соединений [11].

Для улучшения качества выполняемых работ к раствору соли цинка, как правило, добавляются поверхностно-активные вещества и соли щелочных металлов, дополняющие электролит буферными свойствами. Основными реагентами состава электролита в большинстве случаев служат сернокислый и хлористый цинк, а также фторборат цинка.

Влияние анионного состава раствора на рост цинкового осадка исследовали путем введения солей щелочных металлов в раствор сульфата цинка, поскольку осаждение покрытия из электролитов, не содержащих ионов цинка, не происходит. Скорость осаждения покрытия в растворе сульфата цинка (100 г/л) относительно невелика (около 1...2 мкм за 10 мин), но существенно возрастает при введении в этот раствор хлорида натрия [12].

Концентрация цинка подбирается в зависимости от необходимой скорости выполнения процесса. С ростом концентрации цинка в растворе электролита возрастает допустимая плотность тока, но равномерность толщины осаждаемого слоя уменьшается.

Гальваническое цинкование осуществляется посредством процесса электролиза с расходуемым анодом. Обрабатываемое изделие используется, как катод, а анодом являются пластины чистого цинка. От способа распределения цинка по ванне зависит величина потока анионов к поверхности цинкования. Однако толщина слоя цинкового покрытия при использовании данного способа, как правило, не превышает 40 мкм.

Цинк в процессе гальванизации перемещается на катод посредством электрохимического растворения в электролите. С этим связана необходимость периодического контроля состояния пластин цинка, со своевременным удалением окислов солей.

Преимущества данного метода заключаются, прежде всего, в простоте выполняемых операций. Для обеспечения надлежащего эффекта производимой работы необходимо соблюдение технологического процесса: выполнение механической зачистки обрабатываемой поверхности, травление металла, промывка, обезжиривание, осуществление гальванического цинкования с поддержанием необходимой температуры и концентрации электролита, а также дальнейшая сушка обработанного элемента.

Недостатком данного метода является меньшая глубина диффузии цинка в сравнении с процессами горячего или холодного цинкования. Требуются объемные ванны, мощные источники тока, дополнительные энергозатраты на устранение побочных эффектов. Проблемным является метод и с точки зрения экологии: большинство использующихся растворов ядовиты и требуют специальных мер для переработки [13].

Процесс гальванического цинкования кузовных элементов автомобиля осуществим также вне заводских условий и применяется для создания защитного слоя на поврежденных участках металла. При выполнении локальной обработки слоем цинка кузовного элемента необходимо очистить поверхность обрабатываемого элемента автомобиля от очагов коррозии, после чего произвести ее обезжиривание спиртовым раствором. В качестве электролита может быть использован хлорид или сульфат цинка. Источником тока может служить автомобильный аккумулятор, однако

для осуществления равномерности осаждаемого слоя цинка сила тока не должна превышать 1 А. Цинковую пластину, выступающую в роли анода, следует поместить на губку и завернуть в хлопчатобумажную ткань. При подключении источника тока и нанесении хлорида цинка данная конструкция будет имитировать процесс погружения металлического элемента (катода) в раствор электролита, что позволит произвести локальную оцинковку кузовного элемента даже в труднодоступных местах.

Технология данного способа подразумевает возможность цинкования кузовного элемента без деинсталляции, что значительно снижает временные, а также экономические затраты при проведении ремонтно-восстановительных работ. Применение гальванического метода вне заводских условий и на АТП позволяет обеспечить должную антикоррозионную стойкость металла без вывода ТС из эксплуатации.

Еще одним способом борьбы с коррозией является холодное оцинкование, заключающее в себе нанесение на металлическую поверхность специальных составов, содержащих цинк в определенных количествах, 92...96 %.

Способ нанесения составов так же прост, как окраска, и защищает металл от коррозии лучше, чем любое другое цинковое покрытие, так как наряду с анодной защитой обеспечивает дополнительно барьерную защиту [14].

Обработанный таким образом металл имеет высокую антикоррозионную стойкость вследствие того, что при взаимодействии с воздухом цинк вступает в реакцию с кислородом и диоксидом углерода, находящимся в атмосфере. В результате на поверхности соприкосновения образуется оксид цинка, представляющий собой очень прочное, практически нерастворимое химическое соединение, покрывающее элемент конструкции сплошной пленкой.

Общепризнано, что цинкнаполненные покрытия занимают особое место среди противокоррозионных лакокрасочных материалов (ЛКМ). Покрытия (Пк) на их основе обеспечивают катодный механизм защиты стальных субстратов, за счет чего способны придавать повышенную долговечность стальным конструкциям в широком диапазоне условий эксплуатации (10...25 лет), а также служить альтернативой традиционным методам "горячего" цинкования [15].

Электрохимическое осаждение обеспечивает продолжительное предохранение от окисления на срок от 10 до 50 лет (в редких случаях). Но, к сожалению, данный способ не всегда нужно применять вследствие дороговизны антикоррозионных мероприятий и сложности их осуществления с технической точки зрения. В данных случаях разумно применять холодную антикоррозийную обработку. В результате использования составов обработанный металл имеет коррозийную стойкость, не уступающую по свойствам покрытиям, получаемым гальваническим методом.

Пленкообразующей основой неорганической природы составов "холодного" цинкования водоразбавляемого и органоразбавляемого типов чаще всего служат соответственно щелочной силикат и этилсиликат (частично гидролизованный тетраэтоксисилан) [16].

Выделено несколько основных преимуществ данного вида обработки: малые затраты на подготовку детали; повышенный уровень сцепления оцинкованной поверхности с лакокрасочными покрытиями; отсутствие ограничений по геометрическим параметрам конструкции; возможность выполнения всех необходимых операций по оцинковыванию в бытовых условиях при помощи распылительного устройства, малярного валика, кисточки; отсутствие необходимости демонтажа элемента для дальнейшей обработки, а также транспортировки его к месту проведения дальнейших работ; широкий диапазон температур нанесения антикоррозионных композиций — от минус 20 до плюс 40 градусов по Цельсию; отсутствие ограничений по свариваемости обработанных поверхностей.

Недостатком использования метода холодного оцинкования является то, что он не обеспечивает высокой антикоррозионной стойкости обрабатываемых поверхностей, подверженных механическим воздействиям.

Технологический процесс холодного оцинковывания является одним из самых простых, но при этом требует строгого соблюдения всех предписаний для наиболее эффективной работы антикоррозионных композиций.

Указанный способ цинкования выполняется различными антикоррозионными композициями, состав и свойства которых регламентирует ГОСТ 9.305—84. Стандарт описывает особенности всех современных неорганических (неметаллических и металлических) покрытий, изготавливаемых химическими и электрохимическими методами. В соответствии с ГОСТ 9.305 холодные составы для цинкования допускается использовать на любых сборочных единицах и изделиях, кроме деталей из магниевых сплавов и сталей повышенной прочности [17].

Толщина покрытия определяется количеством наносимых слоев композиции от 40 мкм — 1 слой, 120 мкм — 3 слоя. Срок службы покрытия 9—13 лет [18].

Технология обработки металлических изделий предполагает предварительную подготовку поверхности перед нанесением защитной композиции. Выполняется она по ГОСТу следующим образом: удаление закоксованностей, естественных загрязнений, вызванных климатическими явлениями, солей с металлической поверхности посредством тщательного ее обмыва; выполнение очистки обрабатываемого изделия гидроабразивным, абразивоструйным либо гидродинамическим методом с целью придания его поверхности требуемого уровня шероховатости, а также для удаления окалины и ржавчины с покрытия; просушивание конструкции в тех случаях, когда очистка выполнялась гидродинамическим либо гидроабразивным способом; финишная очистка поверхности, которая производится вручную, удаление с нее варочных брызг и заусенцев, острых кромок и углов; обеспыливание металлоконструкции посредством направленной струи воздуха под давлением.

Перед обработкой поверхности, при наличии на ней жирных пятен или масляных включений, необходимо провести дополнительную процедуру обезжиривания углеводородной группы. К качеству обработанной поверхности ГОСТ выдвигает ряд требований по уровню обеспыливания — ISO 8502-3, по уровню шероховатости — ISO 8503-1, по уровню обезжиривания — ГОСТ 12.2.052.

После подготовки поверхности и определения ее соответствия всем нормативам становится возможным переход к нанесению составов для холодного цинкования. Процесс нанесения производится при температуре, установленной производителем состава. При этом обрабатываемая поверхность должна иметь температуру на три и более градусов больше точки росы. Соблюдение данного условия обеспечивает отсутствие выделения на поверхности влаги, которая снижает качество защитного покрытия. Данную точку можно определить при помощи различных приборов, таких как термометр, психрометр, гигрометр или более современное оборудование. Нанесение покрытий производится равномерно и последовательно. Кроме того, нанесение каждого последующего слоя допускается только после высыхания предыдущего, согласно временному интервалу, определяемому производителем состава.

Проводить обработку рекомендуется при помощи пневматического оборудования или безвоздушным методом. Детали, которые требуют полосовой окраски, обрабатывают валиками и кистями. После оцинковывания обязательно проводится контроль качества с целью определения толщины защитного слоя, степени адгезии поверхности и металла. А также визуальная проверка с целью определения декоративных показателей нанесенного покрытия, отсутствия дефектов или необработанных участков.

Выводы

В исследовании предложены пути решения проблемы, позволяющие существенно продлить срок службы кузовных деталей автомобиля. Установлено, что использование метода локального оцинковывания металла позволяет значительно замедлить процесс образования коррозии и дальнейшего окисления металла. В качестве наиболее экономичного способа оцинковывания кузова автомобиля предложена технология гальванического цинкования, применение которой позволяет значительно сократить расходы на ремонтно-восстановительные работы, производимые вне заводских условий, в том числе и на АТП, благодаря увеличению ресурса, а также отсутствию необходимости вывода ТС из эксплуатации на длительный срок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Карелина М. Ю.** Разработка алгоритма прогнозирования и мониторинга ресурса механических систем / В. В. Гриб, М. Ю. Карелина, И. М. Петрова, М. А. Филимонов // Современные проблемы теории машин. — 2013. — № 1. — С. 77—79.
2. **Виноградов В. В.** Импортозамещающая технология восстановления и упрочнения рабочего оборудования строительных и дорожных машин / М. Ю. Карелина, А. В. Коломейченко, И. А. Петриков, К. С. Поджарская, Н. В. Титов // Строительные и дорожные машины. — 2015. — № 8. — С. 34—37.
3. **Дудан А. В.** Переход от гальванической технологии к газотермическим технологиям при получении антикоррозионных покрытий / А. В. Дудан М. С. Агеев, Л. А. Лопата, Е. К. Соловых, Т. В. Ворона // Инновационные технологии в машиностроении: материалы конференции (19—20 апреля 2018). — 2018. — С. 186—192.
4. **Гайдар С. М.** Инновационное техническое средство для нанесения защитной молекулярной пленки на поверхность машин / С. М. Гайдар, М. Ю. Карелина // Техника и оборудование для села. — 2015. — № 3. — С. 26—28.

5. **Быкова Е. В.** Перспективы использования лакокрасочных материалов, модифицированных фторсодержащими поверхностно-активными веществами, для защиты сельхозтехники / Е. В. Быкова, С. М. Гайдар, М. Ю. Карелина // Техника и оборудование для села. — 2015. — № 7. С. 34—37.
6. **Карелина М. Ю.** Оптимальный ингибированный состав для антикоррозионной обработки машин и оборудования АПК // М. Ю. Карелина, А. В. Пыдрин // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. — 2015. — С. 110—115.
7. **Гайдар С. М.** Синтез и исследование эффективности консервационных материалов на основе органических ингибиторов / С. М. Гайдар, И. А. Посунько, М. Ю. Карелина, А. Г. Щукин // Все материалы. Энциклопедический справочник. — 2018. — № 11. — С. 12—17.
8. **Карелина М. Ю.** Расчетно-экспериментальный метод исследования теплового состояния системы "покрытие-основа" с перемещающейся границей / М. Ю. Карелина, А. А. Коломейченко, И. Н. Кравченко // Машиностроение. — 2015. — Т. 3, № 4. — С. 3—8.
9. **Степин С. Н.** Протекторные цинконаполненные грунтовки. Влияние компонентов на противокоррозионную эффективность. Часть 1 / С. Н. Степин, С. И. Толстошеева, А. П. Светлаков // Вестник Технологического Университета. — 2016. — № 9. — С. 122—128.
10. **ООО "НПП Электрохимия"** Механизм гальванического цинкования // — URL: https://zctc.ru/ (дата обращения 04.04.2019).
11. **Мамаев В. И.** Функциональная гальванотехника / В. И. Мамаев. — ФГБОУ ВПО "ВятГУ", 2013. — 209 с.
12. **Ившин Я. В.** Особенности электромеханохимических процессов нанесения цинкового покрытия / Я. В. Ившин // Вестник Технологического Университета. — 2011. — № 22. — С. 132—136.
13. **Технологии** антикоррозионной защиты кузова автомобиля / А. В. Мингалев, И. В. Журавлев, М. А. Крюкова, Д. О. Чернышев // Научный альманах. — 2018. — № 11-2. — С. 49—52.
14. **Токменинов К. А.** Способ антикоррозионной защиты металлов методом холодного цинкования / К. А. Токменинов, В. А. Широченко // Вестник Белорусско-Российского Университета. — 2010. — № 1. — С. 89—94.
15. **Степин С. Н.** Составы холодного цинкования с пониженным содержанием поверхностно-модифицированного цинкового порошка / С. Н. Степин, С. И. Толстошеева, А. П. Светлаков // Вестник Технологического Университета. — 2015. — № 2. — С. 223—226.
16. **Степин С. Н.** Протекторные цинконаполненные грунтовки. Влияние компонентов на противокоррозионную эффективность. Часть 2 / С. Н. Степин, С. И. Толстошеева, А. П. Светлаков // Вестник Технологического Университета. — 2016. — № 15. — С. 89—98.
17. **ГОСТ 9.305—84** Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой) // — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200007401 (Дата обращения 04.04.2019).
18. **Асталюхина А. С.** Характеристика современных методов нанесения защитных цинковых покрытий / А. С. Асталюхина, Е. С. Пикалов // Успехи современного естествознания — 2015. — № 11-1. — С. 11—14.

Первый заводской фронт-офис

На литейном заводе открылся фронт-офис Центра обслуживания бизнеса (ЦОБ), дочернего предприятия ПАО "КАМАЗ".

"Это первый фронт-офис, оборудованный в соответствии со всеми требованиями, которые планируются по проекту. Мы развиваем важное направление — обслуживание бизнеса, кадровое администрирование, и это еще один шаг в создании удобных, комфортных условий для персонала компании", — отметил Александр Ушенин, выступая на торжественном мероприятии.

Деятельность офиса будет организована по типу банков: операторы будут обслуживать клиентов в течение короткого времени в порядке электронной очереди.

При трудоустройстве на завод новый сотрудник будет проходить вводный инструктаж непосредственно в этом офисе. Параллельно с этим его документы в отсканированном виде направляются в back-офис, где происходит оформление всех необходимых договоров и приказов. Затем здесь же документы распечатывают и подписывают. Как рассказали представители ЦОБ, сотрудники офиса вправе ставить согласующие подписи за работодателя, что, несомненно, позволит значительно сократить время оформления документов.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 620.193.21

В. Р. Рогов, канд. техн. наук, e-mail: rogov@madi.ru, **В. Р. Анисимов,** студент,
e-mail: rabota.viktor.99@mail.ru, **Е. А. Исаченко,** студент, e-mail: isachenko.32@list.ru,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье проводится исследование развития технологий повышения антикоррозионной устойчивости автотранспортных средств. Рассмотрены методы повышения антикоррозионной устойчивости автотранспортных средств и проведен сравнительный анализ методов с целью выявления экономически предпочтительной и эффективной технологии. На основании исследования сделаны выводы и сформулированы предложения по улучшению технологий антикоррозионной устойчивости.

Ключевые слова: *коррозия, автотранспортные средства, поверхностно-активные вещества, лакокрасочные покрытия, сверхзвуковое газопламенное напыление, ингибиторы.*

In this report studies the developments of technologies for corrosion resistance improvements. Methods of corrosion resistance vehicles improving are examined, comparative analysis of select economically preferable and efficient technology has been carried out. Based on the study conclusions have been made and proposals formulated to improve corrosion resistance.

Keywords: *corrosion, vehicles, surfactants, paint coatings, high velocity oxy spraying, inhibitors.*

При эксплуатации автотранспортных средств (АТС) большое значение придается антикоррозийной устойчивости узлов и деталей. Существуют различные методы обработки кузовов автомобилей, различающиеся по характеру предполагаемых условий эксплуатации, климата, местности и назначения. Следует учесть, что методы обработки кузова сельскохозяйственной техники отличаются от методов обработки городского транспорта. Наиболее важными факторами, влияющими на возникновение коррозии, являются климат и дорожное покрытие. Исходя из учета данных факторов проведена классификация транспорта по следующим категориям: сельскохозяйственная техника, городской транспорт, внедорожный транспорт. Транспорт, в связи с условиями эксплуатации, подвержен воздействию влаги, что вызывает коррозию деталей, узлов и кузова АТС. Зачастую сельскохозяйственная техника подвержена различным химическим воздействиями (обработка почвы химикатами), в то время как городские АТС подвергаются воздействию реагентов, а внедорожный транспорт требует большей защиты от воздействия песка, камней и грязи. Деление транспортных средств на такие группы является условным, потому что в каждой категории можно выделить несколько малых групп.

Основными способами борьбы с коррозией являются применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) в лакокрасочном покрытии (ЛКП), сверхзвуковое газопламенное напыление никеля и хрома, обработка ингибиторами.

Для защиты и придания декоративного вида поверхности кузова АТС применяются лакокрасочные покрытия с определенными модификациями. Одним из основных способов модификации ЛКП является добавление ПАВ. Общий механизм работы ПАВ представляет собой образование защитной пленки на поверхности металла. На рис. 1 показан механизм работы ПАВ. В случае необработанной поверхности влага и вредные вещества свободно попадают на поверхность детали и беспрепятственно контактируют с ней, в случае обработки поверхности поверхностно-активная пленка защищает деталь от контакта с окружающей средой.

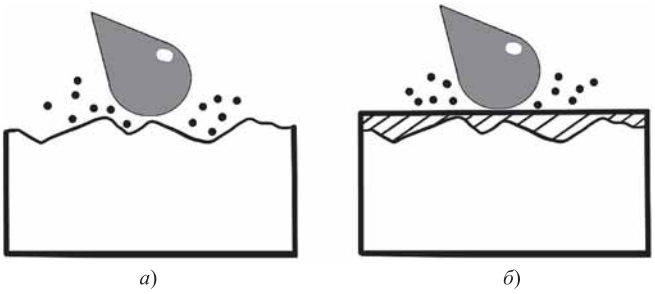


Рис. 1. Обработка поверхности детали поверхностно-активными веществами:

а — необработанная поверхность, *б* — обработанная поверхность

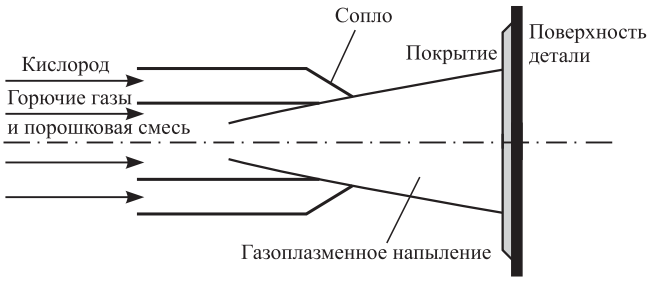


Рис. 2. Технология сверхзвукового газопламенного напыления

Из числа существующих добавок большой интерес представляют фтор-ПАВ, в молекулах которых водород замещен фтором. Покрытия, содержащие фтор, отличаются необходимой стойкостью к химическим реагентам, агрессивным средам и газам. Для получения ЛКП с высокими защитными свойствами необходимы ультраатмосферостойкие покрытия на основе стабильных фторсодержащих смол [1]. При нанесении модифицированных ЛКП необходимо учитывать свойства металла. Эти свойства обуславливаются структурой металла, на который будут наноситься модифицированные ЛКП. Основными преимуществами ЛКП с добавлением фтор-ПАВ являются: химическая стойкость к агрессивным средам, маслоотталкивающие и водоотталкивающие свойства, грязестойкость, влагостойкость, твердость и блеск. Представленные свойства хорошо зарекомендовывают себя в эксплуатации сельскохозяйственной техники, где определяющим фактором является сопротивление воздействиям агрессивных сред и химических реагентов [2]. Для эффективности модификации фтор-ПАВ важны не только условия эксплуатации, но и условия хранения АТС. Если установленные правила хранения не соблюдаются, то надежность сельскохозяйственной техники снижается в 1,5—2 раза [1].

Сверхзвуковое газопламенное напыление (СГПН) базируется на принципе получения сверхзвуковой струи на выходе из горелки, где под потоками горючего газа с кислородом подается порошок и, ускоряясь, наносится на обрабатываемую поверхность. На рис. 2 показана технология высокоскоростного газопламенного напыления.

В отличие от традиционных и гальванических методов газопламенное напыление можно применять при обработке деталей сложной формы, таких как коленчатый вал и кулачковый вал. Данный вид обработки повышает эксплуатационные и физико-химические свойства, что недостижимо при применении традиционных методов. К основным достоинствам этого метода можно отнести высокую производительность, хорошее качество получаемых покрытий и экономичность. Полученные покрытия успешно заменяют электролитический хром и никель, устойчивы к высокотемпературной коррозии в агрессивных средах [3]. Они могут быть эффективными при эксплуатации АТС абсолютно всех типов, в том числе и городского транспорта. Изменение теплового состояния покрытия прогнозируется расчетно-экспериментальными методами [4].

Обработка ингибиторами — один из самых эффективных методов обработки для замедления процессов химической и электрохимической коррозии [5]. Основной интерес представляют ингибиторы атмосферной коррозии, поскольку основными источниками воздействия на АТС являются влажность воздуха и агрессивность среды. Одним из самых эффективных ингибиторов на российском рынке является ТЕЛАЗ. Ингибитор ТЕЛАЗ представляет собой органические соединения, молекулы которых обладают хемосорбционной способностью, где в качестве активного ингредиента использованы карбоновые кислоты [6]. Для улучшения свойств ингибитора ТЕЛАЗ используются петролатум, борат диэтаноламина (ДЭА), окисленный петролатум и герметизирующая жидкость АГ-4И в определенных процентных соотношениях. Наилучшими антикоррозионными свойствами обладает образец со следующими концентрациями: ТЕЛАЗ 10 %, АГ-4И 7 %, окисленный петролатум 6 %,

борат ДЭА 0,5 %, остальное — петролатум. Образец показывает скорость коррозии в размере 0,0034 мм/год [6]. Также к преимуществам ингибиторов и их смесей можно отнести противодействие очагам коррозии. Некоторые ингибиторы способны выдерживать несколько циклов до появления первых очагов коррозии.

В современных внедорожниках механическую защиту агрегатов ТС обеспечивают фартуки дорожных арок, полиуретановые пленки и защита поддона картера. Современные подходы к обработке внедорожных ТС являются недостаточными, так как в основном они направлены на защиту от рельефного воздействия и дорожного покрытия. Для защиты от экологического воздействия возможно использование пушечного сала, так как оно является сильным ингибитором коррозии со сроком службы до четырех лет. Для обработки труднодоступных поверхностей актуально применение сверхзвукового газопламенного напыления.

На основе проведенного анализа было выявлено, что комбинирование нескольких методов антикоррозийной обработки для всех видов АТС увеличивает антикоррозийные свойства металла.

Сделан вывод о необходимости применения фтор-ПАВ и СГНП для защиты от атмосферного воздействия и агрессивной среды не только на кузове и деталях сельскохозяйственной техники, но и на внедорожном транспорте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гайдар С. М., Быкова Е. В., Карелина М. Ю.** Перспективы использования лакокрасочных материалов, модифицированных фторсодержащими поверхностно-активными веществами, для защиты сельхозтехники // Техника и оборудование для села. — 2015. — № 7. — С. 34—38.
2. **Гайдар С. М., Карелина М. Ю.** Инновационное техническое средство для нанесения защитной молекулярной пленки на поверхность машин // Техника и оборудование для села. — 2015. — № 7. — С. 26—28.
3. **Ресурсосберегающие** технологии получения функциональных наноструктурированных покрытий высокоскоростными методами нанесения / И. Н. Кравченко, М. Ю. Карелина, Е. М. Зубрилина, А. А. Коломейченко // Вестник Донского государственного технического университета. — 2015. — Т. 15. — № 3 (82). — С. 19—27.
4. **Карелина М. Ю., Коломейченко А. А., Кравченко И. Н.** Расчетно-экспериментальный метод исследования теплового состояния системы "покрытие—основа" с перемещающейся границей // Машиностроение. — 2015. — Т. 3. — № 4. — С. 3—8.
5. **Гайдар С. М., Карелина М. Ю., Пыдрин А. В., Петровский Д. И., Петровская Е. А., Быков Е. В., Быков К. В., Голубев М. И., Шлыков А. Е.** Ингибитор коррозии металлов // Патент на изобретение RUS 2597442. — 2015.
6. **Карелина М. Ю., Пыдрин А. В.** Оптимальный ингибированный состав для антикоррозионной обработки машин и оборудования // Материалы Международной научно-практической конференции "Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства". Часть 2. — 2015. — С. 110—115.

День клиента в Челябинске

В Челябинске прошел День клиента ПАО "КАМАЗ", в рамках которого для потенциальных потребителей была организована презентация автомобиля КАМАЗ-5490 NEO, работающего на сжиженном природном газе.

День клиента ПАО "КАМАЗ" — традиционное мероприятие, которое проводится ежегодно в различных городах России. Цель таких встреч — предоставить максимально полную информацию, продемонстрировать потребителю новые модели, ознакомить с новыми формами клиентского обслуживания.

В этом году КАМАЗ представил транспортным компаниям Челябинской области новый битопливный автомобиль КАМАЗ-5490 NEO — он работает как на дизельном топливе, так и на сжиженном природном газе (СПГ). Эта особенность грузовика актуальна для транспортных компаний в связи с высокой экологичностью и низкой стоимостью газового топлива.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 621.892:620.19
С. В. Никитин, канд. техн. наук, доцент, e-mail: svnikitin007@mail.ru,
А. И. Марясев, студент, e-mail: amaryasev17@gmail.com, **А. А. Назаркин,** студент, e-mail: 147nazarkin@mail.ru,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНОГО МАСЛА И ТОПЛИВА

В статье произведен сравнительный анализ влияния масляных и топливных присадок. По результатам анализа выявлены присадки, наиболее эффективно влияющие на эксплуатационные характеристики и увеличение срока службы двигателей внутреннего сгорания. Сформулированы рекомендации по применению присадок для топлива и моторного масла для двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: *присадки в топливо, присадки в моторное масло, капитальный ремонт двигатель внутреннего сгорания.*

The article made a comparative analysis of oil additives with fuel. According to the results of the analysis, the most effective additives were found to increase the service life of the internal combustion engine, as well as to improve performance. Formulated recommendations on the use of additives in the fuel and engine oil.

Keywords: *fuel additives, oil additives, overhaul, engine.*

При эксплуатации автотранспортных средств наиболее затратным в настоящее время является капитальный ремонт двигателя внутреннего сгорания (ДВС). ДВС является сложной механической системой. Однако при помощи известных методов возможно прогнозировать ресурс ДВС [1]. Для увеличения межремонтного пробега применяются присадки в моторное масло и топливную систему, которые способны сохранить рабочее состояние двигателя без посторонних механических вмешательств и замены отработавших деталей ДВС на новые [2].

В моторное масло присадки добавляются для обеспечения качественной смазки и стабильной работы двигателя. Многочисленные эксперименты и испытания позволяют утверждать, что применение присадок значительно улучшает работу ДВС.

Например, благодаря масляным присадкам происходит увеличение мощности на 3 %, снижение расхода топлива на 4 %, снижение выбросов CO и CH, что немаловажно для окружающей среды в целом [3].

Как правило, присадки в масло применяются на двигателях с достаточно большим пробегом. Новые двигатели не нуждаются в данной профилактике, так как выработка деталей и механизмов относительно мала [4].

Следуя рекомендациям по применению присадок, необходимо использовать масляную добавку в том случае, если предстоит замена масла через 400—500 км. Объясняется это тем, что за это время образуется пленка, нивелирующая задиры, царапины на стенках цилиндров и уменьшающая трение. После выработки определенного ресурса необходимо заменить масло. При этом свойства, которые приобрел агрегат, — снижение затрат на трение, мягкий пуск в холодное время, увеличение мощности, сохраняются [5].

Это было доказано опытным путем в ходе исследования российскими специалистами. В автомобиль, имеющий стандартный двигатель внутреннего сгорания, залили масляную присадку, после чего была произведена обкатка в 400 км. Далее, следуя инструкции по использованию добавки, масло слили, однако производить заливку нового не стали, чтобы убедиться в верности положения, что присадка останется в виде пленки на стенках цилиндров. Автомобиль был отправлен на полигон, где проехал 300 км, имитируя езду в городском режиме. После этого было определено, что двигатель работал абсолютно в стабильном режиме. Также с помощью эндоскопа было выявлено, что задиры в цилиндрах отсутствуют, следовательно, присадка, образовавшая пленку, действительно сохраняет и продлевает срок службы

Компрессия в цилиндрах ДВС

№ цилиндра	1	2	3	4
Компрессия в цилиндре Рк (кгс/кв. см) до заливки добавки	9,4	9,4	10,0	10,0
Компрессия в цилиндре Рк (кгс/кв. см) после 30-часовой обработки с добавлением присадки	10,2	10,2	10,3	10,1
Компрессия в цилиндре Рк (кгс/кв. см) дополнительной 10-часовой обработкой с добавкой присадки	10,4	11,0	11,0	11,0

блока цилиндров. Дополнительно был произведен замер компрессии в цилиндрах до и после добавления присадки (таблица).

В результате анализа дальнейших исследований сделан вывод о том, что замена масла после прохождения обкатки в виде 400 км необходима вследствие присутствия в присадке дисульфида молибдена, который, в свою очередь, влияет на возникновение ускоренного нагара на свечах зажигания и закоксовку поршневых колец. Эти факторы крайне серьезно сказываются на работе двигателя, так как закоксовка не имеет свойства вымываться даже при замене масла с процедурой промывки двигателя при помощи промывочного масла, если не произвести своевременную замену присадки по регламенту.

В настоящее время известны присадки различных марок, таких как Suprotec, Bardahl, 3ton Planet, Liqui moly CeraTec. Исходя из характеристик и свойств присадок было заключено, что Suprotec имеет наилучшее соотношение цена-качество, так как обладает лидирующим триботехническим составом и проверенным годами качеством, подтвержденным отзывами владельцев.

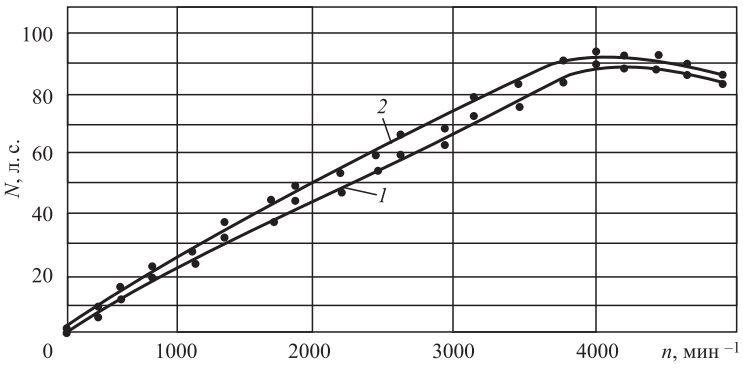
На сегодняшний день автомагазины предоставляют огромный ассортимент различных присадок как от всемирно известных, так и небольших производителей. Рейтинг лучших присадок для топлива составлен на основе отзывов и тестов независимых автолюбителей. На первом месте Hi Gear Очиститель "Октан Плюс", на втором — Liqui Moly Octane Plus, на третьем — "ТОТЕК УМТ" и LAVR Oktane Plus [6].

Подводя промежуточный итог, необходимо заметить, что замена масла после обкатки проводится для того, чтобы присадка осталась исключительно на стенках цилиндров, а не оказывала негативное влияние на другие узлы ДВС. Однако этот способ ремонта кратковременный, так как задиры на стенках цилиндров остаются.

Масляная присадка восстанавливает двигатель лишь на небольшой отрезок времени. Регулярное техническое обслуживание (ТО). Частота проведения ТО зависит от региона, в котором эксплуатируется автотранспортное средство. ТО является более эффективным способом увеличения срока службы ДВС. Например, в Москве средняя скорость движения в потоке 22 км/ч, а в Лондоне — 44 км/ч, следовательно, ТО необходимо проводить в Москве чаще, поскольку ДВС, проезжая 10000 км, работает почти в 2 раза дольше, чем в Лондоне.

Необходимо также проводить профилактические мероприятия для увеличения межремонтного ресурса ДВС. Именно этой цели служит применение топливных присадок в моторное масло, присадки в топливо применяются в ДВС новых автомобилей, так как существенно повышают характеристики топлива. Также топливные добавки являются профилактикой для топливной системы в целом, так как они расщепляют загрязнения, которые скапливаются в топливном баке, рампе и форсунках.

Вместе с тем, присадка помогает избежать гидроудара, который может возникнуть вследствие попадания воды в топливную систему и затем в цилиндр. Эксперименты показали, что топливная присадка решает одну из основных за-



Мощность ДВС ВАЗ-21124:

1 — до использования присадки; *2* —после использования присадки

дач, очищая компрессионные кольца и свечи от закоксовки и нагара соответственно. Снижается расход топлива, поскольку происходит очистка свечей от нагара, зажигание происходит своевременно, ДВС работает более стабильно. Немаловажным фактором является и то, что происходит увеличение мощности на 3—5 % (рисунок).

Но при длительном использовании присадки (более 30 000 км) прокладка головки блока цилиндров теряет свои эксплуатационные свойства (падает герметичность). После выявления данного эффекта было установлено, что топливную присадку необходимо использовать раз в 30 000 км. Далее был сделан вывод, что топливные присадки в использовании технологичнее, чем масляные, так как отсутствует необходимость менять масло после обкатки.

В целях повышения эффективности работы ДВС и увеличения срока службы необходимо применение присадок в топливо и масло. Однако по результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что предпочтительнее применять присадки в топливо благодаря возможности сокращения времени на обслуживание и технологичности использования данного метода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Разработка** алгоритма прогнозирования и мониторинга ресурса механических систем / В. В. Гриб, М. Ю. Карелина, И. М. Петрова, М. А. Филимонов // Современные проблемы теории машин. — 2013. — № 1. — С. 77—79.
2. **Основы** теории автотракторных двигателей: учебное пособие / Ю. А. Ганькин, М. Ю. Карелина, В. А. Кравченко, В. Г. Яровой. — М.: Издательство РГАЗУ, 1997. — 304 с.
3. **Гайдар С. М., Карелина М. Ю., Пыдрин А. В.** Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей // Грузовик. — 2015. — № 2. — С. 29—37.
4. **Импортозамещающая** технология восстановления и упрочнения рабочего оборудования строительных и дорожных машин / М. Ю. Карелина, А. В. Коломейченко, И. А. Петриков, К. С. Поджарская, Н. В. Титов // Строительные и дорожные машины. — 2015. — № 8. — С. 34—37.
5. **Гайдар С. М.** Адсорбция Фтор-ПАВ и ее влияние на смазку трибосопряжений в условиях граничного и гидродинамического трения / С. М. Гайдар, М. Ю. Карелина // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к наноиндустрии: тезисы докладов Пятой международной конференции (Ижевск, 02—03 апреля 2015 г.). — Ижевск, 2015. — С. 44—45.
6. **Присадки в бензин** [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://m.etlib.ru/blog/725-prisadki-v-benzin. Дата обращения: 19.04.2019.

"КАМАЗ-ЛИЗИНГ" выходит в регионы

В 2019 г. АО "Лизинговая компания "КАМАЗ" планирует сделать акцент на продолжении экспансии в регионы: к филиалам в Москве, Санкт-Петербурге и Иркутске в первом квартале должны присоединиться аналогичные представительства в Нижнем Новгороде, Екатеринбурге, Краснодаре и Хабаровске.

"КАМАЗ-ЛИЗИНГ" продолжает реализовывать масштабный проект по расширению своего присутствия в регионах. Лизинговая компания "КАМАЗ" включила в стратегию развития своего бренда повышение качества взаимодействия с клиентами на местах — во всех крупных городах России и выполнение условия "быть всегда рядом" в работе с клиентами.

В филиалах "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" клиенты могут получить консультации по приобретению автотехники КАМАЗ и оборудования для сервисных центров в лизинг по программам от производителя. Более того, представитель компании может выехать к покупателю в офис, а также совместно с ним — в дилерский центр КАМАЗ для подбора программы по приобретению автотехники в лизинг совместно с поставщиком.

Сегодня Лизинговая компания "КАМАЗ" предоставляет обновленнвй продуктовый ряд: единый продукт от ПАО "КАМАЗ" "Лизинг от производителя", предложение по аренде изъятой из лизинга техники и специальный продукт для дилерской сети ПАО "КАМАЗ" "Лизинг оборудования". Кроме того, Лизинговая компания "КАМАЗ" ввела систему "Электронный лизинг", которая позволяет значительно ускорить обмен документами между лизинговой компанией и клиентом вне зависимости от географической принадлежности последнего.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

УДК 625.025.41

Х. А. Фасхиев, д-р техн. наук, профессор, e-mail: faskhiev@mail.ru, ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет", профессор кафедры экономики, менеджмента и маркетинга Финансового университета при Правительстве Российской Федерации", **В. А. Целищев,** д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет"

ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Предлагается способ организации линейных международных автомобильных перевозок, основанный на методе "тяговых плеч". Такая перевозка, выполняемая строго по расписанию на регулярной основе, позволяет решать основную проблему перевозочной деятельности — увеличить скорость доставки в 2—2,5 раза по сравнению с перевозками по традиционной технологии. В предлагаемых перевозках по выбранному маршруту через каждые 250...320 км создаются координационно-логистические центры, в которых происходит либо перецепка полуприцепов, либо смена водителей седельных тягачей. Каждый тягач, задействованный на маршруте, за смену совершает один или два кругорейса по схеме маятникового движения относительно КЛЦ приписки. Приведены расчеты технико-эксплуатационных показателей перевозок на выбранном как пример линейном маршруте Берлин—Уфа. Разработаны транспортно-технологические карты и графики работы подвижного состава на маршруте, показаны преимущества применения линейных перевозок по сравнению с классической схемой организации работы подвижного состава.

Ключевые слова: *груз, перевозка, линейный маршрут, полуприцеп, тягач, метод "тяговых плеч", координационно-логистический центр, срок доставки.*

A method of organizing linear international road transport based on the "traction shoulder" method is proposed. Such transportation, which is carried out strictly according to the schedule on a regular basis, makes it possible to solve the main problem of the transportation activity — to increase the speed of delivery by 20—.2.5 times compared to transportation using the traditional technology. In the proposed transportation along the selected route, coordination and logistics centers are created every 250...320 km, in which either the semi-trailers are being coupled or the change of drivers of truck tractors takes place. Each tractor, active on the route, per shift, makes one or two round-trips according to the pendulum motion scheme relative to the registration center register. The calculations of the technical and operational indicators of traffic on the selected Berlin-Ufa linear route as an example are given. Developed transport and technological maps and schedules of rolling stock on the route, shows the advantages of using linear transport compared with the classical scheme of the organization of the rolling stock.

Keywords: *cargo, transportation, linear route, semi-trailer, towing vehicle, traction arm method, coordination and logistics center, delivery time.*

(Рисунки на 2—4 полосах обложки)

Введение

Одной из основных проблем транспортной системы России является технико-технологическое отставание от развитых стран в области организации перевозок. Растущий спрос на грузовые и пассажирские перевозки пока сдерживается слабым развитием транспортной инфраструктуры, низким уровнем внедрения современных транспортно-логистических технологий обслуживания населения и экономики. Наблюдается несбалансированное развитие единой транспортной системы России, неравномерное развитие разных видов транспорта, территориальная неравномерность развития транспортной инфраструктуры. Транспорт является основным загрязнителем атмосферы в крупных населенных пунктах. Для решения накопившихся в транспортном комплексе проблем, повышения экономической эффективности, экологичности и безопасности его функциони-

рования следует осваивать новые технологии, которые должны соответствовать современным требованиям общества в будущем [1].

Принятие Российской Федерации во Всемирную торговую организацию, расширение российского рынка сбыта различных товаров способствуют росту международной торговли, следовательно, грузовых потоков. Транспорт стал ключевым фактором реализации конкурентных преимуществ разделения труда, формирования единого мирового рынка, глобализации и интеграции процессов производства и потребления. За последние три десятилетия наблюдается интенсивный рост товародвижения между государствами. Высокая конкуренция с иностранными перевозчиками требует от ее участников постоянного повышения своих конкурентных возможностей. Несмотря на то, что в международных перевозках грузов основными игроками являются морской (доля в объеме перевозок 62 %) и железнодорожный транспорт (16 %), в континентальных перевозках главную роль все же играет автомобильный транспорт (8 %). Кроме того, практически ни одна смешанная перевозка не обходится без автотранспорта. Автотранспорт обладает низким входным инвестиционным порогом, имеет высокую мобильность, что необходимо при организации новых транспортно-логистических цепочек. Автотранспорту нет равноценной замены при перевозке мелкопартионных и тарно-штучных грузов на расстояния до 2000 км, а также при необходимости срочности доставки.

Основным принципом эффективной работы автомобильного транспорта является соблюдение принципа "Если есть колеса, они должны вращаться без остановки". К сожалению, на практике соблюдать этот принцип в настоящее время невозможно. Дело в том, что "Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки" (МАП) ограничивает время управления автомобилем 9 ч в сутки при одном, и 18 ч — при двух водителях [9]. В течение недели время управления автомобилем не должно быть больше 56 ч, а недельный фонд рабочего времени не должен превышать 168 ч. В течение двух недель время управления автомобилем не должно превышать 90 ч, т. е. при двухнедельном исчислении лишь 27 % фонда времени подвижной состав выполняет транспортную операцию. Нерациональное использование подвижного состава по времени приводит к увеличению необходимого количества автомобилей на дорогах. В результате перегружаются транспортные сети, увеличивается число ДТП, растут вредные выбросы в атмосферу, общество несет дополнительные материальные и трудовые потери.

В "Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года" перед транспортным комплексом поставлена задача интеграции в международное транспортное пространство. Она должна реализоваться развитием международных транспортных коридоров, формированием контейнерных "мостов" между крупными транспортными узлами. Одной из приоритетных задач является повышение среднесуточной скорости доставки грузов автотранспортом с нынешних 500 до 1100 км в будущем [1]. Эту серьезную задачу решить на основе традиционных подходов к организации перевозок нереально, требуются инновационные технологии организации перевозочной деятельности.

Суть технологии линейных перевозок методом "тяговых плеч" между координационно-логистическими центрами

Поставленные выше задачи повышения скорости доставки, экономической эффективности, снижения экологических последствий эксплуатации автотранспорта могут быть решены рациональной организацией перевозочного процесса на основе применения цифровых технологий в управлении и построения логистических цепей бесперегрузочной доставки грузов. При этом целесообразно соблюдать принцип "Если есть колеса, то они должны вращаться без остановки" [2].

Решить проблемы, связанные с организацией международных перевозок, можно созданием системы линейных, т. е. выполняемых по расписанию перевозок, управляемых координационно-логистическими центрами (КЛЦ), расположенными в крупных транспортных узлах. Организация движения подвижного состава на маршруте осуществляется по методу "тяговых плеч", для чего, во-первых, маршрут разбивается на участки — "плечи", во-вторых, используется однотипный подвижной состав "тягач-полуприцеп". КЛЦ организовывает завоз-вывоз грузов в КЛЦ, т. е. местные перевозки [3]. Функции КЛЦ могут выполнить расположенные по маршруту терминалы в транспортных узлах.

В линейной системе перевозка осуществляется по установленному маршруту со строгим соблюдением расписания движения. Линейная система

перевозок применяется при наличии постоянных грузопотоков с большим объемом грузов на маршрутах большой протяженности [4]. Маршрут разбивается на примерно равные участки длиной 250...320 км. Условие при разбиении такое, чтобы водитель за рабочую смену, сделав кругорейс, вернулся на КЛЦ приписки. По маршруту осуществляется "встречное движение" тягачей, которые на КЛЦ "обмениваются своими полуприцепами. Каждая единица подвижного состава совершает челночное движение по схеме "туда-обратно" между соседними КЛЦ. Тягачи обращаются только на закрепленных за ними участках, полуприцепы же, как правило, следуют от пункта отправления груза до места его назначения. На протяженном маршруте они могут проходить через несколько участков или от начала до конечной точки линии. На каждом участке маршрута полуприцепы буксируются последовательно несколькими тягачами.

Движение на маршруте может быть организовано одним из двух вариантов.

1. Тягачи линейных автопоездов курсируют челночно между соседними КЛЦ, размещенными в транспортных узлах. В КЛЦ происходит обмен полуприцепами встречных автопоездов. Полуприцеп первого тягача отцепляется и передается встречному тягачу, прибывшему из соседнего КЛЦ. Встречный тягач отдает свой полуприцеп первому тягачу. Каждый тягач в течение смены начинает движение и возвращается на свой КЛЦ приписки, поэтому время оборота тягача на участке не должно превышать продолжительность смены (рис. 1).

2. Применение метода смены водителей, т. е., доставив в КЛЦ автопоезд, водитель принимает другой груженый автомобиль, который следует в обратном направлении, и возвращается в КЛЦ базирования (рис. 2).

В стыковых пунктах маршрута следования при передаче полуприцепа с одного участка на другой время затрачивается только на перецепку и передачу товаросопроводительных и транспортных документов. Это дает возможность организовать движение линейных тягачей в течение суток по четкому графику независимо от времени функционирования складов грузоотправителей и грузополучателей. Линейные тягачи работают на жестко фиксированных участках и при постоянном времени оборота. Тягач подается к уже нагруженному и подготовленному к отправлению полуприцепу, и время расходуется на приемку его и груза водителем, получение транспортных документов и прицепку.

Второй вариант предусматривает передачу ПС от одного водителя другому, следующему во встречном направлении. В пункте стыка двух тяговых плеч одного участка, т. е. в КЛЦ, происходит передача автопоезда одним водителем другому, который поведет его на следующем плече. Это производится без расцепки автопоезда и заключается в передаче перевозочных документов, осмотре пломб и техническом осмотре полуприцепов. Недостаток этого варианта в том, что за определенным тягачом не будет закреплен конкретный водитель. Для организации линейных автоперевозок по методу тяговых плеч может быть применен любой из этих методов, так как маршрут будет обслуживать один перевозчик, весь подвижной состав будет принадлежать ему одному. В международных перевозках перецепка полуприцепов, передача тягача одним водителем другому давно стало обычным явлением.

В линейной перевозке управление взаимодействием звеньев логистической цепочки перевозки грузов, рационализацию технологических процессов на отдельных этапах перевозки, координацию и синхронизацию работы элементов системы осуществляет КЛЦ. Для этого вся система должна охватываться единым информационным полем, включающим информационные ресурсы и автоматизированные системы управления технологическим процессом деятельности участников линейных перевозок.

КЛЦ целесообразно располагать в крупных городах, где формируются большие объемы отправок и получения грузов. Главная задача КЛЦ — обеспечить безостановочное движение грузов по линейному маршруту, не допускать простои подвижного состава, доставить груз клиентам в минимальные сроки. При этом КЛЦ должен обеспечивать номинальную загруженность подвижного состава, организовать и контролировать движения грузов в реальном времени как в линейном маршруте, так и в процессах завоза-вывоза грузов. Координация и согласование действий участников транспортного процесса тоже закрепляется за КЛЦ [5].

Для успешного выполнения своих обязанностей в составе КЛЦ должны быть функционально-управляющие (центр анализа, служба координации деятельности, диспетчерская) и обеспечивающие работу логистической цепи подразделения. В состав КЛЦ входят диспетчерский центр, служба контроля продвижения грузов, подвижного состава, склад, стивидорская служба. Кроме названных, в КЛЦ должны быть

работники, ответственные за связь и системное администрирование, моделирование логистического процесса, организационное управление, экспедирование грузов, обеспечение цифрового документооборота, за взаимодействие со смежными участниками линейной системы.

Организация работы автомобильной линии с применением метода тяговых плеч позволит значительно улучшить условия труда водителей и технического обеспечения подвижного состава. При этом, как правило, уплотнится время оборота и, следовательно, сократится его продолжительность, что, в свою очередь, предоставит большие возможности для целесообразного использования суточного времени эксплуатируемого парка тягачей и полуприцепов и значительного увеличения среднесуточного пробега.

Участковая схема движения ПС по маршруту позволяет сократить время на перевозку грузов, нет необходимости отправки в рейс двух водителей. При этом повышается оперативность диспетчерского руководства, увеличивается производительность ПС благодаря регулярности перевозок и максимальной загрузке в обоих направлениях движения. В линейной системе самые благоприятные условия для работы водителям, так как они ежедневно уходят и возвращаются домой, тягач обслуживается на базе приписки. Обозначенные преимущества линейных перевозок по методу "тяговых плеч" можно обнаружить, проведя анализ функционирования конкретного линейного маршрута.

Международная линейная автомобильная перевозка по маршруту Западная Европа—Уральский регион

Для организации линейных автоперевозок по территории России создан маршрут, проходящий по международному транспортному коридору № 2, "Берлин—Варшава—Москва—Нижний Новгород". Длина транспортного коридора составляет 2198 км. По данному маршруту перевозится около 6 млн т груза, интенсивность потока превышает 300 тыс. автомобилей в год. Даже при такой интенсивности движения маршрут недогружен [4]. Маршрут имеет хорошо развитую транспортную инфраструктуру, проходит через территорию Германии, Польши, Белоруссии, с которыми Россия имеет огромный торговый оборот. Так, на долю Германии приходится 25 % импортного грузопотока из стран Европейского союза в Россию. В структуре импорта из Германии превалируют такие грузы, как машины и оборудование, бытовая техника, тарные промышленные товары конечного потребления, товары нефтехимического производства, лекарство, одежда и др. Польша в объемах грузоперевозок автотранспортом из ЕС в Россию имеет долю в 14 % (2,0 млн т), является крупным поставщиком продуктов питания [6, 7].

Панъевропейский коридор № 2 (МТК № 2) связывает западную Европу с Востоком. С целью дальнейшего развития данного маршрута Правительство России намерено продлить МТК № 2 до Екатеринбурга и соединения его с железнодорожной Транссибирской магистралью [8]. Рассмотрим пример линейного маршрута по данному коридору в направлении Западная Европа—Урал, точнее Берлин—Уфа. Линейный маршрут на участке Берлин—Минск проходит по магистрали Е30, далее участок Минск—Москва по федеральной дороге М1, участок Москва—Уфа будет проходить по магистрали М7. Дороги по всему маршруту относятся к I категории, интенсивность движения превышает 7 тыс. автомобилей в сутки.

Данный маршрут разделяется на участки, протяженность ($L_{уч}$) которых определяется временем оборота седельного тягача, не превышающего времени одной смены работы водителя на линии ($T_н$):

$$L_{уч} = 0{,}5T_н V_э, \qquad (1)$$

где $V_э$ — эксплуатационная скорость тягача, км/ч; $T_н$ — время работы водителя на линии, ч. Она равна сумме $T_н = T_{дв} + T_{пер}$. Здесь $T_{дв}$ — продолжительность управления АТС, ч; $T_{пер}$ — время на перецепку полуприцепа, ч.

В соответствии с международным соглашением о режиме труда и отдыха водителей (ЕСТР) продолжительность управления автомобилем не должна превышать 9 часов в сутки [9]. Эксплуатационная скорость подвижного состава на междугородних перевозках составляет $V_э$ = 60...70 км/ч, а продолжительность перецепки полуприцепа составляет $T_{пер}$ = 0,1...0,3 ч. С учетом этих факторов длина "тяговых плеч" должна составит $L_{уч}$ = 280...320 км. Тогда на линии протяженностью $L_{общ}$ необходимо разместить следующее количество КЛЦ:

$$N_{КЛЦ} = L_{общ}/L_{уч} + N_{гр}, \qquad (2)$$

где $N_{гр}$ — количество государственных границ, через которые проходит маршрут, ед.

Общая протяженность выбранного нами маршрута составляет $L_{общ}$ = 3100 км, из них 1773 км проходит по территории России, 538 км по территории Белоруссии, 680 км по территории Польши

и 109 км по территории Германии. Тогда число КЛЦ на маршруте $N_{КЛЦ} = 15$.

Организацию перевозок и контроль над грузопотоком на участках линейной системы осуществляет КЛЦ. Следовательно, от эффективности работы КЛЦ будет напрямую зависеть эффективность работы всей технологии. КЛЦ должен функционировать на принципах интегрального логистического оператора разных видов транспорта, позволяющего рационально организовывать перевозочный процесс в интересах клиентуры и перевозчиков. Для эффективной работы линии КЛЦ необходимо располагать в крупных транспортных узлах, через которые проходят большие грузопотоки. Между соседними КЛЦ должна быть развитая дорожная инфраструктура. Расположение транспортных узлов на федеральных трассах исключает лишние пробеги.

Характеристика выбранных в данной работе транспортных узлов представлена в табл. 1 [8]. На маршруте Берлин—Уфа выбрано 15 пунктов размещения КЛЦ. Из них два КЛЦ размещается на территории Германии, 2 — Польши, 2 — Белоруссии, 9 — России. Для снижения потерь времени в районе пограничных переходов г. Франкфурт-на-Одере (Германия), г. Брест (Республика Беларусь) планируется задействовать таможенных перевозчиков.

На рис. 3 показана схема участкового маршрута Берлин—Уфа. В КЛЦ, расположенных на маршруте и обозначенных четным номером, находятся узловые автотранспортные предприятия (УАТП). Тягачи данных центров осуществляют собственно перевозку грузов на участках маршрута. КЛЦ, обозначенные нечетными номерами, являются в данном случае грузовыми станциями, где происходит передача полуприцепа одним УАТП другому для дальнейшей перевозки. Также можно поменять данные пункты местами и организовать перевозку груза по другой схеме.

Движение между КЛЦ повторяется, соответственно, маршрут является маятниковым с груженым обратным ходом. Но в связи с неравномерностью производства продукции и ее потребления появляется неравномерность перевозок, оценивающаяся коэффициентом разности максимальной величиной грузопотока и средней величиной грузопотока.

Неравномерность перевозок несколько снижает эффективность эксплуатации подвижного состава и требует разработки и организации дополнительных мер по ее повышению. В связи с возникновением неравномерности перевозок появляется необходимость поиска дополнительных объемов, что приводит к использованию местных перевозчиков для подвоза грузов клиентов, расположенных в регионе. Коэффициент использования пробега подвижного состава на линии оптимален, так как обеспечивается груженая ездка в обоих направлениях.

С целью рациональной организации и составления графика перевозочного процесса, были проведены расчеты технико-эксплуатационных показателей и производственной программы работы подвижного состава на линии. Основные технико-эксплуатационных показатели рассчитываются на каждом "тяговом плече" маршрута (табл. 2).

На каждом участке линии седельные тягачи в течение года будут осуществлять одинаковое количество оборотов. При закреплении двух во-

Таблица 1

Характеристика населенных пунктов для размещения КЛЦ по маршруту Берлин—Уфа

Транспортный узел	Численность населения, тыс. чел.	Объем перевозок грузов автотранспортом в регионе, $\cdot 10^6$ т	Грузооборот автотранспорта в регионе, $\cdot 10^6$ т·км
1. Берлин	3479,7	275,1	27 548
2. Франкфурт-на-Одере	60,3	45,3	1908
3. Познань	552,7	78,5	3467
4. Варшава	1810,6	231,0	20 985
5. Брест	322,1	91,3	5678
6. Минск	1900,8	189,8	10 252
7. Красная Горка	0,1	7,8	1571
8. Вязьма	56,3	8,5	1771
9. Москва	11 978	207,3	18 271
10. Владимир	345,9	9,6	985
11. Нижний Новгород	1260,3	30,0	2531
12. Чебоксары	470,9	7,8	675
13. Казань	1161,3	89,1	5158
14. Набережные Челны	519	69,9	4087
15. Уфа	1086	50,9	2876

Таблица 2

Основные технико-эксплуатационные показатели по маршруту

Показатель	Формула	Участок линейного маршрута					
		Берлин—Франкфурт-на-Одере	Франкфурт-на-Одере—Познань	Познань—Варшава	Варшава—Брест	Брест—Минск	Минск—Красная Горка
1. Длина участка, км	$L_{уч}$	109	177	306	197	249	289
2. Ср. тех. скорость, км/ч	V_T	70					
3. Время движения, ч	$t_{дв} = L_{уч}/V_T$	1,56	2,53	4,37	2,81	3,56	4,13
4. Время на перецепку полуприцепа, ч	$t_{пер}$	0,5					
5. Буфер времени, ч	$t_{буф}$	1					
6. Время прохождения госграницы, ч	$t_{там}$	2	—	—	2	—	—
7. Обеденный перерыв, ч	$t_{обед}$	0,75					
8. Время на ТО и Р, ч	$t_{ТО}$	0,3					
9. Время оборота тягача на участке, ч	$t_О = 2t_{дв} + t_{ТО} + t_{обед} + t_{буф} + 3t_{пер} + t_{там}$	8,4	8,3	12	10,9	10,4	11,5
10. Количество рабочих дней	$Д_к$	365					
11. Коэффициент выпуска ПС на линию	$\alpha_в$	0,85					
12. Коэффициент использования времени	$k_0 = \frac{t_{дв}}{t_0}$	0,12	0,3	0,32	0,21	0,34	0,36
13. Среднесуточный пробег, км/сутки	$K_{СС} = \frac{n_0 2L_{уч}}{365}$	698	1133	1958	1261	1594	1850
14. Транспортная работа тягача за год, $\cdot 10^5$ т·км	$W = UL_{гр}$	43,3	70,3	122	78,2	98,9	115

Окончание табл. 2

Показатель	Участок линейного маршрута							
	Красная Горка—Вязьма	Вязьма—Москва	Москва—Владимир	Владимир—Нижний Новгород	Нижний Новгород—Чебоксары	Чебоксары—Казань	Казань—Набережные Челны	Набережные Челны—Уфа
1. Длина участка, км	195	220	211	245	232	170	230	270
2. Средняя техническая скорость, км/ч	60							
3. Время движения, ч	3,25	3,67	3,52	4,08	3,87	2,83	3,83	4,5
4. Время на перецепку полуприцепа, ч	0,5							
5. Запас времени, ч	1							
6. Продолжительность прохождения госграницы, ч	2	—	—	—	—	—	—	—
7. Обеденный перерыв, ч	0,75							
8. Время на ТО и Р АТС, ч	0,3							
9. Время оборота тягача на участке, ч	12	10,9	10,6	11,7	11,3	9,21	11,2	12
10. Количество рабочих календарных дней	365							
11. Коэффициент выпуска ПС на линию	0,85							
12. Коэффициент использования времени	0,24	0,27	0,26	0,30	0,29	0,21	0,28	0,38
13. Среднесуточный пробег, км/сутки	1248	1408	1350	1568	1485	1088	1472	1728
14. Транспортная работа тягача за год, $10^5 \cdot$ т$\cdot$км	77,4	87,4	83,8	97,3	92,1	67,5	91,4	107,2

дителей за каждым тягачом в течение суток тягач и будут совершать по два оборота:

$$n_{\text{о}} = 2\frac{24Д_{\text{к}}\alpha_{\text{в}}}{t_{\text{ТО}}}, \quad (3)$$

где $Д_{\text{к}}$ — количество рабочих календарных дней; $\alpha_{\text{в}}$ — коэффициент выпуска ПС на линию; $t_{\text{ТО}}$ — время оборота тягача на плече с максимальной протяженностью.

На планируемом маршруте при коэффициенте $\alpha_{\text{в}} = 0{,}8$ каждый тягач будет совершать 1168 кругорейсов в год. На каждом участке линейной системы используются однотипные полуприцепы грузоподъемностью до 25 т.

Организация круглосуточного движения груза на маршруте в значительной степени зависит от правильно составленного расписания движения седельных тягачей и организации работы КЛЦ, чья пропускная способность должна быть достаточной для бесперебойного обслуживания работающих на маршруте автомобилей.

На рис. 4 представлен график работы седельных тягачей при осуществлении доставки сборного груза в полуприцепе на линии Берлин—Уфа. График движения составлен с учетом движения автомобилей на других участках, т. е. по всему маршруту. На графике изображено продвижение одного полуприцепа из начального пункта в конечный с учетом согласования движения подвижных составов соседних участков. На основании этого графика можно составить полное расписание по маршруту, задав первоначально интервал времени между отправками груза из каждого КЛЦ. Из графика работы седельных тягачей (рис. 4) определяется время оборота одного полуприцепа, двигающегося из начального до конечного пункта линии.

На международных автомобильных перевозках на рейс может быть отправлен один или два водителя. При этом продолжительность движения автомобиля, время доставки груза будут отличаться. В табл. 3 представлен сравнительный анализ различных способов организации доставки груза на международном маршруте. Эти расчеты произведены для линейной системы при средней длине участка на маршруте $L_{\text{уч}} = 250$ км.

Таким образом, при организации линейных международных перевозок по методу тяговых плеч имеется реальная возможность сокращения сроков доставки грузов по данному маршруту N (рис. 5). При организации перевозки методом "тяговых плеч" годовая транспортная работа подвижного состава в 3 раза выше, чем при классической схеме перевозки груза двумя водителями.

Таблица 3

Сравнительная оценка показателей эффективности перевозок по маршруту Берлин—Уфа

Наименование показателя	Односменный режим	Двухсменный режим	Метод "тяговых плеч"
1. Среднее время доставки груза, ч	120	60	75
2. Время оборота тягача, ч	230	113	12
3. Время оборота полуприцепа, ч	230	113	150
4. Количество оборотов одного тягача, об/год	30	62	1168
5. Среднесуточный пробег одного тягача, км/сутки	510	1053	1600
6. Коэффициент использования календарного времени	0,42	0,82	0,4
7. Годовая производительность одного тягача, т	510	1054	19 856
8. Транспортная работа одного тягача за год, $\cdot 10^3$ т·км	1581	3267	9928
9. Макс. суммарное время простоя одного тягача за оборот, ч	132,25	19,7	8,75
10. Расход топлива одного тягача в год, л	76 260	115 320	175 200
11. Количество водителей для перевозки $Q_{\max}$, чел.	39	19	1 — на одном участке
			14 — по маршруту

По методу "тяговых плеч" на рассматриваемом маршруте груз доставляется потребителю в 2 раза быстрее, чем при классической организации перевозок. Причем, чем длина маршрута больше, тем линейная перевозка по методу тяговых плеч выгоднее классической схемы перевозок.

Еще одно преимущество линейной системы — возвращение водителя на базу в течение смены. Он живет дома, следовательно, отсутствуют командировочные расходы. Каждый рейс водитель совершает по одному и тому же маршруту, что положительно сказывается на безопасности дорожного движения. Организуя работу в две смены, можно существенно повысить объем перевозимого груза на линии, снизить простои подвижного состава в течение суток.

Рекомендации по организации перевозок методом тяговых плеч

Необходимое сочетание условий организации перевозок требует использования определенной модели подвижного состава, которая обеспечивает максимальную производительность и минимальную себестоимость перевозок. Многообразие марок парка подвижного состава АТП повышает эффективность транспортного процесса, одновременно приводит к усложнению и удорожанию содержания, технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей [10].

Основные требования к подвижному составу состоят в соответствии этого подвижного состава условиям перевозочного процесса, т. е. подвижной состав должен обеспечивать: а) сохранность перевозимых грузов; б) наиболее полное использование своей грузоподъемности; в) удобство выполнения погрузочно-разгрузочных операций. Кроме того, подвижной состав должен быть технически исправен и пригоден для выполнения конкретных перевозок грузов. Для осуществления перевозок по методу "тяговых плеч" целесообразно использовать однотипный подвижной состав на каждом плече.

Для организации грузоперевозок методом тяговых плеч рациональнее использовать тягачи с кабинами без спального места. Они удобны тем, что при маневре обзор сзади лучше, могут разворачиваться с полуприцепом на небольшой площадке или делать любой маневр на ограниченной площадке. Кроме того, у этих тягачей снаряженная масса меньше, следовательно, у них меньший расход топлива, чем у тягачей с кабиной со спальным местом. В настоящее время все крупные производители грузовых автомобилей в своем модельном ряду имеют тягачи с кабиной без спальника. По расчетам работы [11] для организации движения по линейной системе могут быть использованы седельные тягачи типа Renault Premium Vostok-3 с дневной кабиной.

Движение автопоездов при перевозках по системе тяговых плеч организуется по часовым графикам (рис. 6). Скорости движения должны снижаться в осенне-зимний период в связи с сокращением светлого времени суток и ухудшением метеорологических условий. После разработки графика для его уточнения проводится пробный рейс автопоезда с полной нагрузкой под наблюдением комиссии. Затем графики утверждают и составляют расписание движения по данной автомобильной дороге, в котором указывают дни и часы прибытия и отправки автопоездов для каждого пункта. Перевозки по системе тяговых плеч на международном маршруте осуществляются под таможенной пломбой.

В связи с возникновением неравномерности перевозок возникает необходимость поиска дополнительных объемов, что приводит к использованию дополнительного подвоза грузов из регионов. При территориальном подходе к построению структуры такой организации каждое из входящих в нее подразделений (КЛЦ) специализируется на производстве полного набора продукции и услуг для нужд данного региона. Это позволяет сэкономить средства за счет сосредоточения в одном месте коммерческих операций, лучше учитывать местные условия, поддерживать личные контакты.

Существует два варианта организации местных перевозок: подвоз грузов осуществляется собственными транспортными средствами КЛЦ; подвоз грузов осуществляется региональными перевозчиками на основе договора. При осуществлении первого варианта подвоза перед автотранспортным предприятием возникнет проблема, связанная с содержанием и обслуживанием дополнительных транспортных средств.

Наилучшего экономического эффекта можно достичь путем оптимизации планов и графиков продвижения грузопотоков на основе заблаговременного планирования (за 10—15 суток вперед) согласованного подвоза грузов региональными перевозчиками. Работая по данной схеме, линейное автотранспортное предприятие заключает договор с местными перевозчиками, в котором оговариваются условия предоставления последними транспортных услуг по завозу-вывозу из КЛЦ грузов.

В условиях нестабильности грузопотоков и жесткой конкуренции на рынке транспортных услуг си-

стема КЛЦ в транспортных узлах с возможностями проведения стратегического маркетинга позволит заблаговременно определять конфигурацию и структуру грузопотоков, что, в свою очередь, создаст возможность эффективного управления ими и использования подвоза грузов местными перевозчиками. За каждым КЛЦ должен закрепляться регион обслуживания. Это позволит снизить себестоимость перевозимых грузов и повысить качество транспортного обслуживания за счет доставки грузов точно в срок. При этом требуется разработка интеллектуальной системы управления КЛЦ с программным обеспечением, адаптированным к специфике и местным условиям работы других транспортных узлов.

Выводы

Линейная система перевозок по методу "тяговых плеч" в международных и междугородних маршрутах обеспечивает достижение индикативных показателей, поставленных в "Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года" по скорости доставки грузов автомобильным транспортом. Линейная система перевозок наиболее полно учитывает требования потребителей транспортных услуг, обеспечивает перевозчику конкурентные преимущества.

Одним из наиболее возможных маршрутов для реализации технологии линейных перевозок является МТК № 2, соединяющий Западную Европу с Уральским регионом. Выбор данного маршрута обусловливается наличием развитой дорожной инфраструктуры и большими объемами внешнеторговых грузов в данном направлении.

Организация работы автомобильной линии с применением метода "тяговых плеч" позволяет улучшить условия труда водителей и технического обеспечения работоспособности подвижного состава, что видно из сравнительного анализа составленных транспортно-технологические карт и графиков работы подвижного состава до и после применения системы линейных перевозок. При новой технологии перевозок среднесуточный пробег автомобиля возрастет в 3 раза и достигнет значения 1600 км в сутки, что приведет к сокращению сроков доставки груза в среднем в два раза.

Создание системы линейных магистральных автоперевозок будет способствовать решению основной задачи государства в сфере функционирования и развития транспорта путем создания условий для экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики и качества жизни населения через обеспечение доступа к безопасным и качественным транспортным услугам, превращения географических особенностей России в ее конкурентное преимущество.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Транспортная стратегия** Российской Федерации на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
2. **Крипак М. Н.** Оптимизация транспортного обслуживания грузовладельцев в пределах крупного города (городской агломерации) // Сборник тезисов Иркутского государственного технического университета. — Иркутск: ИГТУ, 2009. — С. 187—192.
3. **Елисеев С. Ю.** Разработка принципов технологического взаимодействия смежных видов транспорта в транспортных узлах на основе создания координационно-логистических центров // Логистика и управление цепями поставок. — М.: Эс-Си-Эм Консалтинг, 2009. — № 4. — С. 20—32.
4. **Фасхиев Х. А., Зарипова А. А., Яматина В. А.** Организация линейных перевозок на автомобильном транспорте в международном сообщении // Сборник статей. — Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. — № 4. — С. 124—129.
5. **Елисеев С. Ю.** Координационно-логистические центры транспортных узлов (КЛЦ ТУ): предпосылки создания, существующие трудности, функции и задачи, необходимая организационная и научная работа [Электронный ресурс]. — М.: Гребенников, 2009. — С. 57—62 // Электронная научная библиотека. — URL: http://grebennikon.ru/article-jdwb.html (25.04.2019).
6. **Новая ситуация** на логистическом рынке РФ: кто-то выиграл, кто-то проиграл. [Электронный ресурс] // Публикации компании Transeuropean Logistic Services Ltd., 2013. URL: http://www.telsgroup.ru/media_center/tels_in_the_press/1390.html (дата обращения 03.02.2019).
7. **Рынок автомобильных грузоперевозок** ЕС—РФ [Электронный ресурс] // Публикации компании Transeuropean Logistic Services Ltd. URL: http://www.telsgroup.ru/media_center/analytics_of_tels/1723.html (дата обращения 23.03.18).
8. **Троицкая Н. А.** Транспортные коридоры России для международного сообщения. — М.: АСМАП, 2000. — 176 с.
9. **Европейское соглашение**, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР) (Женева, 1 июля 1970 г.). — http://base.garant.ru/2560634/#block_6#ixzz4zLJykWeI (дата обращения 25.11.18).
10. **Фасхиев Х. А., Гарифов А. Г., Крахмалева А. В.** Оценка качества и конкурентоспособности комплектующих и запасных частей автомобилей // Вестник машиностроения. —2007. — № 7. — С. 65—79.
11. **Фасхиев Х. А., Зарипова А. А., Яматина В. А.** Выбор рационального подвижного состава для международных линейных автомобильных перевозок // Сборник статей. — Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. — № 4. — С. 130—133.

УДК 654.01

А. В. Терентьев, канд. техн. наук, доцент, e-mail: aleksej.terentev.67@bk.ru, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), **С. С. Евтюков,** канд. техн. наук, доцент, e-mail: ese-89@yandex.ru, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, **Е. А. Карелина,** канд. экон. наук, доцент, e-mail: opferpriesterin@mail.ru, Московский государственный технологический университет, **В. А. Терентьева,** аспирант, e-mail: terentevavalery@gmail.com, Санкт-Петербургский горный университет

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ — ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Для эффективного управления таким нестабильным объектом, как транспортный поток, необходимо применять системы управления, использующие сложные алгоритмы и принципы искусственного интеллекта. Значительное количество применяемых сегодня автоматизированных систем управления основаны на реляционном принципе, реализующем предметно-ориентированный подход к управлению в системе, когда средствами взаимодействия являются таблицы или хранимые процедуры. В этом случае управление осуществляется по накопленным статистическим данным, то есть закономерностям, носящим, как правило, стохастический характер. Явным преимуществом альтернативного — объектно-ориентированного подхода является то, что механизмы преобразования атрибутов позволяют строить производные объекты и структуры на основе базовых, тем самым создавая модель в более сложной предметной области с необходимыми свойствами, обеспечивая возможность постоянного анализа и внесения изменений при необходимости. Данный подход в совокупности с применением цифровых технологий позволяет проектировать и модернизировать транспортно-логистические системы как подсистемы интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: *система управления, объектно-ориентированных подход, транспортно-логистическая система, цифровые технологии, базы данных.*

For efficient control of such an unstable object as the traffic flow, it is necessary to apply control systems using complex algorithms and principles of artificial intelligence. A significant number of automated control systems used today are based on the relational principle, which implements a subject-oriented approach to management in the system, when the means of interaction are tables or stored procedures. In this case, the control is carried out according to the accumulated statistical data, that is, laws that are, as a rule, of a stochastic nature. The clear advantage of an alternative — object-oriented approach is that attribute conversion mechanisms allow to build derived objects and structures based on basic ones, thereby creating a model in a more complex subject area with the necessary properties, providing the possibility of continuous analysis and making changes if necessary. Together with the use of digital technologies this approach allows to design and modernize transport and logistics systems as subsystems of intelligent transport systems.

Keywords: *control system, object-oriented approach, transport and logistics system, digital technologies, databases.*

На современном этапе развития транспортно-логистические системы (ТЛС) формируются исходя из особенностей современных представлений об объекте управления. Под объектом управления понимается транспортный поток как совокупность движущихся транспортных средств с присущими ему специфическими показателями. В этом случае транспортный поток обладает следующими свойствами: нестационарность, стохастичность, устойчивость, инерционность, взаимосвязанность, недостаточная управляемость.

Данная трактовка объекта управления в ТЛС, доминирующая сегодня при проектировании и модернизации транспортных систем в крупных мегаполисах и глобальных транспортных инфраструктурах, все чаще не согласуется с рыночными экономическими механизмами, в которых каждый заинтересованный эксплантат транспортной системы (грузоперевозчики, владельцы транспортно-складских комплексов, муниципальные власти и т.д.) оптимизирует "собственную транспортную логистику и экономику", что приводит

к такой транспортной ситуации, когда потенциал ТЛС не удовлетворяет всех.

Альтернативой данному подходу является применение механизмов синхронной или комплексной оптимизации отдельных параметров составляющих транспортного потока: грузовых перевозок, пассажирских перевозок, а также элементов транспортной инфраструктуры (парковки, пересадочные узлы, грузовые терминалы и т. д.). Реализация данной альтернативы позволит:

— сократить общие пробеги грузового подвижного состава;

— эффективнее использовать мощности как улично-дорожной сети (УДС) мегаполисов, так и инфраструктуры ТЛС в целом;

— дифференцировать во времени и в пространстве (оптимально перераспределять) транспортные потоки грузов и пассажиров.

Для того чтобы эффективно управлять таким нестабильным объектом, как транспортный поток, транспортная наука постоянно искала все новые и новые подходы. Системы управления прошли путь от локального жесткого однопрограммного регулирования на отдельных участках ТЛС до автоматизированных систем управления транспортными потоками (АСУ ТП), использующих сложные алгоритмы и принципы искусственного интеллекта. Современным этапом развития АСУ ТП, работающих на принципе обратной связи с потоком, стали адаптивные системы, использующие различные алгоритмы самообучения, системы, имитирующие поведение живых организмов [1], и системы на основе нейросетевых технологий или искусственного интеллекта [2, 3].

Этапным явлением в развитии АСУ ТП стала разработка в 2006 г. документа: "Руководство по координированному управлению магистралями и УДС" (Coordinated Freeway And Arterial Operations Handbook) [4]. Данное руководство описывает вопросы координации работы систем управления на магистралях и прилегающей УДС. Оно, однако, не содержит описания вопросов технической стороны процесса координации, а сосредоточено на описание процесса планирования, возможностей координированного управления, применяемых стратегий и т. д. **Основной задачей принципов координирования, описанных в данном руководстве, является обеспечение надежности и предсказуемости движения транспорта в так называемых коридорах. Под коридорами здесь подразумевается участок магистрали и прилегающих городских улиц, на котором происходит перемещение транспортных средств через некоторую территорию.**

Планирование системы координированного управления коридором рекомендуется начинать с общесистемных проработок, т. е. с разработки регионального плана развития таких коридоров. После формирования регионального плана развития **коридоров с интегрированным управлением** для внедрения конкретного проекта предлагается следующая последовательность действий.

1. Изучение проблемы.
2. Анализ задействованных организаций.
3. Формирование целей, задач и критериев оценки проекта.
4. Разработка концепции работы коридора.
5. Формирование перечня возможных стратегий и сценариев управления.
6. Оценка и выбор стратегий и сценариев.
7. Разработка плана внедрения.
8. Рабочее проектирование.
9. Строительство (внедрение).
10. Эксплуатация и обслуживание.
11. Анализ работы и предложения по совершенствованию.

К настоящему времени процессы интеграции преобразования ТЛС в интеллектуальные транспортные системы (ИТС) в США продолжаются на системной основе, и проводится регулярная работа по отслеживанию лучших решений и обмену опытом между дорожными агентствами различных штатов [5]. Кроме того, наблюдается тенденция перехода к так называемому "активному управлению" (Active Traffic Management) [6, 7]. **Этот подход предполагает более интенсивное воздействие на поведение транспортных потоков на основе моделирования и предсказания изменения его параметров, что требует полной интеграции всех систем управления.**

Следует отметить, что успех внедрения координации управления разнородными системами зависит не только от интеграции технических аспектов ТЛС, но, возможно, в большей степени, от отношений между организациями, которые могут как способствовать, так и препятствовать решению поставленной задачи, а также ряда других препятствий [8]. Широкое развертывание инфраструктуры, интегрированной городской ТЛС, не может произойти без решения этих нетехнических вопросов. Транспортные чиновники на федеральном, региональном и местном уровнях должны понимать, что ориентация на интеграцию и развертывание ИТС требует не только решения технических вопросов, но также и институциональных инноваций, которые в некотором смысле являются более сложными.

Координирование управляющих воздействий считается атрибутом полноценного и завершенного процесса управления. Этот уровень наступает тогда, когда отдельные элементы системы начинают на основе поступающей информации вырабатывать управляющие воздействия в интересах всей системы в целом. Этап координирования управляющих воздействий требует максимальных усилий в преодолении организационных и технических барьеров, поскольку, как правило, требуется создание единой коммуникационной компьютерной сети. **На данном этапе каждый участник должен соотносить свои решения с общей концепцией управления. То есть понятие "объект управления" переносится с обобщенного (совокупного) транспортного потока к отдельному элементу управления (отдельный пассажир, отдельная партия груза, отдельное транспортное средство).**

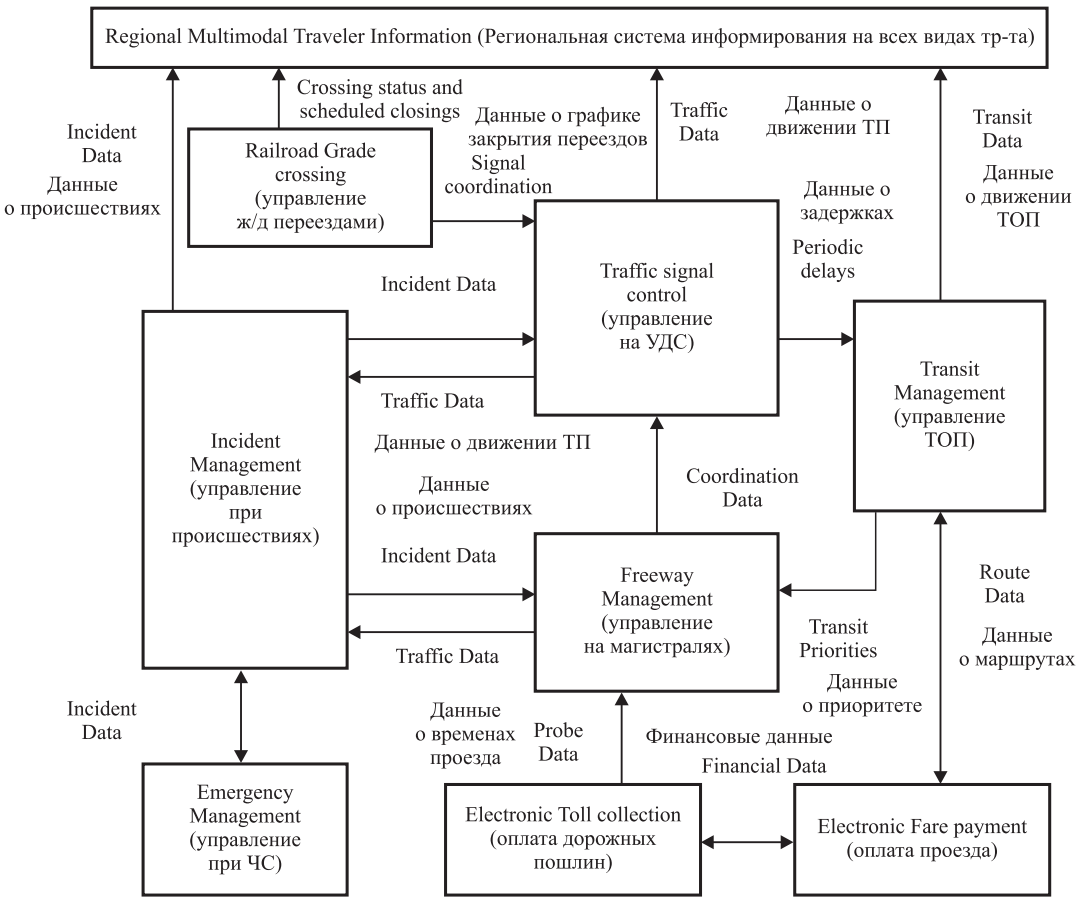
Сегодня интеграция компонентов ТЛС осуществляется путем передачи информации между отдельными транспортными средствами (ТС) и элементами ТЛС. В одном из исследований выделяется 32 связи между компонентами ИТС [9]. На рисунке представлена схема связей и передаваемых по ним данных между компонентами ТЛС.

Можно констатировать, что завершенный процесс управления в ИТС, отвечающий настоящему уровню развития научно-технического прогресса и производительных сил, требует следующих действий.

1. Создания единой коммуникационной и компьютерной сети управления информационными потоками.

2. Разработки и применения объектно-ориентированных моделей управления физическими объектами перемещения в транспортной сети, формирующих оптимальные траектории перемещения последних [10].

При общем рассмотрении вопросов взаимодействия объектов в некоторой сети, связанных друг с другом целым рядом разнообразных отношений (аналитических связей), необходимо разрабатывать алгоритмы, которые способны поддерживать отношения целостности между объектами.



Связи между компонентами ТЛС

Современные подходы к созданию и обеспечению надежности и безопасности информационных систем (ИС) приводят к тому, что все основные решения в области организации процессов обмена информации имеют клиент-серверную архитектуру. Такой подход позволяет ограничивать доступ к конфиденциальной информации, сосредоточив все функции непосредственного управления данными в едином центре. В качестве серверного программного обеспечения используются, как правило, различные системы управления базами данных (СУБД). Значительное количество применяемых СУБД основаны на реляционном принципе, реализующем предметно-ориентированный подход (ПОП) к управлению процедурами в системе, когда средствами взаимодействия являются таблицы или хранимые процедуры. В этом случае управление осуществляется некой совокупностью объектов через определение (по накопленным статистическим данным) закономерностей, носящих, как правило, стохастический характер.

Вот основные недостатки данной реляционной модели взаимодействия в сложных системах, основанной на предметно-ориентированном подходе.

1. Проектируемая система, как совокупность таблиц, очень нередко является сложной для анализа и понимания процессов.

2. Рост сложности системы приводит к невозможности полноценно или достоверно отслеживать все необходимые места и процедуры для реализации изменений, а сам процесс развития системы преобразуется в плохо управляемый или неуправляемый.

Основой формирования цифровой транспортной логистики как предмета управления в сложных ТЛС, является объектно-ориентированный подход (ООП). **При объектно-ориентированном подходе программа действий должна представлять собой описание не только объектов и их свойств в виде критериев, и отношений между ними в виде целеполагания, но и способов их взаимодействия (методов) в виде операций над объектами [11].** Явным преимуществом объектно-ориентированного подхода является концептуальная близость в любой предметной области к произвольной структуре и назначению системы. При этом механизмы преобразования атрибутов или методы должны позволять строить производные объекты и структуры на основе базовых, тем самым создавая модель в более сложной предметной области с необходимыми свойствами, обеспечивая возможность постоянного анализа и внесения изменений при необходимости. **В этом случае объекты и методы являются полиморфными, что делает разрабатываемое программное обеспечение более универсальным и гибким.** Несмотря на явные преимущества объектно-ориентированного подхода, до сих пор объектно-ориентированные системы управления не получили массового распространения. Вместе с тем получили широкое распространение гибридные объектно-реляционные СУБД, которые частично используют объектно-ориентированные принципы работы с данными, но при этом представление хранения данных выполняется при реализации реляционной модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **US Public Law 102-240**, Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991.
2. **Arterial Control** and Integration // WS DOT, 1990.
3. **History of Intelligent** Transportation Systems // U. S. department of transportation, report FHWA-JPO-16-329, 2016.
4. **Coordinated Freeway** And Arterial Operations Handbook // FHWA, 2006.
5. **Highway Traffic** Operations and Freeway Management: State-of-the-Practice // U. S. department of transportation, report FHWA-OP-03-076, 2013.
6. **Synthesis of Active** Traffic Management Experiences in Europe and the United States // FHWA, 2010.
7. **Active Traffic** Management for Arterials // National Cooperative Highway Research Program, 2013.
8. **Inter-jurisdictional** Coordination for Traffic Management in "Large City Technical Exchange And Assistance Program" // New York University, 2000.
9. **Building the ITI**: Putting the National Architecture into Action, Mitretek Systems, FHWA, April 1996.
10. **Демин В. А.** Методика достижения динамического баланса между величинами пропускных способностей транспортно-складских комплексов и грузопотоков в логистических системах / В. А. Демин, М. Ю. Карелина, А. В. Терентьев //Логистика. — 2018. — № 2 (135). — С. 32—36.
11. **Демин В. А.** Концепция аналитической модели управления в транспортно-логистической системе как подсистеме интеллектуальной транспортной системы // Вестник гражданских инженеров. — 2019. — № 1 (72). — С. 146—151.

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13.072:338
И. М. Рябов, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный технический университет, **З. К. Омарова,** доцент, **Ю. Г. Юсупов,** ассистент, Махачкалинский филиал ФГБОУ ВПО Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, **С. В. Данилов,** канд. техн. наук, доцент, Северо-Кавказская Государственная гуманитарно-технологическая академия, Карачаево-Черкесская республика, г. Черкесск
E-mail: rjabov1603@mail.ru

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ И АВТОМОБИЛЕЙ-ТАКСИ ПУТЕМ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ТОРМОЖЕНИЯ

В работе отмечается, что повышение эффективности в транспортной отрасли открывает возможности для коренных изменений в хозяйственной деятельности страны в целом. Особенностью эксплуатации автомобильного подвижного состава городского автомобильного транспорта (автобусов и автомобилей-такси) являются большие суточные пробеги в напряженных условиях городского движения, что приводит к значительным расходам топлива и большим выбросам вредных веществ. Это снижает как экономическую эффективность, так и экологическую безопасность. Рассмотрены процессы разгона и торможения автомобиля с системой рекуперации энергии торможения. Выявлено, что максимальный экономический эффект от модернизации городских автобусов и автомобилей-такси путем установки системы рекуперации энергии торможения с учетом повышения экологической безопасности перевозок составляет 84 % затрат на топливо, независимо от того, какой вид топлива используется.

Ключевые слова: *экономическая эффективность, модернизация автомобилей, система рекуперации энергии торможения.*

The article notes that an increase in efficiency in the transport industry provides opportunities for fundamental changes in the economic activity of a country as a whole. A peculiar feature of operation of urban road transport (buses and taxis) are high daily runs in tense urban traffic, which leads to significant fuel consumption and large emissions of harmful substances. This reduces both economic efficiency and environmental safety. The processes of acceleration and deceleration of a car with a regenerative brake system are considered in the article. It has been revealed that the maximum economic effect from modernization of city buses and taxis by installing a regenerative brake system, regardless of what type of fuel is used, amounts to 84 % of the cost of fuel, taking into account an increase in environmental safety of transportation.

Keywords: *economic efficiency, vehicle modernization, система рекуперации энергии торможения.*

Транспорт наряду с другими инфраструктурными отраслями является важным инструментом достижения социальных, экономических, внешнеполитических и других целей, обеспечивая повышение качества жизни людей. Повышение эффективности в транспортной отрасли открывает возможности для коренных изменений в хозяйственной деятельности страны в целом. Транспортная стратегия Российской Федерации направлена на технологический прорыв и инновационный путь развития транспортной отрасли.

Особенностью эксплуатации автомобильного подвижного состава (ПС) городского автомобильного транспорта (автобусов и автомобилей-такси) являются большие суточные пробеги в напряженных условиях городского движения, что приво-

дит к значительным расходам топлива и большим выбросам вредных веществ. Это снижает как экономическую эффективность, так и экологическую безопасность эксплуатации ПС. Известно, что ежегодный экологический ущерб от функционирования транспортного комплекса РФ составляет около 1,5 % валового национального продукта, что в 2 раз превышает объем рынка такси. Причем 63 % экологического ущерба связано с автотранспортом, который 80 % вредных веществ выбрасывает на территории населенных пунктов страны.

Процесс эксплуатации ПС состоит из большого числа замкнутых циклов, которые включают следующие чередующиеся этапы: разгон, движение с относительно постоянной скоростью, движение по инерции (накатом), торможение до остановки и простой с работающим двигателем. В этих условиях установка систем рекуперации энергии торможения (РЭТ) [1—12] является перспективным направлением модернизации ПС, а оценка экономической эффективности такой модернизации с учетом повышения экологической безопасности приобретает большой интерес и актуальность.

Рассмотрим особенности эксплуатации ПС и определим экономию топлива за счет применения на ПС системы РЭТ.

Распределение времени по режимам работы в цикле городского автобуса приведено на рис. 1.

Изменения скорости автомобиля при движении по городскому маршруту протяженностью 12 км приведено на рис. 2 [8].

Анализ рис. 1 показывает, что на холостом ходу двигатель автобуса работает 43 % полного времени цикла, поскольку в процессе торможения он работает на холостом ходу. Если разгонять автобус системой РЭТ с выключенным двигателем и включать его только в конце разгона, то можно добиться большой экономии топлива, поскольку при этом время работы двигателя будет меньше 50 % времени цикла. Кроме экономии топлива, это даст значительный экологический эффект.

Торможение автомобиля для снижения скорости не до нуля происходит значительно реже, чем торможение до полной остановки транспортного средства. Торможение часто начинается со скорости около 40 км/ч, среднее время между остановками составляет 75 с, а средняя скорость движения 32 км/ч. Интенсивность разгона и торможения, которая на рисунке определяется

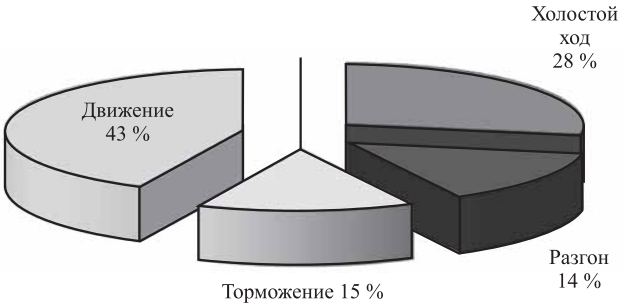


Рис. 1. Распределение времени по режимам работы в цикле городского автобуса

углом наклона соответствующих линий от вертикали, примерно одинаковая. Процесс движения автомобилей по городским дорогам состоит из большого числа повторяющихся циклов:

— разгон (23 % полного времени движения автомобиля);

— движение с относительно постоянной скоростью (36 % с учетом торможения для снижения скорости, которое составляет 7,0 %);

— торможение до остановки (23 %);

— простой с работающим двигателем до начала следующего цикла (18 %).

Двигатель автомобиля работает:

— 23 % полного времени движения автомобиля в режиме разгона;

— 48 % на холостом ходу (с учетом торможения для снижения скорости);

— 29 % движение с относительно постоянной скоростью.

При работе в таком режиме, например, автомобиль-такси совершит за время 12-часового наряда более 500 остановок и разгонов, а за год — до 200 000 таких циклов. Это приводит к снижению

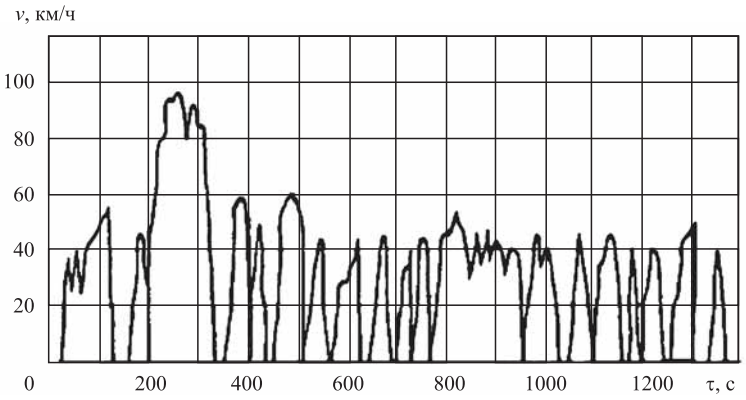


Рис. 2. Изменение скорости *v* легкового автомобиля за время τ движения по городскому маршруту протяженностью 12 км

энергоэффективности автомобилей и большому расходу топлива, поскольку:

— при разгоне двигатель автомобиля развивает большую мощность и расходует много топлива; он посредством трансмиссии и колес преобразует тепловую энергию топлива в кинетическую энергию автомобиля;

— при торможении происходит обратный процесс, при котором кинетическая энергия тормозящего автомобиля преобразуется в тепловую энергию, которая передается в атмосферный воздух и рассеивается.

В качестве показателя экономической эффективности модернизированного автомобиля авторами предлагается использовать коэффициент экономии топлива, определяемый по выражению

$$K_{эт} = (1 - Q_{пм}/Q_{дм})\cdot 100, \quad (1)$$

где $Q_{пм}$ — потребление топлива (в литрах) в городском цикле за время в наряде после модернизации автомобиля; $Q_{дм}$ — потребление топлива до модернизации.

Рассмотрим процесс разгона автомобиля.

Расход топлива за разгон (в кг) можно определить по выражению

$$Q_{пол} = A_{пол} g_{ср}/36\cdot 10^5, \quad (2)$$

где $A_{пол}$ — полная работа разгона с учетом кпд трансмиссии; $g_{ср}$ — средний удельный расход топлива.

Расчет показал, что расход топлива за один разгон легкового автомобиля массой 1400 кг до скорости 40,0 км/ч при $g_{ср} = 0{,}3$ составляет 0,011 кг топлива. Например, если автомобиль-такси совершает за время работы 500 разгонов и каждый раз разгоняется до 40 км/ч, то с учетом плотности топлива (0,75 кг/л) на разгоны он израсходует около 6,5 л. Если же автомобиль каждый раз будет разгоняться до 60 км/ч, то на разгоны за смену он израсходует около 18,0 л топлива.

Расход топлива на холостом ходу у прогретого двигателя легкового такси составляет 0,6...0,7 л/ч, холодный двигатель расходует около 1 л/ч. С учетом этого, а также затрат 2 ч на посадку пассажиров и обед за смену (12 ч) на холостую работу двигателя будет израсходовано около 7 л топлива.

Для расчета расхода топлива при движении автомобиля с относительно постоянной скоростью используем расход топлива в загородном цикле (см. рис. 2). Приняв техническую скорость 35 км/ч, получим, что автомобиль-такси проедет с этой скоростью за смену около 100 км и израсходует около 5 л топлива.

Далее рассмотрим процесс торможения автомобиля с системой РЭТ. Энергетический баланс процесса торможения автомобиля до полной остановки при штатном торможении с постоянным замедлением и качении всех заторможенных колес по ровной горизонтальной поверхности без системы РЭТ можно представить в следующем виде:

$$W_{TC} = \frac{\delta_{вр} m_a \vartheta_a^2}{2} = \Sigma A_i, \quad (3)$$

где W_{TC} — полная кинетическая энергия автомобиля, Н·м; $\delta_{вр}$ — коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс трансмиссии и колес автобуса (при отключенном двигателе); m_a — масса автомобиля, кг; ϑ_a — скорость автомобиля в момент начала торможения, м/с; ΣA_i — сумма работ различных сил сопротивления движению автомобиля при торможении.

$$\sum_1^{\iota} A_{\iota} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7. \quad (4)$$

Здесь A_1 — работа результирующей силы трения в тормозных механизмах автобуса между колодками и дисками или барабанами.

$$A_1 = F_{ср}\alpha_r(1 - \sigma)s_\tau, \quad (5)$$

где $F_{ср}$ — среднее значение результирующей силы трения между колодками и дисками или барабанами; α_r — коэффициент, равный отношению среднего радиуса действия силы трения к радиусу колеса; σ — коэффициент скольжения затормаживаемого колеса относительно поверхности дороги.

A_2 — работа силы сопротивления воздуха:

$$A_2 = P_{wср} s_\tau, \quad (6)$$

где $P_{wср}$ — средняя величина силы сопротивления воздуха на пути торможения; s_τ — длина тормозного пути.

A_3 — работа сил трения при скольжении затормаживаемых колес относительно дороги:

$$A_3 = m_a g f_{сц} \sigma s_\tau, \quad (7)$$

где g — ускорение силы тяжести; $f_{сц}$ — коэффициент сцепления протектора шины с дорогой; σ — коэффициент скольжения затормаживаемого колеса относительно поверхности дороги.

A_4 — работа сил трения в трансмиссии:

$$A_4 = P_{тр}(1 - \sigma)s_\tau, \quad (8)$$

где $P_{тр}$ — средняя сила трения трансмиссии, приведенная к радиусу колеса;

A_5 — работа сил трения между колесами и дорогой:

$$A_5 = m_a g f s_\tau. \quad (9)$$

В энергетическом балансе процесса торможения автомобиля до полной остановки при штатном торможении, снабженного системой РЭТ, необходимо учесть энергию, накапливаемую в аккумуляторе, потери в гидравлической машине (ГМ), а также потери на трение уплотнений плавающего поршня ПГА. Тогда полная кинетическая энергия автобуса:

$$W_{ТС} = W_a + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7. \quad (10)$$

Здесь W_a — энергия, накапливаемая в ПГА; A_6 — работа, связанная с потерями энергии в ГМ; A_7 — работа, связанная с потерями в уплотнениях плавающего поршня ПГА:

$$A_6 = \sum_1^5 A_i (1 - \eta_н), \quad (11)$$

где $\eta_н$ — кпд гидравлической машины (у шестеренчатой ГМ $\eta_н = 0{,}7$, у аксиальной ГМ $\eta_н = 0{,}9$):

$$A_7 = \sum_1^6 A_i (1 - \eta_A), \quad (12)$$

где η_A — кпд поршневого ПГА $\eta_A = 0{,}95$.

Из выражения (10) получим следующее уравнение для энергии, накапливаемой в ПГА системы РЭТ:

$$W_a = W_{ТС} - A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5 - A_6 - A_7. \quad (13)$$

Если торможение осуществляется только за счет системы РЭТ и тормозные механизмы не используются, то работа последних $A_1 = 0$.

Коэффициент эффективности системы РЭТ автомобиля по накоплению кинетической энергии автомобиля можно определить по выражению:

$$K_{эф.н} = W_a / W_{ТС} \cdot 100. \quad (14)$$

$K_{эф.н}$ показывает, сколько процентов от полной кинетической энергии автомобиля в момент начала торможения накапливается в ПГА системы РЭТ. Расчеты показали следующее:

— при использовании дешевой шестеренчатой ГМ $K_{эф.н} = 60$ %;

— при использовании аксиальной ГМ, кпд которой выше, $K_{эф.н} = 80$ %.

Коэффициент эффективности системы РЭТ автомобиля по возвращению накопленной в ПГА энергии, можно определить по выражению:

$$K_{эф.в} = K_{эф.н}\eta_н\eta_A. \quad (15)$$

$K_{эф.в}$ показывает, сколько процентов от полной кинетической энергии автомобиля в момент начала торможения может быть возвращено на преодоление внешних сопротивлений и увеличение кинетической энергии автомобиля при разгоне. Расчеты показали, что при использовании шестеренчатой гидравлической машины с кпд $\eta_н = 0{,}7$ $K_{эф.в} = 40{,}0$ %, а при использовании аксиальной ГМ ($\eta_н = 0{,}9$) $K_{эф.в} = 68{,}4$ %. При использовании предложенной авторами статьи системы РЭТ с шарико-винтовой передачей [4], имеющей кпд $\eta_н = 0{,}95$, $K_{эф.в} = 72{,}2$ %.

Таким образом установлено, что потенциально возможное повышение энергоэффективности городских автомобилей благодаря их модернизации установкой систем РЭТ заключается в снижении затрат энергии двигателя на разгон до 70 %. Тогда расчеты экономии топлива дают такие результаты:

1) у автомобилей, которые разгоняются в среднем до 40 км/ч, потенциально возможная экономия топлива $K_{эт} = 24{,}0$ %;

2) у автомобилей, разгоняющихся до скорости 60 км/ч, потенциально возможная экономия топлива $K_{эт} = 42{,}0$ %.

Если систему РЭТ дополнительно снабдить микроконтроллером, который будет прекращать подачу топлива в двигатель, когда он переходит на холостой ход, то:

1) у автомобилей, которые разгоняются в среднем до 40 км/ч, потенциально возможная экономия топлива $K_{эт} = 62{,}0$ %;

2) у автомобилей, разгоняющихся до скорости 60 км/ч, потенциально возможная экономия топлива $K_{эт} = 65{,}0$ %.

Проведем экономическую оценку повышения экологической безопасности АПС, эксплуатируемого в городах.

Исследованиями установлено, что величина экологического ущерба от выхлопных газов и реальные расходы, которые несут перевозчики, составляют примерно 40 % расходов на топливо.

Таким образом, максимальный экономический эффект от модернизации городских автобусов и автомобилей-такси путем установки системы рекуперации энергии торможения с учетом повышения экологической безопасности перевозок составляет 84 % затрат на топливо, независимо от того, какой вид топлива используется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Рябов И. М., Ковалев А. М., Чернышов К. В.** Системы рекуперации энергии торможения автомобиля на базе гидропневматического аккумулятора // Транспортные и транспортно-технологические системы: матер. Междунар. науч.-техн. конф. (20 апр. 2011 г.) / ГОУ ВПО "Тюменский гос. нефтегаз. ун-т". — Тюмень, 2011. — С. 232—236.
2. **Система рекуперации** энергии торможения автомобиля на базе шарико-винтовой передачи и гидропневмоаккумулятора / А. М. Ковалев, Ю. Г. Юсупов, И. М. Рябов, К. В. Чернышов // XVI Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области, Волгоград, 8—11 ноября 2011 г.: тез. докл. ВолгГТУ. — Волгоград, 2012. — С. 61—63.
3. **Системы рекуперации** энергии торможения автомобиля на базе гидропневматического аккумулятора / К. Д. Белоусов, С. Е. Мохов, И. М. Рябов, А. В. Куликов // Тезисы докладов смотра-конкурса научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского гос. технического университета, 14—17 мая 2013 г. / ВолгГТУ, Совет СНТО. — Волгоград, 2013. — С. 133—134.
4. **Рекуператор** Пат. на полезную модель 103516 РФ, МПК B 60 K 6/12, г. / Рябов И. М., Чернышов К. В., Ковалев А.М //ВолгГТУ. — 2011.
5. **Преимущества и недостатки** внедрения на городском пассажирском автомобильном транспорте систем рекуперации энергии торможения / И. М. Рябов, З. К. Омарова, Ш. М. Минатуллаев, Ю. Г. Юсупов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции. 14—15 ноября 2016 года, Воронеж. № 5. Ч. 4 (25-4). С. 132—136.
6. **Оценка повышения экологической безопасности** при использовании систем рекуперации энергии торможения на автомобильном пассажирском транспорте / Ширяев С. А., Рябов И. М., Юсупов Ю. Г., Омарова З. К. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Издательство: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова. Гулиа Н. В. Накопители энергии. М.: Наука. 1980. 151 с.
7. **Гулиа Н. В., Давыдов В. В., Бабин В. А., Лаврентьев А. И.** Механическая гибридная силовая установка как кардинальное решение экономических и экологических проблем коммерческого транспорта в мегаполисе // Наука и техника, 2007.
8. **Дмитриев Н. В.** Повышение производительности и топливной экономичности мобильных агрегатов путем использования рекуператора энергии: дис. ... кан. тех. наук. — Рязань, 1990. — 213 с.
9. **Мацкерле Ю.** Современный экономичный автомобиль / Пер. с чешск. В. Б. Иванова; под ред. А. Р. Бенедиктова. — М.: Машиностроение, 1987. — 320 с.
10. **Пчелин Л. К., Иларионов В. А.** Расчет показателей тормозной динамичности автомобиля. // Автомобильная промышленность. — 1976. — № 1. — С. 19—21.
11. **Аналитическое определение** весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств / Карелина М. Ю., Арифуллин И. В., Терентьев А. В. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2018. — № 1 (52). — С. 3—9.
12. **Выбор типа конструкции** и определение параметров и характеристик амортизатора с рекуперативным эффектом / Климов А. В., Карелина М. Ю. Труды НАМИ. — 2017. — № 3 (270). — С. 74—81.
13. **Разработка алгоритма** прогнозирования и мониторинга ресурса механических систем / Гриб В. В., Карелина М. Ю., Петрова И. М., Филимонов М. А. // Современные проблемы теории машин. — 2013. — № 1. — С. 77—79.
14. **Achten P. A. J.** The Hydrid Transmission // SAE Paper. — 2007. — N 2007-01-4152.
15. **Schechter M. M.** New Cycles for Automobile Engines // SAE Paper. — 1999. — N 1999-01-0623.
16. **Huang K. D., Tzeng S. C., Chang W. C.** Energy-Saving Hybrid Vehicle Using a Pneumatic-Power System // Applied Energy. — 2005. — Vol. 81. — N 1.
17. **Trajkovic S., Tunestel P., Johansson B. A** Simulation Study Quantifying the Effects of Drive Cycle Characteristics on the Performance of a Pneumatic Hybrid Bus // ASME Technical Paper: ICEF2010-35093. — 2010.

УДК 620.16
Т. Ю. Черепнина, доцент, e-mail: 2783974@gmail.com,
Н. А. Земцов, студент, e-mail: nikitazemtsov98@yandex.ru,
А. С. Фаустов, студент, e-mail: faustowalex@yandex.ru, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ АГРЕГАТОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРИКЦИОННЫХ ПАР

В данной статье проведен анализ причин нарушения работы трибосопряжений вследствие длительной эксплуатации (иссякание ресурса) или работы в экстремальных условиях. Проанализированы виды трибосоставов и механизмы их взаимодействия с поверхностями. Выявлены и обоснованы достоинства и недостатки различных трибосоставов. Приведена рекомендация по выбору наиболее эффективных триботехнических составов с учетом требуемого результата.

Ключевые слова: *трибосостав, виды трибосоставов, ресурс, долговечность, трибосопряжения, эффективность, срок службы.*

In this article the analysis of the reasons of violation of work of tribo-couplings, owing to long operation (resource exhaustion) or work in extreme conditions is carried out. The types of tribo-compositions and mechanisms of their interaction with surfaces are analyzed. The advantages and disadvantages of different tribo-compositions are revealed and substantiated. The recommendation on the choice of the most effective tribotechnical compositions taking into account the required result is given.

Keywords: *tribalistas, types of triboactive, resource, durability, units, efficiency, service life.*

При проектировании и производстве автотранспортных узлов и агрегатов задается определенный ресурс работы. Продолжительность безотказной работы узлов и агрегатов способствует повышению показателей эксплуатации автотранспортного средства. Поэтому решение задачи увеличения ресурса работы агрегатов является актуальной для транспортных средств длительного использования в условиях экстремальных нагрузок, воздействия внешних агрессивных факторов.

В настоящее время применяются различные методы для увеличения долговечности деталей машин: термические, физические, физико-химические, криогенные и другие. Сравнительный анализ физико-химических методов повышения износостойкости и выработка рекомендаций являются предметом настоящего исследования. Понятие "ресурс" вытекает из такого понятия, как "наработка".

Наработка — это продолжительность или объем работы, объекта. Наработка может быть как непрерывной величиной (продолжительность работы в часах, километраж пробега и т. п.), так и дискретной величиной (число рабочих циклов, запусков и т. п.). Ресурс: суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния [1].

Например, за признак наступления предельного состояния двигателя можно принять значительное снижение мощности, появление стуков, предельно высокий расход топлива, а также повышенный расход масла. То есть совокупность факторов приводит к необходимости ремонта агрегата.

Принципиальная разница триботехнических составов и присадок в том, что присадки формируют свойства моторного или трансмиссионного масла, а трибосоставы изменяют свойства поверхностей. Существуют технологии, результатом которых является эффект задерживания смазок поверхностью, например хонингование. Хон создан, чтобы задерживать масло у стенок цилиндров и тем самым препятствовать возникновению задиров и царапин. Со временем данное покрытие стирается, узел трения подвергается износу. Как правило, на современных автомобилях защитное покрытие стирается к пробегу 100...200 тыс. км. В этот период применение трибосоставов становится наиболее актуальным.

Основа детали при литье имеет правильную кристаллическую решетку, способную активно взаимодействовать с окружающей средой. В поверхностном слое металла эта структура искажается в ходе механической обработки, а в процессе эксплуатации деталь покрывается окислами металла, нагарами и т.п. Это оказывает влияние на взаимодействие металлической поверхности с маслом, определяя эффективность его работы. Трибосостав выравнивает поверхность детали, создавая пористый слой, который удерживает большое количество масляно-углеродных цепочек, сужает зазор между поверхностями трения, что приводит к уменьшению потерь на трение, снижению прорыва газов в картер. При этом трибосоставы не вступают в химическую реакцию с маслом, что позволяет сохранить его исходные свойства.

По свойствам и структуре основных активных компонентов, которые воздействуют на агрегат, различают следующие группы:

— реметаллизаторы поверхностей трения;

— тефлонсодержащие антифрикционные препараты;

— полимерные антифрикционные препараты;

— ремонтно-восстановительные составы;

— эпиламные (эпиламоподобные) и металлоорганические антифрикционные восстанавливающие составы;

— составы на основе фуллеренов антифрикционные и противоизносные [2].

Реметаллизаторы — составы, в которых в нейтральном носителе, полностью растворимом в масле, содержатся соединения или ионы мягких металлов. Эти соединения, попадая в зону трения, заполняют микронеровности и создают плакирующий слой, восстанавливающий поверхность [2].

Плакирование — нанесение на поверхность мягких металлов или их сплавов термомеханическим способом очень тонким слоем. При реметаллизации образуется тончайший металлический слой, который еще называют сервовитной пленкой, износостойкость и поверхностная твердость которого ниже параметров материала, из которого выполнена основная деталь. Таким образом, условием существования пленки является постоянное наличие реметаллизатора в масле.

Его отсутствие даже на небольшое время приводит к снятию плакирующего слоя с поверхности детали. Например, после обработки таким составом цилиндров ДВС, в случае отсутствия реметаллизатора в масле, поршневые кольца будут удалять плакирующий слой с поверхности цилиндров. Это имеет важное значение для пусковых режимов.

Несмотря на все достоинства данного трибосостава, необходимо отметить его недостатки. Одним из них является привыкание: любая попытка отказа от его дальнейшего применения приводит к серьезным последствиям, вплоть до капитального ремонта.

Тефлон (политетрафторэтилен) — качественный антифрикционный материал, который весьма стабилен по отношению к агрессивным средам. Для него характерны низкая теплопроводность и высокая пластичность, приводящая к высокой нестойкости материала. Тефлон реализует низкий коэффициент трения. Работает в диапазоне температур от −200 до +300 °С [3].

Как и для предыдущего состава, необходимо постоянное наличие основного активного компонента (тефлона) в масле. Надо отметить, что из-за низкой теплопроводности тефлон увеличивает рабочие температуры, возникающие при трении.

Полимерные антифрикционные препараты — препараты, в которых изношенную поверхность деталей плакируют полимеры (фторопласты, полиамиды и др.). Они воздействуют не на свойства масла, а на поверхность трения [2].

Действие ремонтно-восстановительных составов основано на свойствах используемого в них порошка серпентинита (змеевика). Попадая в узлы вместе с маслом, состав создает на поверхности твердый слой, снижая износ. Положительный эффект особенно наблюдается при использовании составов на изношенных агрегатах, практически выработавших свой ресурс или длительное время эксплуатировавшихся в экстремальных условиях.

Эпиламные и металлоорганические антифрикционные восстанавливающие составы создаются на основе эпиламов, веществ, основным поверхностно активным веществом в которых является фтор.

Механизм действия эпиламных антифрикционных составов основан на формировании эпиламных слоев. Эпиламирование представляет собой обработку поверхности фторсодержащими поверхностно активными веществами (ПАВ).

ПАВ являются вещества (синтетические или природные), обладающие ограниченной растворимостью в воде и способные адсорбироваться на поверхности раздела фаз, снижающих поверхностную энергию. Фтор-ПАВ обладают гораздо большей поверхностной активностью, чем углеводородные ПАВ [4].

В зоне трения под воздействием высоких контактных давлений и температур реализуется механизм локальных поверхностных реакций, при котором "съедаются" выступы шероховатостей. Продуктами реакции — соединениями металлов — заполняются впадины шероховатостей и дефекты поверхности, образовавшиеся в процессе эксплуатации силового агрегата [2].

Фторсодержащие ПАВ применяются в качестве антифрикционных и противоизносных добавок к смазочным материалам в процессе эксплуатации, например, универсального модификатора, имеющего дифильное строение ($C_3F_7O(C_3F_6O)_nCOOH$) [5]. Наноструктурирование поверхностей трибосопряжений, то есть формирование молекулярного слоя на поверхностях трибосопряжений за счет сил адсорбции, позволяет улучшить условия работы поверхностей, повысить эксплуатационные характеристики и срок службы [6]. Технология повышения износостойкости поверхностей трибосопряжений физико-химическим методом состоит во влиянии на физико-химические процессы на границе раздела фаз, используя силы хемосорбции [7]. Технологии модифицирования поверхностей пар трения перфторированными ПАВ модернизируются для получения требуемых показателей [8]. Необходимо учитывать влияние концентрации Фтор-ПАВ на качество защитной пленки [9].

Испытания показали, что чистота поверхности после формирования упрочненного слоя на 60—80 % выше, чем до обработки, при этом резко возрастают поверхностная твердость и износостойкость покрытия. Кроме того, формируется специальная микроячеистая "сотовая" структура, способствующая удержанию масла [2]. В отличие от реметаллизаторов, эпиламные составы не нуждаются в дальнейшем присутствии ПАВ в масле.

Составы на основе фуллеренов антифрикционные и противоизносные создают специальное покрытие. Это покрытие защищает трущиеся поверхности от непосредственного контакта, предотвращает массоперенос между трущимися контртелами и в то же время, будучи пространственной полимерной сеткой, удерживает в своих ячейках минеральное (синтетическое) масло, обеспечивая таким образом и малоизносный режим трения, и малый коэффициент трения [10].

При нарушении трибополимерного покрытия, например, под действием увеличившейся нагрузки возникает непосредственный контакт трущихся тел, процесс трибополимеризации усиливается и трибопленка восстанавливается [10].

Анализ результатов исследования, проведенного на трех двигателях с имитацией утечки масла, показал, что первый двигатель (без обработки) при ступенчатой нагруженности проработал 50 мин. Было произведено 5 этапов нагрузки по 10 мин каждый: 800 мин$^{-1}$; 1000 мин$^{-1}$; 1500 мин$^{-1}$; 2000 мин$^{-1}$; 2500 мин$^{-1}$. На пятом этапе двигатель заклинило: провернулся шатунный вкладыш.

Для обработки второго двигателея использовались смазывающие составы, что позволило увеличить режим нагрузки до 3500 мин$^{-1}$. Двигатель заклинило вследствие прорыва смазывающего слоя.

Для обработки третьего двигателя был использован трибосостав. Режим нагрузки достиг 4500 мин$^{-1}$, что не повлекло за собой отказов деталей двигателя.

Выбор трибосостава определяется условиями и режимами эксплуатации, необходимостью обеспечения эксплуатационных характеристик и ресурса.

Наиболее эффективными составами являются эпиламные и металлоорганические антифрикционные восстанавливающие составы. Эпиламные составы обеспечивают высокую чистоту упрочненного слоя, образуя наиболее гладкую поверхность по сравнению с другими известными трибосоставами, не требуют постоянного присутствия эпиламов в масле. Трибосоставы на основе эпиламов значительно снижают коэффициент трения и стабилизируют условия трения, предотвращая интенсивный износ.

Применение трибосоставов позволяет увеличить кпд механизмов, имеющих высокую степень изношенности, увеличить долговечность и эффективность эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **ГОСТ 27.002—2015** "Надежность в технике. Термины и определения".
2. **Владимир Заборщиков**, "Осторожно: присадки!" — URL: http://5koleso.ru/articles/garazh/ostorozhno-prisadki (дата обращения: 23.12.2018).
3. **Карелина М. Ю., Кравченко И. Н., Коломейченко А. В., Головин С. И., Жосан А. А., Ерофеев М. Н.** Электронные системы управления работой дизельных двигателей: учебное пособие. — М.: Издательский Дом "Инфра-М", 2017. — 160 с.
4. **Гайдар С. М., Волков А. А., Карелина М. Ю.** Адсорбция Фтор-ПАВ и ее влияние на смазку трибосопряжений в условиях граничного и гидродинамического трения // Труды ГОСНИТИ. — 105. — Т. 118. — С. 113—124.
5. **Карелина М. Ю., Гайдар С. М.** Исследование эффективности триботехнических препаратов на основе наноматерилов // Грузовик. — 2015. — № 4. — С. 17—29.
6. **Карелина М. Ю., Гайдар С. М., Пыдрин А. В.** Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей // Грузовик. — 2015. — № 2. — С. 29—37.
7. **Карелина М. Ю., Гайдар С. М.** Технология повышения износостойкости поверхностей трибосопряжений физико-химическим методом // Грузовик. — 2015. — № 3. — С. 12—16.
8. **Карелина М. Ю., Лагузин А. Б.** Оптимизация технологии модифицирования поверхностей пар трения перфторированными поверхностно-активными веществами // Грузовик. — 2018. — № 6. — С. 10—14.
9. **Карелина М. Ю., Дмитревский А. Л., Лагузин А. Б.** Влияние концентрации Фтор-ПАВ на качество защитной пленки // Грузовик. — 2018. — № 7. — С. 16—20.
10. **Триботехнические составы** или антифрикционные — URL: https://amarokforum.ru/index.php?threads/Триботехнические-составы-или-антифрикционные.306/ (дата обращения: 23.12.2018).
11. **Гайдар С. М., Карелина М. Ю., Петровская Е. А., Зиятдинов Э. А.** Повышение износостойкости узлов трения // Труды ГОСНИТИ. — 2016. — Т. 122. — С. 40—47.

УДК 67.05
Р. В. Мельников, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО "Норильский государственный индустриальный институт", Российская Федерация, г. Норильск
E-mail: roman452@rambler.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ГИДРОПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Рассмотрен вопрос совершенствования методов вибрационной диагностики гидроприводов строительных и дорожных машин. Предложен способ выделения гармонических составляющих из общего фона вибраций.

Ключевые слова: *вибрационная диагностика, гидропривод, строительные и дорожные машины, ЭО-5126, гармоника.*

The article is devoted to the issue of improving the methods of vibration diagnostics of hydraulic systems of construction and road machines. A method for separating harmonic components from the general background of vibrations is proposed.

Keywords: *vibration diagnostics, construction and road machines, hydraulic systems, hydraulic drives, harmonic components*

Совершенствование методов диагностирования позволяет сократить время на техническое обслуживание машин. С точки зрения снижения временных, трудовых и материальных затрат наиболее эффективными являются методы безразборной диагностики и методы неразрушающего контроля. Одним из активно развивающихся направлений в этой области в настоящее время является вибрационная диагностика.

Вибрационная диагностика позволяет оценивать техническое состояние машин и оборудования по параметрам их вибраций, к числу которых относятся вибросмещение, виброскорость и виброускорение. Большой вклад в оценку технического состояния некоторых видов механического оборудования вносят вибрационные методы, весьма эффективно применяемые на практике. В частности, диагностика подшипников качения и скольжения вибрационными методами на промышленных предприятиях дает хорошие результаты. Также достаточно эффективна диагностика колесно-редукторных блоков на железнодорожном транспорте [1]. Однако применение вибродиагностики во многих других областях в настоящее время имеет больше исследовательский характер. К числу таких областей относится, например, гидравлический привод строительных и дорожных машин (СДМ), хотя вибродиагностика гидропривода имеет некоторые практические наработки [3]. Поэтому актуальной является выработка новых подходов в области вибродиагностики гидропривода СДМ.

Вибрационные методы диагностирования являются перспективными еще и потому, что их реализация в большинстве случаев не требует проведения сборочно-разборочных работ, датчики вибраций могут быть легко установлены даже на машинах с большим сроком эксплуатации.

Высокую информативность при вибрационном диагностировании имеют спектрограммы виброускорений. Эти спектрограммы, полученные в разных контрольных точках, позволяют обнаруживать и выделять вибрации, порождаемые в различных узлах машины. В частности, исследования, проводимые в Норильском государственном индустриальном институте, позволили установить, что основная гармоника пульсаций давления, обусловленная неравномерностью подачи насоса (объемный насос всегда подает рабочую жидкость порциями), обнаруживает себя на всем протяжении напорной гидролинии некоторых видов строительных и дорожных машин. Спектрограммы позволяют выделять эту гармонику из общего фона вибраций.

На рис. 1 показана спектрограмма виброускорений стенок напорной гидролинии экскаватора ЭО-5126. При исследованиях использовался виброанализатор СД-12М с пьезоэлектрическим

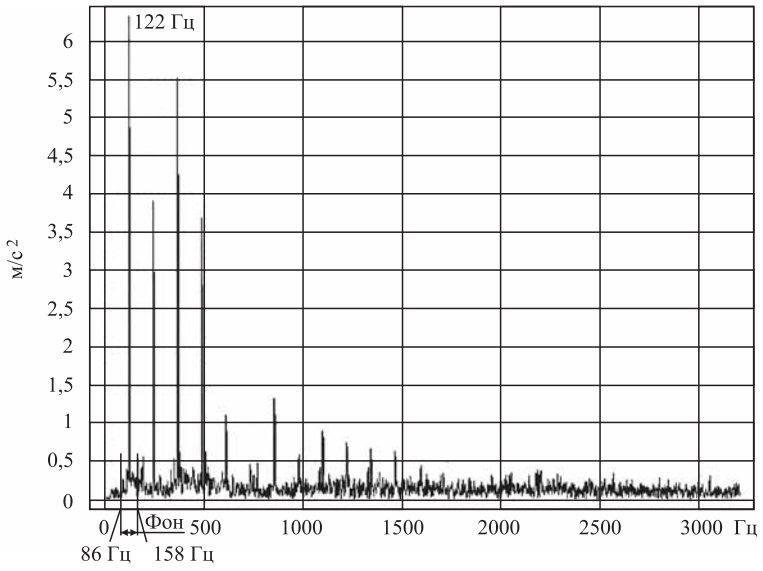


Рис. 1. Спектрограмма виброускорений стенки напорной гидролинии экскаватора ЭО-5126

датчиком АР-40. Обработка спектрограмм и определение амплитуд отдельных гармоник осуществлялись с помощью программного обеспечения Vibro 12, которое поставлялось вместе с виброанализатором. На данном экскаваторе установлен аксиально-поршневой насос. Насосы этого типа отличаются большими пульсациями подачи, а следовательно, и давления. Здесь хорошо видна основная гармоника пульсаций (частотой 122 Гц) и кратные ей высшие гармоники. Эта спектрограмма была получена в контрольной точке, находящейся на напорной гидролинии в 20 см от выходного штуцера насоса, и на ней гармоники имеют ярко выраженный характер, однако в достаточно удаленных от насоса точках, в силу затухания волн подачи, эти гармоники менее выражены. Более того, при отсутствии перекрытия подачи в ту или иную гидролинию и при отсутствии перетечек в эти гидролинии основная гармоника и кратные ей на спектрограммах себя не обнаруживают. В связи с этим была высказана идея, что наличие этой гармоники на спектрограммах в некоторых случаях может являться диагностическим признаком наличия нежелательных перетечек в гидросистемах машин [2]. В таком случае, гипотетически, чем меньше перетечка, тем менее выраженной является основная гармоника. Поэтому важным является вопрос о выделении исследуемой гармоники из общего фона вибраций. Как определить, является ли та или иная гармоника частью общего фона вибраций (этот фон носит непрерывный характер) или ее наличие обусловлено работой того или иного вида оборудования? Для решения этого вопроса предлагается метод, описанный ниже.

В окрестностях исследуемой гармоники на спектрограмме всегда присутствуют гармоники близких частот (вибрационный фон). Амплитуды этих гармоник на спектрограмме виброускорений в общем случае тем меньше, чем больше их частота. Однако если окрестность исследуемой гармоники расположена в небольшом диапазоне частот, то данной закономерностью можно пренебречь. Тогда амплитуды гармоник вибрационного фона имеют случайный характер, и для их исследования можно использовать различные законы распределения случайных величин. Если амплитуда исследуемой гармоники по одному из критериев оценки случайных величин не соответствует тому закону распределения, которому с достаточной степенью адекватности соответствуют амплитуды гармоники фона, то выносится заключение о том, что данная гармоника не принадлежит вибрационному фону, а обусловлена работой того или иного узла машины.

Для повышения адекватности и точности данной оценки целесообразно изменить параметры работы этого узла, тогда должны измениться параметры исследуемой гармоники. Например, если речь идет об основной гармонике пульсаций подачи и давления, порождаемых в гидросистеме экскаватора, то при изменении частоты вращения насоса должна изменяться и частота основной гармоники. При наличии такого одновременного изменения и, если критерии оценки случайных величин позволяют сделать вывод о том, что исследуемая гармоника не принадлежит к закону распределения гармоник фона, можно давать достаточно адекватные оценки технического состояния узлов машины. Например, таким образом можно диагностировать наличие перетечек в гидросистемах строительных и дорожных машин по наличию основной гармоники пульсаций давления в спектре вибраций стенок гидролиний.

Для приведенной на рис. 1 спектрограммы распределение амплитуд гармоник фона хорошо согласуется с нормальным законом распределения (рис. 2). Определение амплитуд гармоник производилось с помощью программы Vibro 12. Следовательно, для данной машины для выделения гармоники из общего фона вибраций может

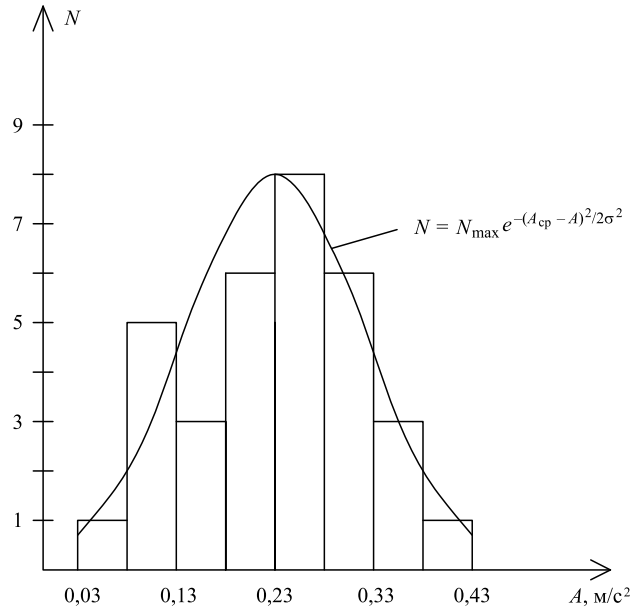


Рис. 2. Гистограмма распределения амплитуд гармоник фона в интервале частот 86—158 Гц для спектрограммы, представленной на рис. 1. Объем выборки $N = 33$; среднее арифметическое значение амплитуды $A_{ср} = 0{,}323$ м/с^2; $\sigma = 0{,}09$ (м/с^2)

Рис. 3. Один из возможных способов установки датчика вибраций на гидролинии бульдозера:

1 — пьезоэлектрический датчик АР-40; *2* — гидроцилиндр перекоса отвала; *3* — рукав высокого давления

быть использован один из критериев соответствия случайной величины нормальному закону распределения и данной выборке амплитуд гармоник фона.

Пример установки датчика вибраций показан на рис. 3.

Выводы

1. Основная гармоника пульсаций подачи и давления в гидросистемах строительных и дорожных машин хорошо обнаруживает себя при измерении вибраций стенок гидролиний.

2. Для выделения этой гармоники из общего фона вибраций рекомендуется применять статистические методы, предполагая, что амплитуды гармоник вибрационного фона являются случайными величинами.

3. Для повышения точности диагностирования рекомендуется изменять параметры работы узлов машины с одновременным отслеживанием изменения параметров исследуемых гармоник.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Барков А. В., Баркова Н. А., Федорищев В. В.** Вибрационная диагностика колесно-редукторных блоков на железнодорожном транспорте. СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2002, 103 с.
2. **Евстафьев А. К., Мельников Р. В.** Исследование вибраций в гидросистемах строительных и дорожных машин. XXX Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС — 2018): Сборник трудов конференции (Москва 20—23 ноября 2018). — М.: Изд-во ИМАШ РАН, 2019 с. 297—299. [Электронный ресурс]. URL: http://mikmus.ru/opendocs/Archive_materials/mikmus-2018.pdf (дата обращения 06.05.2019)
3. **Кох А. И., Гаспаров М. С., Петренко С. А.** Акустическая и вибрационная диагностика пневмо- и гидросистем: учеб. пособие. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. — 84 с.

ПРЕСС-ТУР
ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В Инженерном институте Казанского Федерального университета (КФУ) открыли Центр интеллектуальных транспортных систем, организованный компанией совместно с КФУ.

Руководителя компании ПАО "КАМАЗ" Сергея Когогина ознакомили с проектом "Образцовая фабрика 4.0". В частности, ему продемонстрировали мобильную платформу KUKA MP-400, оснащенную Роботом Kuka Iiwa-14, а также металлорежущий токарный станок Okuma LU-S1600. Кроме того, камазовским гостям показали действующий образец беспилотного автомобиля, бортовой сенсорики и бортового компьютера. Также Когогин посетил научно-исследовательскую лабораторию прототипирования, зону испытания технологий навигационных систем внутри помещений, отделы низкоуровневых и аппаратных разработок, высокоуровневых разработок.

В рамках двусторонней встречи состоялось подписание соглашения о сотрудничестве и создании на базе учебного заведения совместного Центра исследования и разработок интеллектуальных транспортных систем КАМАЗ-КФУ. Новое совместное подразделение университета и автогиганта будет заниматься интеллектуальными транспортными средствами и концепцией их применения. Подписанное соглашение предполагает совместную разработку и внедрение уникальной системы автопилота для серийных грузовиков.

Один из пунктов совместных планов — групповой проект по разработке инфраструктуры и технологий применения беспилотных грузовых автомобилей с возможностями эксплуатации на магистралях и дорогах общего пользования. На площадке Центра исследований и разработок интеллектуальных транспортных систем КАМАЗ-КФУ будут решаться задачи стратегического значения.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

"ГАЛИЧАНИН" НА ШАССИ КАМАЗ

Серия автокранов на шасси КАМАЗ стала лауреатом конкурса "100 лучших товаров России—2018".

По итогам конкурса "100 лучших товаров России" автомобильные краны партнера "КАМАЗа" — "Галичского кранового завода" завоевали дипломы лауреатов. Автокраны КС-55713-1В-4 на шасси КАМАЗ-65115 и КС-55713-5В-4 на шасси КАМАЗ-43118 стали лучшими в номинации "Продукция производственно-технического назначения". По словам специалистов "Торгово-финансовой компании "КАМАЗ", техника выдержала высокую конкуренцию в сложной борьбе.

Эти модели грузоподъемностью 25 т с длиной стрелы 31 м соответствуют всем установленным стандартам, имеют нормативную нагрузку и отличную проходимость, что делает их лучшими в своем классе. Логотип "100 лучших товаров России", которым теперь располагает эта продукция, подтверждает не только высокое качество, но и функциональность, надежность, безопасность представленной серии автокранов "ГАЛИЧАНИН" на шасси КАМАЗ.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ЛИНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЛЮМИНИЕВЫХ БАКОВ

На прессово-рамном заводе КАМАЗа готовятся к запуску линии по производству алюминиевых и стальных топливных баков, что станет очередным шагом компании в реализации стратегии импортозамещения.

Приказ об открытии проекта "Локализация алюминиевого топливного бака" был подписан в декабре 2017 г. Спустя год, в октябре 2018 г., новая линия была успешно протестирована на площадях компании KUKA, стратегического партнера КАМАЗа в сфере роботизации производства. Осенью в цехе шасси прессово-рамного завода появился новый участок, где установлены четыре робота: два сварочных и два транспортировочных. В обслуживании роботов будет задействовано шесть человек. В январе 2019 г. произведен пуск линии. Начата промышленная эксплуатация и сварка первой партии новой продукции, которая станет альтернативой импортным топливным бакам.

В ходе предварительной приемки линии было изготовлено 36 алюминиевых топливных баков различной емкости для проведения испытаний в Научно-техническом центре КАМАЗа и установки на первые автомобили семейства К5.

Новая линия проектировалась с учетом мировых требований и стандартов к безопасному и эффективному производству. В рамках проекта планируется производство баков емкостью от 260 до 900 литров. Собственная линия производства алюминиевых топливных баков позволит в режиме реального времени отслеживать качество изготовления баков как важнейшего компонента автомобилей КАМАЗ, а также совершенствовать их конструкцию в ответ на растущие запросы рынка и потребителя.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ЮБИЛЕЙНЫЙ САМОСВАЛ

Один из крупнейших европейских производителей кузовных надстроек в Европе — копания KH-KIPPER — изготовила и направила в Россию карьерный кузов типа W1MV на шасси Scania G440 B8×4HZ. Этот карьерный самосвал стал 15-тысячным с момента основания предприятия в 1998 г.

Scania входит в число ведущих поставщиков шасси для компании KH-KIPPER, крупнейшего польского производителя самосвальных кузовов на грузовых шасси полной массой свыше 12 т. Сотрудничеству партнеров уже более 20 лет. На шасси Scania выпускаются самосвалы KH-KIPPER с колесной формулой 6 × 6 и тяжелые самосвалы для перевозки скальных и вскрышных пород с колесной формулой 8 × 4.

Кузов W1MV для скальных и вскрышных работ с повышенным запасом прочности имеет объем 25 м^3 и ставится только на шасси Scania. Основным преимуществом самосвала Scania G440 B8×4HZ с кузовом KH-Kipper является возможность перевозить любой тип сыпучего груза плотностью до 3,0 г/см^3. Применение износостойкого металла Hardox в комбинации с хорошо продуманной конструкцией кузова дает возможность эксплуатировать самосвал в карьерах с самыми сложными условиями эксплуатации, в частности в условиях Крайнего Севера. При этом автомобиль способен одинаково эффективно работать как при низких минусовых температурах, так и в жару. Ходовые качества техники позволяют добиться высокой производительности в условиях повышенной влажности и плохой видимости.

Юбилейный 15-тысячный самосвал с кузовом W1MV на шасси Scania был отгружен официальным дилером Scania, компанией "Север-Скан АВТО" горно-обогатительному комбинату на Урале. В парке предприятия это уже пятый самосвал марки Scania, третий из модельного ряда Scania G440 B8×4HZ серии NTG для тяжелых горных работ повышенной грузоподъемности.

Отдел маркетинга ООО "Скания-Русь"

Художественный редактор *Д. С. Рыбакова*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *З. В. Наумова*
Сдано в набор 16.05.2019. Подписано в печать 05.07.2019. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**