

Учредитель ООО "Научно-техническое издательство
"Инновационное машиностроение"

Главный редактор **И. Ф. ГУМЕРОВ**, канд. техн. наук,
заместитель генерального директора ПАО "КАМАЗ" —
директор по развитию

Заместитель главного редактора **А. С. САВЧЕНКО**

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.
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 "Издательство
"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; gruzovik.mashin@gmail.com,
<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", 2020

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** *Грачев П. Ю., Козловский В. Н., Стрижакова Е. В.* Разработка конструкции стартер-генераторной установки для отечественных автомобилей

Исследования. Расчет

- 8** *Велизаде Э. С.* Минимизация теплового состояния фрикционной накладке тормозного механизма грузового автомобиля
- 14** *Фот А. П., Рассоха В. И.* О возможности использования редукторов типа Ц2У в грузовых лебедках автокранов

Эксплуатация. Ремонт

- 18** *Гребенников С. А., Гребенников А. С.* Изменение показателей эксплуатационных затрат и ресурса автомобилей в последовательных межремонтных периодах
- 25** *Макарова И. В., Габсалихова Л. М., Фатихова Л. Э., Цыбунов Э. Н., Беляев Э. М.* Проблемы организации обслуживания подключаемых транспортных средств

Транспортный комплекс

- 30** *Интизаров С. К., Лазарев В. А.* Совершенствование порядка выдачи специального разрешения на перевозку тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов

Безопасность

- 34** *Бакланова К. В., Воеводин Е. С., Фомин Е. В., Поляков А. С., Голуб Н. В.* Повышение точности расследования дорожно-транспортных происшествий путем применения современных методов их фиксации

Городской пассажирский наземный транспорт

- 42** *Тушко И. С.* Защита подвижного состава предприятий автомобильного транспорта
- 46** *Савченко А. С., Калинин М. С.* Пассажирский транспорт после кризиса



SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL MAGAZINE

Founder JSC Scientific and Technical Publishing House
"Innovative Engineering"

Editor-in-Chief I. F. GUMEROV, cand. tehn. s.,
deputy general director JSC "KAMAZ" —
director of development

Deputy Editor-in-Chief A. S. SAVCHENKO

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.

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. 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; gruzovik.mashin@gmail.com;

<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", 2020



CONTENTS:

Design

- 3 Grachev P. Yu., Kozlovsky V. N., Strizhakova E. V.
Design development starter-generator set for
domestic cars

Research. Calculation

- 8 Velizade E. S. Minimization of heat state
for friction lining of truck brake mechanism
- 14 Fot A. P., Rassokha V. I. About the possibility of
using reducers of type Ts2U in car loads of cranes

Operation. Repair

- 18 Grebennikov S. A., Grebennikov A. S. Change
in indicators of operating costs and vehicle life
in successive overhaul periods
- 25 Makarova I. V., Habsalikhova L. M., Fatikhova L. E.,
Tsybunov E. N., Belyaev E. M. Problems of
organizing maintenance of connected vehicles

Transport complex

- 30 Intizarov S. K., Lazarev V. A. Improving the
procedure for issuing a special permit for the
transportation of heavy and (or) bulky goods

Security

- 34 Baklanova K. V., Voevodin E. S., Fomin E. V.,
Polyakov A. S., Golub N. V. Improving the
accuracy of investigation of traffic accidents
through the use of modern methods of their
fixation

City passenger land transport

- 42 Tushko I. S. Protection of rolling stock
of automobile transport enterprises
- 46 Savchenko A. S., Kalinin M. S. Passenger
transport after the crisis

КОНСТРУКЦИЯ

УДК 621.313

П. Ю. Грачев, д-р техн. наук, доцент, **В. Н. Козловский**, д-р техн. наук, профессор,
Е. В. Стрижакова, канд. техн. наук, доцент, Самарский государственный технический
университет (СамГТУ), г. Самара
E-mail: pgrachov@mail.ru

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье рассмотрен один из возможных вариантов конструкции стартер-генераторной установки, которую можно разместить в современном автомобиле, не меняя существенно компоновку оборудования, установленного под капотом. Отличие предложенной установки в специальной конструкции электрической машины, выполняющей функции стартера и генератора. Новая конструкция обмотки статора электрической машины позволяет объединить силовую электронику вентильной системы управления установкой с лобовыми частями обмотки статора машины и снизить материалоемкость стартер-генераторной установки.

Ключевые слова: стартер-генератор, гибридный автомобиль, электрическая машина, силовая электроника.

The article considers one of the possible design options for the starter-generator set, which can be placed in a modern car, without significantly changing the layout of the equipment installed under the hood. The difference of the proposed installation in the special design of the electric machine, which serves as a starter and generator. The new design of the stator winding of the electric machine allows you to combine the power electronics of the valve control system of the installation with the frontal parts of the stator winding of the machine and reduce the material consumption of the starter-generator set.

Keywords: starter-generator, hybrid car, electric car, power electronics.

Активное развитие новых направлений в проектировании автотранспортных средств и прежде всего электромобилей (ЭМБ), гибридных автомобилей и автомобилей со стартер-генераторными установками (СГУ) определяется рядом факторов, связанных с ужесточением экологических норм, повышением уровня комфорта и безопасности автомобилей, а также их экономичности. Действительно, за последние десятилетия произошел существенный скачок в развитии мирового автомобилестроения. У традиционных конструкций автомобилей определилась альтернатива. В первую очередь, благодаря достижениям в электротехнике, электромеханике и электронике, появилась возможность для создания автомобиля серийного производства, имеющего в своем составе электропривод колес, мощный генератор и накопитель энергии, а также целый комплекс электронных систем управления, обеспечивающий эффективность процесса эксплуатации. У подобных разработок высокий инновационный потенциал в области автомобилестроения,

а также все возрастающая возможность выиграть в конкурентной борьбе между автомобилями традиционных конструкций и ЭМБ и автомобилями с СГУ.

Ведущие зарубежные автомобильные фирмы давно уже ведут интенсивные работы по созданию автомобилей с комбинированными энергетическими установками (КЭУ). В частности, Toyota, Honda и Nissan уже много лет серийно выпускают подобные автомобили [1]. При этом гибридный Toyota Prius, выпускающийся с 1997 г. и представленный уже четвертым поколением, стоит практически столько же, что и аналогичный автомобиль с ДВС.

Поэтому недостаточно высокий уровень развития соответствующего научно-технического направления в России, а также фактическое отсутствие современных аналитических комплексов и инструментов, отвечающих вызовам количественно-качественного роста электротехнологий на транспорте [3], определяют актуальность представленной работы, направленной на совершенствование отечественных СГУ.

Конечно, ключевой проблемой разработки и производства гибридных и электромобилей является создание малогабаритных энергоемких накопителей энергии. В настоящее время эта проблема успешно решается. Однако вопрос массового внедрения электромобилей остается в ближайшем будущем открытым, в отличие от автомобилей с СГУ, где имеется возможность подключения традиционного двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

В общем случае СГУ состоит из источников электрической энергии (импульсного конденсатора энергоемкого ИКЭ и аккумуляторной батареи), электрической машины и блока управления электрической машиной и режимами работы бортовой сети автомобиля.

На рис. 1 показана схема силовой части СГУ в виде функциональных блоков. Асинхронная машина (АМ), обмотка статора которой образует "звезду", соединена с коленчатым валом ДВС и муфтой сцепления коробки передач автомобиля. Выводы обмотки статора этой машины подключены к транзисторному преобразователю регулируемой частоты — вентильному преобразователю ВП, выполненному по схеме автономного инвертора напряжения с емкостным фильтром. Этот транзисторный преобразователь предназначен для частотного запуска ДВС в стартерном режиме. Он осуществляет преобразование переменного тока в постоянный и частотного регулирования уровня напряжения постоянного тока на выходе в генераторном режиме и режиме рекуперации. Он также является источником реактивной мощности для АМ в стартерном и генераторном режиме.

Вентильный преобразователь соединен с шинами бортовой сети автомобиля 42 В и с шинами бортовой сети автомобиля 12 В, причем с шинами бортовой сети автомобиля 12 В через широтно-импульсный преобразователь (ШИП1) переменного тока в постоянный. Он выполнен на транзисторах, индуктивном дросселе и диодах.

В преобразователе также имеется фильтр высокой частоты. ШИП1 предназначен для повышения напряжения при заряде емкостного накопителя ИКЭ от аккумуляторной батареи G1 и регулирования тока заряда АБ — G1 при работе КЭУ в генераторном режиме.

Зарядное устройство (ЗУ) предназначено для регулирования тока заряда емкостного накопителя ИКЭ при работе КЭУ в генераторном режиме. Время заряда накопителя энергии определяется мощностью источника и зарядного устройства, а также количеством запасаемой накопителем энергии. Накопитель энергии служит для подачи энергии на АМ. Масса и габариты накопителя энергии определяются необходимым количеством энергии для прокрутки двигателя и рабочим напряжением стартера.

Широтно-импульсный преобразователь ШИП2 предназначен для стабилизации напряжения бортовой сети 42 В (БС 42 В).

Гибридная (комбинированная) силовая установка обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с традиционным автомобилем [3, 4]. Повышаются динамические характеристики автомобиля. В момент разгона в подъемах может быть использована запасенная в ИКЭ энергия, позволяющая поднять мощность автомобиля на 30—50 %. За счет рационального использования мощности ДВС и ИКЭ автомобиль может комплектоваться менее мощным двигателем. Кинетическая энергия автомобиля преобразуется в электрическую, заряжаются ИКЭ и АБ, ДВС может отключиться. Повышается топливная экономичность автомобиля на 10—30 %. Это достигается, во-первых, за счет настройки двигателя на экономичный режим работы, во-вторых, за счет отключения двигателя при рекуперативном торможении и движении накатом. Причем эти факторы положительно влияют и на повышение ресурса двигателя. Повышается экологичность автомобиля. Это достигается за счет отключения двигателя при трогании автомобиля и на холостом ходу, и за счет снижения расхода топлива. Поэтому автомобиль с СГУ, как правило, на одну ступень экологичнее автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

В предлагаемой разработке в качестве электрической машины СГУ выбрана машина переменного тока, устанавливаемая на место маховика. Основное отличие этой машины от серийных машин в выполнении электромагнитного ядра статора, которое обеспечивает компактность лобовых частей обмотки статора [5, 6]. Особенности

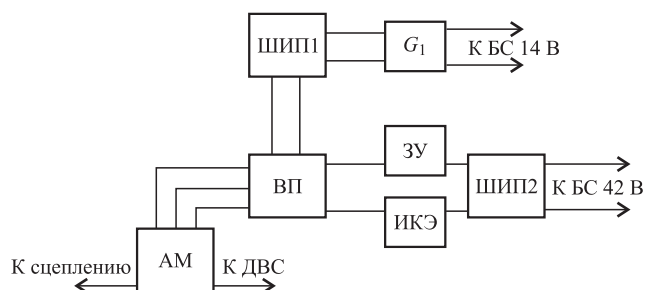


Рис. 1. Функциональная схема силовой части СГУ

КОНСТРУКЦИЯ

конструкции электромагнитного ядра статора с новой обмоткой поясним по рис. 2, 3.

На рис. 2 показан пример расположения лобовых частей первого (с выводами) торца электромагнитного ядра статора предложенной электрической машины СГУ.

На рис. 3 показан вид сверху второго торца электромагнитного ядра статора машины СГУ и схема обмотки. Пунктиром на схеме — проводники верхнего слоя обмотки.

Конструкция электромагнитного ядра статора рассматривается на простейшем примере четырехполюсной машины. Для уменьшения вылета лобовых частей обмотки выполняется волновой с уменьшенным сечением перемычек, соединяющих активные и лобовые проводники [5].

Рассматривается пример машины с трехфазной двухслойной сосредоточенной волновой обмоткой, когда число пазов на полюс и фазу равно единице ($q = 1$). На рис. 2, 3 сделаны следующие обозначения: 1 — электромагнитное ядро статора, 2 — сердечник, 3 — пазы сердечника, 4 — активные проводники обмотки статора. Также обозначены: 5 — лобовые части торца статора с выводами обмотки; 6, 7 — места расположения управляемых вентильных элементов; 8 — проводники, соединяющие витковые группы; 9 — лобовые перемычки, соединяющие основные лобовые и активные проводники; 10 — части пазов, над которыми расположены основные лобовые про-

водники; 11 — лобовая часть торца без выводов обмотки.

На рис. 2, а видны лобовые части торца с выводами обмотки, состоящие из непересекающихся основных лобовых проводников 5 и лобовых перемычек 9. В каждом слое каждого паза находятся по три активных проводника 4 с прямоугольным поперечным сечением. Выводы обмотки статора имеют стандартные обозначения и соединены с управляемыми вентильными элементами 6 и 7. Пазы сердечника пронумерованы по окружности внутренней расточки статора. Изображения лобовых проводников отдельных фаз отличаются оттенками серого цвета.

На рис. 2, а над торцом сердечника статора расположены управляемые вентильные элементы 6 и 7, относящиеся к вентильному преобразователю ВП (см. рис. 1). Управляемые вентильные элементы 6 находятся вблизи выводов начал фаз обмотки и соединены с этими выводами. Управляемые вентильные элементы 7, расположенные вблизи выводов концов фаз обмотки, соединены выводами концов фаз. Эти управляемые вентильные элементы выполнены в виде полумостов с транзисторами и обратными диодами [7]. Эти элементы формируют волны фазных токов обмотки статора и изменяют частоту этих токов при частотном запуске ДВС, а также выполняют функции источника реактивной мощности и выпрямителя при работе СГУ в генераторном режиме. Фазы обмотки

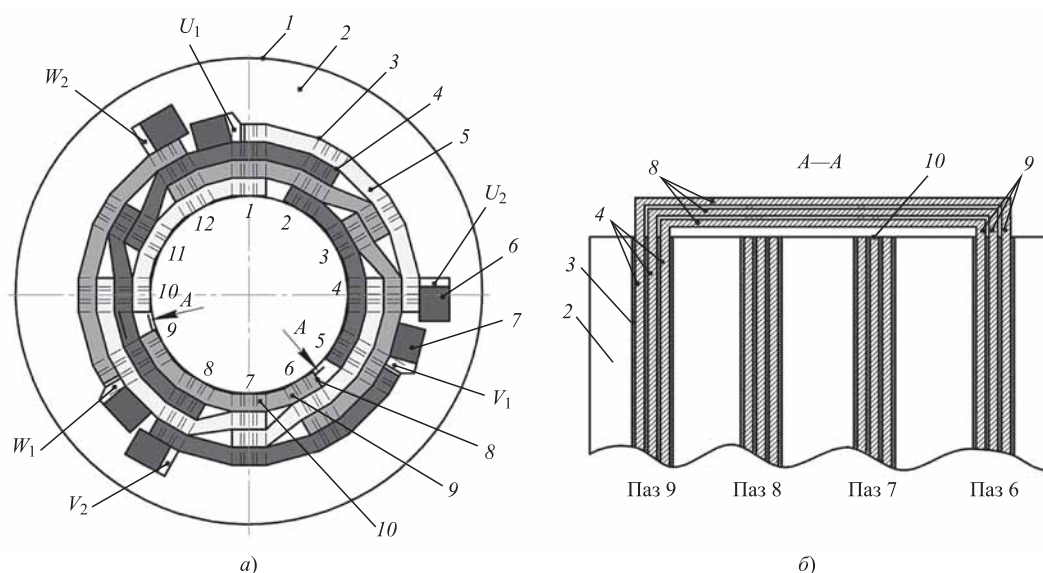


Рис. 2. Торце электромагнитного ядра статора со стороны выводов обмотки:

а — вид сверху, б — сечение по пазам 6–9

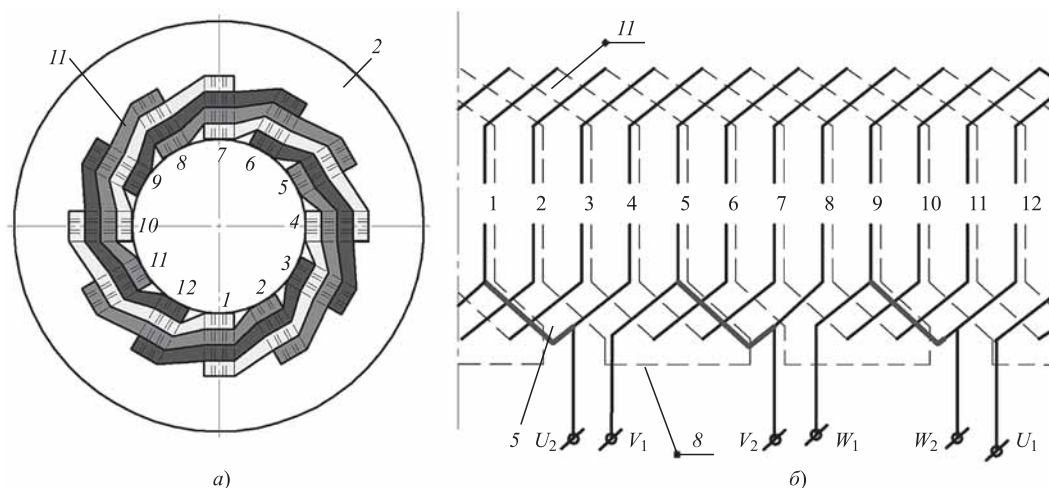


Рис. 3. Второй торец электромагнитного ядра статора а) и схема обмотки б)

статора не соединены в звезду или треугольник, а "разомкнуты" [8]. Законы регулирования машин с разомкнутыми обмотками [9] позволяют обеспечить высокую энергоэффективность СГУ.

На рис. 2, б показаны активные проводники 4 обмотки статора. Они соединены с основными лобовыми проводниками 6 этой обмотки лобовыми перемычками 9 с уменьшенным относительно активных проводников прямоугольным поперечным сечением. За счет уменьшения сечения лобовых перемычек над частью торцевой поверхности 10 пазов возникает свободное пространство, в котором располагают основные лобовые проводники 5 или 8. Поэтому вылет лобовой части над рассматриваемым торцом значительно меньше, чем в серийных машинах.

На рис. 3, а показана лобовая часть торца без выводов обмотки. Видно, что основные лобовые проводники не пересекаются. Вылет этой лобовой части также мал.

На рис. 3, б изображена схема рассматриваемой обмотки. Здесь обозначены проводники 5 лобовой части торца с выводами обмотки и проводники 11 лобовой части торца без выводов, а также проводники 8, соединяющие витковые группы обмотки.

Для расчета вылета лобовых частей рассмотренной машины СГУ неприменимы стандартные формулы. Как следует из рассмотрения рис. 2, б, вылет лобовых частей складывается из суммы высот лобовых проводников ветвей обмотки, расположенных один над другим, с учетом изоляции между ними и зазора между нижними лобовыми

проводниками и торцевой поверхностью сердечника статора. Значит для расчета вылета лобовых частей обмотки статора применимо выражение:

$$l_{\text{ВЫЛ}} = nh_{\text{Л}} + h_3, \quad (1)$$

где n — число ветвей обмотки; $h_{\text{Л}}$ — высота лобовых проводников с учетом изоляции; h_3 — высота зазора между группами лобовых проводников и торцом сердечника статора машины.

При расчете параметров обмотки статора машины необходимо учитывать особенности ее конструкции. При расчете активного сопротивления фаз — уменьшенное сечение перемычек между активными и лобовыми проводниками [10]. При расчете индуктивного сопротивления рассеяния фаз — расположение лобовых проводников параллельно торцевой поверхности сердечника статора машины [11].

Так, используя представленную электрическую машину в СГУ, можно не менять существующую компоновку оборудования в подкапотном пространстве современного отечественного автомобиля, т. е. не требуется разработка нового автомобиля. Что удешевляет выпуск автомобиля с СГУ.

Разработанная конструкция машины переменного тока стартер-генераторной установки существенно уменьшает длину электрохимического преобразователя. Поэтому она может найти применение при проектировании электрооборудования других видов транспорта, например электромобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лазарев Д. Б.** Обзор разработок транспортных средств с комбинированными силовыми энергоустановками // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 1.
2. <http://toyota-auroga.ru/new-cars/prius/index/>
3. **Грacheв П. Ю., Ежова Е. В.** Комбинированная энергетическая установка с асинхронной машиной. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2010. — № 2 (27). — С. 152—156.
4. **Строганов В. И., Козловский В. Н.** Инновационные методы исследования качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой: монография. — М.: ФГБОУ ВПО "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)", 2012. — 228 с.
5. **Грacheв П. Ю., Горбачев Е. Е.** Энергоэффективная электрическая машина переменного тока со встроенной системой управления и защиты. Информационное противодействие угрозам терроризма. 2012. — № 19. — С. 173—177.
6. **Грacheв П. Ю., Стрижакова Е. В., Горбачев Е. Е.** Оценка эффективности асинхронных машин с нетрадиционным электромагнитным ядром. В сб.: Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах. Материалы международной научно-технической конференции. — 2015. — С. 50—53.
7. **Олещук В. И., Ермуратский В. В.** Преобразовательная система транспортного электропривода повышенной мощности с алгоритмами синхронной модуляции // Проблемы региональной энергетики. — 2014. — № 1 (24). — С. 26—40.
8. **Олещук В. И.** Нелинейные законы регулирования электропривода с разомкнутыми обмотками асинхронного электродвигателя на базе четырех ШИМ-инверторов // Проблемы региональной энергетики. — 2017. — № 1 (33). — С. 8—14.
9. **Levi E.** Advances in converter control and innovative exploitation of additional degrees of freedom for multiphase machines // IEEE Trans. Ind. Electron. — 2016. — Vol. 63. — No. 1. — P. 433—448.
10. **Грacheв П. Ю., Беспалов В. Я., Табачинский А. С., Стрижакова Е. В.** Энергоэффективные асинхронные машины с нетрадиционным электромагнитным ядром // Электротехника. — 2018. — № 2. — С. 7—12.
11. **Grachev P. Yu., Strizhakova E. V., Tabachinskiy A. S.** Starter-generator design and dynamic processes simulation for HEVs // В сб.: Procedia Engineering. Ser. "International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017" 2017. P. 386—391.

ИЗДАТЕЛЬСТВО

"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журнал

"ГРУЗОВИК"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА

на 2020 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

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

УДК 621. 891

Э. С. Велизаде, докторант, Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан
E-mail: evve2525@gmail.com

МИНИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ФРИКЦИОННОЙ НАКЛАДКИ ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Проведен теоретический анализ по определению микрогеометрии поверхности трения трущейся пары "барабан—накладка", обеспечивающей равномерное распределение температуры на контактной поверхности. Используется модель шероховатой поверхности трения. Построена замкнутая система алгебраических уравнений, позволяющая получить решение задачи оптимального проектирования фрикционной пары "барабан—накладка" тормозного механизма грузового автомобиля в зависимости от геометрических и механических характеристик ее элементов.

Ключевые слова: фрикционная пара, барабан, накладка, износ, оптимальная микрогеометрия, равномерное распределение температуры.

A theoretical analysis to determine a microgeometry of friction surface for the drum-lining pair is carried out. The sought-for microgeometry provides a uniform temperature distribution on the contact surface. The model of a rough friction surface is used. A closed system of algebraic equations is constructed. This system allows the solution of the optimal design problem for the drum-lining friction pair of the truck brake mechanism depending on geometric and mechanical characteristics of the pair elements.

Keywords: friction pair, drum, lining, wear, optimal microgeometry, uniform temperature distribution.

Одним из важнейших узлов, определяющих безопасность, надежность и долговечность колесных машин, является фрикционная пара "барабан—накладка" тормозного механизма. Эффективность работы многих типов фрикционных пар тормозного механизма в значительной степени зависит от температуры трущихся элементов. Трущаяся пара "барабан—накладка" грузового автомобиля работает в условиях сложного напряженного состояния. Для управления процессами трения и изнашивания в паре трения "барабан—накладка" тормозного механизма необходимо исследование разрушения материала при трении, вызванного контактным действием температуры и температурного градиента. Расчет тормозов автомобиля на нагрев одним из первых провел Е. А. Чудаков. Эта работа была опубликована в 1933 г. в трудах Военной академии механизации и моторизации. Исследованию нагрева и температурных напряжений в тормозном механизме посвящены многочисленные работы [1—11]. В исследованиях [12—14] показано, что на пятнах фактического касания происходит сильный нагрев в тонких поверхностных слоях. Это является причиной возникновения очагов трещинообразования. Разрушение вызывается теплообразованием при трении контак-

тирующих поверхностей. Каждый материал имеет предельную (допустимую) температуру T , превышение которой приводит к образованию прижогов и очагов микротрещин в материале трущейся пары. Таким образом, ответственной за тепловое разрушение материалов фрикционной пары "барабан—накладка" тормозного механизма грузового

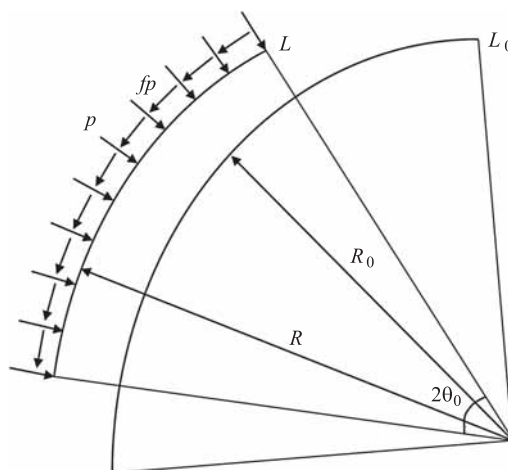


Схема расчета оптимальной микрогеометрии поверхности трения фрикционной накладки

автомобиля можно считать величину максимальной температуры, достигаемой в материале.

Тепловым разрушением при разработке пары трения тормозного механизма автомобиля на стадии проектирования можно управлять [15–26] конструкторско-технологическими методами, в частности геометрией поверхности трения. Решение таких задач механики по построению микрогеометрии трибосопряжения будет способствовать уменьшению теплонапряженности и износа.

Цель исследования: разработка расчетной модели фрикционного взаимодействия и изнашивания для пары "барабан—накладка" тормозного механизма, позволяющей рассчитать оптимальную микрогеометрию поверхности трения, при которой имеет место распределение контактной температуры, близкое к равномерному при заданных режимах торможения автомобиля.

Постановка задачи. Рассмотрим напряженно-деформированное состояние фрикционной накладки при торможении. При многократном повторно-кратковременном режиме торможения происходит взаимодействие между контактирующими поверхностями накладки и барабана, возникают силы трения, приводящие к изнашиванию материалов сопряжения. Для определения контактного давления необходимо рассмотреть износоконтактную задачу о вдавливании накладки в поверхность тормозного барабана [27].

Проведем теоретический анализ по определению микрогеометрии поверхности трения, которая обеспечивала бы распределение температуры трущейся поверхности, близкое к равномерному. Таким образом, выбором микрогеометрии поверхности трения добьемся снижения температуры.

В качестве управляющих переменных используем параметры микрогеометрии поверхности трения. В качестве математической модели принимаем дифференциальные уравнения термоупругости с соответствующими граничными условиями, которым должны компоненты тензора напряжений и вектора перемещений в накладке и тормозном барабане, а также кинетическое уравнение абразивного износа материалов накладки и барабана.

Считается, что к внутренней поверхности барабана с механическими характеристиками G_1 (модуль упругости) и μ_1 (коэффициент Пуассона материала) прижимается накладка с характеристиками G и μ . Область контакта занимает всю ширину накладки и не меняется в процессе торможения.

Предполагаем, что выполняются условия плоской деформации. Отнесем наладку к полярной систе-

ме координат $r\theta$, выбрав начало координат в центре концентрических окружностей L_0 и L с радиусами R_0 и R соответственно. Представим неизвестную границу наружного контура накладки L' в виде

$$r = \rho(\theta), \quad \rho(\theta) = r + \varepsilon H(\theta),$$

$$H(\theta) = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k^0 \cos k\theta + b_k^0 \sin k\theta),$$

в которой функция $H(\theta)$ подлежит определению, $\varepsilon = R_{\max}/R$ — малый параметр, R_{\max} — наибольшая высота впадины (выступа) неровности профиля накладки.

Аналогично, неизвестный заранее внутренний контур барабана близок круговому и может быть представлен в виде

$$\rho_1(\theta) = R_1' + \varepsilon H_1(\theta),$$

$$H_1(\theta) = \sum_{k=0}^{\infty} (a_k^1 \cos k\theta + b_k^1 \sin k\theta),$$

в которой функция $H_1(\theta)$ также подлежит определению при решении задачи оптимизации.

Требуется определить микрогеометрию поверхности трения, т. е. функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$, при которых обеспечивалось бы равномерное распределение температуры на контактной поверхности трущейся пары.

Для нахождения микрогеометрию поверхности нужно постановку задачи дополнить условием, позволяющим определить искомые функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$. В качестве такого условия принимаем распределение температуры на трущейся поверхности, близкое к равномерному. Это дополнительное условие позволяет определить искомые функции $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$.

Метод решения. Для решения поставленной задачи оптимизации сначала решается износоконтактная задача о вдавливании накладки в поверхность барабана.

Условие, связывающее перемещения накладки и барабана, имеет вид

$$v_1 + v_2 = \delta(\theta), \quad (|\theta| \leq \theta_0). \quad (1)$$

Здесь $\delta(\theta)$ — осадка точек поверхности накладки и барабана, определяемая формой поверхности накладки и барабана, а также величиной прижимающей силы P ; $2\theta_0$ — угол обхвата фрикционных накладок.

В зоне контакта действуют нормальное давление $p(\theta, t)$ и касательное усилие, связанное с контактным давлением по закону Амонтона — Кулона.

Усилия трения $\tau_{r\theta}(\theta, t)$ способствуют тепловыделению в области контакта. Общее количество тепла в единицу времени пропорционально мощности сил трения. Количество тепла, выделяемое в единицу времени на единичной площади контакта с координатой θ , будет $Q(\theta, t) = Vfp(\theta, t)$, где V — скорость движения автомобиля в момент торможения; f — коэффициент трения пары. Общее количество тепла $Q(\theta, t)$ будет расходоваться следующим образом: поток тепла в накладку $Q_*(\theta, t)$ и поток тепла на повышение температуры барабана $Q_b(\theta, t)$.

Для перемещений накладки и барабана имеем

$$v_1 = v_{1e} + v_{1r} + v_{1w}, \quad v_2 = v_{2e} + v_{2r} + v_{2w}$$

где v_{1e} — термоупругие перемещения точек контактной поверхности накладки; v_{1r} — перемещения, вызванные смятием микровыступов поверхности накладки; v_{1w} — перемещения, вызванные изнашиванием поверхности накладки; v_{2e}, v_{2r}, v_{2w} — тоже для барабана.

Для определения v_{1e}, v_{1r} и v_{2e}, v_{2r} решаются задачи термоупругости для накладки и барабана соответственно. Коэффициенты теплопроводности материала в осевом, окружном и радиальном направлении приняты одинаковыми и независимыми от координат и температуры. Накладка моделируется круговым (кривым) брусом с сечением, близким к узкому прямоугольнику (рис. 1). Для накладки имеем

$$\Delta T = 0,$$

$$\text{при } r = \rho(\theta) \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial n} = -Q_*,$$

$$T = T_c \text{ при } r = R_0,$$

$$T = T_c \text{ при } \theta = 0; \quad T = T_c \text{ при } \theta = 2\theta_0,$$

$$\text{при } r = \rho(\theta) \quad \sigma_n = -p(\theta), \quad \tau_{nt} = -fp(\theta),$$

$$\text{при } r = R_0 \quad v_r = 0, \quad v_\theta = 0.$$

На прямолинейных концах накладки граничные условия принимаются в виде

$$\int_{R_0}^R \sigma_\theta dr = 0, \quad \int_{R_0}^R \tau_{r\theta} dr = 0, \quad \int_{R_0}^R \sigma_\theta r dr = 0 \quad \text{при } \theta = \pm\theta_0,$$

где λ — коэффициент теплопроводности материала накладки; Δ — оператор Лапласа; T — темпера-

турная функция; T_c — температура окружающей среды; n, t — нормаль и касательная к наружной поверхности накладки; v_r, v_θ — радиальная и касательная, составляющие вектора перемещений точек L соответственно; $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ — компоненты тензора напряжений.

Аналогично ставится задача термоупругости для определения перемещений v_{2e}, v_{2r} контактной поверхности барабана.

Для определения v_{1w} и v_{2w} используется кинетическое уравнение изнашивания материала для накладки и барабана [28, 29].

Температурные функции, напряжения и перемещения в накладке и барабане, а также контактное давление ищем в виде разложений по малому параметру, в которых пренебрегаем членами, содержащими степени ε выше первой. Значения компонент напряжений при $r = \rho(\theta)$ найдем, разлагая в ряд выражения для напряжений в окрестности $r = R$.

С помощью метода возмущений для граничной задачи термоупругости получаем последовательность краевых задач для накладки с круговыми границами для внутренней и внешней поверхности [30]. Каждое из приближений удовлетворяет системе дифференциальных уравнений плоской термоупругости. Решение краевой задачи теории теплопроводности в каждом приближении ищется методом разделения переменных. При решении задачи термоупругости в каждом приближении используется термоупругий потенциал перемещений и метод степенных рядов.

На основе полученного решения задачи термоупругости и интегрирования кинетического уравнения изнашивания материала накладки в нулевом приближении находим перемещения v_1^0 ее контактной поверхности. Аналогично решается задача термоупругости для тормозного барабана. На основе полученного решения задачи термоупругости для тормозного барабана и кинетического уравнения изнашивания материала барабана в нулевом приближении находится перемещение v_2^0 его контактной поверхности.

Найденные величины v_1^0 и v_2^0 подставляются в основное контактное условие (1) в нулевом приближении. Алгебраизацию основного контактного уравнения проведем аналогично [15]. В результате получаем бесконечную алгебраическую систему относительно α_k^0 ($k = 0, 1, 2, \dots$), β_k^0 ($k = 1, 2, \dots$) и α_k^1, β_k^1 и т. д. Полученные системы позволяют численными методами найти температуру, контактное давление в нулевом приближении.

Аналогично строится решение износоконтактной задачи в первом приближении. Повторяя процедуру построения алгебраических систем для нахождения искомых коэффициентов, получаем бесконечную алгебраическую систему относительно $\alpha_{k,0}^1$ ($k = 0, 1, 2$), $\beta_{k,0}^1$ ($k = 0, 1, 2$) и $\alpha_{k,1}^1$, $\beta_{k,1}^1$ и т. д.

В правые части бесконечных алгебраических систем входят коэффициенты $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ разложения функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$. При известных функциях $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$ полученные системы дают возможность найти температуру, контактное давление, напряжения и износ пары. Полученная алгебраическая система уравнений пока не является замкнутой.

Для построения недостающих уравнений требуем равномерного распределения температуры на контактной поверхности. Распределение избыточной температуры на контактной поверхности накладки $T_{\text{пов}}$ имеет вид

$$T_{\text{пов}} = T_{|r=R}^{(0)} + \varepsilon \left[H(\theta) \frac{\partial T^{(0)}}{\partial r} + T^{(1)}(\theta) \right]_{|r=R}.$$

Здесь

$$T_{|r=R}^{(0)} = \sum_{k=1}^{\infty} \left[C_{10}^{(k)} R^{\pi k / 2\theta_0} + C_{20}^{(k)} R^{-\pi k / 2\theta_0} \right] \sin \frac{\pi k}{2\theta_0} \theta,$$

$$T_{|r=R}^{(1)} = \sum_{k=1}^{\infty} \left[C_{11}^{(k)} R^{\pi k / 2\theta_0} + C_{21}^{(k)} R^{-\pi k / 2\theta_0} \right] \sin \frac{\pi k}{2\theta_0} \theta,$$

$$\frac{\partial T^{(0)}}{\partial r} \Big|_{r=R} = \sum_{k=1}^{\infty} \left[C_{10}^{(k)} R^{\pi k / 2\theta_0 - 1} - C_{20}^{(k)} R^{-(\pi k / 2\theta_0 - 1)} \right] \times \\ \times \frac{\pi k}{2\theta_0} \sin \frac{\pi k}{2\theta_0} \theta.$$

Формула для температуры поверхности трения, которую символически можно записать в виде

$$T(\theta, t) = F(\theta, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1), \quad (2) \\ k = 1, 2, \dots, m,$$

показывает, что температура линейно зависит от искомых коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ рядов Фурье функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$.

Для построения недостающих алгебраических уравнений для нахождения коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1$ функций $H(\theta), H_1(\theta)$ используем принцип наименьших квадратов.

Температура поверхности трения является независимой переменной θ и $(4m + 2)$ параметра $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$. Время считается свободным

параметром. Параметры $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$ постоянны (в общем случае зависят от времени), но заранее неизвестны и подлежат определению. Для получения неизвестных параметров производим ряд вычислений.

Разобьем отрезок $[-\theta_0, \theta_0]$ изменения θ на M частей, где $M > 4m + 2$.

$$\theta_i = -\theta_0 + i\Delta\theta, \quad \Delta\theta = \frac{2\theta_0}{M},$$

$$T(\theta_i, t) = F(\theta_i, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1), \quad (3) \\ i = 1, 2, \dots, M.$$

Найдем такие значения неизвестных параметров, которые будут обеспечивать значениями функции поверхностной температуры (3) постоянное значение наилучшим образом. Пусть \bar{T} будет оптимальное значение температуры на поверхности трения накладки и барабана. Величина \bar{T} заранее неизвестна и подлежит определению в процессе решения задачи.

Согласно принципу наименьших квадратов наиболее вероятными значениями параметров будут такие, при которых сумма квадратов отклонений ε_i будет наименьшей:

$$U = \sum_{i=1}^M \left[F(\theta_i, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1) - \bar{T} \right]^2 \rightarrow \\ \rightarrow \min. \quad (4)$$

Для любого момента времени рассматриваем $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$ ($k = 1, 2, \dots, m$) и \bar{T} как независимые переменные и приравниваем нулю частные производные от левой части (4) по этим переменным. В результате получим $(4m + 3)$ уравнений с $(4m + 3)$ неизвестными:

$$\frac{\partial U}{\partial a_0^0} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial a_k^0} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial b_k^0} = 0, \quad k = 1, 2, \dots, m, \\ \frac{\partial U}{\partial \bar{T}} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial a_0^1} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial a_k^1} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial b_k^1} = 0. \quad (5)$$

Так как функция $F(\theta_i, t, a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1)$ линейна относительно неизвестных параметров, составление и решение системы (5) значительно упрощается. Система (5) уравнений замыкает бесконечную алгебраическую систему износоконтактной задачи и совместно с ней должна решаться для фиксированных значений времени.

Анализ результатов моделирования. Совместное решение полученных систем уравнений позволяет найти приближенные значения коэффициентов $a_k^0, b_k^0, a_k^1, b_k^1, \alpha_k, \beta_k$ и \bar{T} . В рассматриваемой

Значения коэффициентов Фурье для оптимальной шероховатости (мкм)

	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
$V = 50$ км/ч											
1	0,471	0,415	-0,390	0,359	0,168	0,182	0,463	0,315	-0,265	0,228	0,177
2	0,409	0,328	0,302	-0,307	0,243	0,204	0,401	0,311	0,254	0,189	0,106
$V = 80$ км/ч											
1	0,507	0,469	-0,358	0,280	0,214	0,119	0,482	0,323	-0,226	0,135	0,114
2	0,351	0,220	0,179	-0,162	0,142	0,127	0,116	0,095	0,074	0,048	0,023

задаче имеется много свободных параметров. Это различные геометрические размеры накладки и тормозного барабана, их теплофизические и механические характеристики, скорость движения автомобиля. Для численной реализации предложенного метода были проведены расчеты применительно к тормозным механизмам грузового автомобиля "КАМАЗ-5320". В качестве постоянных параметров были приняты: $R = 0,19$ м; $h_n = 0,016$ м — толщина накладки; $b_n = 0,14$ м — ширина накладки; $R_\delta = 0,2$ м; $R_\delta^H = 0,25$ м — наружный радиус барабана; $f = 0,35$; $K_1 = 1,5 \cdot 10^{-6}$; $K_2 = 2 \cdot 10^{-8}$ — коэффициенты износостойкости материала накладки и барабана; $E = 6,9 \cdot 10^3$ МПа; $E_1 = 1,8 \cdot 10^5$ МПа; $\mu = 0,4$; $\mu_1 = 0,3$ для серого чугуна материала барабана. Строка 1 относится к шероховатости накладки.

Были найдены значения параметров управления (коэффициенты $a_0^0, a_k^0, b_k^0, a_0^1, a_k^1, b_k^1$) в зависимости от физико-механических характеристик пары трения для разных моментов времени. В разложении искомым функций $H(\theta)$ и $H_1(\theta)$ ограничивались $k = 5$ членами. Результаты расчета по определению микрогеометрии контактной поверхности трения в начальный момент $t = 0$ (для различных скоростей движения автомобиля при торможении) приведены в таблице.

Выводы. Найденное решение поставленной задачи позволяет на стадиях проектирования и изготовления выбирать микрогеометрию поверхности трения фрикционной пары "барабан—накладка", обеспечивающую равномерное распределение температуры на поверхности контакта. Это дает возможность повысить надежность и долговечность тормозного механизма грузового автомобиля.

Обозначения

$p(\theta, t)$ — контактное давление между накладкой и барабаном при торможении; ε — малый параметр; $H(\theta)$ — функция, описывающая микрогео-

метрию наружной поверхности накладки; $H_1(\theta)$ — функция, описывающая микрогеометрию внутренней поверхности тормозного барабана; R и R_0 — радиусы окружностей контуров L и L_0 , соответственно; a_k^0, b_k^0 — коэффициенты ряда Фурье функции $H(\theta)$; a_k^1, b_k^1 — коэффициенты ряда Фурье функции $H_1(\theta)$; $\rho(\theta)$ — функция, описывающая наружную поверхность накладки; f — коэффициент трения фрикционной пары; t — время; V — скорость движения автомобиля в момент торможения; $\alpha_k^0, \beta_k^0, \alpha_{k,0}^0, \beta_{k,0}^0, \alpha_k^1, \beta_k^1, \alpha_{k,1}^0, \beta_{k,1}^0$ — коэффициенты ряда Фурье для функций определяющих контактное давление; $T(r, \theta)$ — температурная функция; λ — коэффициент теплопроводности материала накладки; \bar{T} — оптимальная температура на поверхности трения; R_{\max} — наибольшая высота неровности поверхности накладки; Δ — оператор Лапласа; $Q_*(\theta, t)$ — поток тепла на повышение температуры накладки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балакин В. А., Сергиенко В. П., Родзевич П. Е., Лысенко Ю. В. Сравнительный анализ тепловой нагруженности тормозов грузовых автомобилей // Трение и износ. — 2001. — Т. 22, № 2. — С. 123—126.
2. Dufrénoy P., Weichert D. A thermomechanical model for the analysis of disc brake fracture mechanisms // Journal of Thermal Stresses. — 2003. — Vol. 26, Issue 8. — P. 815—828.
3. Балакин В. А., Сергиенко В. П., Чаус В. П., Иванов А. А. Влияние износа на тепловой режим работы тормоза // Трение и износ. — 2005. — Т. 26, № 6. — С. 571—574.
4. Сергиенко В. П., Целуев М. Ю., Колесников В. И., Сычев А. П., Савочник В. А., Янучковский В. И. Исследование теплового режима пар трения многодискового тормоза // Трение и износ. — 2013. — Т. 34, № 6. — С. 555—564.
5. Rashid A., Strömberg N. Sequential simulation of thermal stresses in disc brakes for repeated braking // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: J. of Engineering Tribology. — 2013. — Vol. 227, Issue 8. — P. 919—929.

6. **Вольченко А. И., Киндрачук М. В., Бекиш И. О., Малык В. Я., Снурников В. И.** Термические напряжения в ободах тормозных барабанов автотранспортных средств // Проблемы трения и изнашивания. — 2015. — № 4 (69). — С. 28—37.
7. **Belhocine A., Abu Bakar A., Bouchetara M.** Thermal and structural analysis of disc brake assembly during single stop braking event // Australian J. of Mechanical Engineering. — 2016. — Vol. 14, Issue 1. — P. 26—38.
8. **Yevtushenko A., Kuciej M., Och E., Yevtushenko O.** Effect of the thermal sensitivity in modeling of the frictional heating during braking // Advances in Mechanical Engineering. — 2016. — Vol. 8, Issue 12. — P. 10.
9. **Yevtushenko A., Kuciej M., Och E.** Modeling of the temperature regime and stress state in the thermal sensitive pad-disk brake system // Advances in Mechanical Engineering. — 2018. — Vol. 10, Issue 6. — P. 12.
10. **Modanloo A., Taleae M. R.** Analytical thermal analysis of advanced disk brake in high speed vehicles // Mechanics of Advanced Materials and Structures. — 2020. — Vol. 27, Issue 3. — P. 209—217.
11. **Subel J., Kienhöfer F. W.** Thermal comparison of heavy vehicle wheel assemblies under alpine braking // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. — 2020. — Vol. 234, Issue 1. — P. 28—38.
12. **Коровчинский М. В.** Локальный термический контакт при квазистационарном тепловыделении в процессе трения // В кн.: Теория трения и износа. — М.: Наука, 1965. — С. 73—81.
13. **Newcomb T. P.** Energy dissipated during braking // Wear. — 1980. — Vol. 32, Issue 2. — P. 401—407.
14. **Чичинадзе А. В., Матвеевский Р. М., Браун Э. Д.** Материалы в триботехнике нестационарных процессов. — М.: Наука, 1986.
15. **Мирсалимов В. М.** Обратная износоконтактная задача для фрикционной пары // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2008. — Т. 37, № 1. — С. 62—69.
16. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Минимизация контактного давления для фрикционной пары "втулка—вал" // Трение и износ. — 2015. — Т. 36, № 5. — С. 529—535.
17. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Минимизация абразивного износа внутренней поверхности втулки фрикционной пары // Трение и износ. — 2016. — Т. 37, № 5. — С. 551—557.
18. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Оптимальное проектирование фрикционной пары "втулка—плунжер" // Трение и износ. — 2017. — Т. 38, № 5. — С. 454—460.
19. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Inverse problems of damage mechanics for a hub of a friction pair // International Journal of Damage Mechanics. — 2018. — Vol. 27, Issue 1. — P. 82—96.
20. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Минимизация теплового состояния втулки фрикционной пары с помощью критерия равномерного распределения температуры на поверхности трения // Трение и износ. — 2018. — Т. 39, № 5. — С. 514—522.
21. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Minimization of the thermal state of the hub of a friction pair // Engineering Optimization. — 2018. — Vol. 50, Issue 4. — P. 651—670.
22. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Minimization of stress state of a hub of friction pair // Advances in Mathematical Physics. — 2018. — Vol. 2018, Article ID 8242614. — 10 p.
23. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Inverse wear contact problem of the friction unit // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. — 2018. — Vol. 232, Issue 22. — P. 4216—4226.
24. **Мирсалимов В. М., Ахундова П. Э.** Оптимальное проектирование узла трения с равномерным контактным давлением // Трение и износ. — 2019. — Т. 40, № 6. — С. 740—749.
25. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Inverse problem of contact fracture mechanics for a hub of friction pair taking into account thermal stresses // Mathematics and Mechanics of Solids. — 2019. — Vol. 24, Issue 6. — P. 1763—1781.
26. **Mirsalimov V. M., Akhundova P. E.** Optimum problem on wear decrease for a hub of friction pair // Mechanics of Advanced Materials and Structures. — 2020. — Vol. 27, Issue 5. — P. 353—363.
27. **Мирсалимов В. М., Гасанов Ш. Г., Гейдаров Ш. Г.** Износоконтактная задача о вдавлении колески с фрикционной накладкой в поверхность барабана // Труды XII Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию ИМАШ РАН "Трибология — машиностроению". — Москва—Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. — С. 341—344.
28. **Горячева И. Г., Добычин М. Н.** Контактные задачи в трибологии. — М.: Машиностроение. 1988. — 256 с.
29. **Горячева И. Г.** Механика фрикционного взаимодействия. — М.: Наука. 2001. — 478 с.
30. **Мухелишвили Н. И.** Некоторые основные задачи математической теории упругости. — М.: Наука. 1966. — 707 с.

УДК 621.833.15

А. П. Фот, д-р техн. наук, профессор, e-mail: fot@mail.osu.ru,

В. И. Рассоха, д-р техн. наук, доцент, e-mail: cabin2012@yandex.ru,

Оренбургский государственный университет

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕДУКТОРОВ ТИПА Ц2У В ГРУЗОВЫХ ЛЕБЕДКАХ АВТОКРАНОВ

Цель исследования — оценка возможности использования редукторов различных модификаций в грузовых лебедках автомобильных кранов и модификации существующих редукторов в процессе ремонтно-восстановительных работ. Использованный метод — теоретический сравнительный анализ конструктивных особенностей и расчеты параметров зубчатых передач редукторов с учетом требований обеспечения нагрузочной способности и кинематических характеристик. Актуальность предлагаемого подхода обоснована большой трудоемкостью и финансовыми затратами при экспериментальной апробации конструктивных решений в условиях производственных предприятий. Основные результаты — предложены практические рекомендации по модернизации существующих редукторов типа Ц2У в целях использования для замены более дорогих редукторов типа 1Ц2У на примере редуктора Ц2У-250-31,5. Показано, что модернизация редуктора с заменой деталей передач при сохранении прочих деталей редуктора (корпус и др.) позволяет обеспечить требования по нагрузочной способности.

Ключевые слова: автомобильный кран, грузовая лебедка, редуктор, нагрузочная способность.

The purpose of the study is to assess the possibility of using gearboxes of various modifications in the cargo winch of automobile cranes and to modify existing gearboxes in the process of repair and restoration work. The method used is a theoretical comparative analysis of design features and calculation of gear parameters of gearboxes taking into account the requirements for providing load capacity and kinematic characteristics. The relevance of the proposed approach is justified by the great complexity and financial costs in the experimental testing of design solutions in the conditions of production enterprises. Main results — practical recommendations are proposed for the modernization of existing gearboxes of type Ts2U in order to use for replacement of more expensive gearboxes of type 1Ts2U on the example of gearbox Ts2U-250-31,5. It is shown that the modernization of the gearbox with the replacement of gear parts while maintaining the other gear parts (housing, etc.) allows us to meet the requirements for load capacity.

Keywords: truck crane, cargo winch, gearbox, load capacity.

Одним из главных механизмов крана КС-45717-1 является механизм подъема, который служит для подъема и опускания груза и представляет собой грузовую лебедку, установленную на конце поворотной платформы крана. Лебедка состоит из смонтированных на плите платформы основных агрегатов — редуктора, барабана, ленточных тормозов и др. Редуктор служит для получения необходимых значений частоты вращения барабана лебедки и вращающего момента на барабане. В лебедке крана КС-45717-1 используется зубчатый цилиндрический двухступенчатый узкий горизонтальный редуктор 1Ц2У-250-31,5 с передаточным числом 31,5 и номинальным значением момента на тихоходном валу 5000 Нм в непрерывном режиме работы.

В процессе эксплуатации редукторы грузовой лебедки могут выходить из строя по причинам естественного износа, неправильных условий эксплуатации и др., ведущим к отказу элемен-

тов редуктора (уплотнения валов, подшипники, зубчатые колеса передач, др.). Согласно статистическим данным, именно редукторы чаще всего из всех составляющих грузовой лебедки выходят из строя. Наиболее сложным отказом при этом является отказ зубчатых передач. Конечно, замена вышедшего из строя редуктора может показаться более выгодным решением вопроса, чем ремонт старого. Однако может оказаться целесообразным и ремонт старого с одновременной его модернизацией, в ходе которых можно использовать корпус, валы, подшипники и другие детали старого редуктора, заменив только зубчатые колеса.

Редукторы типа 1Ц2У являются модифицированными вариантами редукторов типа Ц2У, причем практически все габаритные размеры и массы редукторов двух типов идентичны. На сайте одного из заводов-производителей редукторов говорится о том, что редукторы типа 1Ц2У были разработаны в 1980-х гг. на базе редукторов ЦУ,

Ц2У и Ц3У в связи с постоянно растущими требованиями промышленности. При этом за счет оптимизации модуля зубчатых колес и числа зубьев колес в редукторах типа 1Ц2У удалось на четверть увеличить нагрузку по сравнению с предшественниками-редукторами типа Ц2У. Серийный выпуск новых редукторов был начат в 1986 г. На современных производствах можно до сих пор встретить редукторы обеих модификаций, и если спросить механиков, чем они отличаются — вряд ли кто даст точный ответ. Положение усугубляется и тем, что на многочисленных сайтах фирм-посредников, занимающихся реализацией редукторов заводо-производителей в сети Интернет, характеристики редукторов в таблицах приводятся как идентичные с указанием "параметры Ц2У (1Ц2У)". Лишь на одном сайте удалось найти для редуктора Ц2У-250-31,5 данные о том, что номинальное значение момента на тихоходном валу в непрерывном режиме работы редуктора составляет 4000 Нм, а не 5000 Нм, приводимое для редуктора 1Ц2У-250-31,5 (подтверждает увеличение нагрузочной способности редукторов типа 1Ц2У по сравнению с редукторами типа Ц2У). Удалось также установить, что при одинаковом значении общего передаточного числа в указанных типах редукторов имеется существенное отличие в разбивке общего передаточного числа по ступеням. Для рассматриваемого редуктора типа Ц2У отношение передаточного числа U_B быстроходной ступени к передаточному числу U_T тихоходной ступени равно 0,7647, для редуктора типа 1Ц2У — 1,3839 (почти в два раза больше). Характеристика зацеплений (передач) редукторов Ц2У-250-31,5 и 1Ц2У-250-31,5 приведена в табл. 1.

В табл. 1 использованы обозначения: U_{ϕ} — фактическое значение общего передаточного числа редуктора; U_n — номинальное значение общего передаточного числа редуктора; a_w — значение межосевого расстояния; b_k — ширина венца колеса ступени; $Z_{ш}$ — количество зубьев шестерни ступени; Z_k — количество зубьев колеса ступени; m — модуль зацепления колес ступени; β — угол наклона зубьев колес ступени; Б — быстроходная ступень; Т — тихоходная ступень.

Рабочая гипотеза: редукторы типа Ц2У можно использовать вместо редукторов типа 1Ц2У при условии изменения характеристик зацеплений Ц2У, причем изменяются только значения чисел зубьев колес и углы наклона зубьев колес передач при сохранении значений межосевых расстояний и модулей зацепления передач. При этом размеры колес измененных передач должны "вписываться" в корпус редуктора Ц2У, а нагрузочная способность модернизированного редуктора должна приближаться к таковой для редуктора 1Ц2У.

На первом этапе проверки гипотезы определим возможные значения суммарных чисел зубьев $Z_{\Sigma Б}$ быстроходной и $Z_{\Sigma Т}$ тихоходной ступеней модернизированного редуктора, исходя из значений межосевых расстояний и модулей зацепления:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma Б} &= 2a_{wБ}/m_{Б} = 2 \cdot 160/3 = 106,67 \\ &\text{(округляем до 106);} \\ Z_{\Sigma Т} &= 2a_{wТ}/m_{Т} = 2 \cdot 250/5 = 100. \end{aligned} \quad (1)$$

Далее необходимо определить значения чисел зубьев шестерен и колес каждой ступени, учитывая, что отношение значений передаточных чисел ступеней равно 1,3839 (как в редукторе типа 1Ц2У), то есть:

$$\begin{aligned} U_B/U_T &= (Z_{кБ}/Z_{шБ})/(Z_{кТ}/Z_{шТ}) = 1,3839; \\ Z_{шБ} + Z_{кБ} &= 106 \text{ и } Z_{шТ} + Z_{кТ} = 100; \\ U_B &= 6,6 \text{ и } U_T = 4,7692 \\ &\text{(как в редукторе типа 1Ц2У).} \end{aligned} \quad (2)$$

С учетом соотношений (2) получим:

$$\begin{aligned} Z_{шБ} &= 13,9474; Z_{кБ} = 92,0526; \\ Z_{шТ} &= 17,3374; Z_{кТ} = 82,6666. \end{aligned}$$

После округления получим:

$$Z_{шБ} = 14; Z_{кБ} = 92; Z_{шТ} = 17; Z_{кТ} = 83.$$

Как видно, размер колеса тихоходной ступени не изменился, то есть "вписывается" в старый корпус

Таблица 1

Характеристика зацеплений редукторов Ц2У-250-31,5 и 1Ц2У-250-31,5

Тип	U_{ϕ}	U_n	$a_{wБ},$ мм	$b_{кБ},$ мм	$Z_{шБ}$	$Z_{кБ}$	$m_{Б},$ мм	$\beta_{Б},$ град.	$a_{wТ},$ мм	$b_{кТ},$ мм	$Z_{шТ}$	$Z_{кТ}$	$m_{Т},$ мм	$\beta_{Т},$ град.
Ц2У	31,17	31,5	160	40	17	83	3	20,3642	250	63	13	83	5	16,2603
1Ц2У	31,48	31,5	160	40	10	66	4	19,0010	250	63	13	62	6,3	20, 2167

редуктора. Размер колеса быстроходной ступени увеличился (приблизенно 282 мм), но не превышает размера колеса тихоходной ступени (приблизенно 415 мм) и тоже "вписывается" в старый корпус редуктора. Фактические значения передаточных чисел: $U_B = 6,5714$; $U_T = 4,8824$; $U_\Phi = 32,0842$ (больше номинального U_H на 1,85 %, что меньше допускаемого отклонения 4 % для двухступенчатых редукторов). Фактические значения межосевых расстояний:

$$a_{wB} = m_B Z_{\Sigma B} / 2 = 3 \cdot 106 / 2 = 159 \text{ мм};$$

$$a_{wT} = m_T Z_{\Sigma T} / 2 = 5 \cdot 100 / 2 = 250 \text{ мм}.$$

Таким образом, можно реализовать редуктор с прямозубыми колесами, при этом в быстроходной передаче необходимо изготовить колеса со смещением. Однако прямозубые передачи более шумные, менее плавные и обладают меньшей нагрузочной способностью. При этом в быстроходной ступени малое число зубьев шестерни приведет к подрезанию зубьев при изготовлении шестерни. В связи с этим целесообразно перейти на косозубые передачи, учитывая рекомендуемые значения угла наклона зубьев в пределах до 20°.

Определим параметры косозубых передач, приняв предварительно угол наклона 16°:

— суммарные числа зубьев:

$$Z_{\Sigma B} = 2a_{wB} \cos \beta_B / m_B = 2 \cdot 160 \cdot \cos 16^\circ / 3 = 102,5346$$

(округляем до 102);

$$Z_{\Sigma T} = 2a_{wT} \cos \beta_T / m_T = 2 \cdot 250 \cos 16^\circ / 5 = 96,1262$$

(округляем до 96);

— числа Z зубьев колес передач, как в (2) (с округлением для обеспечения значений передаточных чисел):

$$Z_{шB} = 13; Z_{кБ} = 89; Z_{шT} = 17; Z_{кT} = 79;$$

— фактические значения U передаточных чисел:

$U_B = 6,8462$; $U_T = 4,6471$; $U_\Phi = 31,8147$ (больше номинального U_H на 1 %, что меньше допускаемого отклонения 4 % для двухступенчатых редукторов);

— фактические значения углов β наклона зубьев:

$$\cos \beta_B = Z_{\Sigma B} m_B / (2a_{wB}) = (Z_{шB} + Z_{кБ}) m_B / (2a_{wB}) =$$

$$= (13 + 89) \cdot 3 / (2 \cdot 160) = 0,95625;$$

$$\beta_B = \arccos 0,95625 = 17,0107 \text{ (} 17^\circ 00' 38'' \text{)};$$

$$\cos \beta_T = Z_{\Sigma T} m_T / (2a_{wT}) = (Z_{шT} + Z_{кT}) m_T / (2a_{wT}) =$$

$$= (17 + 79) \cdot 5 / (2 \cdot 250) = 0,96;$$

$$\beta_T = \arccos 0,96 = 16,2602 \text{ (} 16^\circ 15' 37'' \text{)};$$

— диаметры d колес передач быстроходной и тихоходной ступеней редуктора Ц2У (табл. 1) и редуктора Ц2УМ (модернизированного):

— делительные диаметры:

$$d_{кБ} = Z_{кБ} m_B / \cos \beta_B =$$

$$= 83 \cdot 3 / \cos 20,3642 = 265,6001 \text{ мм};$$

$$d_{кБМ} = Z_{кБМ} m_B / \cos \beta_{БМ} =$$

$$= 89 \cdot 3 / \cos 17,0107 = 279,2156 \text{ мм};$$

$$d_{кТ} = Z_{кТ} m_T / \cos \beta_T =$$

$$= 83 \cdot 5 / \cos 16,2603 = 432,2919 \text{ мм};$$

$$d_{кТМ} = Z_{кТМ} m_T / \cos \beta_{ТМ} = 79 \cdot 5 / \cos 16,2602 =$$

$$411,4583 \text{ мм};$$

— диаметры вершин зубьев:

$$d_{акБ} = d_{кБ} + 2h_{аБ} =$$

$$= 265,6001 + 2 \cdot 3 = 271,6001 \text{ мм};$$

$$d_{акБМ} = d_{кБМ} + 2h_{аБМ} =$$

$$= 279,2156 + 2 \cdot 3 = 285,2156 \text{ мм (меньше } d_{акТ} \text{)};$$

$$d_{акТ} = d_{кТ} + 2h_{аТ} =$$

$$= 432,2919 + 2 \cdot 5 = 442,2919 \text{ мм};$$

$$d_{акТМ} = d_{кТМ} + 2h_{аТМ} =$$

$$= 411,4583 + 2 \cdot 5 = 421,4583 \text{ мм (меньше } d_{акТ} \text{)}.$$

Таким образом, диаметры вершин зубьев колес модернизированного редуктора Ц2УМ позволяют использовать корпус редуктора Ц2У.

На втором этапе расчетов необходимо сравнить нагрузочную способность редукторов типов Ц2У, Ц2УМ и 1Ц2У с использованием рекомендаций по расчету передач известных источников [1, 2]. Для обеспечения равных условий для всех типов редукторов примем, что расчетный момент на тихоходном валу равен 5000 Нм, а материалы шестерен и колес всех редукторов идентичны: для быстроходной ступени — сталь 25ХГМ либо 20ХН2М с термообработкой нитроцементация 56—63 HRC (для сердцевины 35—45 HRC); для тихоходной ступени — сталь 25ХГМ либо 20ХН3А с термообработкой цементация 56—63 HRC (для сердцевины 35—45 HRC). Значения допускаемых напряжений для колес передач ступеней (с учетом рекомендаций с доступного сайта https://studref.com/383430/tehnika/dopuskaemye_kontaktnye_napryazheniya) равны:

$$[\sigma_H]_B = [\sigma_H]_T = 1020 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_F]_B = [\sigma_F]_T = 600 \text{ МПа}.$$

Значения нагрузочных моментов (над косой чертой) на валах передач редукторов (при рабочем

Таблица 2

Значения моментов из условия контактной прочности на валах редуктора — нагрузочные/допускаемые (с округлением до целых)

Тип редуктора	Значения моментов на валах редуктора, Нм	
	Промежуточный вал	Тихоходный вал
Ц2У	799/1317	5000/4376
Ц2УМ	1076/1091	5000/5184
1Ц2У	1048/1116	5000/5120

момента 5000 Нм на тихоходном валу и с учетом фактических значений передаточных чисел и коэффициента полезного действия передач (0,98) и допускаемых (под косой чертой) по контактным напряжениям приведены в табл. 2.

Судя по данным табл. 2, при заданном уровне контактных напряжений редуктор Ц2У не обладает требуемой нагрузочной способностью по моменту на тихоходном валу (перегрузка 14,26 %), причем быстроходная ступень в нем недогружена (недогрузка 39,33 %). Редукторы Ц2УМ и 1Ц2У по нагрузочной способности примерно одинаковы, способны обеспечить долговечную работу в постоянном режиме при значении момента на тихоходном валу 5000 Нм, причем нагрузочная способность в полной мере реализуется как в быстроходной, так и в тихоходной ступенях (недогрузка передач лежит в пределах от 1,37 до 6,09 %).

Проверка прочности зубьев передач по напряжениям изгиба дала результаты, представленные в табл. 3.

Как следует из данных табл. 3, передачи редукторов всех типов обладают необходимой нагрузочной способностью (лимитирующие моменты определяются прочностью на изгиб зубьев шестерен передач), причем в редукторе 1Ц2У недогрузка как быстроходной, так и тихоходной ступеней, существенно выше, чем в редукторах Ц2У и Ц2УМ. Это вполне объяснимо, поскольку значений моду-

Таблица 3

Значения моментов на валах редуктора по условиям изгибной прочности зубьев колес — нагрузочные/допускаемые (с округлением до целых)

Тип редуктора	Значения моментов на валах редуктора, Нм	
	Промежуточный вал	Тихоходный вал
Ц2У	799/4198	5000/5666
Ц2УМ	1076/4094	5000/7338
1Ц2У	1048/5340	5000/13289

лей зацепления в редукторе 1Ц2У в 1,33 и 1,26 раза больше (для быстроходной и тихоходной ступеней соответственно), чем в редукторах Ц2У и Ц2УМ. В связи с этим редукторы типа 1Ц2У часто называют "крупномодульными". Кроме этого отличия, можно отметить еще и меньшие значения чисел зубьев колес в передачах 1Ц2У. Конечно, отнесение передач редукторов 1Ц2У к "крупномодульным" достаточно условно. Скорее всего, они "среднемодульные" [3], но тем не менее увеличение модуля зацепления усложняет и удорожает технологический процесс изготовления колес. Не случайно в коммерческих предложениях заводов-изготовителей цена только комплекта передач редуктора 1Ц2У сопоставима с ценой редуктора Ц2У в сборе. Учитывая данное обстоятельство, модернизация редуктора Ц2У до варианта Ц2УМ с сохранением значений модулей зацепления может быть экономически выгодной.

Заключение

Редуктор типа 1Ц2У является достаточно удачной модификацией двухступенчатых цилиндрических зубчатых редукторов и обеспечивает заявляемые нагрузочные характеристики при эксплуатации в составе грузовой лебедки автокрана. Но такой редуктор дороже редуктора типа Ц2У.

Модернизация существующих редукторов типа Ц2У при проведении ремонтно-восстановительных работ изменением параметров передач ступеней редуктора, но с сохранением модулей зацепления передачи, с использованием достаточно сложных и дорогих деталей типа корпус и других модернизируемого редуктора позволяет получить характеристики, идентичные характеристикам редуктора типа 1Ц2У, и снизить стоимость ремонта.

С целью обеспечения эффективного использования свойств материалов колес передач в редукторах Ц2УМ (достижения равной нагрузочной способности быстроходной и тихоходной ступеней) рекомендуется выдерживать значение отношения передаточных чисел быстроходной U_B и U_T тихоходной ступеней в пределах общепринятых значений ($U_B/U_T = 1,3...1,4$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **ГОСТ 21354—87** (СТ СЭВ 5744—86) Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность. — М.: Изд-во стандартов, 1988. — 99 с.
2. **Иванов М. Н., Финогенов В. А.** Детали машин: учеб. для студентов высших техн. учеб. заведений. — 8-е изд., испр. — М.: Высш. шк., 2003. — 408 с.
3. **Кравцов Н. В., Тимофеев Ю. В., Ключко А. А.** и др. Технология обработки крупномодульных закаленных зубчатых колес твердосплавными червячными фрезами: монография / науч. ред. А. А. Пермяков. — Тольятти: ЗАО "ОНИКС", 2012. — 256 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. РЕМОНТ

УДК 629.113.539.538

С. А. Гребенников, канд. техн. наук, доцент, e-mail: sa.greb@mail.ru,

А. С. Гребенников, д-р техн. наук, профессор, СГТУ им. Ю. А. Гагарина, г. Саратов, e-mail: asg@sstu.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ И РЕСУРСА АВТОМОБИЛЕЙ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ МЕЖРЕМОНТНЫХ ПЕРИОДАХ

Рассмотрены вопросы прогнозирования ресурса и эксплуатационных затрат на поддержание работоспособности автотранспортных средств после выполнения капитальных ремонтов их агрегатов и систем. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований изменения показателей ресурса и затрат на технические воздействия в последовательных межремонтных периодах эксплуатационного цикла автомобиля и неравномерности расхода запасных частей по сезонам года.

Ключевые слова: автомобиль, прогнозирование, ресурс, затраты, запасные части, ремонт, сезон года.

Issues of resource forecasting and operational costs for maintenance of vehicle operability after their performance to units and systems of major repairs are considered. The results of theoretical and experimental studies of change of resource indices and costs for technical impacts in successive inter-repair periods of the vehicle operating cycle and non-uniformity of spare parts consumption over the seasons of the year are presented.

Keywords: car, forecasting, resource, costs, spare parts, repair, season of the year.

Материально-трудовые затраты на обеспечение работоспособности автотранспортных средств (АТС) до 50 % формируются статьями расхода средств на приобретение и доставку запасных частей [9, 12] в автотранспортные предприятия (АТП). В себестоимости коммерческих перевозок они составляют значительную часть (до 25 %) и на протяжении эксплуатационного цикла не остаются постоянными: по мере выработки ресурса ("возраста") АТС их доля увеличивается из-за нарастающей частоты отказов основных элементов и сложности выполнения ремонтно-восстановительных операций.

По этой причине финансовыми и техническими службами АТП постоянно корректируются предстоящие квартальные и годовые эксплуатационные затраты на выполнение регламентных работ по техническому обслуживанию (ТО), текущему (ТР) и капитальному (КР) ремонтам АТС. Основанием для их планирования являются нормативные требования Положения [15] или Руководств по эксплуатации [2] фирм — производителей АТС, которые рассчитаны на амортизационный период 8—10 лет с последующим их списанием и утилизацией.

Однако в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. (Распоряжение

Правительства РФ № 1734-р) не указаны возрастные пределы или ориентировочные пробеги эксплуатации АТС, поэтому в настоящее время более половины подвижного состава имеют наработки, значительно превышающие амортизационные. Порядок планирования эксплуатационных затрат, рекомендуемый Положением [15], на обеспечение работоспособности "возрастных" АТС, прошедших один и более КР, давно не пересматривался и не в полной мере соответствует реальным их показателям на современном этапе развития отрасли.

При разработке методик планировании объема востребования запасных частей и других расходных материалов принято исходную информацию представлять двумя формами: статистическими данными их спроса со склада за прошлые годы или сведениями о надежности элементов автомобилей (законами распределения вероятностей наработок до предельного состояния деталей, агрегатов и т. п.).

Наиболее достоверным методологическим подходом к расчету потребности в запасных частях считается второй вариант — на основании установленных норм расхода запчастей по известным показателям наработки на отказ деталей или их долговечности [1, 9, 12, 14, 17] с учетом особен-

ностей эксплуатации АТС в АТП. На этой основе разработано несколько более точных разновидностей стратегий планирования поставок запасных частей [3, 4, 12, 14] и материальных средств на их приобретение, которые в первую очередь рекомендованы для крупных АТП и станций технического обслуживания (СТО) со значительным числом обслуживаемых однотипных АТС. В них принято считать, что спрос на запасные части к автомобилям в течение года является равномерным с интенсивностью y ед./день, соответственно, в интервале времени Δt (неделя, месяц, квартал) имеет место потребность в них $Y = y\Delta t$. С учетом сопутствующих издержек при поставках запасных частей АТП необходимый их запас на складах в планируемом временном интервале — дней T [4] определяют с использованием целевой функции минимизации затрат:

$$f_1(T, y) = f_1(y(t), 0 \leq t < T) = s \sum_{t=1}^T y, \chi(y_t \geq 0) + h \sum_{t=1}^T y/x (y_t < 0) + gn(T), \quad (1)$$

где χ — индикатор множества $A(y_t \geq 0 \Rightarrow \chi(y(t) \geq 0) = 1; y(t) < 0 \Rightarrow \chi; (y(t) \geq 0) = 0; f_1(T, y)$ — функция издержек управления запасами; $y(t)$ — объем запасов для определенной номенклатуры запасных частей и комплектующих на моменты $t > 0$, ед.; $n(T)$ — число поставок на временном интервале T , ед.; s — стоимость хранения одной позиции запасной части за единицу времени, руб./день; g — стоимость доставки одной планируемой партии запасных частей, руб.; h — убыток или упущенная выгода из-за отсутствия запасной детали, руб.

Известна также упрощенная рекомендация Вильсона [14] по определению оптимального заказа (ОРЗ) поставок запасных частей с учетом корректировочного коэффициента k , характеризующего скорость пополнения запасов на складе по времени его исполнения после заказа:

$$\text{ОРЗ} = \sqrt{\frac{2gy(t)}{sk}}. \quad (2)$$

Однако, как свидетельствует практика, на процессы планирования поставок запасных частей и эксплуатационных материалов по (1), (2) в АТП оказывают влияние много иных факторов, и прежде всего "возраст" и природно-климатические условия эксплуатации подвижного состава. Особенно значительные расхождения планируемых и реально необходимых объемов поставок наблюдаются в крупных, "базовых" АТП города, которые помимо "своих" осуществляют ТО и ре-

монт автомобилей, принадлежащих сторонним коммерческим организациям. Следует заметить, что подобная практика характерна для большинства городов. Тенденция последних десятилетий, направленная на разукрупнение АТП, привела к ситуации сосредоточения более 90 % коммерческого автомобильного парка России в малых по составу АТС (менее 25 единиц) предприятиях индивидуальных владельцев, нуждающихся в централизованном качественном обслуживании. Из-за существующей спонтанности поступления сторонних АТС с различными сроками эксплуатации на ремонтно-восстановительные воздействия в "предписанные" базовые АТП города сроки их простоя в ТР или КР по причине отсутствия запасных частей значительно превышают даже ранее установленные нормативы [15].

В создавшейся проблеме наиболее приемлемой методикой планирования объема, номенклатуры поставок в ограниченных временных (среднемесячных, квартальных и годовых) интервалах и иных технико-экономических показателей работы базовых АТП являлась та, которая учитывала и опиралась на закономерности изменения технического состояния АТС по пробегу в последовательных между капитальными ремонтами периодах. Сказанное выше определило теоретическую и практическую актуальность данной работы.

Цель статьи — обоснование методологии прогнозирования по корректированию показателей материально-трудовых затрат и ресурса коммерческих АТС в последовательных межремонтных периодах эксплуатационного цикла.

В работе [5] доказано, что поток постепенных отказов агрегатов и систем АТС в процессе эксплуатации (по пробегу l) экспоненциально увеличивается:

$$\omega_{\text{пот}} = \omega_{0\text{от}} e^{b_{\text{от}} l}, \quad (3)$$

где $\omega_{0\text{от}}$ — параметр потока постепенных отказов в конце этапа приработки элементов автомобиля; $b_{\text{от}}$ — коэффициент интенсификации отказов.

Из динамики отказов (3) следует, что расходы на запасные части, эксплуатационные материалы и трудовые ресурсы, обеспечивающие работоспособность автомобиля в эксплуатации, подчиняются той же закономерности:

$$C = C_{03} e^{b_3 l}, \quad (4)$$

где C_{03} — значение материальных и трудовых затрат на устранение отказов, приведенных к на-

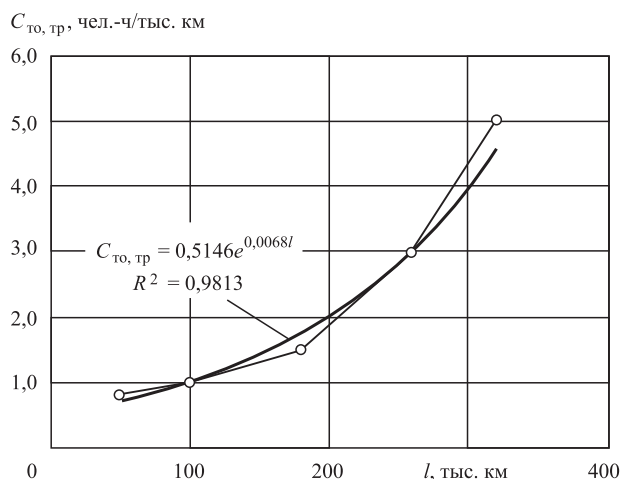


Рис. 1. Изменение удельной трудоемкости $C_{то, тр}$ на обеспечение работоспособности автомобилей КАМАЗ-5511 от пробега L до КР

чалу эксплуатации (после этапа приработки); b_3 — коэффициент интенсификации, характеризующий изменение эксплуатационных затрат на единицу пробега l АТС.

Объективность зависимости (4) подтверждена многочисленными данными, приведенными в работах авторов [5] и других исследователей [1, 6—8, 10, 12, 16]. На рис. 1 приведен пример прогрессирующего роста эксплуатационных затрат по материально-трудовым ресурсам, превышающим более чем в три раза затраты первых трех лет, для автомобилей КАМАЗ [6] по пробегу за первый амортизационный период работы (8 лет), аппроксимированных по (4) с высокой степенью достоверной вероятности.

Косвенно о прогрессирующем росте эксплуатационных расходов на запасные части по мере выработки ресурса основными агрегатами АТС можно судить по статистическим данным изменения рыночной цены подержанного автомобиля много-

миллионного автопарка США, соответствующей также экспоненциальной зависимости (рис. 2).

Традиционно считается, что экспоненциальный рост материально-трудовых затрат (4) на поддержание работоспособности АТС характерен для всего периода эксплуатации, вплоть до списания [1, 9, 12]. Однако статистика [5—8, 10, 12, 16] по АТС отечественного и зарубежного производства свидетельствует, что показатели динамики изменения затрат, отображенной на рис. 1, соответствуют только первому, начальному периоду эксплуатации — до выполнения полнокомплектного КР автомобилю или основным его агрегатам. При длительной эксплуатации (более 10 лет), характерной для 70 % АТС России, показатели тренда затрат (4) на восстановление их работоспособности в последующих межремонтных периодах имеют иные значения и структуру их представления на протяжении всего эксплуатационного цикла. Подтверждением этому служат "точечные" значения суммарных эксплуатационных затрат на ремонт агрегатов и систем автомобилей в интервалах пробега, соответствующих среднемесячному, квартальным и годовым отчетам АТП, которые значительно отклоняются (до 50 % и более) в обе стороны от линии тренда зависимости (4), снижая показатель R^2 ее достоверности. В качестве подобного примера на рис. 3 показана аппроксимация "точечных" суммарных удельных затрат на ТО и ТР исследуемой группы автомобилей DAF95 XF по экспериментальным данным [16] на достаточно длительном периоде эксплуатации, которая только в интервале пробега $l = 500...770$ тыс. км по зависимости (4) имеет параметры $C_{тор} = 0,2103e^{0,003l}$ с достаточным показателем детерминации ($R^2 = 0,72$). Первый этап эксплуатации автомобилей DAF95 XF на начальном пробеге до 500 тыс. км и третий $l > 770$ тыс. км имеют иные показатели зависимости (4).

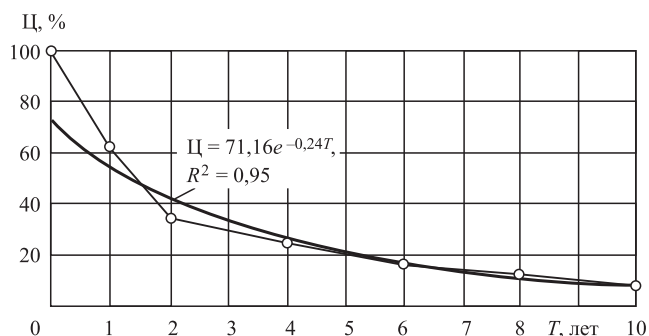


Рис. 2. Изменение рыночной цены C автомобиля от срока эксплуатации T

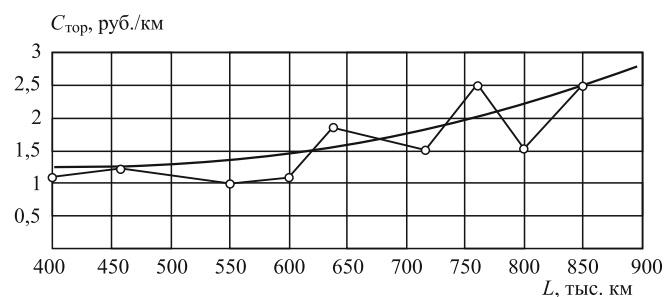


Рис. 3. Изменение удельных затрат $C_{тор}$ на обеспечение работоспособности подконтрольной группы автомобилей DAF 95 XF от пробега L

Причина значительных колебаний эксплуатационных затрат (см. рис. 3) заключена в существующей стратегии поддержания работоспособности сложных технических систем, каковым является автомобиль, основанный на принципе нормативно установленной периодичности выполнения технических воздействий по восстановлению его ухудшающихся потребительских свойств в эксплуатации.

Эту гипотезу подтвердил выполненный авторами анализ причинно-следственных факторов колебаний эксплуатационных затрат по индивидуальным группам однородных как по моделям, так и условиям работы групп АТС, который выявил циклическую структуру трансформации закономерности (4) в межремонтных периодах эксплуатации АТС. Она обусловлена качественными преобразованиями общего технического состояния АТС после проведения значительных по объему текущих или КР основным его агрегатам и системам. Отмечено заметное снижение эксплуатационных издержек на восстановление работоспособности грузовых АТС после замены дорогостоящих элементов (АКБ, шин), как правило, по срокам совпадающих с капитальными или текущими ремонтами ДВС, трансмиссии и ходовой части; для автобусов и такси в дополнение к перечисленным работам — с восстановлением кузовных элементов: облицовочных панелей, колесных ниш, дверей и ферм. При этом материальные затраты на обеспечение работоспособности АТС в начальные периоды следующего межремонтного цикла эксплуатации возвращаются к значениям, близким к исходным, свойственным новым автомобилям.

Если ограничить технико-экономическим критерием [1, 6] величину эксплуатационных затрат $C_{эн кр}$ на поддержание работоспособности АТС в межремонтных периодах или показателем получения максимального эффекта от выполненной ими транспортной работы [13], то динамика изменения технического состояния и затрат на ремонтно-восстановительные работы с объемами расходуемых запасных частей будет соответствовать виду функциональных зависимостей, графически отображенных на рис. 4, где вертикальными сплошными линиями выделены затраты на проведение КР, а пунктирными — пробеги автомобиля до очередного КР. В соответствии с (4) значения затрат на ТО и ТР, приведенные к начальным периодам следующих межремонтных циклов, будут экспоненциально возрастать: $C_{0тор2} > C_{0тор1}$.

Теоретические доводы, подтверждающие циклическую трансформации показателей динамики

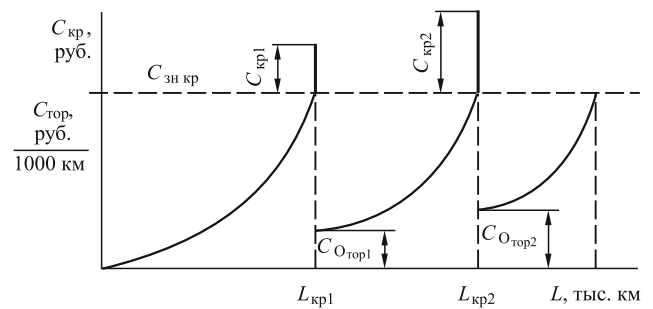


Рис. 4. Изменение затрат $C_{тор}$ на ТО и ремонт АТС в межремонтных циклах эксплуатации L

по более "крутым" интенсивностям изменения затрат на поддержание работоспособности АТС и ресурсных возможностей восстановленных АТС в последовательных межремонтных циклах эксплуатации (см. рис. 4) следующие.

Из-за невозможности воспроизведения условий заводской сборки, лишь частичной замены элементов на новые и наличия в незамененных деталях остаточных показателей износа, деформаций и других физико-химических изменений ресурс восстановленных после КР элементов всегда меньше, чем у нового АТС. Поэтому динамика изменения их параметров S (структурных, усталостных и коррозионных) в последовательных межремонтных интервалах эксплуатации будет определяться относительным различием их начальных численных значений S_0 в обобщенной формуле [1]:

$$S = S_0 e^{bl}. \quad (5)$$

Так как первоначальное значение обобщенного показателя S_{01} не равно аналогичному, соответствующему послеремонтному периоду эксплуатации АТС S_{02} , то при известных предельных S_n значениях обобщенного параметра взаимосвязь ресурсов L_1 (начального) и L_2 (после КР) в соответствии с (5) экспоненциально зависит от их разности ($S_{02} - S_{01} > 0$):

$$L_2 = L_1 \ln\left(\frac{S_n}{S_{02}}\right) / \ln\left(\frac{S_n}{S_{01}}\right). \quad (6)$$

Следовательно, каждый последующий межремонтный период ($L_{кр1} \dots L_{кр2}$, $L_{кр2} \dots L_{кр3}$) АТС в 1,2—2 раза короче начального $0 \dots L_{кр1}$. Принято считать [12, 15], что после первого КР неустраняемые (остаточные) повреждения, вызванные перечисленными причинами изменения технического состояния АТС, составляют величину не менее 20 %, то значение ресурса впервые капитально

восстановленного автомобиля в идеальном случае не превысит $0,8 L_{кр}$. При дальнейшей эксплуатации послеремонтный ресурс АТС экспоненциально уменьшается относительно предыдущего межремонтного пробега $L_{кр\ n-1}$:

$$L_{кр\ n} = L_{кр\ n-1} e^{-b_{кр} l}, \quad (7)$$

где $b_{кр}$ — коэффициент интенсификации изменения технического состояния АТС после КР.

Зависимости (4) и (7), наглядно отраженные на рис. 4, применимы не только к целостной структуре АТС, но и к отдельным его составляющим агрегатам и системам. В этом отношении особенно показателен пример цикличности изменения затрат и ресурса АТС (рис. 5) по экспериментальным данным сотрудников МАДИ [7] по ремонту кузовных элементов в процессе эксплуатации 500 микроавтобусов в условиях пассажирских перевозок Махачкалы. Уменьшенные значения протяженности сроков и увеличенные амплитуды циклических изменений затрат (на рис. 5 циклы показаны штриховыми линиями) по сроку эксплуатации подтверждают ранее обоснованные теоретические предпосылки.

Сравнительные показатели циклических изменений удельных затрат на обеспечение работоспособности двигателей ЗИЛ 8Ч 10/9,5 (по данным Е. С. Кузнецова [12]) и их ресурса до и после КР как наиболее сложного агрегата АТС, состоящего из множества механизмов и систем, приведены на рис. 6.

На рис. 7 по данным [1, 6] показаны изменения затрат на ремонт одиночного, более простого

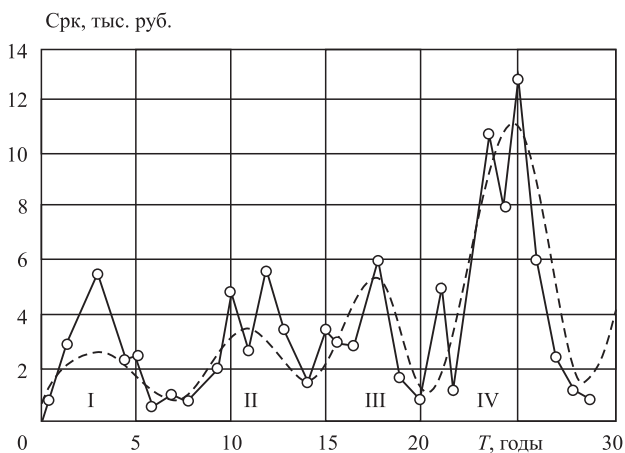


Рис. 5. Полигон стоимостных затрат $C_{рк}$ кузовных работ от срока эксплуатации T микроавтобусов:

I—IV — межремонтные периоды

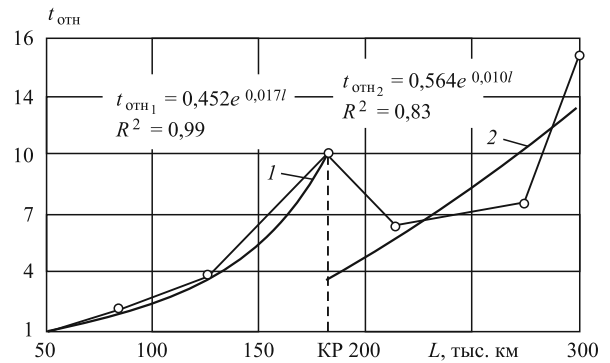


Рис. 6. Изменение относительной трудоемкости $t_{отн}$ устранения отказа ДВС 8Ч 10/9,5 от пробега L до и после выполнения КР

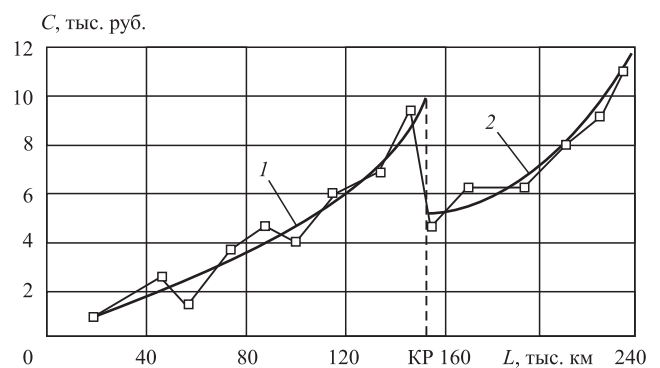


Рис. 7. Изменение затрат C на ремонт колес и ступиц по пробегу L автомобилей КАМАЗ-5511 до ремонта (1) и после (2)

элемента АТС — ступиц колес автомобилей-самосвалов "КАМАЗ-5511" и их ресурсные показатели до и после ремонтно-восстановительных работ на пробеге 140...160 тыс. км. Как видно из рис. 6, параметры экспоненциальных зависимостей роста затрат на обеспечение работоспособности колесных ступиц различаются: на начальном этапе (поз. 1) $C_1 = 0,803e^{0,017l}$, $R^2 = 0,91$; в первом межремонтном цикле (поз. 2) $C_2 = 1,075e^{0,009l}$, $R^2 = 0,94$. Соответственно, и значение ресурса ступиц колес после восстановления $l \approx 100$ тыс. км составляет около 70 % от первоначального.

Рассмотренные примеры подтверждают правомерность представления динамик эксплуатационных затрат для планирования поставок запасных частей по зависимости, показанной на рис. 4, для большинства регионов России. В зонах с экстремальными условиями эксплуатации АТС, к которым относятся районы [11, 15] очень жаркого сухого климата с высокой агрессивностью окружающей среды, а также очень холодного климата (Крайний Север), при планировании квартальных полугодовых затрат необходимо учитывать

и сезонность предстоящих транспортных работ. В этих районах, помимо отмеченной цикличности изменения затрат, имеющей место в периодах между КР, существуют значительные периодические всплески потока отказов элементов АТС по временам года, по которым перепады температур достигают 60 °С и более. Подобные изменения сезонных температур характерны 10 субъектам, наиболее суровые условия (до 90 °С) — в Республике Саха (Якутия). В ряде районов Сибири и Крайнего Севера при температурах -60...65 °С и скорости ветра до 30 м/с протяженность морозного периода может составлять 200...300 дней в году. В таких условиях долговечность элементов двигателя, трансмиссии, электрооборудования и шин существенно снижается.

Необходимость учета сезонных перепадов температуры воздуха в течение календарного года при планировании поставок запасных частей обусловлена их причинно-следственной связью с неравномерностью потока отказов, достигающей для экстремально низких — отрицательных температур 200 % [10] и более (рис. 8); для экстремальных положительных — до 70 %.

Иллюстрацией сказанному служит рис. 9, графическое отображение которого построено по данным, заимствованным из [3]. На общем тренде деструкции элементов автомобилей, работающих в районах Крайнего Севера, явно различимы две разновидности циклических изменений показателей потока отказов ДВС и автомобилей в целом: сезонная (летняя в 1,5—2 раза ниже зимней) и в межремонтных периодах. Границы выполнения КР для ДВС и других основных элементов автомобиля практически совпадают, но имеют интервал в 1—1,5 года (на рис. 9 отмечены стрелками) из-за присущей массовым группам АТС неравномерности изменения технического состояния [5]

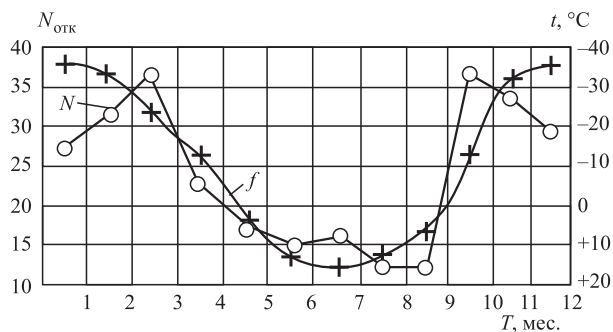


Рис. 8. Зависимость числа отказов $N_{отк}$ рессор автомобиля КАМАЗ и среднемесячной температуры t по месяцам T года в Якутии

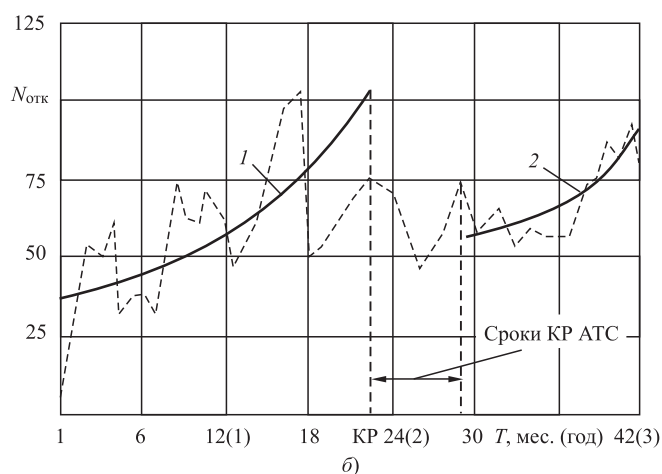
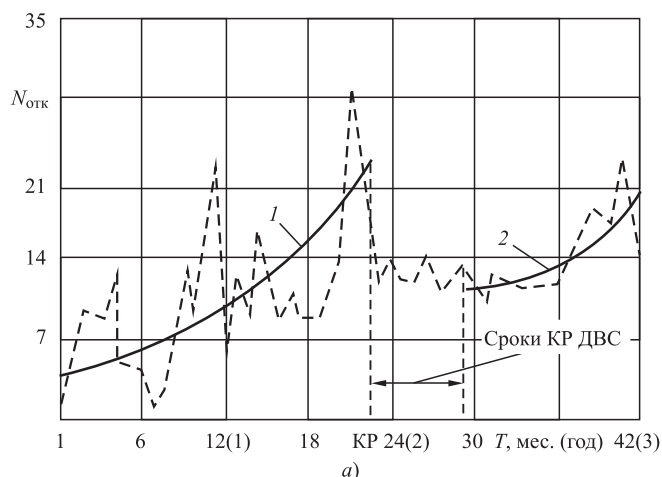


Рис. 9. Зависимости отказов $N_{отк}$ двигателей 8Ч 13,0/14,0 (а) и автомобилей КраЗ (б) от времени эксплуатации T в условиях Крайнего Севера до КР (1) и после (2)

(под наблюдением находились 20 автомобилей одной модели, одного года выпуска и выполняющих одинаковую транспортную работу [10]).

Сезонная нестабильность поступления в зоны ТР АТС имеет место и в прилегающих к центральной зоне областях, но менее выражена. Обобщающие данные [12] свидетельствуют: если показатели надежности городских автобусов большого класса в умеренной климатической зоне в летний период принять за 100 %, то в осенне-весенние месяцы эксплуатации показатели надежности снизятся на 3—5 %, а в зимние — на 20 %.

В связи с изложенным сделаны следующие основные выводы:

— неравномерность поставок и расхода запасных частей на поддержание работоспособности АТС в процессе эксплуатации в общем случае характеризуется экспоненциальной зависимостью (4);

— периодические циклические отклонения затрат на запасные части (см. рис. 4) в пределах эксплуатационного цикла АТС существенно меняют структуру планируемых их поставок в последовательных межремонтных циклах. В регионах с экстремальными условиями, помимо общей закономерности изменения эксплуатационных затрат в межремонтных периодах (4), значимой является периодически изменяющаяся их составляющая, зависящая от сезона года, которую также следует учитывать;

— учет неравномерности и цикличности изменения технического состояния элементов АТС позволяет АТП повысить точность прогнозирования ресурса восстановленных АТС в последовательных межремонтных периодах по (7), тем самым обеспечивать ритмичный, планомерный характер выполнения технических воздействий, что позволит снизить материально-трудовые затраты на обеспечение работоспособности АТС и повысить эффективность его эксплуатации.

Результаты исследования также необходимы для более объективного:

— определения номенклатуры и объема выпуска запасных частей фирмам и заводам — изготовителям АТС;

— экспертного заключения об остаточной стоимости поврежденных при ДТП элементов АТС для начислений средств его восстановительного ремонта в сфере обязательного страхования;

— совершенствования Методики определения рыночной стоимости транспортных средств при производстве товароведческих экспертиз в экспертно-криминалистических службах ФТС России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Авдонькин Ф. Н.** Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. — М.: Транспорт, 1985. — 215 с.
2. **Автобусы:** ЛиАЗ-429260-79; ЛиАЗ-529265-79; ЛиАЗ-621365-79. Номенклатура и нормы расхода материалов и запасных частей для выполнения операций технического обслуживания и текущего ремонта. — Ликино-Дулево: ООО "Ликинский автобусный завод", 2018. — 69 с.
3. **Бауэрсокс Д.** Логистика: интегрированная цепь поставок / пер. с англ. / Д. Бауэрсокс, Д. Клосс. — М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2001. — 640 с.
4. **Статистическая основа имитационного моделирования системы управления запасами предприятия автосервиса / В. Бугримов, А. Кондратьев, В. Сарбаев, В. Бородулин // Мир транспорта и технологических машин. — Орел, 2017. — № 1 (56). — С. 132—138.**
5. **Гребенников А. С., Гребенников С. А., Косарева А. В.** Неравномерность и цикличность изменения затрат на обеспечение работоспособности автомобиля // Вестник машиностроения. — 2017. — № 9. — С. 3—11.
6. **Денисов А. С.** Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. — Саратов: СГТУ, 1999. — 352 с.
7. **Егоров В. А., Абакаров А. А., Жанказиев С. В.** Прогнозирование затрат на кузовные работы // Грузовое и пассажирское автохозяйство. — 2005. — № 5. — С. 79—84.
8. **Жималин А. В., Мороз С. М.** Обоснование целесообразности регулирования периодичности ТО по мере выработки ресурса колесных транспортных средств на коммерческих перевозках // Грузовик. — 2014. — № 9. — С. 21—23.
9. **Кузьмин Н. А., Борисов Г. В.** Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей. — Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева, 2012. — 270 с.
10. **Ишков А. М.** Математическая ритмология в работоспособности техники на Севере. — Якутск: Изд-во Якутского научного центра СО РАН, ГУП "Полиграфист", 2000. — 320 с.
11. **Крайнюков А. В., Жегалов И. Н., Жданов Т. Ю.** Проблема надежного функционирования автомобильной техники в условиях низких температур // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 11. — С. 18—20.
12. **Кузнецов Е. С.** Управление технической эксплуатацией автомобилей. — М.: Транспорт, 1990. — 272 с.
13. **Курганов В. М.** Экономические критерии системы эксплуатации // Грузовое и пассажирское автохозяйство. — 2007. — № 6. — С. 32—35.
14. **Малкин В. С.** Техническая эксплуатация автомобилей: теоретические и практические аспекты. — М.: Академия, 2007. — 288 с.
15. **Положение** о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. — М.: Транспорт, 1986. — 78 с.
16. **Хусейнова О. Н., Янчевский В. А.** Затраты на обеспечение работоспособности современного грузового автомобиля на послегарантийном пробеге // Грузовик. — 2013. — № 8. — С. 34—37.
17. **Wang W.** Spare parts demand: Linking forecasting to equipment maintenance / W. Wang, Aris A. Syntetos // Original research article. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 47, Issue 6, November 2011. P. 1194—1209.

УДК 629.113

И. В. Макарова, д-р техн. наук, профессор, e-mail: kamIVM@mail.ru,

Л. М. Габсалихова, канд. техн. наук, доцент, e-mail: muhametdinoval@mail.ru,

Л. Э. Фатихова, канд. экон. наук, доцент, e-mail: Laren-311@mail.ru,

Э. Н. Цыбунов, канд. техн. наук, доцент, e-mail: edward1977@mail.ru,

Казанский федеральный университет, г. Набережные Челны,

Э. М. Беляев, канд. техн. наук, e-mail: bomund@mail.ru, ООО "ИНКОР", г. Казань

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДКЛЮЧАЕМЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье проанализированы направления интеллектуализации транспортных систем. Указаны проблемы расширения парка подключаемых транспортных средств. Показано, что для управления надежностью беспилотных транспортных средств необходимо совершенствовать систему сервиса. Произведена оценка рисков, вывода на рынок подключаемых транспортных средств. Все это позволит определить сервисную стратегию, а также выполнять ее корректировку в случае необходимости.

Ключевые слова: подключаемые транспортные средства, техническое обслуживание автомобилей, оценка рисков.

The article analyzes the directions of intelligent transport systems. The problems encountered in expanding the fleet of connected vehicles are indicated. It has been shown that in order to manage the reliability of intelligent vehicles, it is necessary to improve the service system. Risk assessment, introduction of connected vehicles to the market has been performed. This will allow you to define a service strategy and adjust it if necessary.

Keywords: connected vehicles, vehicle maintenance, risk assessment.

Автомобильная промышленность претерпевает значительные изменения: крупнейшие производители машин совместно с IT-разработчиками идут к созданию транспортных средств с возможностью полностью автономного вождения. С каждым годом постоянное технологическое усовершенствование транспортных средств, приводит к усложнению их конструкции, появлению новых систем и механизмов, оборудованных электроникой. Появляются и регулярно пересматриваются экологические нормы и новые стандарты качества, предъявляются более высокие требования к безопасности дорожного движения и сервисного сопровождения автомобиля.

Инновации в области транспорта сегодня являются очень актуальной темой. Более чем когда-либо прежде мы понимаем, что транспорт имеет ключевое влияние на общество, в вопросах формирования и постоянного развития. Это нашло отражение в концепции "Смарт-Сити". При этом умная мобильность является здесь одним из основных вопросов, поскольку обеспечивает возможность доступа людей к местам труда и отдыха, а также является частью производственной и других подсистем в экономике города.

Умная мобильность

В обзоре агентства "Делойт" указывается, что существуют две противоположные точки зрения на будущее мобильности. Их принципиальные отличия в основном связаны с вопросом, останется ли сегодняшняя модель частной собственностью на традиционные автомобили, управляемые человеком, относительно неизменной, или мы рано или поздно перейдем к автономным автомобилям преимущественно совместного использования. Также существуют принципиально разные точки зрения относительно того, каким именно будет путь к развитию. Сторонники идеи естественной эволюции полагают, что развитие бизнес-экосистемы автомобильной отрасли будет последовательным и прямолинейным, а ее текущие активы и фундаментальная структура по существу останутся неизменными. Приверженцы противоположной точки зрения — рывкового развития — прогнозируют наступление переломного момента, обещающего весьма интересные экономические перспективы и преимущества для общества. При этом аналитики ввиду соперничества рыночных сил, формирующих

новую структуру автомобильной отрасли выделили четыре различных сценария ее развития, которые появятся в результате влияния двух ключевых факторов: способа вождения (вождения с участием человека или автономного управления), формы собственности на транспортные средства (частной или совместной). Согласно результатам анализа, инновации будут распределяться неравномерно в разных странах мира, население которых испытывает различные потребности в разнообразных видах транспорта. Это означает, что все четыре формы транспортной экосистемы будущего, вероятно, будут существовать одновременно.

Росту мобильности населения в настоящее время существенно содействует служба, предоставляющая в реальном масштабе времени информацию о дорожной ситуации и оптимальных маршрутах поездки (RTTI — Real-time Traffic and Travel Information). Эту информацию (все чаще в сочетании с услугами спутниковой навигации) сейчас предлагают как государственные, так и частные источники. В более долгосрочной перспективе, как ожидается, раскроют весь свой потенциал системы, устроенные по принципу сотрудничества между участниками движения и элементами инфраструктуры, к числу которых относятся системы, предусматривающие связь и обмен информацией между транспортными средствами V2V (vehicle-to-vehicle), между транспортным средством и инфраструктурой V2I (vehicle-to-infrastructure) и между разными элементами инфраструктуры I2I (infrastructure-to-infrastructure). При необходимости эти системы будут дополняться системой определения местоположения и времени Global Navigation Satellite System (GNSS).

Наряду с разработкой полностью автономных транспортных средств (ТС) автопроизводители работают над совершенствованием систем помощи водителю (ADAS), которые используют технологии V2x и 5G для коммуникации с другими участниками движения. По мнению исследователей, снижение роли человеческого фактора в процессе управления большими системами приведет к снижению риска возникновения инцидентов, которые в условиях больших городов и мегаполисов вызывают серьезные последствия.

Традиционная технология содействия водителю позволяет распознавать некоторые объекты, осуществлять базовую классификацию, извещать водителя об опасных ситуациях и в некоторых случаях, замедлять или останавливать движение

автомобиля. Этот уровень развития технологии отлично справляется с обнаружением мертвых зон, содействием при смене полосы движения и предупреждениями об опасности столкновений.

Системы бортовой диагностики

Интеллектуализация автомобилей, направленная на повышение безопасности транспортных систем, приводит к ряду проблем, связанных с усложнением конструктивных и технологических решений. Автомобильные компании, работающие в направлении разработки и внедрения автономных транспортных средств, прогнозируют появление ряда проблем, связанных с периодом их эксплуатации, как коммерческой (перевозки), так и технической (сервис). Новые возможности и ограничения, с которыми придется столкнуться при использовании автономных транспортных средств рассматриваются в статьях [1–3]. В настоящее время пока не созданы условия для широкого распространения автономных транспортных средств, поскольку предстоит тщательно проанализировать вопросы безопасности [4]. Развитие бортовых систем диагностики приводит к появлению проблем, связанных с надежностью технических и электронных систем, организацией их сервисного сопровождения, безопасностью [5–7], конфиденциальностью данных и сложностями в применении средств ИТ и программного обеспечения.

Производители автомобилей заинтересованы в предвидении будущего автономных транспортных средств, перспективах их вывода на рынки. Перед производителем автономных автомобилей стоит задача обеспечения бесперебойной эксплуатации транспортного средства, то есть необходимо решить вопросы организации их обслуживания. Для дистанционной оценки технического состояния транспортных средств необходимо создать удаленную базу данных для сбора кодов отказов и их передачи в сервисный центр для дальнейшего заказа запасных частей и планирования времени заезда на ТО и ТР. Еще одним вопросом обеспечения надежности автономных транспортных средств является выбор перечня и мест установки датчиков для своевременной технической диагностики автомобильных узлов, агрегатов и систем, в наибольшей степени

влияющих на безопасность, учитывая при этом, что сами датчики являются также техническими системами, которые могут выйти из строя, в связи с чем вопросы их надежности очень важны. В настоящее время разработке систем бортовой диагностики посвящены многочисленные исследования, так, в статье [8] представлена бортовая диагностическая система, основанная на прогнозной информации, с использованием внутриавтомобильной беспроводной сети с дополнительными функциями мониторинга состояния водителя, бортовых датчиков для определения состояния автомобиля.

Чтобы вся система эксплуатации и сервиса автономных транспортных средств работала согласовано, необходимо взаимодействие между различными подсистемами: дорожной инфраструктурой, системами сервиса и логистики, самими транспортными средствами и другими участниками движения, а также производственной системой. Для этого создается единая информационная среда и интеллектуальные системы управления. В большей степени этому отвечает концепция "Смарт-Сити", где интеллектуальными средствами управления охвачены все подсистемы.

Организация сервисного сопровождения

Одним из наиболее важных и необходимых условий обеспечения конкурентоспособности автомобилестроительных компаний на мировом рынке является совершенствование системы фирменного обслуживания. Дилерские центры должны обеспечить возможность сбора информации о техническом состоянии подключаемых средств, изучение статистики отказов по новым моделям автомобилей, чтобы прогнозировать вероятность их наступления.

Бортовые системы подключаемых ТС на каждом автомобиле будут сигнализировать о необходимости технического обслуживания и более сложных проблемах, при этом необходим непрерывный мониторинг технического состояния, что требует совершенствования бортовых систем. Мониторинг технического состояния позволит предупреждать преждевременные отказы, а также корректировать режимы обслуживания автомобилей.

В статье [9] анализируются способы увеличения эксплуатационной надежности грузовых автомобилей путем мониторинга и диагностики их технического состояния. Проанализирована возможность применения метода вибродиагностики для оценки технического состояния и прогнозирования оставшегося срока службы сцепления автомобиля.

Современные автомобили оснащены большим количеством датчиков, а для подключаемых автомобилей их количество увеличивается, что сказывается на надежности системы. В статье [10] предлагается подход, который использует искусственные нейронные сети, чтобы облегчить задачу бортовой диагностики.

Интеллектуализация транспортных средств, большие достижения в развитии автономных автомобилей делают автомобилестроение подверженным широкому спектру рисков. С увеличением количества подключаемых автомобилей на первый план выйдут вопросы обеспечения надежности данных транспортных средств. Необходимо оценить риски вывода на рынок подключаемых ТС (рис. 1).

Анализ рисков осуществляется методом экспертных оценок. При этом учитывается мнение 10 экспертов, хорошо знакомых с существом проблемы. Каждому эксперту предоставляется перечень рискованных ситуаций, и предлагается оценить вероятность их наступления по следующей системе оценок: 0 — риск рассматривается как маловероятный; 25 — риск, скорее всего, не реализуется; 50 — о наступлении события ничего определенного сказать нельзя; 75 — риск, скорее всего, проявится; 100 — риск наверняка реализуется. Вес показателя: 1 — без последствий; 2 — последствия незначительны; 3 — последствия серьезные, но не критические; 4 — критический уровень последствий.

Оценки экспертов анализируются на непротиворечивость. Вероятность возникновения и значимость рисков отражается на карте рисков (рис. 2).

Анализ матрицы рисков показывает, что наиболее вероятные риски, имеющие серьезные последствия как для человека, так и для транспортной системы в целом, связаны с организацией обслуживающей инфраструктуры подключаемых ТС.

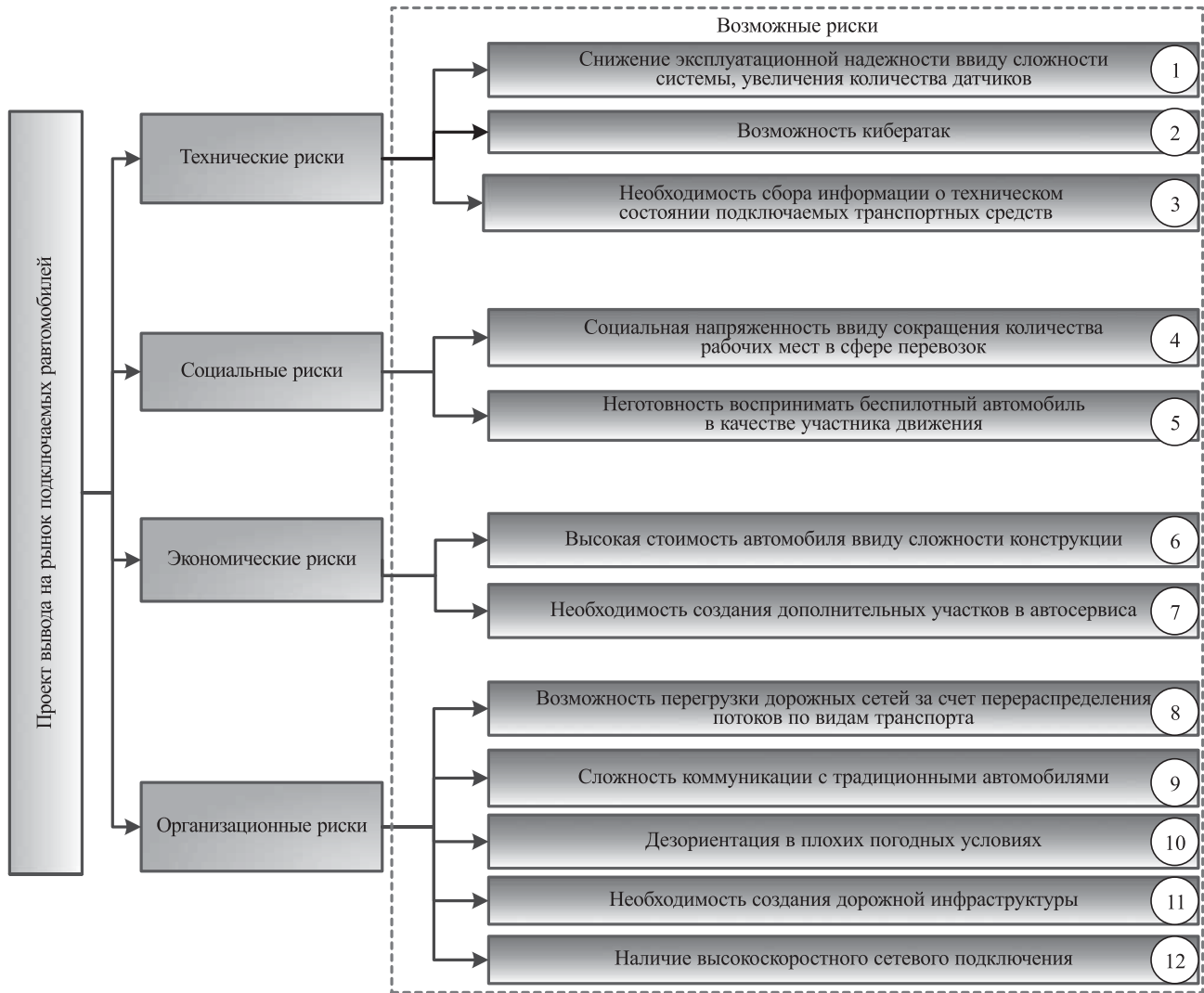


Рис. 1. Логическая карта рисков вывода на рынок подключаемых транспортных средств

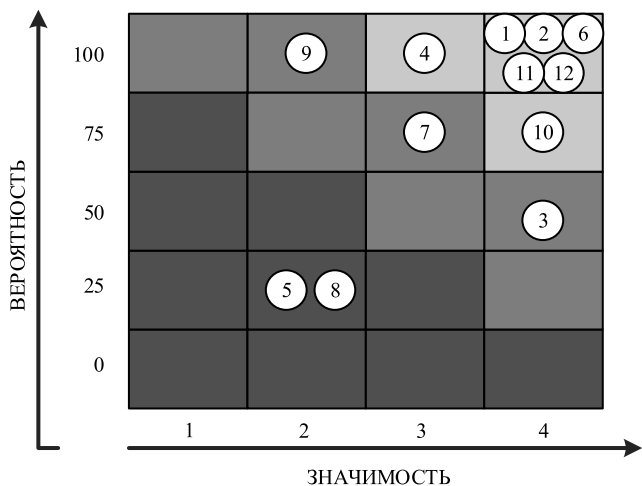


Рис. 2. Карта рисков

Заключение

Решение вопроса организации обслуживания подключаемых транспортных средств необходимо решать на этапе разработки данных автомобилей. Поскольку автомобили становятся умнее, технологии и инфраструктура должны развиваться в тандеме.

Автоматизация будет все больше способствовать быстрому информированию о возможных поломках транспортных средств, с последующим зарезервированием места в автомобильном сервисе для обслуживания и текущего ремонта автомобиля. Однако процесс обслуживания автономных транспортных средств по-прежнему будут требовать участия человека в обслуживании автомобилей.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 19-29-06008/19.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Fagnant D. J., Kockelman K.** Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations. Transportation Research Part A: Policy and Practice, volume 77, 2015, pp. 167–181.
2. **Bonnefon J.-F., Shariff A., Rahwan I.** The social dilemma of autonomous vehicles. Science, volume 352, issue 6293, 2016, pp. 1573–1576.
3. **Bagloe S. A., Tavama M., Asadi M., Oliver T.** Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. Journal of Modern Transportation, volume 24, issue 4, 2016, pp. 284–303.
4. **Cui J., Sabaliauskaite G., Liew L. S., Zhou F., Zhang B.** Collaborative Analysis Framework of Safety and Security for Autonomous Vehicles. IEEE Access, volume: 7, 2019, pp. 148672–148683.
5. **Hacker P.** Personal data, exploitative contracts, and algorithmic fairness: autonomous vehicles meet the internet of things. International Data Privacy Law, volume 7, issue 4, 2017, pp. 266–286, <https://doi.org/10.1093/idpl/ix014>.
6. **Hamada Y., Inoue M., Adachi N., Ueda H., Miyashita Y., Hata Y.** Intrusion detection system for in-vehicle networks. SEI Technical Review, issue 88, 2019, pp. 76–81.
7. **Wang Q., Qian Y., Lu Z., Shoukry Y., Qu G.** A delay based plug-in-monitor for Intrusion Detection in Controller Area Network. Proceedings of the 2018 Asian Hardware Oriented Security and Trust Symposium, Asian HOST 20189 January 2019, № 8607178, pp. 86–91.
8. **Fong B., Situ L., Poon L. C. K., Liu J., Mo R. T., Tsang K. F.** A prognostics framework for reliability optimization of mass-produced vehicle onboard diagnostics system. IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE). DOI: 10.1109/GCCE.2015.7398515, 2015, pp. 408–409.
9. **Makarova I., Mukhametdinov E., Mavrin V., Shubenkova K., Garipov R.** Improvement of the Vehicle's Onboard Diagnostic System by Using the Vibro-Diagnostics Method. 2018 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnosticsika). 2018 / Conference Paper Publisher: IEEE. DOI: 10.1109/DIAGNOSTIKA.2018.8526093.
10. **Nitsche C., Schroedl S., Weiss W.** Onboard diagnostics concept for fuel cell vehicles using adaptive modelling. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004, pp. 127–132.

MAN Truck & Bus на российском рынке

Российское представительство MAN отчиталось об итогах ушедшего года в начале марта 2020 г. В 2019 г. на российский рынок было поставлено 4898 грузовых автомобилей MAN. Тем самым немецкий бренд обеспечил себе 19,4 % рынка EU-7, практически сохранив показатели прошлого года на фоне общей тенденции снижения спроса на рынке.

Самосвалы остаются одним из актуальных направлений работы для MAN. На проходившей с 4 по 7 июня специализированной строительной выставке "Bauma CTT Russia — 2019" состоялось торжественное для MAN событие: самосвал MAN TGS 41.440 8×4 BB-WW с инновационным кузовом "Формат" был удостоен премии "Самосвал года". Совместный продукт MAN и ведущего российского кузовостроителя "Бецема" — это решение нового технологического уровня. Кузов "Формат" вобрал в себя сразу несколько конструктивных инноваций и впечатляет набором достоинств. Презентация новой модели членам жюри была проведена 2 апреля 2019 г. на заводе "Бецема".

Российский рынок автобусов в сегменте EU-7 показал положительную динамику, увеличившись на 72,8 %. Рост MAN при этом составил 106,3 %: от 48 ед. техники в 2018 г. до 100 ед. в 2019 г. Таким образом, доля рынка MAN среди европейских производителей автобусов выросла с 44 до 52 %.

Отдельного внимания заслуживает и особенный для бренда сегмент автобусов для спортивных команд. В 2019 г. компания MAN Truck and Bus Россия выступила в качестве официального поставщика автобуса национальной сборной России по футболу.

3 сентября, в преддверии выездного отборочного матча чемпионата Европы в Глазго со сборной Шотландии на подмосковной базе российской команды, в Новогорске состоялась торжественная церемония. На ней руководство ООО "MAN Трак энд Бас РУС" передали символический ключ от автобуса Neoplan Cityliner с богатым оснащением первому вице-президенту Российского футбольного союза (РФС), легендарному советскому футболисту и тренеру Никите Симоняну и советнику президента РФС, известному в прошлом игроку Алексею Смертину. На церемонии также присутствовал главный тренер сборной России Станислав Черчесов. Автобус для российских футболистов получил инновационный дизайн оформления в рамках коммуникационной кампании национальных сборных "Наши парни". РФС традиционно доверяет компании MAN, как поставщику надежной и безопасной коммерческой техники, право перевозить титулованных спортсменов страны на премиальном автобусе марки Neoplan Cityliner.

MAN также выступил официальным партнером Российского футбольного союза, поставив автобус Neoplan Cityliner для сборной России по футболу, что положительно повлияло на имидж компании.

Пресс-служба "MAN Трак энд Бас РУС"

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

УДК 656.073.7

С. К. Интизаров, магистрант, В. А. Лазарев, канд. техн. наук,
Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОРЯДКА ВЫДАЧИ СПЕЦИАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ПЕРЕВОЗКУ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ И (ИЛИ) КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ

В статье выполнен обзор действующих правил по организации перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов, рассмотрен действующий порядок выдачи специального разрешения на осуществление данного вида перевозок. Определены существующие проблемы и возможные пути их решения.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, организация дорожного движения, тяжеловесные и (или) крупногабаритные грузы, правила перевозок.

The article provides an overview of the current rules on the organization of transportation of heavy and (or) bulky goods, considers the current procedure for issuing a special permit for this type of transportation. The existing problems and possible solutions are identified.

Keywords: road transport, traffic management, heavy and (or) bulky goods, transportation rules.

Тяжеловесные и крупногабаритные перевозки регламентируются многими документами. Основными являются приказ № 272 от 21.09.2016 г. [2], который регламентирует процедуру получения специальных разрешительных документов, и распоряжение Минтранса России № 258 от 24 июля 2012 г. с изменениями на 24 июля 2018 г. [3], разъясняющий действие основного законодательного документа. В Правилах дорожного движения данному вопросу посвящен раздел 23, в котором п. 23.4 дает определение крупногабаритному грузу, а п. 23.5 определяет правила его перевозки.

Общий порядок организации перевозок крупногабаритных грузов требует от перевозчиков получения разрешения на осуществление данного вида деятельности. Выдают разрешения специализированные организации, отобранные Федеральным дорожным агентством (далее — ФДА). Перечень организаций опубликован на сайте www.rosavtodor.ru. Услуга доступна через информационную систему "Госуслуги" (портал www.gosuslugi.ru) (рис. 1). В Приморском крае услугу предоставляет ФКУ ДСД "Дальний Восток" в Хабаровске и представительство ФКУ ДСД "Дальний Восток" во Владивостоке [1]. Основные правила организации перевозок:

— одно разрешение действительно только на один заявленный путь следования;

— стандартное количество транспортных работ по утвержденному пути следования — одна перевозка. В случае если масса, габариты и характер фрахта не изменяются, то возможно повторение транспортировки по утвержденному маршруту (но не более десяти раз);

— продолжительность актуальности разрешения — три месяца.

Для получения услуги необходимо подать заявку (написать заявление) по образцу приложения 2 согласно документации, регламентируемого распоряжением Минтранса РФ от 24.07.2018 № 269. В заявлении предоставляется большое количество данных о просителе (юридическом или физическом лице), об автомобиле, на котором планируется транспортировка (см. рис. 2), и характеристика перевозимого груза. Запрос на услугу подается через портал, порядок подачи также определен ФДА. Информация об этом находится на сайте <http://rosavtodor.ru/activity/operation-of-federal-highways/highways/179>. При положительном решении о выдаче документа заявителю выдается разрешение на утвержденном бланке приложения 1 приказа № 269 Минтранса России от 24.07.2018, в котором указан срок действия документа и утвержденный маршрут.

Заявитель может и не получить разрешение на осуществление перевозки крупногабаритного

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

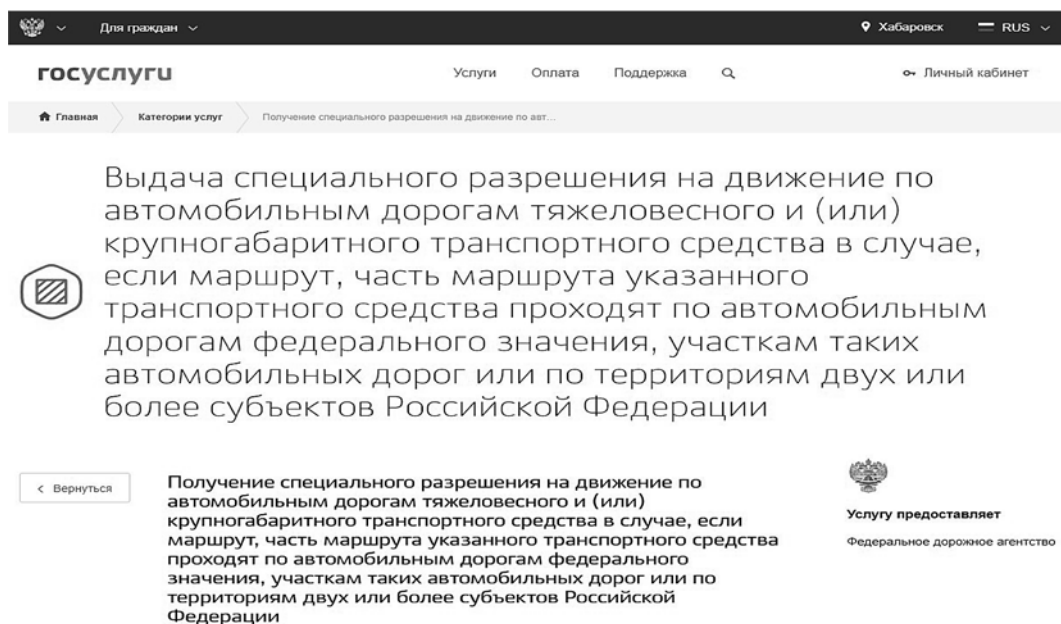


Рис. 1. Раздел официального сайта Росавтодора

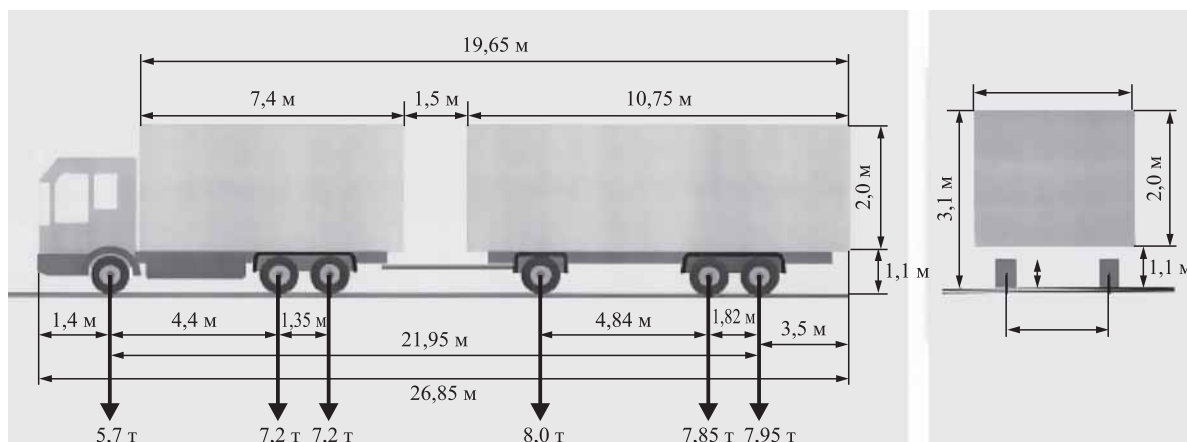


Рис. 2. Схема транспортного средства, заявленного на перевозку крупногабаритного груза

груза по многим причинам, как по формальным признакам, так и по техническим ограничениям. Например, это может быть несоответствие заявленных параметров перевозимого груза и автотранспортного средства, несоответствие автомобильной дороги проложенного маршрута следования по ширине или допустимой нагрузке. Отказ отправляется заявителю на официальном бланке по почте.

17 июня 2010 г. был принят законодательный акт № 1031-р. Этот документ утвержден Правительством РФ. В настоящее время это последний документ, направленный на модернизацию существующего положения, регламентирующего

крупногабаритные перевозки. Этот законодательный акт содержал план действий, направленный на улучшение ситуации, сложившейся в транспортной отрасли, связанной с крупногабаритными перевозками, в том числе и процедуры выдачи разрешительных документов.

Главной целью, которую планировало достичь Правительство РФ, принимая этот документ, являлось совершенствование процедуры получения государственной услуги в области крупногабаритных перевозок по автомобильным дорогам РФ автомобильными транспортными средствами. В данном документе представлены следующие мероприятия:

— составить базу данных, в которой хранить данные по крупногабаритным перевозкам, совершенным на постоянной основе. Это позволит для данной категории перевозчиков разработать порядок получения разрешительных документов по упрощенной схеме;

— выделить в отдельную процедуру процесс получения разрешительных документов для крупногабаритных международных перевозок. Рекомендуется в уполномоченной организации разделить процессы рассмотрения заявки и непосредственно выдачу документа. Это мероприятие позволяет оптимизировать работу уполномоченного органа при международных перевозках;

— изменить процедуру оценки массы перевозимого груза. Для этого возложить обязанности по определению массы транспортного средства, загруженного крупногабаритным грузом на организацию-товароотправителя, с предоставлением соответствующим образом оформленных документов;

— введено четкое определение термина "тяжеловесный груз". Критерием включения перевозимого груза в категорию "тяжеловесного" стало превышение на 2 % любого из двух параметров (с учетом паспортных данных на автомобиль): нагрузки на любую ось автомобиля и массы автомобиля;

— сбор, группировка сведений о категориях автомобильных дорог, их приспособленности к крупногабаритным перевозкам, допустимым габаритам и массе проезжающих по ним транспортных средств с целью создания "Единого государственного реестра".

Согласно законодательному акту № 1031-р основные мероприятия, изложенные выше, были утверждены и от заинтересованных предприятий и организаций потребовали их исполнения. Были созданы рабочие группы из федеральных органов власти, с целью помочь реализовать эти мероприятия. В 2013 г. модернизация отрасли крупногабаритных и тяжеловесных перевозок была завершена.

Проведенная модернизация и оптимизация позволила решить многие актуальные на тот момент проблемы, существующие в области крупногабаритных перевозок. Но в связи с бурным развитием транспортной отрасли участники данного рынка предъявляют новые современные требования. К наиболее острым проблемам можно отнести следующие:

— длительное ожидание принятия положительного или отрицательного решения и выдачи результатов;

— актуализация методики, по которой рассчитывается возможный ущерб, который может быть причинен автомобильной дороге во время транспортировки нестандартного груза;

— тарифная политика. Много вопросов возникает у транспортных компаний по вопросам, как оплаты стоимости крупногабаритных перевозок, так и компенсации возможного ущерба, причиненного объектам, расположенным на дороге, и самому автодорожному полотну. Больше всего проблем возникает при оценке вредного воздействия на дорожное покрытие на разных участках маршрута следования;

— непрерывный сбор и актуализация информации о состоянии дорог, об изменениях в дорожных сооружениях, дорожных покрытиях. Это позволит своевременно обновлять информацию о дорогах, на которых разрешены тяжеловесные и крупногабаритные перевозки.

Одним из главных инструментов в сфере грузоперевозок, как обычных, так и тяжеловесных, является измерение массы транспортных средств. Причем этот вопрос актуален не только для проверяющих органов, но и для грузоперевозчиков. В этом направлении имеет смысл посмотреть, как обстоит дело в ведущих зарубежных странах, в которых вопрос сохранности автомобильных дорог стал актуальным гораздо раньше, чем в РФ. Для контроля веса транспортных средств в зарубежных странах распространены несколько способов:

— по мобильности: стационарные и передвижные;

— по месторасположению: в специализированных местах отдыха (автокемпингах) и непосредственно на автостоянках.

В РФ на дорогах для весового контроля используется оборудование СПВК (стационарные посты весового контроля моделей "Зея", "Контроль-2" и др.).

Наиболее совершенными системами весового контроля являются системы взвешивания транспортного средства без его остановки, при движении с достаточно высокой скоростью. Технология взвешивания автомобилей в движении называется WIM (Weight-In-Motion — взвешивание на ходу). Кроме непосредственно взвешивания проезжающего транспорта, подобные системы обладают большим количеством дополнительных функций. Например, могут быть оснащены системой распознавания номерных знаков и вида транспортного средства.

Системы WIM относятся к интеллектуальным системам, которые позволяют выявлять в потоке

перегруженные грузовики и передавать информацию о них инспекторам дорожного движения на мобильные пункты контроля, расположенные дальше по дороге. Получив детальную информацию, инспекторы будут осуществлять остановку автомобиля и его контрольное взвешивание.

Наиболее современные модели WIM оснащаются динамометрами оптического типа, использующими в качестве чувствительного элемента световоды. Их достоинствами являются: малые габаритные размеры, удобство монтажа и демонтажа с целью переезда на другой участок дороги. Внешне принцип действия оборудования довольно прост (рис. 3).

При наезде на динамометр автомобиль своей массой с силой F воздействует на чувствительный элемент, представляющий собой одномодовый волоконный светодиод (light fiber). Сердцевина его диаметром около 10 мкм, передающая свет, изготовлена из чистейшего кварцевого стекла очень высокой прозрачности. Она окружена оболочкой из кварцевого стекла, но с меньшим показателем преломления, что обеспечивает полное внутреннее отражение света на границе этих сред. Снаружи световод защищен пластмассовой оболочкой (см. рис. 4).

Световод уложен в виде плоской спирали между металлическими листами, передающими измеряемую силу F в направлении, перпендикулярном его оси. Касание световода с металлом

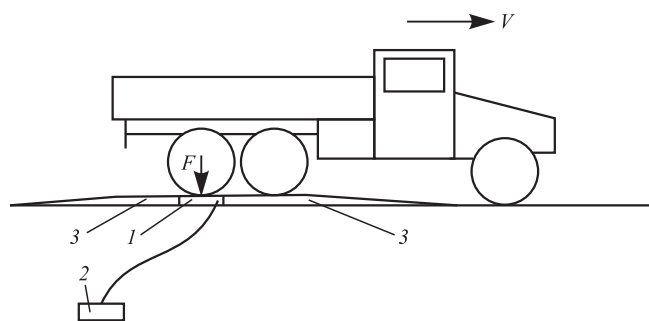


Рис. 3. Структурная схема оптической WIM:

1 — светодилльный динамометр; 2 — контроллер; 3 — механическая основа (каркас)

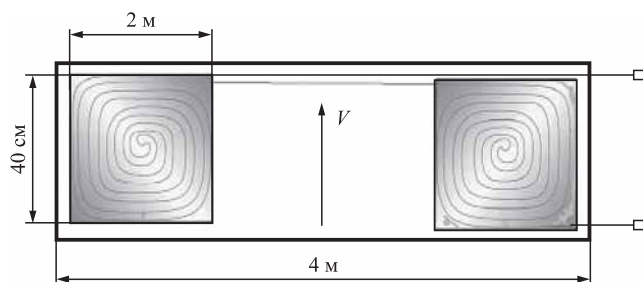


Рис. 4. Горизонтальный разрез динамометра

осуществляется через тонкие резиновые листы. Эти мягкие прокладки равномерно передают световоду давление. Выходной сигнал динамометра поступает в усилитель и затем обрабатывается в цифровом процессоре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **О выдаче** специальных разрешений во Владивостоке [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://fkudsd-dv.ru/polzovatelyam_avtodorog/gruzopere_vozchikam/o-vydache-spetsialnykh-razresheniy-vo-vladivostoke/.
2. **Приказ** Минтранса России от 21.09.2016 № 272 (ред. от 24.07.2018) "Об утверждении Порядка выдачи специальных разрешений на проезд крупногабаритных транспортных средств и (или) тяжеловесных транспортных средств, масса с грузом или без груза и (или) нагрузка на ось или группу осей, которых превышают более чем на два процента допустимую массу транспортного средства и (или) допустимую нагрузку на ось" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_214294/.
3. **Приказ** Минтранса России от 24.07.2012 № 258 (ред. от 21.09.2016, с изм. от 16.01.2017) "Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозку тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_136642/

УДК 656.08

К. В. Бакланова, аспирант, e-mail: pulkristina@yandex.ru,

Е. С. Воеводин, канд. техн. наук, доцент,

Е. В. Фомин, канд. техн. наук, доцент, **А. С. Поляков**, студент,

Н. В. Голуб, ст. преподаватель, Политехнический институт,
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИХ ФИКСАЦИИ

В данной статье описано назначение, преимущество и суть предлагаемого метода фиксации обстоятельств дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с помощью беспилотного летательного аппарата и применения фотограмметрии и фототриангуляции для создания 3D-модели места ДТП.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, столкновения, моделирование, беспилотный летательный аппарат, фотограмметрия, фототриангуляция.

This article describes the purpose, advantage and essence of the proposed method for fixing the circumstances of a road traffic accident using an unmanned aerial vehicle and using photogrammetry and phototriangulation to create a 3D model of the scene of an accident.

Keywords: road safety, collisions, modeling, unmanned aerial vehicle, photogrammetry, phototriangulation.

На современном этапе развития российского общества одним из приоритетных направлений развития является обеспечение безопасности дорожного движения. Анализ статистических данных дает основания утверждать, что аварийность на автомобильном транспорте наносит огромный материальный и моральный ущерб как обществу в целом, так и отдельным гражданам. За последние 10 лет парк легковых автомобилей в России вырос на 37 % — с 31,8 млн шт. в начале 2009 г. до 43,5 млн шт. к началу 2019 г. Рост автомобильного парка влечет за собой увеличение количества дорожно-транспортных происшествий [1].

Анализ правоприменительной практики показывает, что одним из наиболее важных в доказательственном аспекте первоначальных следственных действий по уголовным делам о ДТП является осмотр места происшествия, от качества производства которого напрямую зависит успех расследования. Уровень полноты и детализации при фиксации материальной обстановки места ДТП определяет возможность дальнейшего производства необходимых экспертных исследований и значительно повышает вероятность получения категорического вывода на поставленный вопрос.

Осмотр места совершения дорожно-транспортного происшествия всегда создает неудобства для транспортного потока. Часто это повышает уровень задержки транспортного потока, блокирует отдельные дорожные направления, развязки. В определенной степени это сказывается на общем ритме движения транспорта, безопасности и экономике. Время фиксации обстановки на месте ДТП в среднем составляет 1 ч 10 мин [2].

В рассматриваемом аспекте весьма перспективно внедрение технических средств, позволяющих автоматизировать некоторые процессы осмотра места происшествия при расследовании ДТП.

Автоматизация процесса составления схемы ДТП, иных составляемых в результате ДТП документов позволит в достаточной степени разгрузить должностное лицо, осуществляющее осмотр, а также снизить роль человеческого фактора при осмотре. Другим перспективным направлением является внедрение в практику фотограмметрических технологий.

Несовершенство системы сбора и обработки данных о ДТП не позволяет в полной мере реконструировать картину происшествия. Отсутствие данных в протоколе осмотра места происшествия

из-за кажущейся на первый взгляд их незначительности, которые и составляют фактическую базу при реконструкции полной картины происшествия, существенно снижают вероятность формирования достоверных и обоснованных выводов.

Учитывая все эти сложности, представляется, что расследование ДТП следует отнести к категории достаточно сложных с точки зрения получения материально фиксированных доказательств, основанных на всестороннем анализе всех объективных факторов, учитывающихся при проведении экспертных исследований с целью объяснения механизма ДТП и на их основе ведения доследственной проверки, предварительного и судебного следствия [3].

Осмотр места ДТП должен производиться сразу же после получения сообщения о случившемся событии. Объясняется это тем, что ДТП происходят на дорогах или оживленных автомагистралях с интенсивным движением транспортных средств, которые могут уничтожить следы, имеющие важное значение для установления истины по делу, а приостанавливать движение на время осмотра не всегда представляется возможным. Кроме того, необходимо учитывать и пагубное воздействие атмосферных условий, а также то обстоятельство, что промедлением с выездом могут воспользоваться виновники ДТП (например, уезд с места происшествия, уничтожение следов преступления на транспортном средстве или на проезжей части, умышленное повреждение узлов или агрегатов транспортного средства, чтобы впоследствии заявить о случае возникшей неисправности во время движения).

Своеобразие дорожно-транспортных происшествий и сложность их расследования обуславливается тем, что осмотр места происшествия нередко приходится проводить в сжатые сроки из-за невозможности приостановления движения на длительное время. Поспешное проведения осмотра и фиксации обстоятельств ДТП отрицательно сказывается на его качестве и объективности, в то время как промедление может привести к утрате доказательств и существенно повлиять на пропускную способность магистралей, улиц и дорог.

Ряд недостатков традиционного метода фиксации ДТП с использованием схемы ДТП, составленной вручную:

— продолжительность от 20 мин до 1 ч и более влечет за собой создание заторов на улично-дорожной сети;

— негативное влияние субъективных качеств инспектора, погодных условий, времени суток;

— невозможность провести дополнительные измерения без выезда на место происшествия, что в большинстве случаев бесполезно из-за отсутствия на нем транспортных средств.

На данный момент для Российской Федерации не разработано активных приложений, которые бы помогли водителям в фиксации дорожно-транспортных происшествий с привязкой к местности, к координатам. Те приложения, которые на сегодняшний день разрабатываются, применимы только для транспортных средств, оснащенных системой ГЛОНАСС.

Низкое качество схем ДТП — одна из основных причин возврата дел на доследование [4].

Применение фотографии повышает качество фиксации мест ДТП, и она широко используется при их осмотре. Однако обычная фотография не дает представление об объеме, не позволяет проводить измерения по глубине. По фотоснимкам не удастся определить даже размеры запечатленных на снимке объектов.

В последнее время при осмотре ДТП все чаще применяется видеосъемка. Видеосъемка позволяет более полно фиксировать обстановку на месте происшествия и при ее использовании в дальнейшем при проведении следственного эксперимента можно получить более полное представление о механизме происшедшего события. Основной недостаток видеосъемки — это невозможность по видеозаписи производить какие-нибудь измерения, что нередко имеет исключительно важное значение.

Указанные недостатки привели к необходимости использования при осмотре ДТП измерительной фотографии. Такая фотография широко используется в картографии, геодезии, военном деле, архитектуре. При таком методе воспринимаются пространственные формы наблюдаемых объектов, что делает возможным на фотограмметрических приборах измерять размеры этих объектов, расстояния между ними. При необходимости могут проводиться дополнительные измерения, а также глубокое их визуальное изучение [5].

Для того, чтобы результаты фотосъемки на месте ДТП приобрели свое правовое значение, сама технология съемки и ее результаты должны отвечать определенным требованиям.

Основные требования, предъявляемые к научно-техническим методам и средствам, определяются Конституцией Российской Федерации, в частности, нормами, регламентирующими права и обязанности граждан, обеспечение гарантий соблюдения их свобод и законных интересов. К этим нормам относят гарантии:

— безопасности для окружающей среды, здоровья и жизни людей, в отношении которых их применяют;

— научной обоснованности, гарантирующей получение достоверных и надежных результатов, не исключающих возможности их проверки путем повторения исследований;

— этичности, исключающей создание условий, способствующих оскорблению лица, унижению его чести и человеческого достоинства;

— защищенности получаемой информации от искажения (фальсификации);

— надежности хранения;

— возможности тиражирования [6].

Для фиксации места дорожно-транспортного происшествия целесообразно использовать все возможные формы:

— вербальную (протоколирование) — описание общей обстановки, материальных объектов, участвовавших в ДТП, следов, результатов измерений, других фактических данных, имеющих отношение к событию. Кроме того, описываются технические средства, использовавшиеся в ходе осмотра, и указывается субъект, их применявший;

— графическую форму фиксации — графическое отображение взаиморасположения предметов и следов;

— предметную форму фиксации — изъятие предметов в натуре и их консервацию, изготовление материальных моделей (реконструкция), в том числе макетирование, копирование, получение слепков и оттисков;

— наглядно-образную фиксацию — фотографирование обстановки места происшествия, материальных объектов и их взаиморасположения.

Из всех перечисленных методов фиксации протоколирование является обязательным элементом процесса расследования. Остальные же — факультативные методы и целесообразность их использования определяется следователем исходя из конкретной ситуации.

В системе методов и средств фиксации обстановки на месте происшествия, регламентированных уголовно-процессуальным законодательством РФ, фотографическая съемка занимает одно из ведущих мест, что связано с ее высокой эффективностью как средства запечатления общей картины обстановки, а также наличия, состояния и положения отдельных объектов и их признаков.

Наглядно воспроизводя те же элементы обстановки, которые описываются в протоколе, фотографические снимки способствуют правильному и точному усвоению содержания протоко-

ла, а также позволяют проверить объективность и полноту записей в нем путем сопоставления описания и изображения.

Преимущества фотографического метода определяются тем, что он дает стойкие в течение длительного времени изображения, которые можно тиражировать и изменять (увеличивать или уменьшать). Он одновременно и с большей точностью позволяет фиксировать огромное число предметов, выделять среди большого объема информации необходимую для расследования, фиксировать чрезвычайно кратковременные явления, а длительные процессы расчленять на отдельные фазы.

Успешное решение вопроса о механизме дорожно-транспортного происшествия в ходе проведения автотехнической экспертизы, как уже отмечалось, зависит от полноты сведений, предоставляемых эксперту. Полноту и объективность исходных данных наиболее рационально получать из фотографических снимков места происшествия [7].

Для решения вышесказанных вопросов предлагается использовать фотограмметрический метод фиксации обстоятельств ДТП с применением летательного аппарата, например квадрокоптера.

Фотограмметрия или фотомоделирование — это методика, благодаря которой трехмерная цифровая поверхность может быть восстановлена из серии фотографий [8]. Она часто используется для создания высокоточных 3D-моделей объектов реального мира, в данном случае обстоятельств ДТП.

На первом этапе определяется оборудование, необходимое для сбора данных с места ДТП с последующей реконструкцией его в 3D-модель. Предлагаемая методика фиксации ДТП подразумевает фиксацию картины аварии с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) — квадрокоптера, оснащенного камерой [9].

Всем критериям, необходимым для фиксации обстоятельств ДТП, удовлетворяет квадрокоптер DJI Phantom 3. Первое, что стоит отметить, — роботизированный подвес камеры, который также снабжен амортизаторами для устранения дрожания камеры (и картинки) при съемке во время полета. Положением камеры можно управлять, но только по вертикали. Она оснащена сенсором с разрешением 12 Мп (снимки можно сохранять в формате RAW) и объективом с диафрагмой f/2.8 и широким углом обзора — 94°. Максимальное разрешение видеозаписи составляет 2700 (2700×1500 пикселей). Одновременно с записью на карту памяти в камере роликов в этом

разрешении на смартфон транслируется потоковое видео в разрешении 720p (1280×720 пикселей), которое сохраняется в памяти мобильного устройства. Сектор обзора камеры по горизонтали изменить нельзя, для этого необходимо разворачивать сам квадрокоптер.

DJI Phantom 3 оснащен довольно массивными ножками. Они служат не только для удобного приземления, но и для защиты камеры от ударов в случае столкновения с другими предметами. Из пластика сделан и пульт управления, за исключением металлической скобы для его переноски, расположенной сзади. Основными элементами управления полетом являются два стика. Кроме них на пульте размещены два трехпозиционных программируемых переключателя (в верхних углах), а также колесико для управления камерой (под указательным пальцем левой руки) и рычажок для включения. На передней панели пульта находится светодиодный индикатор уровня заряда его собственного аккумулятора, а на боковой грани — разъем micro-USB для зарядки. К металлической скобе на пульте крепится держатель для смартфона. Квадрокоптер питается от съемных литий-полимерных аккумуляторов. Несмотря на внушительную емкость одной батареи (68 Вт·ч), она позволяет устройству летать не более 25 мин [10].

Особенность фиксации места ДТП с помощью фото- и видеосъемки с БПЛА состоит в том, что появляется возможность использования новой "точки" опоры для съемки, позволяющей запечатлеть картину происшедшего события по вертикальному фронту — сверху вниз. Этот способ позволяет производить фиксацию с точки, находящейся над местом ДТП, и зафиксировать положения транспортных средств и их взаиморасположения, действия и положения участников ДТП, образовавшиеся следы, неподвижные ориентиры, что очень важно для получения объективного ответа на вопрос о механизме происхождения ДТП [11].

На втором этапе определяется точность, с которой необходимо производить съемку для фиксации следов ДТП. Следы контакта ТС являются важным источником информации об обстоятельствах дорожно-транспортного происшествия, по которым можно восстановить не только процесс непосредственного взаимодействия автомобиля с другим транспортным средством либо иным препятствием, но и механизм дорожно-транспортного происшествия в целом [12].

Следы (трассы), объемные и поверхностные, статические и динамические. При контактиро-

вании транспортных средств и других объектов в процессе ДТП вследствие различных по силе и направленности ударов возникают следы (трассы), которые различаются на объемные и поверхностные следы, статические (вмятины, пробоины) и динамические следы (царапины, разрезы). Комбинированные следы представляют собой вмятины, переходящие в следы скольжения (встречаются чаще), либо наоборот, следы скольжения, заканчивающиеся вмятиной. Фиксирование парных следов и следов контактирования транспортных средств характеризуется высокой точностью. Трассы на транспортном средстве содержат отображения макро- и микрорельефа, необходимые для того, чтобы идентифицировать транспортное средство, с которым произошло касательное столкновение, установить факт движения транспортных средств в момент удара при перекрестном столкновении, определить направление относительного перемещения транспортных средств при попутном столкновении. Трассы на деформированных нижних частях, контактировавших с дорогой, дают возможность определить направление движения транспортных средств после столкновения, уточнить столкновения с учетом расположения оставленных этими частями следов на месте происшествия. Наличие наслоения микрочастиц одного транспортного средства на другом транспортном средстве используются для установления факта их контактного взаимодействия. Отпечатки, наслоения лакокрасочного покрытия, резины, пластмассы позволяют идентифицировать следообразующий объект и установить, с какой частью транспортного средства произошел контакт.

Для того, чтобы в результате транспортно-трассологической экспертизы были корректно выявлены причинно-следственные связи, повлекшие за собой дорожно-транспортное происшествие, необходимо с высокой точностью зафиксировать величину повреждений транспортных средств, информативность следов при встречном, попутном, перекрестном столкновении транспортных средств. В случаях аварий при обгоне по локализации повреждений можно судить о тех частях, которые первыми вступили в контакт. По глубине начала и окончания царапин и иных следов можно определить угол, под которым произошло контактирование следообразующего и следовоспринимающего объектов [13].

С учетом вышесказанного можно сделать вывод о том, что необходима высокая точность 3D-реконструкции места ДТП. Методика построения предлагаемой модели основана на методах фотограмметрии и фототриангуляции. Эта методика позволяет,

зная координаты точек, с которых сделаны снимки, определять координаты точек искомого объекта.

Для построения сетей фототриангуляции используют три способа: независимых моделей, независимых маршрутов и связок. Способ независимых моделей подразумевает следующий порядок действий. По отдельным стереопарам строят модели, независимые друг от друга. Затем их соединяют в общую модель (блок), используя межмодельные связующие точки, расположенные в пределах продольных межмодельных перекрытиях, и межмаршрутные связующие точки, расположенные в пределах поперечных межмаршрутных перекрытиях. В результате получают свободную сеть, т. е. сеть в масштабе, близком к заданному, и с примерной ориентировкой в системе координат объекта. Затем выполняют внешнее ориентирование и уравнивание свободной сети по опорным точкам. Способ независимых маршрутов заключается в том, что свободные сети строят в пределах маршрутов, а затем по межмаршрутным связующим точкам соединяют их в блок, который внешне ориентируют и уравнивают по опорным точкам. Способ связок позволяет построить, ориентировать и уравнивать сеть одновременно по всем снимкам без построения моделей [12]. В настоящее время существует несколько программ, основанных на данном методе, которые способны в автоматическом режиме выполнять фотограмметрическую обработку фотографий: Autodesk ReCap; Agisoft PhotoScan; Autodesk Reality Capture; Pix4d; 3D-Свидетель; CYBID PHOTORECT; DroneDeploy.

Количество фотоснимков, сделанных при фиксации ДТП, зависит от требуемой точности, угла съемки (рис. 1), а также от величины продольного перекрытия.

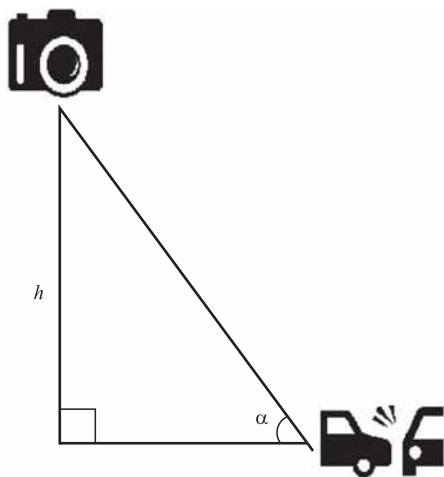


Рис. 1. Схематическое изображение угла α – угла между плоскостью земли и точкой фотофиксации

Для того чтобы получить качественную информацию и построить 3D-модель местности, необходимо провести съемку территории с перекрытием, т. е. снимать участок земли так часто, чтобы последующий снимок как бы перекрывал предыдущий. Продольное перекрытие (Px) — это отношение площади, сфотографированной на двух соседних снимках, к площади, изображенной на каждом отдельном снимке, выраженное в процентах (рис. 2).

Зависимость минимального количества фотоснимков, угла фотофиксации и продольного перекрытия приведена в формуле 1 [14].

$$N_{\text{сн}} = \cos\alpha \cdot 360 / (100 - 2Px), \quad (1)$$

где Px — продольное перекрытие снимков; α — угол между плоскостью земли и точкой фотофиксации.

Зависимость точности от величины продольного перекрытия снимков приведена в таблице.

Стоит отметить, что под углом $\alpha = 90^\circ$ необходимо сделать как минимум одно фото для большей объективности при фиксации обстоятельств ДТП. Рекомендуемый угол съемки составляет от 30 до 60°.

Зависимость точности от величины продольного перекрытия снимков

Величина продольного перекрытия, %	Размер различного элемента ТС, мм				
	50	25	10	5	1...2
5...10	X				
10...15		X			
20...25			X		
25...35				X	
35...50					X

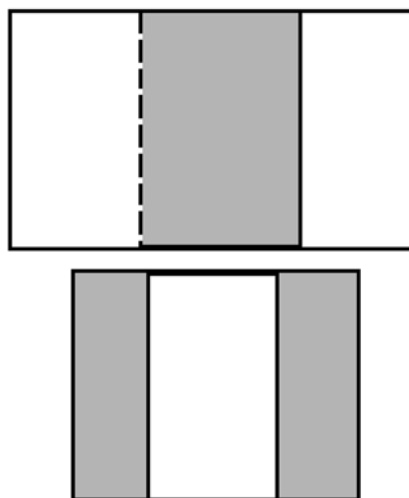


Рис. 2. Продольное перекрытие фотоснимков



Рис. 3. Полигонная структура 3D-модели

На третьем этапе создается 3D-модель места ДТП. При обработке данных, полученных в ходе фотосъемки обстоятельств ДТП, для создания 3D-модели рекомендуется использовать программное обеспечение — Autodesk ReCap Foto.

Системные требования программы Autodesk ReCap Foto: OS: Microsoft Windows 7 or later, 16gb оперативной памяти. Программа доступна только в версии для Windows. Это облачная утилита превращает обычные фотоснимки в трехмерные полигональные модели с высоким разрешением с помощью ReMake. Autodesk ReCap появился на свет благодаря растущим возможностям в области фотографии и сканирования, с помощью которых окружающий нас мир приобретает цифровую форму. ReCap должен упростить задачу создания полезных, значимых 3D-моделей на основе реальных объектов и сделать трехмерную оцифровку масштабируемой и доступной широкому ряду пользователей. ReCap автоматизирует процесс, превращая снимки в высококачественные, кастомизируемые цифровые модели. Полученные трехмерные изображения можно чистить, исправлять, редактировать, масштабировать, измерять, сравнивать и оптимизировать для дальнейшего с использованием. Получаемые трехмерные изображения легко могут быть переработаны в модели для 3D-печати. 3D-модель, созданная по фотографиям с квадрокоптера в программе Autodesk ReCap представлена на рис. 3.

Как видно из рис. 3, при построении 3D-модели используется метод триангуляции. Программа ищет совпадения при перекрытии фотоснимков

и реконструирует картину в виде совокупности треугольных полигонов. В результате обработке данных получаем объемное панорамное изображение моделируемого ДТП (рис. 4, 5).



Рис. 4. Панорамное изображение (вид 1)



Рис. 5. Панорамное изображение (вид 2)



Рис. 6. Расстояние между двумя ТС

В ReCap имеются фотограмметрические инструменты, при помощи которых можно измерить расстояние (рис. 6), угол (рис. 7), величину деформации ТС и т. д., не используя полевые замеры.

В результате применения данной технологии получаем схему ДТП, привязанную к ориентиру с высокой точностью, позволяющую определить, как угол, так и другие параметры ТС в момент ДТП.

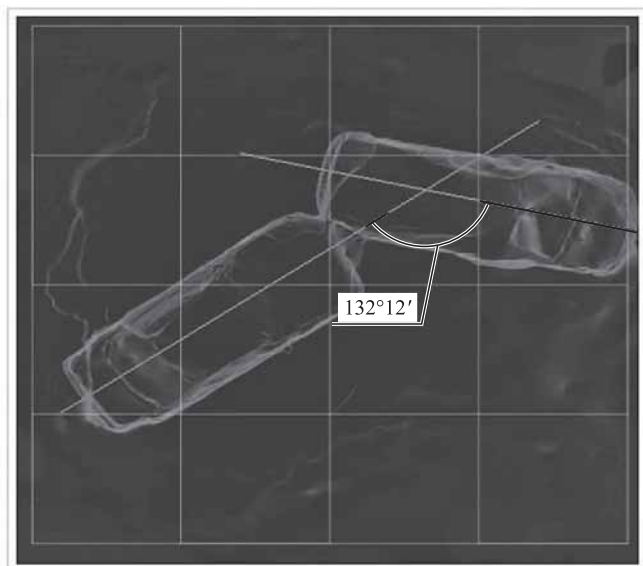


Рис. 7. Измерения угла между двумя ТС

Выводы

1. Разработан метод сбора исходных данных необходимых для производства автотехнической экспертизы основанный на получении масштабной объемной схемы дорожно-транспортного происшествия путем применения летательного аппарата, например квадрокоптера.

2. Предлагаемый метод фиксации схемы правонарушения обладает следующими существенными преимуществами:

- получение масштабной объемной схемы места совершения правонарушения;

- высокая точность фиксации объектов дорожной инфраструктуры, транспортных средств участников дорожно-транспортного происшествия и других объектов, имеющих отношение к рассматриваемому ДТП;

- низкие затраты времени необходимого для фиксации следов ДТП и, как следствие, разгрузка улично-дорожной сети.

3. Увеличение точности фиксации последствий ДТП до 1 мм было достигнуто с помощью использования фотограмметрической методики фиксации.

4. Полученная с помощью рассматриваемого метода схема места ДТП более информативна, благодаря использованию квадрокоптера,

оснащенного камерой производящим съемку с определенной высоты и под разными углами создавая условия для панорамного воспроизведения картины ДТП.

5. Появляется возможность фиксации следов ДТП в труднодоступных и опасных местах.

6. Применение метода позволяет освободить проезжую часть дороги от транспортных средств и других объектов сразу же после фотофиксации, что значительно разгружает улично-дорожную сеть.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пулянова К. В., Воеводин Е. С. Анализ статистики ДТП на федеральных дорогах Красноярского края: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции "Борисовские чтения". Красноярск, 2017. — С. 97—100.
2. Сретенцев А. Н., Бадиков Д. А. Некоторые аспекты использования современных технических средств фиксации при осмотре места дорожно-транспортного происшествия // Среднерусский вестник общественных наук, 2014. — № 4 (34). — С. 79—82.
3. Зотов Б. Л. Автотехническая экспертиза при расследовании автодорожных происшествий / Б. Л. Зотов. — М.: Госюриздат, 2012. — 178 с.
4. Белкин Р. С. Курс криминалистики: В 3 т. Т. 2: Частные криминалистические теории / Р. С. Белкин. — М., 2007. — 117 с.
5. Басалаев А. Н. Фиксация результатов осмотра места происшествия: автореф. дисс. ... к.ю.н. / А. Н. Басалаев. — Л., 2012. — 70 с.
6. Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Конституция Российской Федерации. (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ).
7. Бондаренко А. А. Правовые и технико-криминалистические особенности применения фотограмметрических методов для фиксации места обстановки дорожно-транспортного происшествия: дисс. ... к.ю.н. / А. А. Бондаренко. — Волгоград, 2008. — 189 с.
8. Рахматуллин Т. Р. Возможности использования дронов при изучении труднодоступных участков геологических обнажений. Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. — 2018. — № 1. — С. 272—274.
9. Шамаев А. А. Применение фотограмметрических методов фиксации обстоятельств ДТП / А. А. Шамаев. — М.: Эксперт-криминалист, 2016. — 130 с.
10. Беспилотные системы [Электронный ресурс]: Официальный сайт фирмы ОАО ZALA AERO GROUP. Режим доступа: <http://zala.aero>.
11. Сатыбалдинов М. Т. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов для фото и видеофиксации места происшествия по делам о дорожно-транспортных происшествиях (по материалам уголовно-процессуального законодательства республики Казахстан) // Вестник кыргызско-российского славянского университета. — 2015. — Т. 15. № 12. — С. 179—181.
12. Селиванов Н. А. Расследование дорожно-транспортных происшествий: справ.-метод. пособие / под ред. В. А. Алферова и В. А. Федорова. — М., 2016. — С. 50—52.
13. Карпеева Л. М., Мусиенко А. И. Доказательственное значение материалов, полученных в результате применения средств фотофиксации, киносъемки, видео и звукозаписи / Л. М. Карпеева, А. И. Мусиенко // Российская юстиция. — 2011. — С. 40—50.
14. Антипов И. Т. Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции / И. Т. Антипов. — М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2013. — 296 с.

"КАМАЗ" в мировом рейтинге автопроизводителей

По итогам 2019 г. "КАМАЗ" разместился на 16-м месте среди ведущих мировых производителей грузовых автомобилей полной массой свыше 16 т. Такие данные опубликованы в ежегодном докладе The Global Truck Industry, который отражает состояние мировой отрасли по производству грузовиков. По данным компании Paccar inc., одного из Топ-10 ведущих мировых автопроизводителей, "КАМАЗ" в мировом рейтинге также занял 16-ю строчку.

При составлении рейтинга аналитики опирались на объемы производства мировых автопроизводителей. "КАМАЗ" по итогам 2019 г. реализовал 35,5 тыс. тяжелых грузовых автомобилей, опередив по этому показателю таких известных автогигантов, как IVECO и ISUZU. При этом на вершине рейтингов по-прежнему остается немецкий концерн Daimler, который с 2008 г. является стратегическим партнером и крупным акционером "КАМАЗа".

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13.072

И. С. Тушко, начальник отдела транспортной безопасности, e-mail: info@avtobus.spb.ru,
СПб ГУП "Пассажиравтотранс", Санкт-Петербург

ЗАЩИТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Защита подвижного состава предприятий автомобильного транспорта является уязвимым звеном в цепи проблем транспортного комплекса страны и одной из наиболее острых тем обсуждения среди работников автотранспорта. Важность изучения данного вопроса и необходимость решения существующей проблемы возникает в силу наличия реализованных террористических угроз на транспортных средствах в прошлом и ослабления системы принимаемых мер за последнее время.

Ключевые слова: транспортная безопасность, автомобильный транспорт, подвижной состав, транспортные средства.

Protection of rolling stock of road transport enterprises is a vulnerable link in the chain of problems of the country's transport complex and one of the most acute topics of discussion among motor transport workers. The importance of studying this issue and the need to solve the existing problem arises due to the presence of implemented terrorist threats on vehicles in the past and the weakening of the system of measures taken recently.

Keywords: transport safety, automobile transport, rolling stock, transport means.

Защита подвижного состава предприятий автомобильного транспорта является уязвимым звеном в цепи проблем транспортного комплекса страны. Это вызывает особое удивление среди работников автотранспорта, задействованных в обеспечении безопасности пассажиров и одной из наиболее острых тем обсуждения. Недоумение возникает на почве негативного опыта прошлых лет, когда террористические акты, в том же Волгограде в 2013 г., и других городах страны, унесли человеческие жизни.

В отечественной истории одним из самых трагичных событий на общественном городском автомобильном транспорте является теракт, произошедший 21 октября 2013 г. в Волгограде. В автобусе "ЛиАЗ-5256", следовавшем по маршруту № 29 в Красноармейском районе Волгограда, сработало взрывное устройство (ВУ), изготовленное из двух тротильных шашек и двух гранат, начиненных поражающими элементами — шурупами и металлической стружкой. Мощность взрыва составила 600 г в тротильном эквиваленте. По данным следствия ВУ привела в действие террористка-смертница.

Это в очередной раз доказало то, что образование реально действенной системы безопасности на объектах транспорта является приоритетным направлением для всех органов исполнительной власти федерального уровня и административных подразделений на уровне местного самоуправления, а также для самих организаций в сфере транспортного обслуживания, независимо от их форм организационно-правовой направленности [1].

Ослабление мер защиты

Такое событие, как теракт в Волгограде, должно было в корне изменить существующий порядок вещей в сфере защиты подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта, однако спустя несколько лет можно судить о стечении обстоятельств, свидетельствующих об ослаблении системы принимаемых мер за последнее время.

Если не вдаваться в подробности "внутренней кухни" системы обеспечения безопасности автотранспортных предприятий, то ранее в отношении автотранспортных средств реализовывались



Рис. 1. Последствия теракта в Волгограде

те же меры безопасности, что и применительно к объектам транспортной инфраструктуры, а самое главное — данные меры были не добровольными, а принудительными и обязательными к применению требованиями закона, что является порой решающим фактором с учетом нашего менталитета и специфики предприятий.

В период с 2011 по 2018 г. многими государственными и коммерческими транспортными предприятиями были проведены мероприятия по обеспечению транспортной безопасности своих объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств (ОТИ и ТС): при взаимодействии с Федеральным дорожным агентством (Росавтодор) было реализовано категорирование, проведена оценка уязвимости, разработаны планы обеспечения транспортной безопасности (ПОТБ). На основании данных мероприятий был выработан алгоритм реализации мер по транспортной безопасности, включая оснащение инженерно-техническими средствами и необходимое повышение квалификации персонала. Естественно, что выполнение данных действий потребовало от предприятий не только проведения организационных мероприятий, но и финансовых затрат.

Однако Постановлением Правительства РФ от 29.12.2017 № 1697 автобусные парки исключены из Перечня объектов транспортной инфраструктуры, на которые распространяются требования законодательства в области обеспечения транспортной безопасности. Кроме этого, Федеральным законом от 02.08.2019 № 270-ФЗ были внесены изменения в законодательство, в связи с чем оценка уязвимости и разработка ПОТБ для транспортных средств ушли в прошлое.

Таким образом, комплекс проведенных мероприятий оказался не только экономически

необоснованным, но и не востребуемым при дальнейшем обеспечении антитеррористической защищенности.

Отсутствие защищенности транспортных средств

Тот факт, что проведенные мероприятия по обеспечению транспортной безопасности оказались не востребуемыми, является, пожалуй, не самой большой проблемой. Более существенным аспектом является то, что отсутствие нормативно-правового регулирования в части обеспечения безопасности подвижного состава не позволяет предприятиям обеспечить должный уровень его защиты.

Изменения законодательства, установленные Федеральным законом от 02.08.2019 № 270-ФЗ, исключили транспортные средства из ранее установленной системы мер (категорирование, оценка уязвимости, разработка ПОТБ и проч.). Теперь в отношении автобусов необходимо будет создавать паспорт обеспечения транспортной безопасности транспортного средства.

Стоит отметить, что типовые формы указанных паспортов будут установлены Правительством Российской Федерации, но пока данного нормативного правового акта еще не существует. Иными словами, лишь после издания постановления Правительства РФ об утверждении типовых форм данных паспортов можно будет говорить о каких-либо новых мероприятиях по транспортной безопасности в отношении транспортных средств [2].

А это означает лишь одно — защита подвижного состава от различных угроз в настоящее время целиком и полностью возлагается на



Рис. 2. Автовокзал, отправление рейсового автобуса

автотранспортные предприятия и перевозчиков. При этом предусмотренная законодательством административная и уголовная ответственность вряд ли будет иметь основательность применения при наступлении любых негативных последствий в силу того, что она распространяется на предприятия, нарушившие установленные требования в области обеспечения транспортной безопасности, которые в данный момент отсутствуют.

Аттестация и обучение персонала

Вопросу профессиональной квалификации лиц, выполняющих работы, непосредственно связанные с обеспечением транспортной безопасности, в последнее время уделяется все большее внимание. И это объяснимо в силу необходимости совершенствования или получения новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности по исполнению требований законодательства по транспортной безопасности, в том числе антитеррористической защищенности.

Данная деятельность развивается не так давно, и потому еще достаточно рано говорить о какой-либо профессиональности и отлаженности механизма обучения. Из года в год вырастает количество нерешенных вопросов в сфере аттестации, требующих регламентации для правильности практикоприменения.

Перечни вопросов, подлежащих применению органами аттестации и аттестующими организациями для проверки соответствия знаний, умений и навыков аттестуемых лиц, определяются компетентными органами применительно к ОТИ и ТС по всем видам транспорта. При этом перечни вопросов разработаны без учета специфики и особенностей функционирования каждого вида транспорта.

Определенный резонанс вызывает и перечень из восьми категорий по аттестации лиц, выполняющих работы по транспортной безопасности, поскольку все они предназначены для работников, которые защищают категорированный объект транспортной инфраструктуры и обходит стороной защиту подвижного состава. Резонанс возникает как из-за негативного опыта реализованных терактов на транспортных средствах, упомянутых выше, так и из-за отсутствия однозначности в решении вопроса о необходимости аттестации водителей и кондукторов.

В настоящее время низкий уровень подготовки водителей, по мнению субъектов автомобильного

транспорта, связан с избыточными требованиями, предъявляемыми законодательством. Фактически аттестуемые по транспортной безопасности водители должны обладать знаниями и умениями не только применительно к обеспечению транспортной безопасности на подвижном составе, но и в сфере антитеррористической защищенности объектов транспортной инфраструктуры всего автомобильного транспорта и дорожного хозяйства.

Важно отметить, что все вышеупомянутое, в том числе проблематика аттестации персонала, актуально не только для крупногабаритного подвижного состава, но и для городского маршрутного такси, известного в народе своей вместительностью вопреки установленному количеству сидячих мест.

Защита подвижного состава

Проблемам повышения антитеррористической безопасности в большинстве государств уделяется особое внимание, поскольку теракты не только наносят серьезный материальный ущерб: они становятся известными широкой общественности и оказывают негативное социально-политическое воздействие на население, вызывая напряженность в обществе. Решение этой сложной задачи требует не только дополнительных затрат и оснащения транспорта современными техническими средствами, но и адекватных, упреждающих изменений в подходах к технологии и организации перевозочного процесса, оптимизации форм и методов обеспечения безопасности на транспорте [3].

К сожалению, реальность такова, что реализованные теракты на подвижном составе не при-



Рис. 3. Подвижной состав СПб ГУП "Пассажир-автотранс"



Рис. 4. Подвижной состав ГУП "Мосгортранс"

вели к улучшению защиты транспортных средств, а нынешняя экономическая обстановка в стране и в мире приводит к необходимости государства экономить на развитии всех направлений. Поэтому надеяться на резкое улучшение системы принимаемых мер по защите подвижного состава в ближайшее время не приходится.

Не смотря на увеличение внимания за последний десять лет со стороны государства и транс-

портных предприятий, осуществляющих пассажирские перевозки, к вопросам антитеррористической защищенности, проведенный комплекс мероприятий в отношении подвижного состава носит незавершенный характер, что в конечном итоге приводит лишь к формированию частичной защиты транспортных средств и их пассажиров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Амельчаков И. Ф., Тычинин С. В., Карагодин А. В., Москаленко С. А.** Актуальные проблемы антитеррористической защищенности объектов транспортной инфраструктуры // Проблемы правоохранительной деятельности. — 2017. — 1 (17). — С. 6—10.
2. **Тушко И. С.** Изменения законодательства по обеспечению транспортной безопасности // Безопасность и охрана труда на железнодорожном транспорте. — 2019. — № 5. — С. 65—67.
3. **Исаков Д. А.** Риск-менеджмент в транспортной инфраструктуре как фактор обеспечения безопасности территорий // Вестник университета (ФГБОУ ВПО "Государственный университет управления"). — 2013. — № 7. — С. 45—49.

Современный центр для испытаний грузовиков Mercedes-Benz



Центр разработок и испытаний Mercedes-Benz

Спустя 18 месяцев строительства грузовое подразделение Mercedes-Benz торжественно открыло новый центр разработок и испытаний.

В экспертный комплекс по разработкам грузовых автомобилей было инвестировано около 50 млн евро, в том числе в новое оборудование для стендовых испытаний, где будут тестироваться как отдельные системы, так и сами автомобили. Помимо этого, около 20 млн евро было инвестировано в ультрасовременный испытательный центр, возможности которого позволяют моделировать дорожные условия движения для испытаний грузовиков Mercedes-Benz в режиме реального времени. Центр органично вписался в испытательный комплекс для грузовых автомобилей Mercedes-Benz

и был запущен в эксплуатацию в 2019 г.

Штефан Бухнер: "Новые мощности для разработки и испытаний — отличное дополнение к нашему производству грузовиков в Верте. Создание комплекса и центра испытаний повысило также мировое значение самого крупного из заводов грузового подразделения Mercedes-Benz и создало дополнительные рабочие места в регионе Южный Пфальц".

Профессор Уве Бааке, глава проектирования продукции грузового подразделения Mercedes-Benz: "Наш новый центр для испытаний грузовиков с моделированием дорожных условий — один из самых современных в Европе. Благодаря точности моделирования вождения нам удалось перенести испытания и измерения традиционных и альтернативных видов трансмиссий с автомагистралей в испытательные лаборатории, тем самым значительно снизив нагрузку на дороги общего пользования".

Пресс-служба "Mercedes-Benz AG"

А. С. Савченко, зам. главного редактора журнала "Грузовик", e-mail: guzovik@mashin.ru,
М. С. Калинин, зам. главного редактора "Грузового портала" г. Москва

ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ ПОСЛЕ КРИЗИСА

Совершенно очевидно, что возобновление привычных социальных взаимоотношений после длительной изоляции будет поэтапным и трудным процессом. Одну из чрезвычайно важных ролей в этом процессе будет играть не просто восстановление полноценного функционирования общественного транспорта, но формирование адаптированного и безопасного сервиса, обеспечивающего соблюдение социального дистанцирования и санитарно-гигиенических требований. Причем не только для пассажиров, но и для персонала. На данный момент это является главным приоритетом в предотвращении дальнейшего распространения вируса COVID-19, наряду с реставрацией нормальной операционной деятельности, способствующей энергичному сокращению нанесенного пандемией экономического и социального ущерба.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, кризис, пандемия, дезинфекция, охрана здоровья, госструктуры.

Предлагаемые к реализации проекты должны быть хорошо продуманы и всесторонне проанализированы. Ведь они касаются огромного числа людей и имеют колоссальное общественное значение. В них вовлечены государственные структуры и коммерческие предприятия, рядовые обыватели и предприниматели... Как все это должно происходить в идеале? Каковы первые впечатления тех, кто уже начал все заново? Какие меры принимаются на каждом из этапов этого восстановления? Как ведет себя клиент/пассажир? Сохранил ли он доверие к общественному транспорту? Как операторам автобусного транспорта снова начать работу после нескольких недель или даже месяцев без дохода?

Список вопросов можно продолжать без конца. Им, кажется, нет числа — настолько все неопределенно и туманно. Что собственно и понятно — человечество первый раз за всю свою долгую историю сталкивается с такой глобальной напастью в подобной форме. Однако ответы искать необходимо, не боясь появления новых вопросов, искать именно сейчас, чтобы не довести ситуации до тупикового состояния.

В основном на предприятиях общественно транспорта по всему миру используются хлорсодержащие обеззараживающие средства для дезинфекции транспортных средств и медицинский спирт для дезинфекции персонала. Технологии фотокаталитической дезинфекции пока не нашли применения, так же как и УФ-облучение, эффективность которого в настоящий момент изучается экспертами нью-йоркской МТА. Обработка чаще всего производится вручную влажными салфетками и/или спреями, хотя рассматриваются и автоматизированные методики. В Китае Департаментом здравоохранения и контроля заболеваний выпущены стандарты дезинфекции и стерилизации транспортных средств, в соответствии с которыми выполняют обработку все предприятия отрасли.

Проведенная Busworld Academy онлайн конференция, в которой приняли участие эксперты из нескольких стран мира, сделала весьма успешную попытку разъяснить отдельные аспекты и консолидировать профессиональное мнение специалистов. Больше всего интересовал, конечно же, опыт Китая уже выходящего постепенно из коронавирусного застоя и активизирующего социальные коммуникации.

Китайский опыт

Например, в 9-миллионном Цзинане — городе субпровинциального значения — автобус традиционно является самым важным видом общественного транспорта. До вирусного кризиса на 346 маршрутах курсировало более 5800 машин, которые перевозили каждый день 2 млн пассажиров. На пике эпидемии эта цифра упала до 80 тыс. чел. в день, а сейчас постепенно возрастает, достигая в среднем 800—900 тыс. пассажиров.

Чтобы справиться с последствиями пандемии COVID-19 и избежать новой вспышки болезни, специально обученный персонал Jinan Public Transport Group (региональный транспортный оператор) полностью дезинфицирует весь подвижной состав от пола до крыши, включая пассажирские кресла, ручки и перила и т. д., строго следуя указаниям государственных служб охраны здоровья. Ежедневно проводится 162 тыс. дезинфекций автобусов и 12 тыс. дезинфекций 216 остановочных пунктов, по которым сохраняется движение. Водителям предоставлена необходимая защита в виде масок и перчаток. Им регулярно измеряется температура, и если она превышает 37,3 °С, водители отстраняются от управления и отправляются на карантин. То же самое относится и к пассажирам: проезд только в маске после измерения температуры. Кроме того, каждый пассажир предъявляет при посадке свое удостоверение личности (информация о каждой поездке каждого конкурентного человека сохраняется в течение

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

определенного срока). Окна в салоне постоянно открыты для обеспечения максимальной вентиляции.

За соблюдением всех этих мер строго следят так называемые "сервисные бригады", формируемые в основном из не востребованных в это время здоровых водителей Jinan Public Transport Group (до начала кризиса в компании работало более 13 тыс. сотрудников, сейчас задействовано только около 6 тыс. чел). Они же контролируют выполнение норм социального дистанцирования, приводящего к сокращению пассажироместимости автобуса более чем на 50 %. Но именно социальное дистанцирование, по мнению китайского Минздрава, — одна из ключевых мер профилактики.

Ли Фен, заместитель директора Jinan Public Transport Group:

— Все перевозчики Китая придерживаются единообразных предписаний центральной власти, направленных на предотвращение распространения COVID-19. Только четкие директивы и инструкции профильных ведомств позволили автобусным компаниям успешно перезапустить бизнес. Первоочередная мера — соблюдение социального дистанцирования. Чтобы не создавать опасные скопления людей на остановках, мы планируем увеличить частоту отправок и требуем от пассажиров использования нашего мобильного приложения, позволяющего в онлайн режиме отслеживать движение автобусов по всем маршрутам и благодаря этому заранее планировать свои поездки. Кроме того, мы полностью отказались от любых контактных способов оплаты проезда.

Нью-Йорк, Нью-Йорк...

Удар вируса по Нью-Йорку и его системе общественного транспорта был особенно сильным. А из числа мегаполисов, пожалуй, самым сильным. По словам Крейга Киприано, исполняющего обязанности старшего вице-президента, New York City Transit, более чем 3600 сотрудникам Нью-йоркского транспортного управления (МТА) в данный момент подтвержден диагноз COVID-19, из которых 2800 находятся сейчас на карантине и 100 человек погибли.

МТА — крупнейшая сеть общественного транспорта в Северной Америке. Это квазигородская государственная организация, самостоятельно осуществляющая все транспортные операции без найма подрядчиков. В ее автобусном секторе работают 18 000 чел., из которых в настоящее время более 1000 чел. имеют COVID-19. На эпидемиологическом пике в карантине в общей сложности побывало до 4000 чел., 32 человека не выжили.

В распоряжении МТА с годовым бюджетом 3 млрд долл. 6000 рейсовых автобусов, которые до COVID-кризиса совершали 54 тыс. ежедневных поездок по 327 маршрутам, перевозя 2,2 млн пассажиров в день.

1 марта 2020 г. был зафиксирован первый случай заболевания коронавирусом, 7 марта в Нью-Йорке объявлено чрезвычайное положение с частичным локдауном, 22 марта губернатором штата Нью-Йорк Эндрю Куома приостановлена деятельность предприятий всех не ключевых отраслей промышленности. В тот же день МТА вошел в список "основных сервисных служб". Несмотря на то что пассажиропоток сократился на 80 %, МТА по-прежнему предоставляет свои услуги населению, которому нужно перемещаться по городу, обеспечивая необходимые меры социального дистанцирования.

МТА проводит глубокую дезинфекцию автобусов каждые 72 часа, применив на 1000 машинах обработку так называемым "противомикробным щитом" — специальным микрополимерным покрытием, обеспечивающим долговременную защиту. Водители управляют автобусами в масках и перчатках, в салоне установлены санитайзеры, пассажирские сиденья покрываются сменными чехлами, для посадки открывается только задняя дверь. Чтобы избежать контакта водителя и пассажиров, пространство во фронтальной части автобуса на расстоянии 6 футов от водительского места отгорожено виниловым экраном. В экспресс-автобусах изолированы первые два ряда.

Крейг Киприано:

— Кроме того, мы внедрили измерение температуры всех сотрудников МТА, и будем продолжать его выполнять в режиме 24/7 даже после снятия ограничений чрезвычайного положения. Люди с температурой 100,4 градуса по Фаренгейту (38 градусов Цельсия) отправляются домой и могут вернуться минимум через три дня, когда спадают симптомы лихорадки.

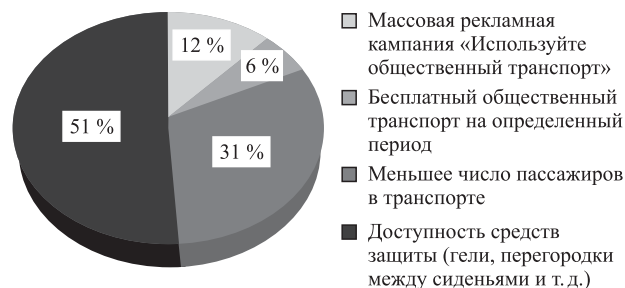
15 мая — важная дата для Нью-Йорка, Нью-Джерси, Коннектикута и соседних штатов, поскольку открываются основные предприятия. Транспортная система мегаполиса ожидает большого пассажиропотока на автобусах МТА и заранее к ней готовится, но все предохранительные меры останутся в полном объеме. Поэтому, скорее всего, придется сократить интервалы и вывести на линии дополнительные машины, поскольку пассажироместимость транспортных единиц принудительно снижена. Это значит, что в автобусных депо будет задействовано больше сотрудников (диспетчеров, техников, механиков и проч.), для которых так же предусмотрены профилактические и защитные мероприятия с обязательным соблюдением социального дистанцирования.

Пассажирам рекомендовано использовать маски во время поездки.

Одной из главных мер, обеспечивающих соблюдение социального дистанцирования, посредством сокращения скопления людей и времени ожидания на остановочных пунктах, эксперты называют более активное использование специальных мобильных приложений, позволяющих пассажирам заранее пла-

ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

Как вернуть доверие пассажиров к общественному транспорту?



нирывать свои поездки. Эти приложения должны не только отражать графики и маршруты общественного транспорта, но и показывать текущую загрузку, подобно автомобильным навигаторам, сообщать о наличии "человеческих пробок" на тех или иных участках для выбора наиболее оптимального времени и пути передвижения.

Европа готовится

Бельгия открывается чуть раньше. С 4 мая жизнь в стране и ее столице постепенно возвращается в прежнее русло. Пока спрос на автобусные перевозки, осуществляемые оператором общественного транспорта компанией MIVB-STIB, составляет всего 15% от нормального уровня. Из-за регламентированной социальной дистанции люди должны держаться на расстоянии 1,5 м друг от друга и в автобусах и в трамваях — на креслах, которые нельзя использовать, прикреплены соответствующие наклейки. Полиция помогает MIVB-STIB в соблюдении этого требования, приводящего к тому, что с 11–12 пассажирами на борту автобус уже достигает максимальной разрешенной заполняемости.

Эльке Ван ден Брандт, министр транспорта брюссельского правительства:

— Тем не менее, цена билетов останется прежней, потому что, по моему глубокому убеждению, повышение цен в такой ситуации не является правильным ответом на проблемы и будет иметь самые негативные последствия для людей, использующих общественный транспорт.

То есть мы осознанно идем на повышение издержек, стремясь предельно минимизировать для пассажиров и персонала риски заражения. Регулярно проводим гигиеническую обработку подвижного состава, адаптируем автобусные маршруты по частоте и времени отправок (особенно те линии, которые идут мимо больниц и медицинских центров), оплата — только без-

наличная (у нас уже сравнительно давно действует эта система).

Однако при соблюдении 1,5-метровой дистанции в кризисный период MIVB-STIB работала на максимуме своей мощности. После снятия локдауна, прекрасно понимая, что общественный транспорт имеет решающее значение для восстановления открытого общества, федеральное правительство постановило обязательное ношение маски для пассажиров. Это было сделано для увеличения пропускной способности MIVB-STIB — отказываясь от 1,5-метровой дистанции, мы стремимся обеспечить им наилучшую защиту и наряду с масками все равно продолжим следить за тем, чтобы люди не подходили слишком близко друг к другу.

Чтобы сгладить нагрузку в часы пик, которая в Брюсселе очень ярко выражена, проводится активная информационная работа, направленная на популяризацию пешего и велосипедного передвижения.

Эльке Ван ден Брандт:

— Мне пришлось изменить основной послыл. Если раньше я призывала горожан, любящих свой город, больше использовать MIVB-STIB, то теперь я говорю: "Если вы любите наш общественный транспорт, если вы любите MIVB-STIB, пожалуйста, поезжайте на велосипеде или пройдите пешком. Оставьте автобусы и трамваи для тех, кто действительно нуждается в них, кто не может идти пешком или ехать на велосипеде туда, куда он должен добраться".

Для поддержания этой политики Брюссель вводит 40 км дополнительных велосипедных дорожек и расширяет пешеходные зоны до 100 км уличной сети. Как показали свежие исследования, в Брюсселе люди используют общественный транспорт главным образом для поездок на небольшие расстояния до нескольких километров. Поэтому главная цель модернизированной концепции городской мобильности заключается в создании для людей модального перехода от личного автомобиля к велосипедам и ходьбе.

Большинство экспертов сходятся во мнении, что для снижения рисков распространения вирусной инфекции целесообразно отключать в автобусах салонные кондиционеры и открывать окна. В частности, Департамент эпидемиологического контроля в КНР проанализировал пробы воздуха, собранные через открытые окна, и не обнаружил в них вируса.

В Нью-Йорке же пока наоборот — окна рекомендовано держать закрытыми, при этом активным ходом идет тестирование специальных антимикробных фильтров для автобусных систем кондиционирования и отопления. Впрочем, не исключено, что применение дорогостоящих фильтров не найдет поддержки и будет поддержана концепция "открытых окон".

Художественный редактор Д. С. Рыбакова. Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор Н. В. Яшина

Сдано в набор 03.06.2020. Подписано в печать 27.07.2020. 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 "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru