

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", 2021

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 Якунов Д. М., Дебелов В. В., Козловский В. Н.,
Брачунова У. В. Тенденции научно-техниче-
ского развития конструкций литий-ионных
аккумуляторных батарей на автомобильном
транспорте

8 Набиев И. С., Нуретдинов Д. И. Влияние при-
цепа с жестким дышлом на распределение
нагрузки по осям транспортного средства

Исследования. Расчет

12 Балакина Е. В., Козлов Ю. Н., Петров Д. С.,
Оборин С. Д. Определение коэффициента сцеп-
ления и его зависимости от поступательной
скорости на основании экспериментальных
значений линейных замедлений автомобиль-
ного колеса

16 Ковальчук Л. И., Четкина А. А., Бураков-
ская М. В. Метод построения эксперимен-
тально-теоретических моделей для контроля
теплонапряженности автотракторных дизелей
по косвенным параметрам

21 Нефёлов И. С., Баурова Н. И. Исследование
влияния технологических режимов 3D-печати
на вязкоупругие свойства деталей машин
в условиях отрицательных температур

Эксплуатация. Ремонт

25 Дьяков И. Ф., Моисеев Ю. В. Применение ней-
ронных сетей для прогнозирования эффектив-
ности использования транспортных средств

Безопасность

30 Попов А. В. Исследование склонности к риску
среди водителей некоммерческого транспорта
в Российской Федерации

Транспортный комплекс

35 Еланцев В. В. К вопросу повышения эффек-
тивности и безопасности эксплуатации
тоннельных эскалаторов. Состояние эскала-
торного парка

Информация

44 Выставки. Конференции. Презентации



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. en. s., prof.

A. N. Rementsov,

dr. hab. phd in en. s.

O. N. Rumyantseva,

gen. dir. JSC "Publisher

"Innovative Engineering"

A. F. Sinelnikov,

cand. tehn. s., prof.

A. A. Solntsev,

dr. en. s., prof.

V. S. Ustymenko,

cand. tehn. s.

J. A. Faskhiyev,

dr. en. s., prof.

N. D. Chaynov,

dr. en. s., prof.

Correspondent's office:

Ya. E. Karpovsky (Minsk)

Address of the editorial office:

107076, Moscow, Kolodezny Lane, house 2-a, str. 12

Ph. (499) 269-48-96

E-mail: gruzovik@mashin.ru; 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", 2021



CONTENTS:

Design

- 3 Yakunov D. M., Debelov V. V., Kozlovsky V. N.,
Brachunova U. V. Trends in the scientific and
technological development of lithium-ion storage
battery designs in road transport

- 8 Nabiev I. S. Nuretdinov D. I. Influence of a trailer
with a rigid drawbar on the distribution of the load
along the axles of the vehicle

Research. Calculation

- 12 Balakina E. V., Kozlov Yu. N., Petrov D. S.,
Oborin S. D. Determination of the friction
coefficient and its dependence on the translational
speed, based on the experimental values of linear
decelerations the automobile wheel

- 16 Kovalchuk L. I., Chechetkina A. A.,
Burakovskaya M. V. Method for constructing
experimental-theoretical models for control of heat
stress of automotive diesels by indirect parameters

- 21 Nefelov I. S., Baurova N. I. Research of the
influence of technological modes of 3d-printing
on viscoelastic properties of machine parts under
negative temperatures

Operation. Repair

- 25 Dyakov I. F., Moiseev Y. V. Application of a neural
network for forecasting efficiency of vehicles

Safety

- 30 Popov A. V. Study of risky driving among drivers
of non-commercial transport in the Russian
Federation

Transport complex

- 35 Elantsev V. V. To the question of improvement
efficiency and safety operation of tunnel escalators.
Condition of the escalator fleet

Information

- 44 Exhibitions. Conferences. Presentations

Д. М. Якунов, В. В. Дебелов, канд. техн. наук, ФГУП НАМИ, г. Москва,
В. Н. Козловский, д-р техн. наук, проф., У. В. Брачунова, асп., ФГБОУ ВО "СамГТУ", г. Самара

ТЕНДЕНЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

В работе представлены результаты анализа научно-технического развития конструкций литий-ионных аккумуляторных батарей на автомобильном транспорте.

Ключевые слова: автомобиль, электротехнический комплекс, аккумуляторная батарея.

The paper presents the results of the analysis of the scientific and technical development of the designs of lithium-ion storage batteries in road transport.

Keywords: car, electrical complex, accumulator battery.

Ссылка для цитирования

Якунов Д. М., Дебелов В. В., Козловский В. Н., Брачунова У. В. Тенденции научно-технического развития конструкций литий-ионных аккумуляторных батарей на автомобильном транспорте // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 3—7.

Link for citation

Yakunov D. M., Debelov V. V., Kozlovsky V. N., Brachunova U. V. Trends in the scientific and technological development of lithium-ion storage battery designs in road transport // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 3—7.

Мировой опыт разработки химических источников тока (ХИТ) ведет свой отсчет с конца XVIII века, когда ученый Алессандро Вольта, проанализировав эксперименты Луиджи Гальвани с "животным электричеством", приходит к выводу, что эти явления связаны с наличием замкнутой цепи из двух разнородных металлов и жидкостей. Проводя опыты, он впервые поместил пластины из цинка и меди в кислоту, чтобы получить непрерывный электрический ток, создав тем самым первый в мире химический источник тока, который впоследствии стал первым гальваническим элементом (первичные ХИТ) и прародителем современных аккумуляторов (вторичные ХИТ). Современные ХИТ внешне имеют мало общего с устройством, созданным Алессандро Вольта, однако базовый принцип остался неизменным. Любой ХИТ состоит из трех основных элементов — двух электродов, анода и катода и электролита. Открытие Вольта дало большой толчок для развития первичных (неперезаряжаемых) и вторичных (перезаряжа-

емых) химических источников тока. Во второй половине IX века Гастоном Планте и Жоржем Лекланше были созданы свинцово-кислотный и марганцево-цинковый аккумуляторы. Модификация этих аккумуляторов используется до сих пор. А уже к концу IX века, еще до появления автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, по улицам передвигались электроэкипажи на усовершенствованных аккумуляторных батареях Планте, прообразы современных электромобилей [1, 2].

После Второй мировой войны в условиях развития научно-технического прогресса технические требования, предъявляемые к ХИТ, начали заметно возрастать. Появилась потребность в автономных источниках тока с высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками, разного типоразмера и широкими условиями эксплуатации. Интенсивные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы привели к созданию новых ХИТ, которые имеют не только оригинальные электродные материалы

и электролиты, но и принципиально новые конструктивные решения.

На сегодняшний день существует значительное число химических источников тока, предназначенных для накопления и хранения электрической энергии. Для применения в транспортных средствах (ТС) обычно рассматривают несколько типов ХИТ: свинцово-кислотные (SLA), никель-кадмиевые (Ni-Cd), никель-металлгидридные (Ni-MH) и группу литий-ионных: литий-кобальтовые (LCO), литий-никель-кобальтовые-марганец (NCM/NMC), литий-марганцовые (LMO), литий-никель-кобальт-алюминиевые (NCA), литий-железо-фосфатные (LFP), литий-титанатные (LTO). Каждый из перечисленных типов ХИТ обладает своими преимуществами и недостатками, поэтому при разработке электротехнического накопителя энергии (ЭНЭ) подбор происходит на основании конкретных требований и параметров разрабатываемого транспортного средства (ТС), например, исходя из температурного диапазона эксплуатации, удельных характеристик или ресурса. При разработке легких ТС на электротяге предпочтение отдают ХИТ с высокими удельными характеристиками при малой стоимости. Параметрами, на которые в первую очередь обращают внимание производители пассажирского транспорта, являются безопасность и количество циклов перезаряда, скорость частичного или полного заряда накопителя. В табл. 1 представлены результаты экспертного обобщенного сопоставления современных, перезаряжаемых ХИТ по ряду

ключевых параметров, которые применяются или применялись в ТС [3, 4].

Сравнив параметры представленных ХИТ, можно сделать вывод, что литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) превосходят свинцово-кислотные, никель-кадмиевые и никель-металлгидридные по основным характеристикам. Разработанные в прошлом веке и запущенные в коммерческое производство корпорацией Sony в качестве источников питания для портативных электронных устройств только в 1991 г., литий-ионные аккумуляторы совершили революцию в области накопления и хранения энергии. На сегодняшний день ЛИА обладают наивысшей плотностью энергии и одной из самых высоких плотностей мощности среди доступных аккумуляторов. Благодаря высокой производительности и хорошим удельным характеристикам они являются основными источниками накопления энергии в транспортных средствах на электротяге.

ЛИА, используемые в автомобильном секторе, можно в общих чертах разделить на две категории: аккумуляторы, в состав которых входит никель, и аккумуляторы в состав которых не входит никель. ЛИА, в состав которых входит никель, получили наибольшее распространение для использования в легких ТС, где одним из главных критериев является энергоемкость высоковольтной батареи.

ЛИА, в состав которых не входит никель, нашли свое применение в коммерческом транспорте, благодаря высоким удельным мощностным характеристикам и ресурсу. Главное преимущество ЛИА без никеля заключается, как правило, в более низкой стоимости и высоком уровне безопасности, но за счет более низкой удельной энергоемкости не так сильно распространены в легких ТС на электротяге.

Из перечисленных ХИТ в табл. 2 наиболее подходящими технологиями для применения в ТС являются LTO, LFP, NCA и NCM, так как они обеспечивают баланс требуемых качеств. В табл. 2 более подробно рассмотрены обобщенные характеристики конкретных типов ЛИА.

Каждый из ЛИА, перечисленных в табл. 2, обладает своими преимуществами и недостатками, которые учитываются при разработке электротехнического накопителя энергии (ЭНЭ).

Первые разработки LTO ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) аккумуляторов появились в 1980-х гг. и были на тот момент одними из лучших среди перезаряжаемых ХИТ. С того времени произошло значительное число открытий в области ЛИА, кроме этого за-

Таблица 1

Основные характеристики ХИТ

Технология (электрохимия)	Удельная энергия	Удельная мощность	Безопасность	Количество циклов	Стоимость
SLA	+	+	+++	+	+++
Ni-Cd	+	++	+++	+	+++
Ni-MH	+	+	+++	+	++
LCO	++	++	+	++	++
LMO	++	++	++	+	+++
LTO	+	++	+++	+++	+
LFP	++	+++	+++	+++	+++
NCA	+++	++	+	++	++
NCM	+++	++	++	+++	++

Сравнительные характеристики ЛИА

Наименование	LTO	LFP	NCA	NCM
Диапазон напряжений, В	1,5–2,8	2–3,6	2,5–4,2	2,5–4,2
Удельная плотность, Вт·ч/кг	50–110	100–160	180–300	130–300
Объемная плотность энергии, Вт·ч/л	220–300	250–400	400–700	300–700
Количество циклов (до потери 20 % от номинальной емкости)	> 7000	> 3000	< 1500	> 1500
Внутреннее сопротивление, мОм	< 1,5	≈ 1,5	< 2	< 2
Рабочая температура, °С	от –40 до +55	от –30 до +55	от –20 до +55	от –20 до +55

просы рынка сильно изменились, что повлияло на отсутствие массового распространения этого типа аккумуляторов. Ограничение на широкое использование LTO аккумуляторов в ТС заключается в двух главных недостатках этого типа электрохимии, а именно в высокой стоимости и низких удельных характеристиках, которые заметно ниже, чем у других типов ЛИА. Но эти недостатки компенсируются существенными преимуществами, такими как возможность работы при отрицательных температурах, большие токи заряда и разряда и огромный, по меркам других ЛИА, ресурс. В ТС LTO аккумуляторы нашли свое основное применение в коммерческом транспорте, в первую очередь электробусах, трамваях и троллейбусах.

Электрохимия LFP (LiFePO_4), открытая в 1996 г., дала толчок в развитии всей индустрии литий-ионных аккумуляторов. С момента массового производства в 2003 г. и до сегодняшнего дня ЛИА на базе LFP уверенно занимают свою долю рынка. До появления более высокеемких NCM/NCA аккумуляторов они были распространены в легких ТС на китайском рынке. Благодаря лучшим энергетическим характеристикам и цене по сравнению с LTO они с тем же успехом применяются в пассажирском транспорте, для которого главную роль играют количество циклов, цена и безопасность. Ожидается, что в ближайшие 5 лет LFP полностью вытеснит с рынка ТС ЛИА на базе LTO.

Аккумуляторы NCA ($\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$) не нашли широкого применения у мировых производителей ТС из-за низкого уровня безопасности и ресурса несмотря на высокие удельные характеристики. Основным потребителем ЛИА на базе NCA является компания Tesla, для которой элементы производит компания Panasonic Corporation, мировой

лидер по объему производства NCA аккумуляторов.

NCM ($\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_x\text{Co}_z\text{Mn}_y)_{1-x}\text{O}_2$) аккумуляторы с различным составом существуют уже 20 лет, многие ключевые публикации и патенты появились в середине 2000-х гг. После первоначального коммерческого успеха NCM 111 или NCM 333 ($\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_{0,3}\text{Co}_{0,3}\text{Mn}_{0,3})_{1-x}\text{O}_2$) NCM аккумуляторы стали широко использоваться в ТС. На сегодняшний день большая часть автопроизводителей использует в своих ТС на электротяге NCM аккумуляторы. В последние годы огромные ресурсы направлены на разработку и совершенствование именно электрохимии NCM, как наиболее сбалансированную по энергоемкости, цене и безопасности.

С 2015 г. мировой рынок литий-ионных аккумуляторов вырос в 2,5 раза с 75 до 188 ГВт·ч, что было обусловлено падением цены, до 2030 г. прогнозируется рост рынка более чем в 10 раз. Главным фактором высокого спроса является увеличение объема мирового автопарка электромобилей благодаря государственной поддержке и развитию необходимой инфраструктуры. По данным портала EVvolumes, мировая доля ТС на электротяге на первое полугодие 2020 г. составляет 3 %. Небольшие автомобильные рынки продолжают лидировать в использовании электромобилей. Лидером, как и раньше, является Норвегия, где в первом полугодии 2020 г. 68 % продаж новых автомобилей составили ТС на электротяге. Исландия занимает 2-е место с 49 %, а Швеция 3-е с 26 %. Среди крупных экономик лидирует Франция с 9,1 %, за ней следует Великобритания с 7,7 %. Германия заняла 7,6 %, Китай 4,4 %, Канада 3,3 %, Испания 3,2 %. На всех остальных авторынках (с общим объемом продаж более 1 млн автомобилей) продажи ТС на электротяге в первом полу-

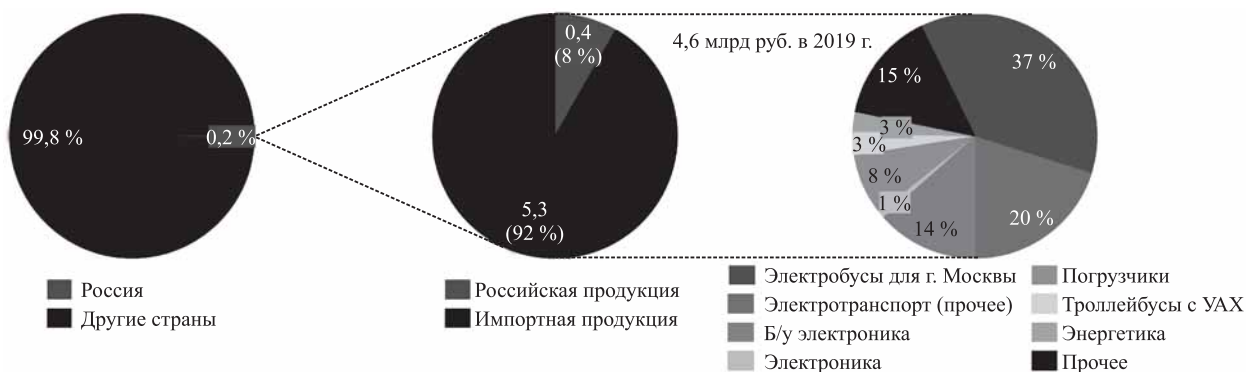


Рис. 1. Объем потребления литий-ионных аккумуляторов в мире и в России



Рис. 2. Прогноз объемов мирового рынка, ГВт · ч/год, и цены литий-ионных аккумуляторов, долл./кВт · ч

годии 2020 г. составили 3 % или менее. По прогнозам на 2030—2040 гг. произойдет увеличение парка до уровня от 150 до 700 млн единиц. Ежегодный рост потребности рынка в литий-ионных аккумуляторах на уровне 20—25 % подтверждает эти прогнозы. Объем рынка РФ оценивается в 0,2—0,3 % от мирового. Доля отечественных производителей ЛИА на внутреннем рынке менее 10 % от импорта (рис. 1). Более половины потребления за электротранспортом, как и во всем мире.

Снижение цен на аккумуляторы способствует росту их продаж. По оценкам аналитиков, стоимость литий-ионных аккумуляторов в 2013 г. составляла 650 долл. США в расчете на 1 кВт·ч запасенной энергии и снизилась до 120—180 долл. на 2020 г. Ожидается дальнейшее снижение стоимости по разным данным в диапазоне от 50 до 80 долл. за 1 кВт·ч на 2030 г. (рис. 2). В результате чего стоимость ТС на электротяге сравняется со стоимостью ТС с ДВС, поскольку ПСХЭЭ составляет значительную часть стоимости от общей цены электромобиля. Удешевление происходит за счет использования новых материалов, производственных процессов и увеличения инвестиций от производителей.

Китайский рынок является крупнейшим по объему потребления ЛИА, а объемы производ-

ства, по данным на 2019 г., составляют 59 % от мирового (рис. 3). Поэтому основные мощности по производству ЛИА сконцентрированы в Китае. Остальные рынки сильно отстают в объемах производства, например, Япония и Южная Корея произвели только по 9 % от общемирового объема, а США и Евросоюз 8 и 7 %, соответственно. Если рассмотреть крупнейшие компании производители ЛИА по странам, то в Китае это CATL, BYD, Tianjin-Lischen; в Японии — Toshiba, Panasonic, AESC; в Корее — LG Chem, Samsung SDI, SK Innovation; Евросоюз — Northvolt, Saft Groupe; США — Tesla, Boston Power.

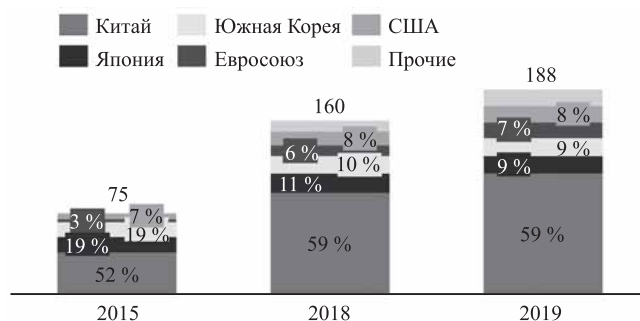


Рис. 3. Производство литий-ионных аккумуляторов по странам

При текущих объемах роста рынка и текущих возможностях производства ЛИА в скором времени возможно образование дефицита, для избежания которого потребуется ввод новых производственных мощностей. В связи с этим компании наращивают свои производственные линии и приступают к строительству новых гигафабрик по производству ЛИА. По прогнозам до 2030 г. суммарный ввод новых производственных мощностей в мире составит более 400 ГВт·ч (рис. 4).

Если оценивать рынок ЛИА по типам аккумуляторов, то самыми распространенными типами электрохимии являются NCA и NCM, которые уже сейчас занимают примерно 60 % рынка литий-ионных аккумуляторов в мире. Менее распространенные LFP и LTO в сумме занимают не более 20 % рынка. Прогноз распределения объемов производства катодного материала по данным независимой аналитической компании Commodities Research Unit (CRU) group, занимающейся анализом горной промышленности, металлургии, энергетики и в химическом секторе, подтверждает потенциал роста производства ЛИА на базе электрохимии NCA и NCM как самой востребованной производителями. Ожидается увеличение доли рынка ЛИА на базе никеля до 84 % от общего объема рынка на 2030 г. (рис. 5). Такая тенденция вполне объяснима. Возросшие требования к ТС

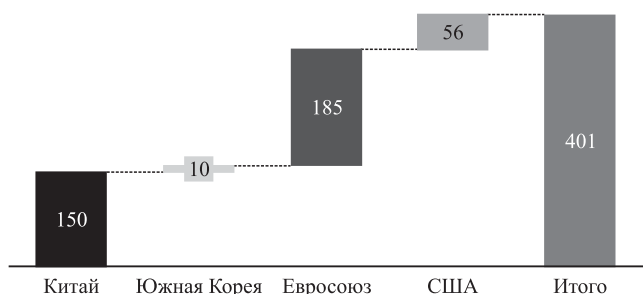


Рис. 4. Планы по вводу производственных мощностей, ГВт·ч

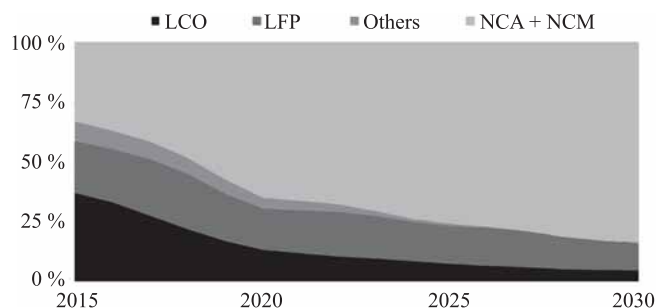


Рис. 5. Оценка мирового рынка катодного материала ЛИА

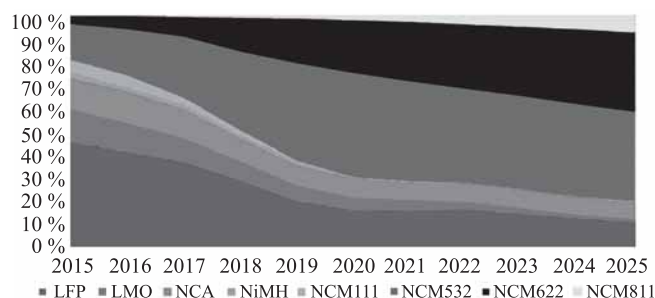


Рис. 6. Распределение мирового рынка по типам катодного материала, МВт·ч

на электротяге подталкивают производителей к разработке электромобилей с высокой энергоемкостью для обеспечения максимального пробега на одном заряде, при этом стараясь максимально снизить массу и стоимость ЭНЭ.

Согласно потенциалу роста объема рынка катодных материалов, на основании прогноза CRU group электрохимия NCM с разным соотношением электрохимии уже к 2025 г. может занять 75 % рынка, в то время как LFP и NCA займут не более, чем по 10–15 % (рис. 6).

Таким образом, развитие электротехнологий на автомобильном транспорте напрямую зависит от прогресса в области создания энергоэффективных ХИТ. Научно-технические тенденции в данной области свидетельствуют о необходимости реализации работ по направлениям повышения энергоемкости, безопасности, снижения массы и стоимости современных химических источников тока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козловский В. Н., Антипов Д. В., Заятров А. В. Методология анализа и прогнозирования качества автомобилей в эксплуатации // Журнал — 2016. — Т. 186. — № 12. — С. 387–398.
2. Козловский В. Н., Строганов В. И., Клейменов С. И. Комплексная оценка удовлетворенности потребителей качеством автомобилей // Стандарты и качество. — 2013. — № 5. — С. 94–98.
3. Козловский В. Н. Моделирование электрооборудования автомобилей в процессах проектирования и производства: Монография // Федеральное агентство по образованию, Тольяттинский гос. ун-т. Тольятти, 2009.
4. Электронная система регулирования скорости движения автомобиля в режимах поддержания и ограничения скорости / В. В. Дебелов, В. В. Иванов, В. Н. Козловский, В. И. Строганов, В. Е. Ют // Грузовик. — 2013. — № 12. — С. 19–23.

УДК 629.013

DOI: 10.36652/1684-1298-2021-11-8-11

И. С. Набиев, канд. техн. наук, доцент, e-mail: ilfir-nabiev@yandex.ru, Россия, г. Набережные Челны,
Д. И. Нуретдинов, канд. техн. наук, доцент, e-mail: nuretddamir@yandex.ru,
Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны

ВЛИЯНИЕ ПРИЦЕПА С ЖЕСТКИМ ДЫШЛОМ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПО ОСЯМ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Требования к автотранспортным средствам по ограничению допустимой осевой нагрузки ужесточаются и начинают контролироваться больше с автоматическими устройствами фиксации правонарушений. В связи с этим в некоторых типах компоновок автопоездов появляются риски превышения нормативных значений осевых нагрузок. Одними из таких компоновок автопоездов являются транспортные средства с прицепами с жесткими дышлами. В данной статье рассмотрено распределение нагрузки на автопоездах с прицепами с жестким дышлом, представлена модель, позволяющая обеспечить равномерные загрузки автопоезда.

Ключевые слова: коэффициент влияния прицепа, тягово-сцепное устройство, осевая нагрузка транспортного средства, грузоподъемность, коэффициент использования грузоподъемности, расположение груза.

Requirements for vehicles to limit the permissible axle load are increasing and are being monitored more with automatic detecting devices. In this regard, in some types of road train layouts, there are risks of exceeding the standard values of axle loads. One of such combinations of road trains are vehicles with trailers with rigid drawbars. This article discusses the distribution of the load on road trains with trailers with a rigid drawbar, a model is presented that allows uniform loading of the road train.

Keywords: coefficient of influence of the trailer, towing hitch, axle load of the vehicle, carrying capacity, utilization factor of carrying capacity, location of the load.

Ссылка для цитирования

Набиев И. С., Нуретдинов Д. И. Влияние прицепа с жестким дышлом на распределение нагрузки по осям транспортного средства // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 8—11.

Link for citation

Nabiev I. S., Nuretdinov D. I. Influence of a trailer with a rigid drawbar on the distribution of the load along the axles of the vehicle // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 8—11.

Цель исследования: разработка методов для обеспечения равномерной загрузки прицепного автопоезда с жестким дышлом.

Прицепы делятся на сцепки с верхним расположением тягово-сцепных устройств (ТСУ) (рис. 1) и с нижним расположением ТСУ (рис. 2).

Основное отличие прицепов с жестким дышлом от прицепов с поворотным кругом заключается в присутствии на их дышле вертикальных нагрузок, устанавливающие дополнительные нагрузки к автомобилям-тягачам. Особенности конструкции представленных типов компоновок автопоездов могут существенно повлиять на распределение нагрузки по осям автомобиля. В основном вертикальная нагрузка на ТСУ увеличи-



Рис. 1. Автопоезда в составе прицепа с жестким дышлом и автомобиля с верхним расположением ТСУ [4]

КОНСТРУКЦИЯ



Рис. 2. Автопоезда в составе прицепа с жестким дышлом и автомобиля с нижним расположением ТСУ

вает осевую нагрузку на заднюю ось (тележку) и при этом снимается часть нагрузки из передней оси. Поэтому достаточно рассматривать влияние прицепа только на осевую нагрузку задней оси (тележки) автомобиля-тягача.

При условии, что прицеп загружен равномерно, записать это явление можно по кинематической схеме конструкции автопоезда (рис. 3) и назвать коэффициентом влияния прицепа

$$k_a = \frac{a}{L_{\Pi}} \left(1 + \frac{L_{ТСУ}}{L_A} \right), \quad (1)$$

где $\frac{a}{L_{\Pi}}$ определяет активность влияния прицепа на автомобиль-тягач, a — расстояние от центральной отметки грузовой платформы до центра оси (одноосный прицеп) или до центра групп осей (многоосный прицеп); L_{Π} — длина базы прицепа, определяется как расстояние от крюка дышла до оси прицепа (одноосный прицеп) или до центра групп осей (многоосный прицеп); $\frac{L_{ТСУ}}{L_A}$ — составляющая, которая определяет податливость самого автомобиля-тягача на вертикальные нагрузки от ТСУ, $L_{ТСУ}$ — расстояние от задней оси

(от центра задней тележки) автомобиля до шкворня ТСУ; L_A — длина базы автомобиля.

Используя коэффициент влияния прицепа, можно легко определить дополняющую нагрузку на заднюю ось (тележку) Q_{Ga} автомобиля-тягача, умножая его на силу веса груза прицепа $G_{ГП}$

$$Q_{Ga} = k_a G_{ГП}. \quad (2)$$

Как видно из формулы (1), если центр грузовой платформы совпадает с центром оси (групп осей) прицепа ($a = 0$), то теоретически можно считать, что прицеп не влияет на автомобиль ($k_a = 0$). Но такие конструкции представленной компоновки автопоездов, наряду с отрицательными значениями $a < 0$, встречаются крайне редко и только на специализированных автопоездах. Поэтому анализ этих вариантов исключаем.

Обычно при равномерной загрузке автомобиля и прицепа по всей длине грузовой платформы с однородным грузом до максимальной его грузоподъемности не возникает проблема, связанная с превышением осевой нагрузки. То есть расстояние a изначально вводится конструкторами при настраивании шасси автопоезда в тандеме с прицепом. Поэтому любые значения нагрузки на заднюю ось (тележку) автомобиля-тягача от смещения a уже заложены и учтены при определении его грузоподъемности. Но все эти расчеты актуальны только для однородного груза и при его идеально равномерной загрузке. А по мере повышения разнородности груза начинается смещение S центра тяжести груза от центра грузовой платформы. Такое в практике происходит в большинстве случаев, и в основном при перевозке сборных грузов значение смещения нельзя не учитывать. Тогда формула (1) определения коэффициента влияния прицепа примет такой вид:

$$k_{as} = \frac{a + s}{L_{\Pi}} \left(1 + \frac{L_{ТСУ}}{L_A} \right). \quad (3)$$

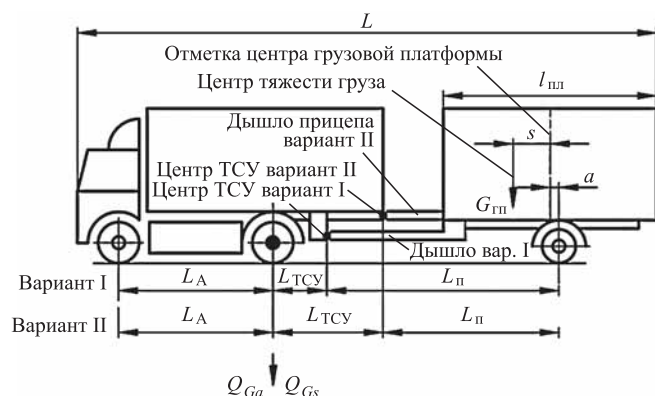


Рис. 3. Схема для определения влияния прицепа с жестким дышлом на распределение нагрузки по осям транспортного средства

КОНСТРУКЦИЯ

Смещение по длине грузовой платформы может быть как в сторону передней стенки прицепа, так и в заднюю сторону. Если смещение назад, то в формулу значение вводится со знаком "-". Поэтому могут возникнуть несколько случаев:

1) $a \geq a + s \geq 0$ — смещение назад, но не более чем на расстояние a . Или $a \geq |s|$. Считается как самый оптимальный вариант. Влияние прицепа минимальное;

2) $a + s < 0$ — смещение назад более чем на расстояние a , $a < |s|$. Прицепы с жестким дышлом запрещено грузить таким образом;

3) $a + s > a$ — смещение вперед. Произойдет дополнительная нагрузка на заднюю ось (тележку) автомобиля-тягача, которую необходимо определить. Для автопоездов, как рекомендация для конструкторов, можно вычислить значение k_{as} исходя из условий, что смещения от центра платформы должны быть в одинаковых пропорциях $s = a$. Тогда формула примет вид

$$k_{as} = \frac{2a}{L_{\Pi}} \left(1 + \frac{L_{\text{ТСУ}}}{L_A} \right). \quad (4)$$

По формуле (4) видно, что по ней можно решить обратную задачу для определения расстояния a . Для этого используем максимально возможное значение коэффициента $k_{as \max}$

$$a = \frac{0,5k_{as \max} L_{\Pi}}{1 + \frac{L_{\text{ТСУ}}}{L_A}}. \quad (5)$$

Коэффициент, определенный по формуле 3 можно использовать, когда известны значения осевых нагрузок порожнего автопоезда. Значение Q_{Gsa} определяется аналогично формуле (2), и суммарная осевая нагрузка сравнивается с нормативным значением.

Когда знаем фактические осевые нагрузки при равномерной и полной загрузке автопоезда, можем вычислить максимально возможное смещение центра тяжести груза в прицепе s_{\max} . Для этого формулу (3) преобразуем на вид

$$k_s = \frac{s}{L_{\Pi}} \left(1 + \frac{L_{\text{ТСУ}}}{L_A} \right) \quad (6)$$

и получаем коэффициент влияния прицепа только от смещения центра тяжести груза прицепа. Если значения предыдущих коэффициентов (1), (3) возникали по причине конструкций автопоезда, этот (6) носит только эксплуатационный характер.

Он зависит от видов груза, погрузочно-разгрузочных средств и работ, крепления грузов и т. п.

Аналогично формуле (5) из формулы (6) находим

$$s_{\max} = \frac{k_{s \max} L_{\Pi}}{1 + \frac{L_{\text{ТСУ}}}{L_A}}. \quad (7)$$

Максимально возможные значения смещения необходимо знать при эксплуатации автопоездов представленной компоновки. Для визуального контроля на полу грузовой платформы можно отметить границы центра масс грузов.

Для сравнения влияния прицепов с грузовыми платформами разной длины формула (6) недостаточно объективна, потому что при одинаковых смещениях центров грузов платформы меньшей длины влияют на автомобиль более эффективно. Поэтому смещение центра груза необходимо представить через длину платформы $l_{\text{пл}}$

$$k_s = \frac{x l_{\text{пл}}}{2L_{\Pi}} \left(1 + \frac{L_{\text{ТСУ}}}{L_A} \right), \quad (8)$$

где $x = 2s/l_{\text{пл}}$ — доля смещения относительно длины платформы.

Если анализировать формулу (8) и выше представленные компоновки автопоездов (рис. 1 и 2) согласно схеме (рис. 3), то легко можно увидеть, что коэффициент влияния прицепа у компоновки с верхней сцепкой (рис. 1, вариант II) будет больше, чем у компоновки с нижним зацепом (рис. 2, вариант I). Кроме того, надо отметить, на автопоездах с компоновкой с нижним зацепом есть конструктивная возможность смещения ТСУ по длине от задней оси до конца рамы.

Аналогично формуле (2) можно определить дополнительную нагрузку на заднюю ось (тележку) автомобиля-тягача от смещения центра тяжести груза прицепа:

$$Q_{Gs} = k_s G_{\text{ГП}}.$$

Если при 10 %-ном смещении груза в прицепе

$$\frac{Q_{Gs}}{Q_{\text{н}}} 100 \leq 5 \%,$$

то сцепку можно считать устойчивой к влиянию прицепа, если

$$\frac{Q_{Gs}}{Q_{\text{н}}} 100 > 5 \%,$$

тогда неустойчивой, Q_n — допустимое нормативное значение осевой нагрузки на заднюю ось (тележку).

Неустойчивые автопоезда более чувствительны к смещениям центров тяжести грузов. Требуют более внимательного отношения при выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Часто эксплуатируются со сниженным коэффициентом грузоподъемности.

Кроме этого, необходимо отметить и позитивные стороны влияния прицепов с жестким дышлом. Они с помощью переложения нагрузок могут увеличить нагрузку на ведущие оси автомобилей, повышая динамическую проходимость автопоездов.

Влияние прицепа на автомобиль необходимо учитывать конструкторам при проектировании прицепов и настройке шасси автомобилей. Можно коротко дать знания основ влияния прицепов водителям автопоездов при обучении на категорию С₁Е и СЕ.

Коэффициент влияния прицепа дает возможность более рационально выбрать компоновку транспортного средства, правильную его загрузку

и повышение коэффициента использования грузоподъемности. Такой метод может быть использован отделом эксплуатации автотранспортных предприятий и грузоотправителями в пунктах погрузки-разгрузки транспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Горев А. Э., Олещенко Е. М.** Организация автомобильных перевозок и безопасность движения. — М.: Издательский центр "Академия", 2006. — 256 с.
2. **Правила** перевозок грузов автомобильным транспортом. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2011 г. № 272, в ред. Постановления Правительства РФ от 30.12.2011 № 1208.
3. **Правила** возмещения вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2009 г. № 934, в ред. Постановления Правительства РФ от 16.04.2011 № 282.
4. **Литовский Schmitz Cargobull.** Феномен "Магнитовской" сцепки. — URL: <https://mpark.pro/pulse-of-industry/257-schmitz-cargobull-magnit-combination-phenomenon.html> (дата обращения 04.03.2021 г.).

Электробусы GAZelle e-NN вышли на пассажирский маршрут в Нижнем Новгороде



Два электробуса GAZelle e-NN приступили к работе на пассажирском маршруте в Нижнем Новгороде, который связывает аэропорт Стригино и станцию метро "Парк культуры".

GAZelle e-NN — это первый российский легкий коммерческий электромобиль. Электрическая "ГАЗель" сочетает в себе унифицированные компоненты модельного ряда легких коммерческих автомобилей ГАЗ и оригинальные электрические узлы: тяговые батареи, электродвигатель, преобразователь напряжения, зарядное устройство и другие компоненты. Пассажироемкость автобуса — 17 чел., полная масса электромобиля — 4,6 т.

На машинах установлен электродвигатель синхронного типа на постоянных магнитах. Его пиковая мощность составляет 100 кВт, максимальный крутящий момент — 310 Н·м. Энергоемкость аккумуляторных батарей — 48 кВт/ч. Максимальная скорость — 100 км/ч, запас хода на одной зарядке — до 120 км. По желанию заказчика запас хода может быть увеличен до 200 км за счет установки дополнительных батарей. Предусмотрена возможность быстрой зарядки до 80 % емкости за 30 мин. Режим рекуперации позволяет обеспечивать подзарядку батарей в момент торможения, что особенно актуально при работе в режиме городских перевозок с частыми остановками.

Впервые электромобили GAZelle e-NN были представлены в Нижнем Новгороде в сентябре 2020 г. в рамках конференции "Цифровая индустрия промышленной России". В основе конструкции машины лежит единая унифицированная электроплатформа, архитектура которой позволяет выпускать полную линейку легкого коммерческого электротранспорта: бортовые грузовики, микроавтобусы, фургоны и различные варианты специальной техники.

Пресс-служба "Группы ГАЗ"

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАСЧЕТ

УДК 629.33

DOI: 10.36652/1684-1298-2021-11-12-15

Е. В. Балакина, д-р техн. наук, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, **Ю. Н. Козлов**, канд. техн. наук, **Д. С. Петров**, **С. Д. Оборин**, Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт — ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ", НИЦИАМТ, г. Дмитров Московской обл.
E-mail: fahrgestell@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ И ЕГО ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСТУПАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ НА ОСНОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ ЗАМЕДЛЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА

При проектном моделировании свойств устойчивости движения и тормозной динамики автомобиля, а также при разработке управляющих алгоритмов в электронных системах управления движением требуются φ_x-s_x -диаграммы автомобильных шин. Разработаны методика построения φ_x-s_x -диаграммы и методика построения зависимости коэффициента сцепления от поступательной скорости на основе экспериментальных значений замедления колеса автомобиля.

Ключевые слова: автомобильная шина, φ_x-s_x -диаграмма, зависимость коэффициента сцепления от скорости, расчетно-экспериментальная методика.

In the design modeling of the properties of stability motion and vehicle braking dynamics, as well as at development the control algorithms in electronic motion control systems, φ_x-s_x -diagrams of automobile tires are required. A method for constructing a φ_x-s_x -diagram and a method for constructing the dependence of the friction coefficient on the translational speed, based on the experimental values of linear decelerations the car wheel have been developed.

Keywords: automobile tire, φ_x-s_x -diagram, dependence of the friction coefficient on speed, calculation-experimental methods.

Ссылка для цитирования

Балакина Е. В., Козлов Ю. Н., Петров Д. С., Оборин С. Д. Определение коэффициента сцепления и его зависимости от поступательной скорости на основании экспериментальных значений линейных замедлений автомобильного колеса // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 12—15.

Link for citation

Balagina E. V., Kozlov Yu. N., Petrov D. S., Oborin S. D. Determination of the friction coefficient and its dependence on the Translational speed, based on the experimental values of linear decelerations the automobile wheel // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 12—15.

Введение

При проектном моделировании свойств устойчивости движения и тормозной динамики автомобиля, а также при разработке управляющих алгоритмов в электронных системах управления движением требуются знания о φ_x-s_x -диаграммах автомобильных шин [1—16]. φ_x-s_x -диаграммой называют зависимость коэффициента сцепления φ_x автомобильной шины с опорной поверхностью от коэффициента продольного скольжения колеса

(КПСК) s_x . Вид и численные характеристики этих зависимостей оказывают существенное влияние на расчетные оценочные параметры устойчивости, управляемости и тормозной динамики автомобиля.

$$s_x = \frac{V_s}{\omega R_r} \quad [1];$$

где V_s — скорость продольного скольжения колеса ($V_s = V - \omega R_r$); ω — угловая скорость колеса; R_r —

радиус качения колеса [1, 10, 13, 14]; V — продольная составляющая поступательной скорости оси колеса.

Диапазон изменения $s_x = 0 - 100\%$. В знаменателе указанной формулы в практических расчетах КПСК в режиме торможения ставят V для исключения деления на ноль при блокировании колеса.

Но получать экспериментальные $\varphi_x - s_x$ -диаграммы трудоемко [2–4, 8, 9, 11, 12, 15, 16]. Предлагается метод их косвенного определения на основе обработки приборной записи (например, с использованием аппаратуры "CorrsysDatron") скорости автомобиля во времени $V = f(t)$.

Цель исследования. Разработка методик построения $\varphi_x - s_x$ -диаграммы и зависимости коэффициента сцепления от текущей поступательной скорости на основе экспериментальных значений линейных замедлений колеса автомобиля.

Методы и подходы

На рис. 1, а показан общий вид такой зависимости на примере торможения автомобиля категории М1. Зависимость $V = f(t)$ должна быть

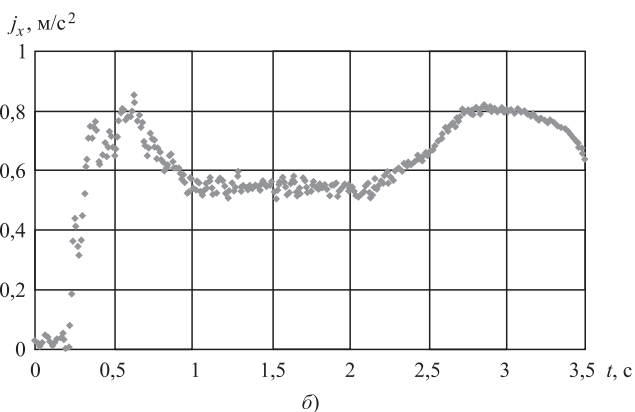
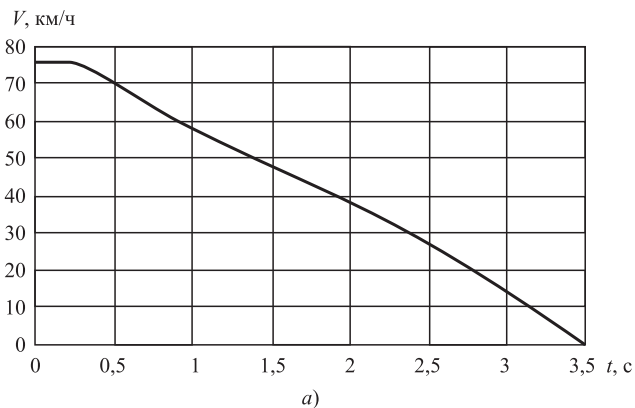


Рис. 1. Зависимости, определенные в ходе дорожных экспериментов:

а — $V = f(t)$; б — $j_x = f(t)$

определена при отсутствии боковой силы на дороге с равномерными сцепными свойствами по бортам. Она может быть получена непосредственными измерениями оптическим датчиком или интегрирована из показаний с датчиков продольных ускорений j_x , приведенных на рис. 1, б. При прямолинейном движении автомобиля показания с датчиков ускорений, расположенных над разными осями, совпадают.

По любой из этих экспериментальных зависимостей можно рассчитать коэффициент сцепления, например с использованием среды Excel:

$$\varphi_{xi} = \frac{V_i - V_{i-1}}{gdT} \quad \text{или} \quad \varphi_{xi} = \frac{j_{xi}}{g},$$

где dT — шаг измерения аппаратурой (0,01 с).

Это дает зависимость $\varphi_x = f(t)$, показанную на рис. 2.

Имея дополнительно $s_x = f(t)$, из них можно получить $\varphi_x = f(s_x)$, т. е.

$$\varphi_x(t); s_x(t) \rightarrow \varphi_x(s_x).$$

Для поиска КПСК s_x предлагается использовать следующий алгоритм:

$$s_x = 1 - \frac{\omega}{V} R_r$$

или

$$s_x = 1 - \frac{\omega}{V} R_0,$$

где R_0 — свободный радиус колеса.

Использование при расчетах s_x вместо радиуса качения, близкого к нему по значению свободного радиуса колеса, вполне допустимо, так как их разница не превышает 2% и не влияет на вид $\varphi_x - s_x$ -диаграмм [1].

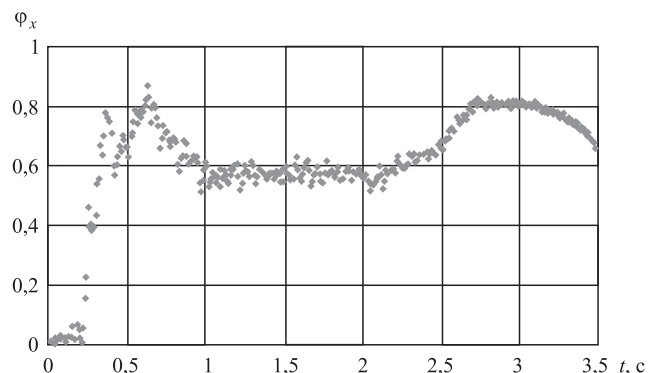


Рис. 2. Зависимость $\varphi_x(t)$

Угловую скорость колеса ω предлагается определять из углового замедления $\dot{\omega}$, которое можно рассчитать по следующей зависимости:

$$\dot{\omega}_i = \left(\frac{1}{I_k} \right) (M_b - M_x),$$

где M_b — тормозной момент; M_x — момент по сцеплению; I_k — момент инерции колеса относительно оси вращения.

Из этой зависимости пошаговым интегрированием можно получить значения угловой скорости ω :

$$\omega_{i+1} = \omega_i - \dot{\omega}_i dT.$$

Для расчета углового замедления $\dot{\omega}$ требуется иметь значения моментов M_b и M_x .

Момент по сцеплению

$$M_x = mg\varphi_x R_r.$$

Тормозной момент

$$M_b \approx KmgR_r \quad (\text{при } t \geq T_{n_{\max}});$$

$$M_b \approx KmgR_r \frac{t}{T_{n_{\max}}} \quad (\text{при } t < T_{n_{\max}}).$$

Время нарастания замедления $T_{n_{\max}}$ можно определить из $V = f(t)$, как показано на рис. 3. Время реакции водителя учитывать не нужно, поскольку измерительная аппаратура включается при проезде световых барьеров, которые испытатель видит заранее. При полном нажатии на тормозную педаль $K \approx 1$.

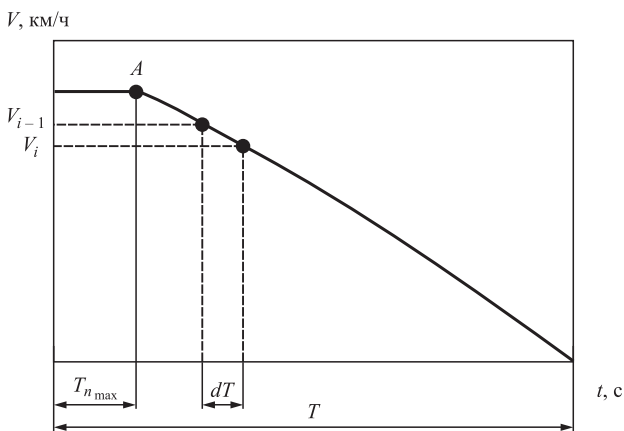


Рис. 3. Общий вид экспериментальной зависимости скорости автомобиля от времени в режиме торможения

Сопоставление значений φ_x и s_x в каждый момент времени t дает возможность получить зависимость $\varphi_x = f(s_x)$ через каждые 0,01 с. Она будет несколько разной на колесах передней и задней оси вследствие неодинаковости скорости нарастания s_x . Полученная по разработанной расчетно-экспериментальной методике φ_x-s_x -диаграмма приведена на рис. 4.

Разработанная методика при ее использовании будет давать более точные результаты при реализации воздействия на тормозную педаль по одному и тому же закону.

Существует такое понятие как зависимость коэффициента сцепления от скорости $\varphi_x = f(V)$. Но разные авторы под такой зависимостью понимают разные явления. Например, она может быть зависимостью коэффициента сцепления от скорости вращения барабана на стенде [13]. Также она может быть зависимостью коэффициента сцепления от начальной скорости торможения автомобиля [6, 10], как показано на рис. 5.

Авторы данной статьи построили экспериментальную зависимость $\varphi_x = f(V)$ текущей скорости автомобиля категории М1 при его торможении с начальной скорости $V_0 = 76$ км/ч. Она приведена на рис. 6.

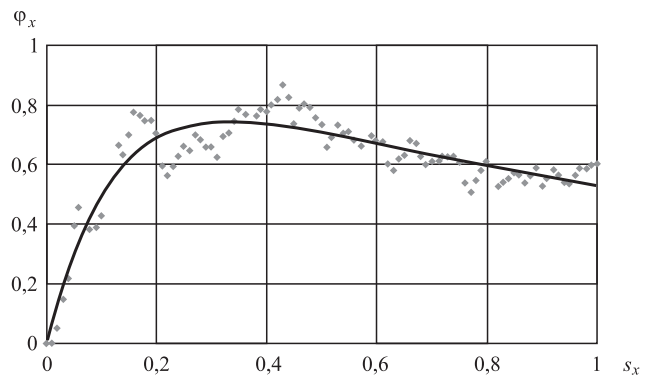


Рис. 4. φ_x-s_x -диаграмма, полученная косвенным путем (из измеренной зависимости $V = f(t)$)

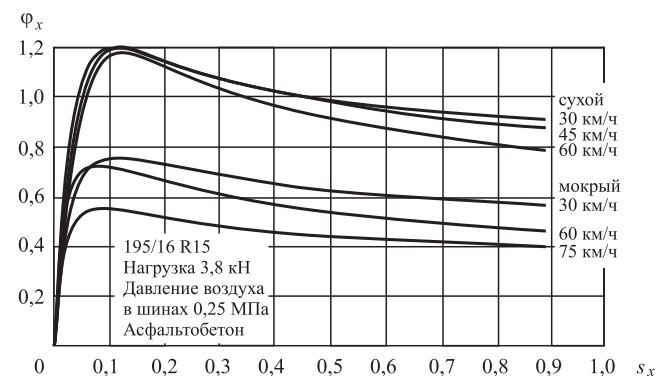


Рис. 5. Зависимость $\varphi_x = f(V)$ по источнику [10]

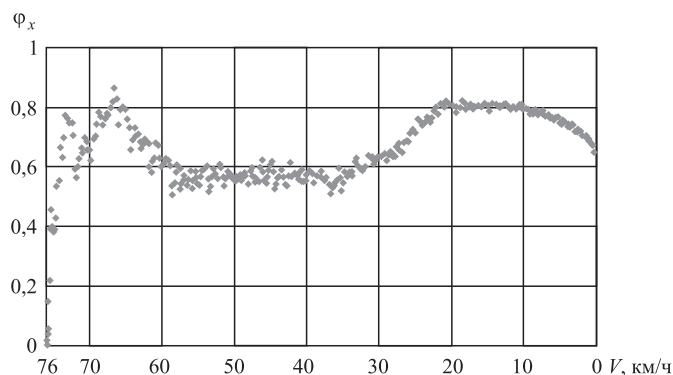


Рис. 6. Экспериментальная зависимость $\varphi_x = f(V)$ текущей скорости автомобиля при его торможении ($V_0 = 76$ км/ч)

Выводы

1. Разработана расчетно-экспериментальная методика построения φ_x-s_x -диаграммы.
2. Разработана методика построения зависимости $\varphi_x = f(V)$ коэффициента сцепления от текущей поступательной скорости на основе экспериментальных значений линейных замедлений колеса автомобиля.
3. Разработанные методики могут быть использованы для получения базовых зависимостей при отсутствии боковой силы, т. е. при прямолинейном движении автомобиля.
4. Для учета возможного влияния боковой силы вид на φ_x-s_x -диаграмм при криволинейном движении автомобиля существуют методики коррекции базовых зависимостей, например, методики, основывающиеся на расчетах коэффициентов КИП или КПП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балакина Е. В., Сарбаев Д. С. К вопросу об определении коэффициента продольного скольжения колеса // Автомобильная промышленность. — 2018. — № 10. — С. 25–27.
2. Балакина Е. В., Кочетков А. В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием. — М.: Инновационное машиностроение, 2017. — 292 с.
3. Балакина Е. В., Сарбаев Д. С. Определение взаимного расположения зон трения покоя и скольжения в пятне контакта шины с дорожным покрытием // Грузовик. — 2019. — № 6. — С. 26–30.
4. Балакина Е. В. Расчет коэффициента сцепления устойчивого эластичного колеса с твердой опор-

- ной поверхностью при наличии боковой силы // Трение и износ. — 2019. — Т. 40. — № 6. — С. 756–765.
5. Классификация и анализ моделей эластичного колеса / Балакина Е. В., Зотов Н. М., Федин А. П., Сторчилова Т. А., Марухин Д. А., Кочетков А. В. // Грузовик. — 2015. — № 10. — С. 10–16 + 3-я и 4-я стр. обл.
 6. Морозов М. В., Купрянов А. А. Определение взаимного расположения зон трения покоя и скольжения в пятне контакта шины с дорожным покрытием // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. — 2012. — № 7. — С. 42–51.
 7. Никульников Э. Н., Барашков А. А., Логунов А. А. Шинные тестеры — инструмент метрологической аттестации испытательных участков дорожных поверхностей с различными коэффициентами сцепления // Автомобильная промышленность. — 2011. — № 6. — С. 34–38.
 8. Anahita Emami et al. Physics-based friction model with potential application in numerical models for tire-road traction. Dynamic Systems and Control Conference. USA, 2017. 6 p.
 9. Balakina E. V. Forms of φ_x-s_x -diagrams of an automobile tire // International Scientific Conference "Balttrib'2017", Aleksandras Stulginskis University Akademija, Kaunas, Lithuania, 16–17 November 2017. — 2017. — P. 118–124. DOI: 10.15544/balttrib.2017.21.
 10. Mitschke M. Dynamik der Kraftfahrzeuge (eBook, PDF) / Manfred Mitschke, Henning Wallentowitz. — Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014. — URL: <https://books.google.ru/books?id=EtwkBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=dynamik+der+kraftfahrzeuge&hl=r u&sa=X&ved=2ahUKewjfyfLFt4TtAhUHAIHewSCYUQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q&f=false>
 11. Morris de Beer, Colin Fisher, Louw Kannemeyer. Tyre-pavement interface contact stresses on flexible pavements — quo vadis? // 8th Conference on asphalt pavements for Southern Africa, June 2012.
 12. Paul Haney. Tire. The Racing and high-performance. — Springfield, USA, 2003, 285 p.
 13. Pacejka H. B. Tire and Vehicle Dynamics. — Published by Elsevier Ltd, USA, 2012.
 14. Reza N. Jazar. Vehicle Dynamics: Theory and Application. — Springer Science + Business Media, LLC, 2008, 1015 p.
 15. Seyedmeysam KHALEGHIAN et al. A technical survey on tire-road friction estimation. Friction, 2017, Vol. 5. No. 2. P. 123–146.
 16. Zotov N. M., Balakina E. V. Using the $\varphi-s_x$ Nomogram in Calculating the Dynamics of a Braked Wheel // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. — 2007. — Vol. 36, No. 2. — С. 193–198.

УДК 621.431

DOI: 10.36652/1684-1298-2021-11-16-20

Л. И. Ковальчук, д-р техн. наук, проф., e-mail: bgarf1988@inbox.ru,

А. А. Четкина, канд. техн. наук, e-mail: andreanna2007@mail.ru,

М. В. Бураковская, канд. техн. наук, e-mail: bgarf1988@inbox.ru, ФГБОУ ВО

"Калининградский государственный технический университет", г. Калининград

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОНаПРЯЖЕННОСТИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО КОСВЕННЫМ ПАРАМЕТРАМ

В статье излагается метод построения экспериментально-теоретических моделей для контроля теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы автотракторных дизелей по косвенным параметрам. Приведен пример построения экспериментально-теоретической модели конкретного двигателя; сформулированы условия применения экспериментально-теоретических моделей для решения практических задач.

Ключевые слова: автотракторный дизель, цилиндропоршневая группа, теплонапряженность, экспериментально-теоретическая модель, косвенные параметры.

The article proposes a method for constructing experimental-theoretical models for monitoring the heat tension of parts of the cylinder-piston group of automotive diesel engines by indirect parameters. An example of constructing an experimental-theoretical model of a specific engine is given; the conditions for the application of experimental theoretical models for solving practical problems are formulated.

Keywords: automotive diesel engine, cylinder-piston group, heat intensity, experimental - theoretical model, indirect parameters.

Ссылка для цитирования

Ковальчук Л. И., Четкина А. А., Бураковская М. В. Метод построения экспериментально-теоретических моделей для контроля теплонапряженности автотракторных дизелей по косвенным параметрам // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 16—20.

Link for citation

Kovalchuk L. I., Chechetkina A. A., Burakovskaya M. V. Method for constructing experimental-theoretical models for control of heat stress of automotive diesels by indirect parameters // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 16—20.

Последовательное улучшение удельных энергетических и экономических показателей дизелей различного назначения наиболее полно и динамично разрешается посредством форсирования рабочих процессов наддувом. Возможности этого направления сдерживаются все возрастающим уровнем тепловых нагрузок на детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ).

В связи с этим поддержание оптимального теплового режима деталей ЦПГ с точки зрения обеспечения ее надежности и высокой экономичности по расходу топлива и масла остается перво-

очередной задачей, которую приходится решать при постройке и эксплуатации дизелей.

Наиболее достоверная оценка тепловых нагрузок, действующих на детали ЦПГ, может быть дана посредством непосредственного измерения показателей тепловой напряженности, т. е. температур и напряжений в стенках деталей. Однако по ряду причин технического и методического характера такие измерения в процессе эксплуатации дизелей не производятся. Этим обстоятельством определяется целесообразность разработки методов оценки теплонапряженности деталей ЦПГ

дизелей различного назначения по косвенным параметрам [4, 5].

Результаты специальных экспериментальных исследований показывают, что при нормальном техническом состоянии дизеля на режимах внешней скоростной характеристики теплонапряженность деталей ЦПГ не увеличивается, если значение коэффициента избытка воздуха при сгорании α поддерживается на уровне номинального режима.

Ниже излагаются теоретические предпосылки и алгоритм построения экспериментально-теоретических моделей для контроля теплонапряженности деталей ЦПГ автотракторных дизелей по коэффициенту избытка воздуха при сгорании α .

Способность нового двигателя с заданным качеством вырабатывать механическую энергию будет характеризоваться полем возможных режимов, допустимых для длительной эксплуатации. Под названным полем понимается часть координатной плоскости $N_e = f(n)$, ограниченная слева и справа вертикалями $n_{\min} = \text{const}$ и $n_{\text{H}} = \text{const}$; сверху — верхней ограничительной характеристикой; снизу — координатной осью n . Ограниченная таким способом часть координатной плоскости $N_e = f(n)$ включает все возможные эксплуатационные режимы, определяющие тепловые условия функционирования деталей ЦПГ. Положение границ этой части координатной плоскости определяется только свойствами двигателя и не зависит от характеристики потребителя механической энергии, т. е. она обладает свойством инвариантности относительно возможных режимов работы двигателя. Следовательно, для оценки условий функционирования деталей ЦПГ необходимо на основе входных в двигатель и выходных из двигателя параметров (информативные параметры) сформировать количественную структуру, которая во всех точках поля возможных режимов работы давала бы постоянное численное значение, то есть обладала свойством инвариантности относительно возможных возмущений со стороны потребителя механической энергии. Аналитически это условие может быть выражено следующим уравнением:

$$f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n; x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0, \quad (1)$$

где $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ — информативные контролируемые параметры; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ — определяемые параметры.

В такой постановке, в каждом конкретном случае, решение задачи сводится к установлению явного вида уравнения, выражающего взаимосвязи между входными и выходными информативными параметрами в поле возможных режимов работы двигателя. Наиболее подходящие исходными данными для определения явного вида количественных структур типа (1) являются результаты стендовых испытаний нового двигателя по серии нагрузочных характеристик. При наличии таких данных расчет параметров инвариантных моделей производится по алгоритму, описанному в работах [1–3].

На рис. 1 приведены результаты стендовых испытаний двигателя Deutz BF06M1013FC (6Ч10,8/13) по серии нагрузочных характеристик в координатной системе $t_{go} = f(n)$, где t_{go} — относительные значения температуры отработавших газов в выпускном коллекторе (выходной параметр); $G_{\text{ТО}}$ — относительное значение часового расхода топлива (входной параметр).

Относительные значения информативных параметров определялись по соотношениям:

$$G_{\text{ТО}} = \frac{G_{\text{T}}}{G_{\text{ТН}}}; t_{go} = \frac{t_g}{t_{\text{гН}}}; n_o = \frac{n}{n_{\text{H}}}, \quad (2)$$

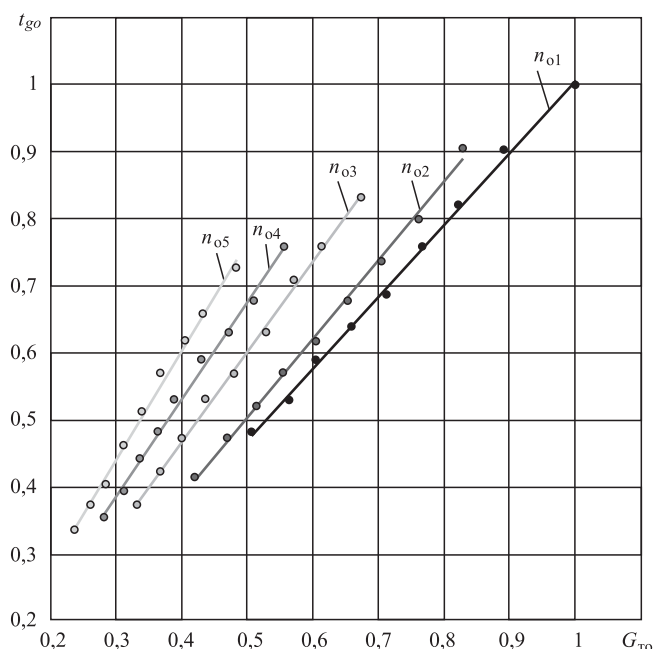


Рис. 1. Нагрузочные характеристики двигателя

где G_T, t_g, n — текущие значения информативных параметров; $G_{ТН}, t_{гН}, n_H$ — значения нормирующих параметров.

Численные значения нормирующих параметров в данном случае приняты следующие: $G_{ТН} = 34,1$ кг/ч; $t_{гН} = 678,57$ °С; $n_H = 2000$ мин⁻¹. Относительные текущие значения информативных параметров заданы для пяти нагрузочных характеристик: $n_o = 1,0; 0,9; 0,75; 0,65; 0,55$.

Использование в расчетах относительных значений информативных параметров исключает вопрос о размерностях и повышает устойчивость вычислительных процессов относительно влияния ошибок измерения контролируемых параметров на достоверность численных значений определяемых параметров. Непосредственно из рис. 1 следует, что зависимости $t_{go} = f(G_{To})$ при $n_o = \text{const}$ имеют линейный характер. Поэтому каждая из них может быть аппроксимирована полиномом первого порядка вида

$$t_{go} = x_1(n_o)G_{To} + x_2(n_o), \quad (3)$$

где $x_1(n_o), x_2(n_o)$ — определяемые функции частоты вращения коленчатого вала двигателя.

В данном случае система полиномов, аппроксимирующих нагрузочные характеристики, принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} t_{go}^I &= 1,0741G_{To} - 0,0665; & n_o &= 1,0; \\ t_{go}^{II} &= 1,1758G_{To} - 0,0842; & n_o &= 0,9; \\ t_{go}^{III} &= 1,3418G_{To} - 0,068; & n_o &= 0,75; \\ t_{go}^{IV} &= 1,4507G_{To} - 0,0482; & n_o &= 0,65; \\ t_{go}^V &= 1,6392G_{To} - 0,0582; & n_o &= 0,55. \end{aligned} \quad (4)$$

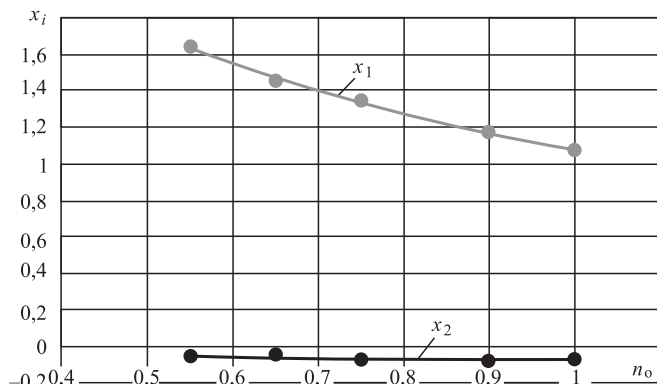


Рис. 2. Закономерности изменения параметров $x_i = f(n_o)$

Система (4) позволяет выявить закономерности изменения функции $x_i(n_o)$ при переходе от одной нагрузочной характеристики к другой. Эти закономерности приведены на рис. 2.

Видно, что это нелинейные зависимости. Поэтому они аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$\begin{aligned} x_1(n_o) &= 1,031n_o^2 - 2,8185n_o + 2,8678; \\ x_2(n_o) &= 0,2167n_o^2 - 0,3965n_o + 0,1075. \end{aligned} \quad (5)$$

Подстановкой (5) в (3) получим уравнения поверхности, образованной последовательным смещением зависимости $t_{go} = f(G_{To})$ при переходе от одной нагрузочной характеристики к другой:

$$t_{go} = (1,031n_o^2 - 2,8185n_o + 2,8678) \times G_{To} - (0,2167n_o^2 - 0,3965n_o + 0,1075). \quad (6)$$

На рис. 3 приведена гистограмма распределения погрешности расчета t_{go} по уравнению (6) по всему массиву исходных данных. Видно, что уравнение (6) воспроизводит опытные данные с погрешностью не более $\pm 3,5\%$, что несущественно превышает погрешности измерения информативных параметров.

Уравнение поверхности (6) используем для определения предельных значений температуры отработавших газов в выпускном коллекторе на режимах внешней скоростной характеристики, при которых уровни тепловых нагрузок на детали ЦПГ не превышают уровень тепловой нагрузки на номинальном режиме. Для этого используем тождество

$$G_{To} = g_{цo} n_o = \frac{P_{ко}}{T_{ко}} \frac{\eta_{но}}{\alpha_o} n_o, \quad (7)$$

где $g_{цo}$ — относительная величина цикловой подачи топлива; $P_{ко}, T_{ко}$ — относительные значения давления и температуры воздуха перед впускными органами двигателя; $\eta_{но}, \alpha_o$ — относительные значения коэффициента наполнения и коэффициента избытка воздуха.

После подстановки (7) в (6), с учетом $\frac{\eta_{но}}{\alpha_o} = 1,0$, получим выражение, определяющее предельные значения температуры отработавших газов в выпускном коллекторе на режимах внешней скорост-

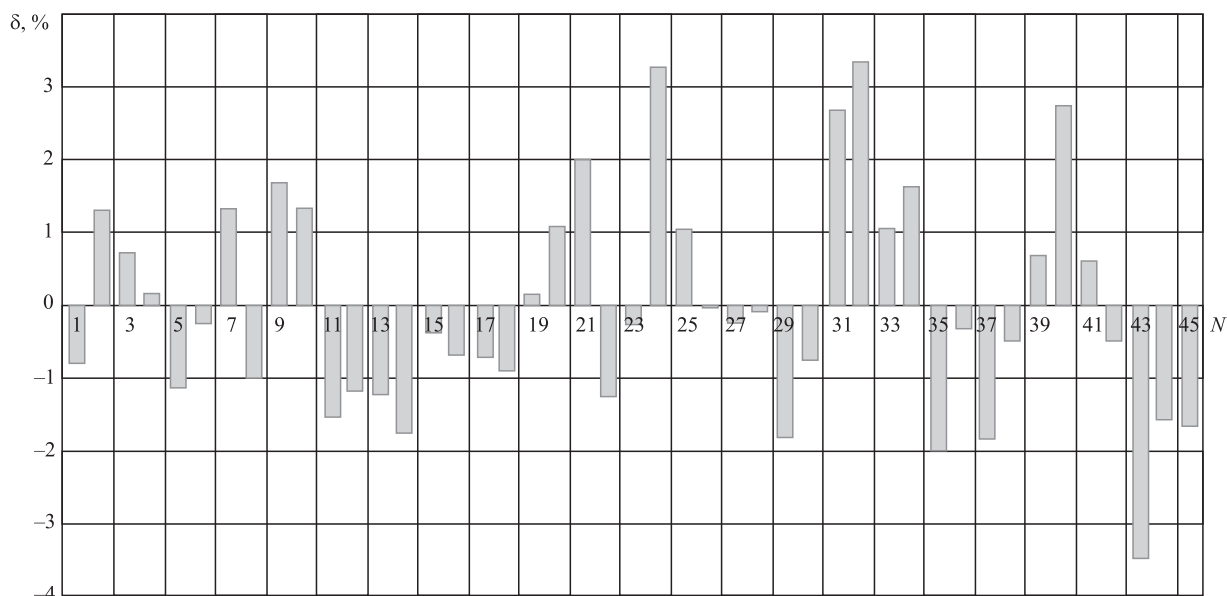


Рис. 3. Гистограмма распределения погрешностей расчета $t_{гоп}$ по уравнению (6)

ной характеристики, при которых уровни тепловых нагрузок на детали ЦПГ не превышают уровень тепловой нагрузки на номинальном режиме:

$$|t_{гоп}| = (1,031n_o^2 - 2,8185n_o + 2,8678) \times \frac{P_{ко}}{T_{ко}} n_o - (0,2167n_o^2 - 0,3965n_o + 0,1075). \quad (8)$$

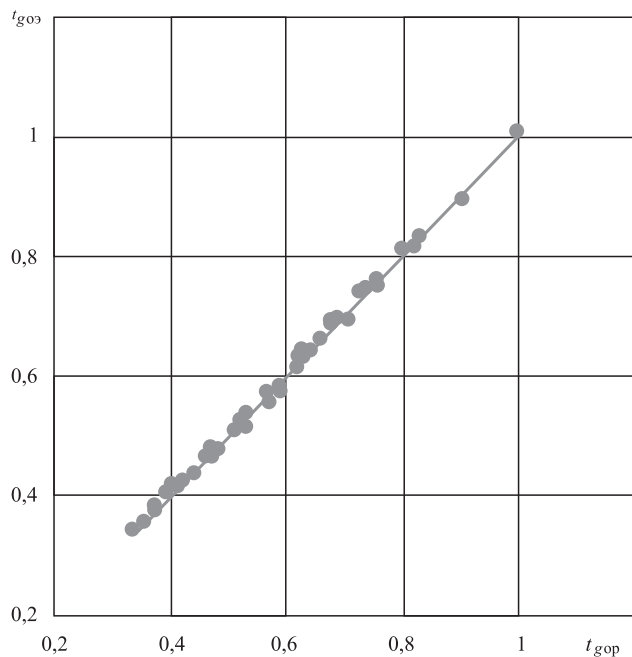


Рис. 4. Графическое представление преобразования $t_{гоэ} = f(t_{гоп})$

Уравнение (8) справедливо только для того диапазона изменения частот вращения и технического состояния двигателя, которому соответствуют исходные данные. Поэтому при практическом использовании моделей типа (8) необходимо контролировать текущее техническое состояние двигателя. Для этой цели целесообразно использовать преобразование $t_{гоэ} = f(t_{гоп})$, где $t_{гоэ}$ — замеренные значения температуры отработавших газов в выпускном коллекторе. Для двигателя Deutz VF06M1013FC (6Ч10,8/13) такое преобразование приведено на рис. 4 и принимается за эталон.

Оценка текущего технического состояния двигателя с использованием преобразования — эталона $t_{гоэ} = f(t_{гоп})$ производится по нижеследующему алгоритму.

1. На 3—4 режимах производится замер параметров G_T, t_g, n .
2. По соотношениям (2) определяются относительные значения параметров $G_{то}, t_{го}, n_o$.

3. По уравнению (6) определяются расчетные значения температуры отработавших газов $t_{гоп}$.

4. Строится зависимость $t_{гоэ} = f(t_{гоп})$, соответствующая текущему техническому состоянию двигателя. Если построенная зависимость $t_{гоэ} = f(t_{гоп})$ совпадает с эталоном, то это означает, что текущее техническое состояние двигателя соответствует исходному. В этом случае возможно использовать уравнение (8) для оценки тепловых

нагрузок на детали ЦПГ по цилиндрам. Условие $t_{гоэ} > |t_{гор}|$ — тепловую перегрузку цилиндра, для исключения которой необходимо уменьшать подачу топлива, пока не будет выполнено условие $t_{гоэ} \leq |t_{гор}|$.

В заключение следует отметить, что изложенный метод позволяет строить экспериментально-теоретические модели для контроля тепловых нагрузок на детали ЦПГ на основе других информативных параметров (например, посредством замены t_g на P_i — среднее индикаторное давление) при наличии технических средств для их оперативного контроля в эксплуатационных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковальчук Л. И., Исаева М. В. Оценка влияния погрешностей исходных данных на параме-

- тры инвариантных диагностических эталонов // Известия КГТУ. — 2016. — № 42. — С. 195—205.
2. Ковальчук Л. И., Исаева М. В. Экспериментально-теоретические модели для диагностирования рабочих процессов в цилиндрах судовых дизелей // Двигателестроение. — 2015. — № 4. — С. 30—33.
3. Ковальчук Л. И., Исаева М. В. Построение инвариантных экспериментально-теоретических моделей для функционального диагностирования воздушного тракта судовых дизелей с наддувом // Морские интеллектуальные технологии. — 2017. — № 3 (37). — Т. 1. — С. 85—90.
4. Соломатин Н. С., Заморин А. Г., Зотов Е. М. Аппроксимация частичных скоростных характеристик двигателя внутреннего сгорания // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. — 2010. — № 1. — С. 66—72.
5. Ходес И. В., Бажин О. А., Шелухин С. В. Расчетно-экспериментальное определение внешней и частичных характеристик двигателя при испытании на стенде с приводом от собственного двигателя автотранспортной системы // Вестник СибАДИ. — 2010. — С. 30—32.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"
принимает подписку на журнал
"ГРУЗОВИК"
ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС. СПЕЦТЕХНИКА
на 2022 год

- Подписавшись в издательстве, вы:
- 1) получаете без задержек журнал с первого номера;
 - 2) экономите на стоимости почтовой доставки;
 - 3) получаете скидку до 5 %.

Наши реквизиты:
E-mail: realiz@mashin.ru
Тел.: 8 (495) 785-60-69.
Отдел продаж, маркетинга, рекламы
WWW.MASHIN.RU

УДК 621.79.01

DOI: 10.36652/1684-1298-2021-11-21-24

И. С. Нефёлов, ст. преп., **Н. И. Баурова**, д-р техн. наук,
ФГБОУ ВО "Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ)", г. Москва
E-mail: nbaurova@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ 3D-ПЕЧАТИ НА ВЯЗКОУПРУГИЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Исследовано влияние технологических режимов и отрицательных температур на ударную вязкость деталей машин, изготовленных с применением аддитивных технологий. Представлены рекомендации по использованию методов 3D-печати при производстве и ремонте машин.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-принтеры, FDM технология, ремонт, ударная вязкость.

The influence of technological modes and negative temperatures on the impact toughness of parts manufactured using additive technologies has been investigated. Recommendations on the use of 3D printing methods in the manufacture and repair of machines are presented.

Keywords: additive technology, 3D-printers, FDM technology, repair, impact strength.

Ссылка для цитирования

Нефёлов И. С., Баурова Н. И. Исследование влияния технологических режимов 3D-печати на вязкоупругие свойства деталей машин в условиях отрицательных температур // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 21—24.

Link for citation

Nefelov I. S., Baurova N. I. Research of the influence of technological modes of 3D-printing on viscoelastic properties of machine parts under negative temperatures // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 21—24.

В настоящее время широкое распространение приобретают различные технологии аддитивного производства, которые применяются в различных отраслях: машиностроении, медицине, автомобилестроении и производстве бытовых товаров [1—4]. Одной из наиболее распространенных технологий 3D-печати является технология послойного наплавления нити FDM (англ. fused deposition modeling), позволяющая создавать трехмерные детали из различных термопластичных материалов [2, 5].

В современных деталях дорожно-строительных машин применяется большое количество термопластичных материалов, в том числе акрилонитрилбутадиенстирол (ABS). В процессе эксплуатации детали машин подвергаются статическим и динамическим нагрузкам, при превышении допустимых значений которых возникает повреждение деталей. Типичными примерами негативных воздействий на детали машин являются: дорож-

ные происшествия, погодные явления, наезд на препятствия и многие другие [6].

Приобретение новых деталей в большинстве случаев связано со значительным простоем техники, а также внушительными финансовыми затратами. Простой техники обусловлен тем фактом, что многие детали на эксплуатируемую технику приходится ожидать в связи с доставкой из-за рубежа. Время ожидания поставки запасных частей может достигать нескольких месяцев. Также существенные неудобства вызывает тот факт, что повреждение даже мелкой детали в составе сборочной единицы может привести к необходимости замены всей сборочной единицы в целом, так как производитель поставляет только комплект [7].

Существенным снижением затрат на покупку запасных частей, а также в результате простоя машин, может служить применение аддитивных технологий для проведения ремонта [8]. Для широ-

кого внедрения этих технологий в машиностроении необходимо определить влияние технологических режимов 3D-печати и отрицательных температур на вязкоупругие свойства пластмассовых деталей машин, полученных аддитивными методами, что и является целью настоящего исследования.

Методика и результаты эксперимента

Для определения вязкоупругих характеристик пластмассовых деталей на 3D-принтере Magnum Creative 2 Pro были напечатаны образцы из ABS-пластика с габаритными размерами 50×15×10 мм. Режимы печати приведены в табл. 1.

В процессе подготовки задания на печать образцы имели две различные ориентации в пространстве на платформе 3D-принтера (рис. 1). Это было необходимо для получения разного расположения слоев в образце. При выборе комбинаций параметров печати учитывались результаты ранее проведенных испытаний [9—13].

Для определения влияния отрицательных температур на вязкоупругие характеристики пластмассовых деталей изготовленные образцы были разделены на 3 группы. Первая группа — контрольные образцы, которые хранились и испытывались при комнатной температуре. Образцы второй группы были выдержаны 30 суток при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в криостате LOIPFT-311-80 (рис. 2, а). Третья группа образцов выдерживалась 30 суток при температуре $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в морозильной камере PozisFH-258-1 (рис. 2, б).

Испытания на ударную вязкость проводились на маятниковом копре Testsystems TCKM-300 (рис. 3) в соответствии с требованиями ГОСТ 4647—2015 "Пластмассы. Методы определения ударной вязкости по Шарпи" [14]. Результаты испытаний образцов на ударную вязкость представлены в табл. 2.

По результатам анализа полученных значений ударной вязкости можно сделать следующие выводы. Толщина слоя незначительно влияет на из-

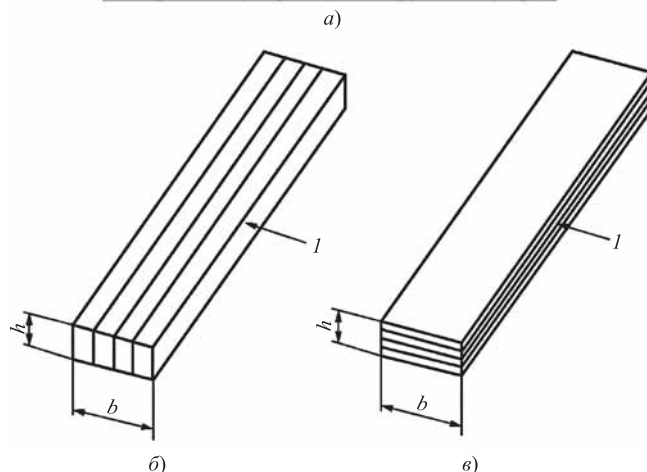
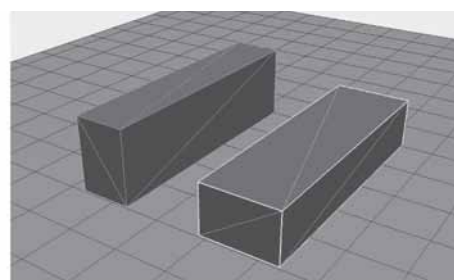


Рис. 1. Ориентация образцов:

а — при печати; б — при ударе в ребро перпендикулярно слоям; в — при ударе в ребро параллельно слоям; *l* — направление удара; *h* — высота образца; *b* — ширина образца

менение ударной вязкости. Увеличение скорости печати приводит к уменьшению значений ударной вязкости. Малый процент заполнения (до 40 %) приводит к увеличению ударной вязкости, процент заполнения, равный 60—80 %, — уменьшает ударную вязкость, а максимальная ударная вязкость достигается при 100 %-ном заполнении.

Таблица 1

Параметры печати образцов из ABS-пластика для испытаний

Параметры	Величина параметра
Скорость печати, мм/с	15; 30; 45; 60; 80
Высота слоя, мм	0,03; 0,06; 0,10; 0,12; 0,20; 0,25; 0,3
Коэффициент подачи	0,90; 0,925; 0,95; 0,975; 1,0; 1,025; 1,05; 1,075; 1,1
Процент заполнения, %	20; 40; 60; 80; 100



Рис. 2. Криостат LOIPFT-311-80 (а) и морозильная камера PozisFH-258-1 (б) для выдержки образцов при отрицательных температурах

Таблица 2

Результаты испытаний образцов на ударную вязкость

№	Группа	Параметры печати (скорость—толщина слоя—коэффициент подачи—процент заполнения)	Средние значения ударной вязкости, Дж/см ²											
			Выдержка при +20 °С				Выдержка при -30 °С				Выдержка при -50 °С			
			en	ep	Σ	en	ep	Σ	en	ep	Σ	en	ep	Σ
1	Толщина	45—0,03—1,0—100	3,22	4,09	3,66	3,39	4,03	3,71	3,49	4,10	3,80	3,35	3,80	
2		45—0,06—1,0—100	3,20	3,98	3,59	2,63	3,21	2,92	3,25	3,46	3,35	4,99		
3		45—0,1—1,0—100	5,31	4,94	5,13	4,67	4,97	4,82	4,72	5,25	4,99	4,27		
4		45—0,12—1,0—100	4,60	4,85	4,73	4,26	4,66	4,46	4,39	4,14	4,27	3,91		
5		45—0,2—1,0—100	3,46	4,30	3,88	3,62	4,05	3,83	3,05	4,77	3,91	3,36		
6		45—0,25—1,0—100	3,72	4,02	3,87	3,21	3,45	3,33	3,01	3,71	3,36	4,31		
7		45—0,3—1,0—100	3,65	3,80	3,73	3,65	3,93	3,79	4,30	4,32	4,31	4,06		
8	Скорость	15—0,1—1,0—100	4,53	4,17	4,35	4,07	4,44	4,25	3,87	4,25	4,06	4,30		
9		30—0,1—1,0—100	4,96	5,46	5,21	4,82	4,99	4,91	3,61	4,99	4,30	4,99		
10		45—0,1—1,0—100	5,31	4,94	5,13	4,67	4,97	4,82	4,72	5,25	4,99	3,26		
11		60—0,1—1,0—100	3,50	3,86	3,68	3,55	3,37	3,46	2,95	3,58	3,26	3,33		
12		80—0,1—1,0—100	2,79	3,45	3,12	2,80	3,35	3,07	2,78	3,87	3,33	2,87		
13		45—0,1—1,0—20	5,57	3,97	4,77	1,99	4,09	3,04	1,82	3,92	2,87	2,88		
14		Процент заполнения	45—0,1—1,0—40	2,75	7,18	4,97	1,88	6,32	4,10	1,49	4,27	2,88	2,71	
15	45—0,1—1,0—60		1,96	4,77	3,36	1,84	4,99	3,42	1,60	3,82	2,71	1,65		
16	45—0,1—1,0—80		1,85	2,05	1,95	1,73	2,04	1,88	1,51	1,80	1,65	4,99		
17	45—0,1—1,0—100		5,31	4,94	5,13	4,67	4,97	4,82	4,72	5,25	4,99	2,38		
18	Коэффициент подачи	45—0,1—0,9—100	2,95	2,60	2,78	2,62	2,52	2,57	2,42	2,33	2,38	3,14		
19		45—0,1—0,95—100	5,33	2,83	4,08	2,26	2,65	2,46	3,47	2,82	3,14	4,99		
20		45—0,1—1,0—100	5,31	4,94	5,13	4,67	4,97	4,82	4,72	5,25	4,99	3,61		
21		45—0,1—1,05—100	3,27	3,95	3,61	3,17	3,88	3,53	3,21	4,02	3,61	4,33		
22	45—0,1—1,1—100	3,80	4,92	4,36	3,48	4,61	4,05	3,74	4,92	4,33				

Примечание: en — удар в ребро перпендикулярно слоям; ep — удар в ребро параллельно слоям; Σ — среднее значение ударной вязкости по двум типам удара (en и ep).



а)



б)

Рис. 3. Копер маятниковый ТСКМ-300 (а) и образец, установленный на опоры копра (б)

Максимальные значения ударной вязкости при изменении коэффициента подачи были получены при его значении, равном 1,0. Значения коэффициента, отличные от 1,0, приводят к снижению ударной вязкости. При этом ударная вязкость образцов с коэффициентами подачи 1,05 и 1,1 выше, чем у образцов с коэффициентами подачи 0,9 и 0,95.

Большое влияние на ударную вязкость образца оказывает расположение слоев. При ударе в ребро параллельно слоям (ер) значения ударной вязкости выше, чем при перпендикулярном ударе (еп). Таким образом, это следует учитывать при выборе расположения детали на платформе стола 3D-принтера при слайсировании.

Воздействие на образцы отрицательных температур ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$) приводит к снижению ударной вязкости. В первую очередь это связано с охрупчиванием пластмасс. Снижение температуры оказывает на пластмассы неоднозначное влияние. Так, для некоторых образцов ударная вязкость при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ больше, чем при $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Выводы и рекомендации

Полученные результаты испытаний можно применять для назначения подходящих режимов 3D-печати пластиковых деталей машин с целью достижения требуемых прочностных показателей деталей. Использование определенной структуры заполнения позволит создать деформируемые элементы, которые можно будет использовать как при ремонте, так и при изготовлении деталей машин.

Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту № FFSM-2020-0011 (2019-1342), экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Аддитивные технологии** / А. И. Рудской и др. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. — 297 с.
2. **Валетов В. А.** Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 63 с.
3. **Зленко М. А., Нагайцев М. В., Довбыш В. М.** Аддитивные технологии в машиностроении. — М.: ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ", 2015. — 220 с.
4. **3D printing trends 2020: industry highlights and market trends** // Trend report 2020. — 2020. — P. 38.
5. **Gibson I., Rosen D. W., Stucker B.** Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. — London: Springer, 2009. — 462 p.
6. **Грэлльманн В., Зайдлер С.** Испытания пластмасс / Пер. А. Я. Малкина. — СПб.: ЦОП "Профессия", 2010. — 720 с.
7. **Зорин В. А.** Основы работоспособности технических систем. — М.: Издательский центр "Академия", 2009. — 208 с.
8. **Зорин В. А., Тимченко М. И.** Применение аддитивных технологий при изготовлении деталей автомобилей // Грузовик. — 2018. — № 4. — С. 16–17.
9. **Нефелов И. С., Тимченко М. И., Баурова Н. И., Зорин В. А.** Исследование влияния технологических режимов 3D-печати на прочностные свойства деталей // Механизация строительства. — 2018. — Т. 79. — № 2. — С. 25–30.
10. **Нефелов И. С.** Восстановление изношенных поверхностей деталей машин при помощи дополнительных ремонтных деталей, изготовленных методами аддитивных технологий // Ремонт. Восстановление. Модернизация. — 2018. — № 11. — С. 15–17.
11. **Нефелов И. С., Баурова Н. И.** Особенности изготовления резьбовых поверхностей в деталях, полученных методами 3D-печати // Технология металлов. — 2017. — № 7. — С. 33–36.
12. **Нефелов И. С., Баурова Н. И.** Определение стойкости соединений изделий из пластмасс, изготовленных с применением аддитивных технологий, к воздействию отрицательных температур // Все материалы. Энциклопедический справочник. — 2021. — № 1. — С. 23–27.
13. **Nefelov I. S., Baurova N. I.** Evaluation of Structural Defects of Articles Obtained in Various Modes of 3D-Printing // Polymer Science—Series D. — 2019. — Vol. 12. — № 1. — P. 77–79.
14. **ГОСТ 4647—2015** Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи. — М.: Стандартинформ, 2016. — 23 с.

И. Ф. Дьяков, д-р техн. наук, проф., Ульяновский ГТУ, e-mail: i.dyakov@ulstu.ru,
Ю. В. Моисеев, канд. экон. наук, директор ЗАО "Системы безопасности", г. Ульяновск

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Приведены результаты исследования эффективности использования грузовых транспортных средств в сфере эксплуатации. Цель работы — уточнение трудоемкости ремонта и обслуживания транспортных средств, возможности прогнозирования отказов и периодичности обслуживания в сфере эксплуатации. Показаны результаты прогнозируемых отказов некоторых агрегатов транспортных средств на основе нейронной сети. Получены оптимальные значения параметров нейронной сети и результаты энергозатрат на километр пробега, а также результаты прогнозирования эффективности использования транспортных средств.

Ключевые слова: трудоемкость, нейронная сеть, прогнозирование, транспортные средства, перцептроны.

The results of the study of the efficiency of the use of cargo vehicles in the field of operation are presented. The purpose of the work is to clarify the complexity of repair and maintenance of vehicles, the possibility of predicting failures and the frequency of maintenance in the field of operation. The results of predicted failures of some vehicle aggregates based on a neural network are shown. The optimal values of the neural network parameters and the results of energy consumption per kilometer of mileage, as well as the results of forecasting the efficiency of vehicle use, are obtained.

Keywords: labor intensity, neural network, forecasting, vehicles, perceptrons.

Ссылка для цитирования

Дьяков И. Ф., Моисеев Ю. В. Применение нейронных сетей для прогнозирования эффективности использования транспортных средств // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 25—29.

Link for citation

Dyakov I. F., Moiseev Y. V. Application of a neural network for forecasting efficiency of vehicles // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 25—29.

Грузовые автотранспортные предприятия эксплуатируют транспортные средства в различных дорожных условиях и климатических зонах. При такой эксплуатации требуется своевременное техническое обслуживание и качественный текущий ремонт, которые обеспечивают минимальные простои и затраты [1]. Использование транспортных средств, имеющих большой срок эксплуатации, существенно ухудшает такие показатели, как производительность и работоспособность. Резко возрастают трудовые и материальные затраты на запасные части и расход топлива. Следовательно, цель исследования — уточнение трудоемкости ремонта и обслуживания, повышение работоспособности транспортных средств, возможности прогнозирования отказов. Несвое-

временное обслуживание способствует непредусмотренным поломкам деталей транспортных средств, приводит к увеличению затрат и простоя на текущий ремонт. Для достижения поставленной цели были рассмотрены следующие задачи и пути их решения:

1. Проведен анализ показателей транспортных средств в сфере эксплуатации.
2. Возможности использования технологии нейронных сетей для прогнозирования эффективности использования транспортных средств.
3. Уточнение периодичности проведения технического обслуживания и прогнозирования трудоемкости ремонта на основе полученных результатов.

Методы решения. Многочисленные исследования в реальных условиях эксплуатации (авто-

Эксплуатационные показатели автомобилей с различной нагрузкой

Тип подвижного состава	Машино-дни		Средний годовой пробег, тыс. км	Периодичность обслуживания, ТО-1/ТО-2, тыс. км	Количество отказов на тыс. км пробега
	В работе	Удельные простои на ТР/тыс. км пробега			
ГАЗ-33027	236	0,275	40,50	3,0/12	0,8
КАМАЗ-5410	206	1,06	46,18	3,0/12	1,2
ЗИЛ-130 В	172	2,43	34,25	3,0/12	1,3
Седельный тягач ЗИЛ-44151	150	3,2	48,0	3,0/12	1,8
Седельный тягач ЗИЛ-44151 с одним прицепом	174	2,8	40,44	3,0/12	2,7
ЗИЛ-43310 с двумя полу- прицепами	169	3,2	29,29	3,0/12	2,47

колонна 1183 г. Ульяновска) показали, что километры пробега недостаточно точно связаны с отказами, а соответственно с трудоемкостью ремонта, табл. 1. Коэффициент корреляции между трудоемкостью ремонта и обслуживания по пробегу составил $r_{iTC} = 0,603$, а энергозатратам $r_{jTC} = 0,763$, т. е. на 24,8 % выше, чем по пробегу. Энергозатраты определялись как расчетным методом, так и с помощью разработанного прибора [2].

Величина расчетной наработки энергозатрат J_{Si} на перевозку грузов транспортным средством определена из выражения

$$J_{Si} = \left\{ L\beta \left[m_H (k_\gamma + \eta_\sigma) \right] (F_w + F_{TP} \pm F_j + R_z \psi_x) \right\} \times \frac{r_k}{r_d} \frac{T_T}{T_H} 2,73,$$

где L — пробег за рассматриваемый период, км; β — коэффициент использования пробега; m_H — грузоподъемность транспортного средства, т; k_γ — коэффициент использования грузоподъемности; η_σ — коэффициент использования снаряженной массы транспортного средства; F_w, F_{TP}, F_j — аэродинамическая сила сопротивления воздуха, сила трения, сила инерции при разгоне; R_z — вертикальная реакция колеса транспортного средства, т; ψ_x — коэффициент сопротивления дороги; r_k, r_d — соответственно радиусы колеса качения и динамический; T_T, T_H — текущее и нормативное значения сроков эксплуатации транспорт-

ного средства; 2,73 — коэффициент перевода из Дж в кВт·ч.

Используемый прибор для замера энергозатрат транспортного средства опубликован на страницах журнала [3—5] и на него получены авторские свидетельства [6, 7]. В табл. 2 приведены результаты измерения энергозатрат транспортного средства на километр пробега в одинаковых дорожных условиях. Рассмотренные в условиях неопределенности отказы, связанные со сложностью их ремонта, группировали на трудоемкие и невосстанавливаемые детали. Использованный произвольный ряд транспортных средств, содержащих $N = 15$ единиц, разделены на обучающий, тестирующий и контролирующий выборки. К обучающим выборкам отнесены транспортные

Таблица 2

Сравнительные данные различных транспортных средств в одинаковых дорожных условиях

Автомобили	Энергозатраты на км пробега, кВт·ч	
	Без груза	С грузом
УАЗ-3303	0,0157	0,123
ЗИЛ-433360	1,040	1,357
КАМАЗ-5320	1,024	1,367
КрАЗ-250	1,873	3, 40

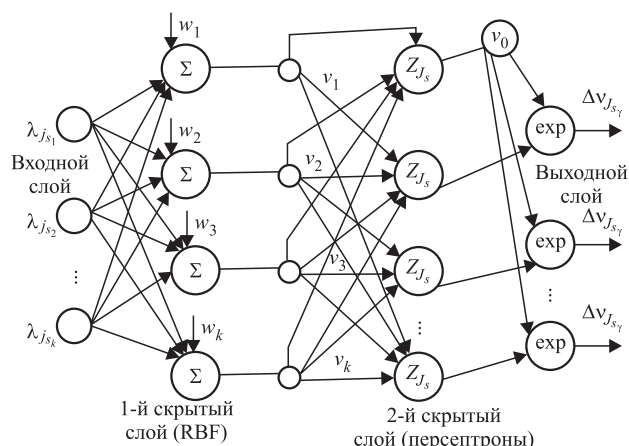
средства с наработкой более 1,5, тестирующим для прогнозирования более 2,5 и контролирующим более 2,50 тыс. кВт·ч.

Программа обучения для прогнозирования работает с числовыми данными. Для прогнозирования удельной трудоемкости текущего ремонта принимали пять диапазонов: 0,0160—0,0165; 0,0165—0,0170, 0,0170—0,0175, 0,0175—0,0180, 0,0180—0,0185 чел.-ч/тыс. кВт·ч. Каждый диапазон соответствует определенной удельной трудоемкости для ввода в программу в виде строки

$$x_{L_{p_{дв}}} = 0110010 \cdot 0010100 \cdot 01001000 \cdot 01011000 \cdot 1111100.$$

Для прогнозирования использована многослойная нейронная сеть (см. рисунок). Она позволяет эффективно решать задачи в условиях неопределенности. При обучении персептрона применены эталонные значения пар <вход—выход> и подбор весов w_{ij} , чтобы выходной сигнал Δv_{J_s} был близок к заданному значению $[d_{J_s}]$. Это обучение гетероассоциативного типа, при котором каждой обучающей выборке, представляемой вектором v_{J_s} соответствовало ожидаемое прогнозируемому значению $[\Delta v_{J_s}]$ на выходе j -го нейрона.

После выбора весовых коэффициентов были подставлены очередной обучающий вектор удельной трудоемкости и связанный заданному значению $[d_{J_s}]$. Этот процесс многократно повторялся на всех обучающих выборках, пока не были минимизированы различия между всеми значениями выходных параметров, заданными значениями v_{J_s} и прогнозируемыми $[\Delta v_{J_s}]$, которые могли



Модель прогнозирования на нейронной сети

быть представлены как минимизация конкретной функции погрешности из выражения

$$z_{J_s} = \sum_{k=1}^p \left(v_{J_s}^{(k)} - [\Delta v_{J_s}] \right)^2 \rightarrow \min,$$

где p — означает число нейронов в выходном слое.

Так как сигмоид работает в диапазоне от 0 до 1, то на выходе также получаем от 0 до 1, исходя из выражения (1), и определяем соответствующий диапазон удельной трудоемкости. Данные были нормализованы на входе и денормализованы на выходе. При этом каждый отказ с определенной трудоемкостью задан в виде матрицы 7×5 как последовательность нулей и единиц. В качестве разделителя между строками использован символ *. Для прогнозирования изменения трудоемкости транспортного средства предложена функция распределения Вейбулла с плотностью распределения вероятностей из серии измеряемых параметров

$$z_{J_s} = L_{v_i} / \Delta J_s + \beta \frac{J_s}{\mu}^{\beta-1} e^{-\left(\frac{J_s}{\mu}\right)^\beta},$$

где $L_{v_i} / \Delta J_s$ — относительное смещение заданного значения трудоемкости характеристики L_{v_i} при приращении трудоемкости ΔJ_{s_i} транспортного средства; β — параметр формы распределения Вейбулла ($\beta > 1$ функция возрастает); μ — параметр масштаба, характеризующий степень растянутости.

Проверка меры согласованности значений весов производится определением коэффициента корреляции $r_{j_{TC}}$. Для каждого отдельного агрегата определяется коэффициент корреляции в отдельности, делятся на общий суммарный коэффициент корреляции и выражаются в виде

$$w_i = \frac{r_{ji}}{m} \cdot \sum_{i=1} r_{j_{TC}}$$

где r_{ij} — коэффициент корреляции i -го агрегата; m — количество измерений.

Если рассматриваются отдельные агрегаты, то берется суммарный их коэффициент корреляции этих агрегатов. После согласования сравниваются значения весовых коэффициентов с пороговыми данными w_{i0} , а также значения весовых коэффициентов агрегатов контролируемых транспортных

средств. Примерный перечень весовых коэффициентов каждого агрегата после обучения получены 0,66 относится к двигателю; 0,157 — к коробке передач; 0,07 — износ протектора шины; 0,052 — к рулевому управлению; 0,043 — к подвеске.

Таким образом, на вход нейрона вводят множество сигналов в виде выражения (1), каждый из которых является вектором изменения удельной трудоемкости ремонта автомобиля (нейрона). Каждый введенный сигнал входа умножается на соответствующий сигнал веса, аналогичный синаптической силе. Все произведения суммируются, определяя уровень активации нейрона. Для повышения точности прогноза производится предварительная (предпроцессорная) обработка информации. Такая обработка сводится к масштабированию значений отсчетов с целью их сведения в единый диапазон. Каждая выборка представляет собой дискретную функцию, заданную в точках на интервале от $J_{S_{\min}}$ до $J_{S_{\max}}$ с шагом $\Delta J_{S_{\Delta}} = 0,5$, где $J_{S_{\min}}$, $J_{S_{\max}}$ — минимальное и максимальное значения аргумента этой функции соответственно.

Выходной сигнал 1-го промежуточного слоя нейронов передает сигналы на 2-й входной слой, которые являются радиально симметричными. При этом выходной сигнал 2-го слоя нейрона обозначен через v_{j_s} и определяется зависимостью

$$v_{j_s} = f \left(\sum_{i=1}^n w'_{ij} \lambda_{ij} (J_{s_i}) + w_{io} \right),$$

где i -й номер цикла одной группы трудоемкости (сигнал поступает от узла i к j); n — количество нейронов в выходном слое; λ_{ij} используемый i -й агрегат j -го агрегата при наработке J_{s_i} ; w'_{ij} — весовой коэффициент контролируемого транспортного средства.

В многослойной сети обычно применяют сигмоидную функцию $\sigma(\text{net})$, хотя можно использовать любую непрерывно дифференцируемую монотонную функцию. Сигмоидная функция определяется из выражения

$$\sigma(\text{net}) = \frac{1}{1 + e^{-k(\text{net})}},$$

где k — положительное число, влияющее на растяжение функции и подбирается пользователем.

Увеличение k сжимает функцию и имеет диапазон $0 < \sigma(\text{net}) < 1$, при $k \rightarrow \infty$ функция $\sigma(\text{net})$ приближается к функции Хевисайда [8, 9]. Коэффициент k может использоваться в качестве параметра усиления. При поступлении на вход

нейрона некоторого множества одинаковых сигналов числовых значений (чел-ч/тыс. кВт·ч), каждый сигнал из которых является выходом другого нейрона, каждый сигнал входа умножается на соответствующий w_i вес и все произведения суммируются, определяя уровень активации нейрона. Весовые коэффициенты меняются при передаче от слоя к слою по формуле

$$\Delta w = -\eta \frac{\partial \delta_{J_S}}{\partial \mu_{ij}^{(k)}},$$

где η — коэффициент скорости обучения; μ_{ij}^k — коэффициент синаптической связи (весовых коэффициентов) k -го нейрона от i -го слоя к j -му слою; δ_{J_S} — функция суммарной ошибки сети.

Принцип функционирования 1-го скрытого слоя первого нейрона показан на рисунке. Вектор выходных сигналов $v_{J_{S_1}}$ передается на вход 2-го промежуточного слоя. Второй суммирующий блок складывает взвешенные входы алгебраически, создавая выход $\Delta v_{J_{S_1}} = \sum_{i=1}^k v_i w_k$. Сигналы, посту-

пившие к нейрону одновременно по нескольким дендритам, суммируются.

Если суммарный импульс превышает некоторый порог, нейрон возбуждается, формирует собственный импульс и передает его далее по аксону. В качестве радиальной функции применяется метод Гаусса — последовательное исключение неизвестных.

Наконец, выходной слой делит взвешенные суммы на сумму весов и выдает окончательный результат прогноза. Программа реализации прогноза состоит из двух головных программ. Первая используется для обучения нейронной сети. В результате ее работы формируется таблица весовых коэффициентов. Вторая программа запускается для оценки качества сформированной задачи. Наилучший прогноз достигается при соотношении объемов выборок 20 : 20 : 20. Оптимальными значениями параметров алгоритма являются: коэффициент скорости обучения $\eta_0 = 0,7$; коэффициент момента обучения $\mu_0 = 0,9$; количество итераций $t_r = 20$ и величина изменения коэффициента скорости обучения $\alpha_c = 0,1$, полученные из результатов исследования.

В табл. 3 приведены прогнозируемые результаты исследования при техническом обслуживании и ремонте транспортных средств в условиях

Результаты прогнозируемой трудоемкости технических воздействий

Марка автомобиля	Периодичность обслуживания, тыс. км суш./предл.		Прогнозируемая трудоемкость обслуживания, чел.-ч/тыс. (км/кВт·ч)		Прогнозируемая трудоемкость текущего ремонта, чел.-ч/тыс. (км/кВт·ч)
	ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-2	
КАМАЗ-5320	3/2,68	12/10,75	3,4/4,64	14,5/20,23	8,5/11,61
ЗИЛ-433360	3/2,30	12/9,21	2,7/3,66	10,8/14,65	4,0/5,42
УАЗ-3303	3,0/3,46	12/13,84	1,5/0,049	7,8/0,255	3,6/2,49

эксплуатации. Удельные затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобиля КАМАЗ завышены при ТО-1 на 36 %, ТО-2 — 39 % по сравнению с пробегом, в то же время автомобиля УАЗ занижены на 96 %. Периодичность обслуживания для автомобиля УАЗ требует увеличения на 15 %, а для автомобиля КАМАЗ — уменьшения на 11 %. Периодичность технического обслуживания устанавливается с учетом условий эксплуатации для каждого транспортного средства и автотранспортного предприятия в отдельности. Тем самым обеспечивается работоспособность транспортного средства с минимальными затратами на текущий ремонт.

Выводы

1. Нарботка у различных марок автомобилей в одинаковых условиях эксплуатации на один километр пробега отличается между собой. Автомобиль ЗИЛ-433360 при грузоподъемности 6 т на собственный вес затрачивает на 1,6 % энергии больше, чем автомобиль КАМАЗ-5320 при грузоподъемности 8 т. В связи с этим планирование периодичности технического обслуживания, оценка надежности и эффективности использования транспортных средств возможны после корректировки километров пробега, так как они вносят определенную погрешность.

2. Исследования показали следующие результаты: коэффициент коррекции технического обслуживания для автомобиля УАЗ-3303 $k_{ТО} = 1,154$, ЗИЛ-433360 — 0,232 и КАМАЗ-5320 — 0,104.

Эти показатели необходимы для определения возможности проведения операций в заданное время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Горяев И. А.** Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта // Вестник ЮУрГУ. — 2012. — № 44. — С. 185—186.
2. **Дьяков И. Ф., Логинов Н. П.** Эффективный прибор // Автомобильный транспорт. — 1986. — № 4. — С. 14—17.
3. **Dyakov I. F., Prentkovskis O. V.** Optimizacion problems in designing automobiles // Transport. — 2008 — № 4. — P. 316—323.
4. **Дьяков И. Ф.** Уточнение эксплуатационной надежности транспортного средства (материалы международной конференции) // Теоретические и практические аспекты научных исследований. Т. 2. — София, 2019. — С. 22—32.
5. **Дьяков И. Ф., Пинков А. П., Кольнев Д. В.** и др. Прогнозирование эффективных свойств двигателей транспортного средства // THE SETENTIFIGE HERITGEE. Прага. 2019. № 41-1 (41). — С. 17—27.
6. **А.с. № 688910** Устройство для учета ресурса транспортных машин / Дьяков И. Ф., Журавлев Ю. А. Старцев Н. Н. Б. И. № 36, 1979.
7. **А.с. № 1206825** Устройство для учета работы двигателя транспортной машины / Моисеев Ю. В., Дьяков И. Ф., Данкевич В.И., Мартищенко К. И. Б. И. №??
8. **Панфилов П. Н.** Введение в нейронные сети // Современный трейдинг. — 2001. — № 2. — С. 12—17.
9. **Солдатова О. П.** Основы нейроинформатики: Учеб. пособие. — Самара: ГАУ им. акад. С. П. Королева, 2006. — С. 132.

А. В. Попов, ст. преп., Волжский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет, г. Волжский
E-mail: alexandrus238@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СКЛОННОСТИ К РИСКУ СРЕДИ ВОДИТЕЛЕЙ НЕКОММЕРЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье приводятся результаты исследования, проведенного авторами. Целью работы является исследование склонности к риску среди двух возрастных категорий водителей некоммерческого транспорта: от 18 до 25 лет и старше 25 лет. В рамках реализации данной цели проведено анкетирование водителей: 200 молодых людей в возрасте 18—25 лет и 100 водителей возрастной категории старше 25 лет. В результате исследования установлено, что доля склонных к риску среди молодых водителей в 2,5 раза выше, чем у водителей старшего возраста.

Ключевые слова: водитель, склонность к риску, дорожно-транспортное происшествие.

The article presents the results of the research conducted by the authors. The aim of the work is to study the risk propensity among two age categories of drivers of non-commercial transport: from 18 to 25 years and older than 25 years. As part of this goal, a survey of drivers was conducted: 200 young people aged 18—25 years and 100 drivers of the age category over 25 years. The study found that the proportion of risk-averse young drivers is 2.5 times higher than that of older drivers.

Keywords: driver, risky driving, traffic accident.

Ссылка для цитирования

Попов А. В. Исследование склонности к риску среди водителей некоммерческого транспорта в Российской Федерации // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 30—34.

Link for citation

Popov A. V. Study of risky driving among drivers of non-commercial transport in the Russian Federation // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 30—34.

В России общая проблема высокой аварийности сохраняется, хотя в последние годы наметилось снижение как общего количества ДТП, так и числа погибших, что говорит об эффективной профилактической работе ГИБДД [4]. Вместе с тем в последние годы увеличивается количество молодых водителей в возрасте 18—25 лет. Как правило, водители, имеющие стаж управления транспортным средством 0—5 лет, относятся к этой возрастной категории. Они очень часто становятся виновниками ДТП (рис. 1) [2].

Дорожно-транспортные происшествия являются одной из наиболее распространенных причин смертности среди молодых людей. Значительность социально-экономических потерь от

дорожно-транспортных происшествий, устраиваемых молодыми водителями, обусловила интерес к факторам, приводящим к таким ДТП. Было выявлено несколько факторов, вносящих важный вклад в смертность в результате дорожно-транспортных происшествий: осознанное превышение скорости; неиспользование удерживающих устройств для пассажиров; а также употребление алкоголя. Одной из основных причин, по которым у молодых водителей проявляется действие этих факторов, является их склонность к риску. Подобное поведение является обычным явлением среди молодых водителей [7]. Высокая степень риска объясняется молодостью и неопытностью. Молодые мужчины чаще, чем более старшие, ста-

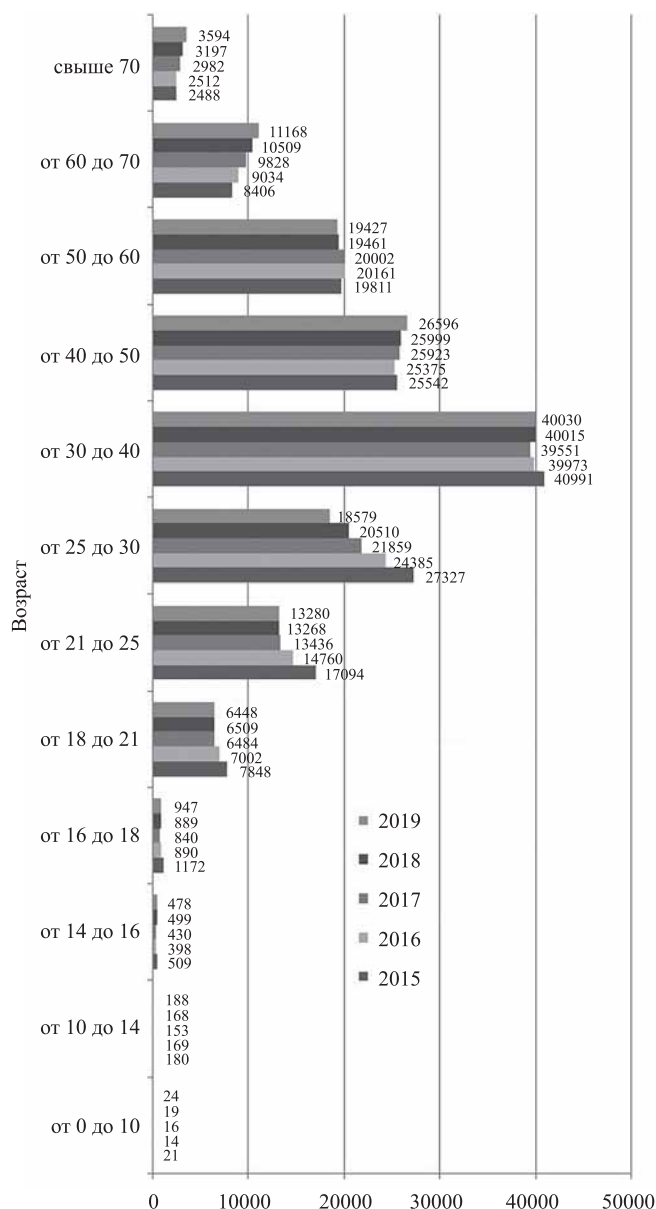


Рис. 1. Распределение водителей — виновников ДТП по возрасту за последние 5 лет

новятся жертвами аварий [6]. Управляя источником повышенной опасности, водитель несет ответственность не только за свою жизнь, но и за жизнь других участников движения. Склонность к риску водителя сильно зависит от возраста и может значительно влиять на условия эксплуатации транспортного средства. Готовность к риску прямо пропорциональна количеству допускаемых человеком ошибок, что в условиях дорожного движения приводит к увеличению количества ДТП. Как показали исследования в развитых странах, риск особенно велик в первые 12 месяцев после

получения водительских прав. Факторы, влияющие на повышенный риск: характер вождения и состояние автомобиля; психологические особенности, например, жажда острых ощущений и чрезмерная самоуверенность; повышенная (по сравнению с людьми старшего возраста) чувствительность к алкоголю; превышение скорости или несоответствие скоростного режима общей скорости транспортного потока — самая распространенная ошибка у молодых водителей транспортных средств. Причиной серьезных аварий у молодых водителей также является езда по ночным улицам. Для молодых водителей риск растет по экспоненте вместе с ростом числа пассажиров [1]. Кроме того, молодые люди могут вести себя более рискованно, чем взрослые, потому что они более подвержены влиянию своих столь же склонных к риску сверстников [8]. Хотя сами молодые водители и отрицают, что сверстники влияют на безопасность движения, было замечено, что они обеспечивали скрытое социальное одобрение, смеясь над сообщениями о небезопасном и рискованном вождении [9]. В качестве меры, предупреждающей возникновение таких проблем в будущем, в Новой Зеландии в 1987 г. была впервые введена система поэтапного допуска лиц к управлению транспортным средством; теперь эта система широко используется в Канаде, США и ряде других стран. Эти системы предусматривают постепенный доступ к приобретению полных водительских прав для новичков-водителей автомобилей и двухколесного механического транспорта.

Система поэтапного доступа к управлению транспортным средством направлена на снижение высокого уровня рисков ДТП (которым подвержены начинающие, неопытные водители) за счет того, что вводится положение о стажировке, в течение которой такой водитель в плановом порядке проходит под руководством наставника специальный практический курс вождения; эта норма получила название "периода стажировки с вручением права вождения под руководством наставника". По завершении этого периода начинающему водителю выдается временное удостоверение на право управления автомобилем, в котором содержатся временные ограничения на управление автомобилем в отсутствие наставника. Обычно эти ограничения включают в себя запрет на управление автомобилем в ночное время, ограничивают число пассажиров, которых имеет право перевозить такой водитель, а также запрещают садиться за руль после употребления какого бы то ни было количества алкоголя. Все эти

ограничения снимаются по мере приобретения молодыми водителями нужного опыта и в конце концов они получают полноценные права. Хотя вышеупомянутые условия для прохождения вышеуказанных трех этапов — ученическое удостоверение на право вождения автомобиля, временное удостоверение и стандартное удостоверение на право управления автомобилем разнятся от страны к стране, все они обеспечивают создание спокойной обстановки в условиях, пока начинающие водители набираются опыта.

Системы поэтапного доступа лиц к управлению транспортным средством доказали свою эффективность в деле сокращения числа аварий в жизни начинающих водителей. Сравнительные исследования такого опыта в Канаде, Новой Зеландии и в США свидетельствуют о снижении на 9—43 % числа аварий, в которые были вовлечены начинающие водители. Причины, по которым такое снижение должно было иметь место, пока что не до конца ясны. И все же, по всеобщему мнению, меры безопасности, которые обеспечивают такие мероприятия, проистекают как из уменьшения доли неопытных водителей среди всех участников движения, так и из совершенствования их опыта вождения за счет меньших рисков их повседневного вождения. Повышенный уровень риска аварийности у начинающих водителей — это всеобщее явление, так что системы поэтапного обретения водительских прав способны существенно сократить этот риск [1].

Для оценки индивидуальной склонности к риску проведено анкетирование двух возрастных категорий водителей: 200 молодых людей в возрасте 18—25 лет из числа студентов Волжского политехнического института (ВПИ (филиал) ВолГТУ) и Волгоградского государственного технического университета (январь—февраль 2016 г.); также с использованием платформы <https://docs.google.com/forms> и наиболее активных сообществ водителей в социальных сетях "ВКонтакте" и "Facebook" опрошено (май—август 2020 г.) 100 водителей возрастной категории старше 25 лет. (25—35 лет — 17 %, 35—50 лет — 42 %, старше 50 — 41 %). Использовался тест "Склонность к риску" по [5].

Тест предусматривает следующую градацию: слишком осторожен, среднее значение, склонен к риску. Большинство опрошенных молодых водителей (82 %) имеют средние значения, однако и количество водителей, склонных к риску, велико (15 %) (рис. 2). Причем все водители, склонные к риску, находятся в возрастной группе от 18 до

Результаты исследования склонности к риску

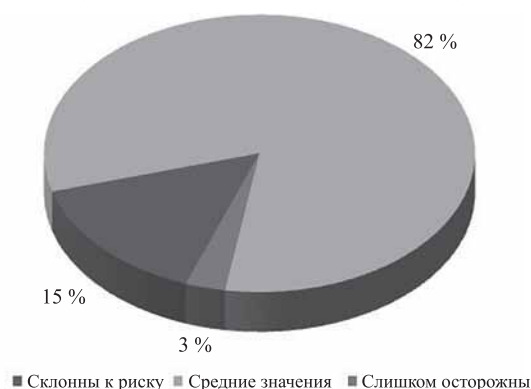


Рис. 2. Общие результаты исследования склонности к риску среди водителей в возрасте 18—25 лет

Результаты исследования склонности к риску

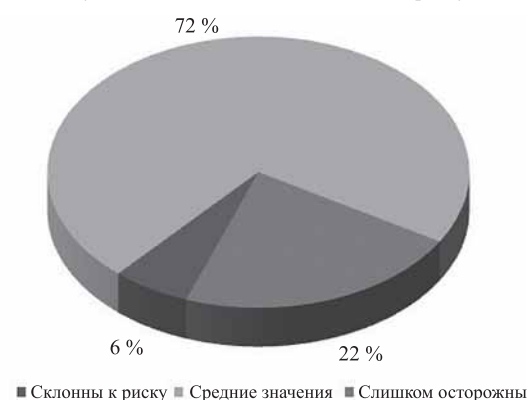


Рис. 3. Общие результаты исследования склонности к риску среди водителей в возрасте старше 25 лет

21 года [3]. Среди водителей старшего возраста доля склонных к риску намного меньше — 6 %, слишком осторожны — 22 %, имеют средние значения — 72 % (рис. 3).

Интересно будет рассмотреть распределение ответов на каждый из вопросов, предложенных водителям, в обеих возрастных категориях.

1. Превысили бы Вы установленную скорость, чтобы быстрее оказать необходимую медицинскую помощь тяжело больному человеку?
2. Согласились бы Вы ради хорошего заработка участвовать в опасной и длительной экспедиции?
3. Стали бы Вы на пути убегающего опасного взломщика?
4. Могли бы Вы ехать на подножке товарного вагона при скорости более 100 км/ч?
5. Можете ли Вы на другой день после бессонной ночи нормально работать?
6. Стали бы Вы первым переходить очень холодную реку?

7. Одолжили бы Вы другу большую сумму денег, будучи не совсем уверенным, что он сможет Вам вернуть эти деньги?

8. Вошли бы Вы вместе с укротителем в клетку со львами при его заверении, что это безопасно?

9. Могли бы Вы под руководством извне залезть на высокую фабричную трубу?

10. Могли бы Вы без тренировки управлять парусной лодкой?

11. Рискнули бы Вы схватить за уздечку бегущую лошадь?

12. Могли бы Вы после 10 стаканов пива ехать на велосипеде?

13. Могли бы Вы совершить прыжок с парашютом?

14. Могли бы Вы при необходимости проехать без билета от Таллинна до Москвы?

15. Могли бы Вы совершить автотурне, если бы за рулем сидел Ваш знакомый, который совсем недавно был в тяжелом дорожном происшествии?

16. Могли бы Вы с 10-метровой высоты прыгнуть на тент пожарной команды?

17. Могли бы Вы, чтобы избавиться от затяжной болезни с постельным режимом, пойти на опасную для жизни операцию.

18. Могли бы Вы спрыгнуть с подножки товарного вагона, движущегося со скоростью 50 км/ч?

19. Могли бы Вы в виде исключения вместе с семьей другими людьми подняться в лифте, рассчитанном только на шесть человек?

20. Могли бы Вы за большое денежное вознаграждение перейти с завязанными глазами оживленный уличный перекресток?

21. Взялись бы Вы за опасную для жизни работу, если бы за нее хорошо платили?

22. Могли бы Вы после 10 рюмок водки вычислять проценты?

23. Могли бы Вы по указанию Вашего начальника взяться за высоковольтный провод, если бы он заверил Вас, что провод обесточен?

24. Могли бы Вы после некоторых предварительных объяснений управлять вертолетом?

25. Могли бы Вы, имея билеты, но без денег и продуктов, доехать из Москвы до Хабаровска?

Как видно из представленных диаграмм (рис. 4), для водителей старшего возраста по большинству вопросов возрастает доля ответов "Полное несогласие" и "Скорее нет, чем да". У молодых водителей распределение ответов более равномерное, в то время как у старших чаще проявляются однозначные ответы.

Как видно из результатов исследования, доля склонных к риску среди молодых водителей

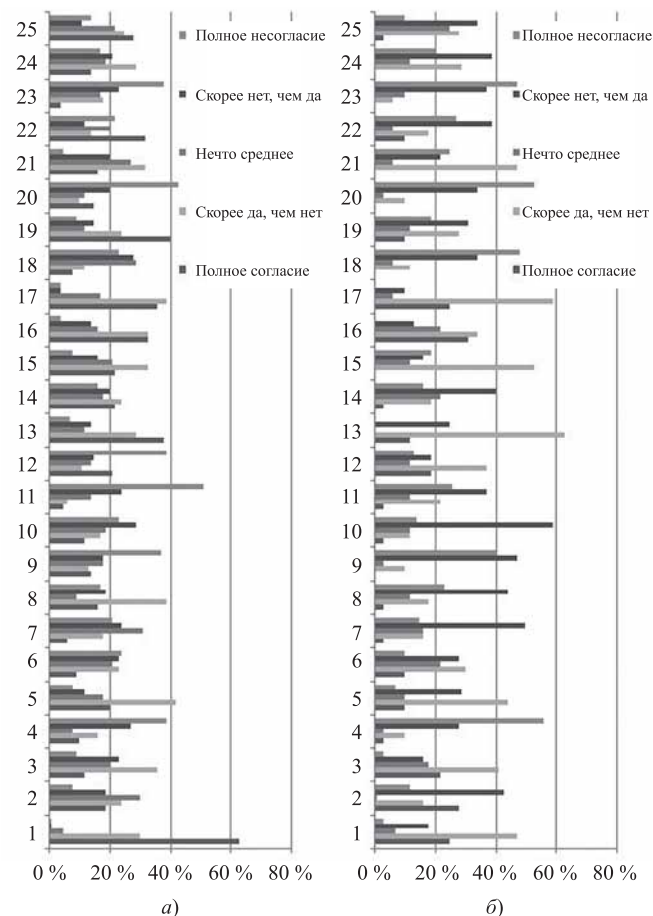


Рис. 4. Распределение ответов на вопросы теста:
 а — водители в возрасте 18—25 лет; б — водители старше 25 лет

в 2,5 раза выше, чем у водителей старшего возраста. Наряду с распространенным в молодежной среде представлением о своем превосходстве в работоспособности и скорости реакции, познаниях в области технических знаний об автомобиле, это является причиной огромного числа ДТП, в том числе с погибшими и ранеными.

Для улучшения ситуации в России предлагается, во-первых, на этапе подготовки водителя в автошколе необходимо не только теоретические и практические занятия по вождению, но и работа с психологом, чтобы еще до того как выпускать потенциально опасного водителя на дорогу, выявить его опасные качества и указать на их наличие и возможные варианты снижения потенциальных рисков. Становясь активным участником дорожного движения, молодой человек должен знать свои слабые стороны и быть готовым сдерживать и контролировать себя. Во-вторых, возможно опираясь на опыт зарубежных стран (Канада, Австралия, США), накладывать

некоторые ограничения на управление транспортным средством молодыми водителями. Это может быть ограничение мощности автомобиля, запрет на езду в темное время суток, в сложных дорожных условиях, перевозку пассажиров. Эти меры, вместе с общегосударственным комплексом мероприятий по снижению аварийности, должны помочь снизить количество дорожно-транспортных происшествий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Всемирный доклад** о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / Пер. с англ. — М.: Издательство "Весь Мир", 2004. — 280 с.
2. **Показатели** состояния безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс]. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения 19.10.2020).
3. **Попов А. В., Гончаревич Д. В., Соколов Р. О.** Проблемы молодежной аварийности // Авто-транспортное предприятие. — 2016. — № 5. — С. 14—17.
4. **Попов А. В.** Дорожно-транспортные происшествия. Проблемы высокой аварийности в Российской Федерации: монография; ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ. — Волгоград, 2020. — 273 с.
5. **Райгородский Д. Я.** Практическая психодиагностика. Методики и тесты: Учебное пособие. — Самара: Издательский дом "БАХРАХ-М", 2001. — 672 с.
6. **Besharati M. M., Tavakoli Kashani A.** Factors contributing to intercity commercial bus drivers' crash involvement risk // Archives of Environmental & Occupational Health. — 2017. — No. 73 (4). — P. 243—250. DOI:10.1080/19338244.2017.1306478.
7. **Fergusson D., Swain-Campbell N., Horwood J.** Risky driving behaviour in young people: prevalence, personal characteristics and traffic accidents // Australian and New Zealand Journal of Public Health. — 2003. — No. 27 (3). P. 337—342. DOI:10.1111/j.1467-842x.2003.tb00404.x.
8. **Gardner M., & Steinberg L.** Peer Influence on Risk Taking, Risk Preference, and Risky Decision Making in Adolescence and Adulthood: An Experimental Study // Developmental Psychology. — 2005. — No. 41 (4). — P. 625—635. DOI:10.1037/0012-1649.41.4.625.
9. **Hu T.-Y., Xie X., Li J.** Negative or positive? The effect of emotion and mood on risky driving. Transportation Research Part F // Traffic Psychology and Behaviour. — 2013. — No. 16. — P. 29—40. DOI:10.1016/j.trf.2012.08.009.

GNH Group и "АЛРОСА": Безопасность прежде всего

Компания GNH Group, один из ведущих производителей комплексных решений в области горнодобывающей промышленности и тоннельного строительства, завершила поставку второй буровой установки FM 2.8 ATEX на предприятие "АЛРОСА", российской горнорудной компании с государственным участием, одного из мировых лидеров алмазодобывающей отрасли.

Первая двустреловая буровая установка FM 2.8 ATEX была поставлена на предприятие в сентябре 2020 года на рудник Интернациональный в г. Мирный, после чего между компаниями был заключен договор на поставку второй единицы техники. В настоящий момент специалисты GNH Group ведут пусконаладочные работы. Запуск FM 2.8 ATEX в эксплуатацию планируется до конца июля текущего года.

FM 2.8 ATEX позволяет вести буровые работы как на проходку, так и под анкерное крепление во всех плоскостях. Важно, что установка поставлена на предприятие во взрывозащищенном исполнении, позволяющим вести буровые работы в забоях первой категории газоопасности.

Эргономичная закрытая кабина с регулируемыми сидениями сертифицирована по стандартам ROPS/FOPS, что обеспечивает оператору высокий уровень безопасности и комфорта.

Гидравлическое управление обеспечивает высокую надежность эксплуатации и защиту от ударов. Одновременно с этим, механизм подачи стальных профилей с направляющими поверхностями из нержавеющей стали способствует повышению производительности установки и снижению эксплуатационных расходов.

www.allisontransmission.com

В. В. Еланцев, асп., ФГБУ ВО "Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I", г. Санкт-Петербург
E-mail: evv3012@gmail.com

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЬНЫХ ЭСКАЛАТОРОВ. СОСТОЯНИЕ ЭСКАЛАТОРНОГО ПАРКА

В статье объектом исследования является эскалаторное хозяйство, а предметом — состояние парка сложных технических объектов. Цель работы заключается в установлении ключевых аспектов, определяющих эксплуатацию парка эскалаторов, которые возможно использовать как элементы информационного пространства для цифровой трансформации системы технического обслуживания и ремонта парка эскалаторов метрополитена. При этом основной задачей является комплексный анализ состояния парка техники. В качестве методов решения задачи в статье выступают элементы математической статистики и экспертных оценок. В результате комплексного анализа состояния парка установлено, что типы эскалаторов, имеющие длительную историю эксплуатации, отличаются стабильной работой. В свою очередь, для новых типов эскалаторов, имеющих короткую историю эксплуатации, наблюдается тенденция к увеличению количества нарушений нормальной работы. Значимым для практического применения результатом работы является матричный способ балловой оценки влияния факторов на подсистемы. Применение способа установило преобладание конструктивных факторов и организации эксплуатации, а среди подсистем — преобладание транспортирующей и приводной. Полученные в статье результаты пригодны для дальнейшего использования в информационном пространстве, реализующем концепцию цифровой трансформации системы технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: эскалатор, парк техники, транспортно-пересадочный узел, цифровая трансформация.

In this article, the object of researchers is escalator department, and the subject is the state of difficult technical objects fleet. The purpose of this work is to establish aspects that determine escalator fleet operation, and which can be used as elements of information space for the digital transformation concept of underground tunnel escalator fleet maintenance and repair system. At the same time, the main task is the state of equipment fleet comprehensive analysis. The solving task methods used in this work are the elements of mathematical statistics and expert assessments. As a result of a comprehensive analysis of the state of the fleet, it was found that the types of escalators with a long history of operation are characterized by stable operation. In turn, for new types of escalators with a short history of operation, there is a tendency to increase the number of violations of normal operation. A significant result of the work for practical application is a matrix method of scoring the influence of factors on subsystems. The proposed method established predominance of design and organization of operation factors, and among the subsystems, the predominance of transporting and driving. The results obtained in the article are suitable for further use in the information space that implements the concept of digital transformation of the maintenance and repair system.

Keywords: escalator, escalator fleet, transport hub, digital transformation.

Ссылка для цитирования

Еланцев В. В. К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов. Состояние эскалаторного парка // Журнал "Грузовик", 2021. № 11. С. 35—33.

Link for citation

Elantsev V. V. To the question of improvement efficiency and safety operation of tunnel escalators. Condition of the escalator fleet // Journal "Truck", 2021. No. 11. P. 35—33.

Введение

В последние полтора десятилетия основными точками роста для Санкт-Петербурга являются развитие территорий и транспортной инфраструктуры. Проекты в этих областях нацелены на развитие человеческого капитала и городской инфраструктуры [1, 2].

Развитие преимущественно осуществляется за счет реинтеграции промышленных зон и освоения новых территорий, а также географического положения города, как крупного транзитного узла, стимулирующих привлечение значительных объемов инвестиций в транспортное строительство Санкт-Петербурга.

На сегодняшний день в сфере транспортного строительства в мегаполисах одним из экономически целесообразных направлений развития, удовлетворяющих потребности бизнеса и общества, является комплексное вовлечение разнородных транспортных и пассажирских потоков через создание транспортно-пересадочных узлов (далее — ТПУ) [3, 4]. В Санкт-Петербурге появление ТПУ находится на этапе подготовки проектных решений и поиска источников финансирования.

Основным компонентом ТПУ является станция метрополитена [5]. В свою очередь, основным элементом большинства станций метрополитена, обеспечивающим ритмичное перемещение пассажиропотоков с наземных вестибюлей на подземные платформы и обратно, является эскалаторное хозяйство.

Эскалаторное хозяйство — это парк сложных технических объектов повышенной опасности различных типов и возрастов, распределенных по территории города, эксплуатацией которых занимается несколько структурных подразделений эскалаторной службы [6, 7].

В этой связи поддержание в работоспособном состоянии парка сложных технических объектов играет немаловажную роль для всей транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга.

Объектом исследования в данной работе является эскалаторное хозяйство, а предметом — состояние парка сложных технических объектов.

Цель работ — на основе анализа парка сложных технических объектов установить ключевые аспекты, определяющие его эксплуатацию.

Основная задача работы — это комплексный анализ парка техники.

1. Анализ парка эскалаторов Петербургского метрополитена

На конец 2020 г. в эксплуатации ГУП "Петербургский метрополитен" находился парк техники, включающий 301 эскалатор 20 типов и другое подъемное оборудование [8].

1.1. Количественный анализ парка

Согласно рис. 1 и табл. 2 наибольшими по численности группами эскалаторов являются эскалаторы ЭТ (107; 35,5 %) и ЛТ (86; 28,6 %). Преобладание указанных групп эскалаторов объясняется высокой эксплуатационной надежностью и территориальной близостью их производства на момент поставки. С начала 90-х годов XX века производство эскалаторов ЭТ и ЛТ прекращено по причине ликвидации предприятия изготовителя. На смену снятым с производства пришли эскалаторы группы ЕТ (39; 13 %), которые занимают третье место по численности.

Среди пассажирских конвейеров (траволаторов) (табл. 1) наибольшую численность имеет группа КП (24; 80 %) отечественного производителя, изготавливаемая в Санкт-Петербурге. Превалирующей группой платформ подъемных является БК (17; 77 %) отечественного производства.

Таблица 1

Состав подъемного оборудования

№	Тип	Количество	Доля в численности группы
Пассажирские конвейеры			
1	Orinoco FS 985	6	20,00
2	КП-12-6,9	8	26,67
3	КП-12-7,2	4	13,33
4	КП-12-7,3	8	26,67
5	КП-12-7,5	4	13,33
Платформы подъемные			
1	Cibes A500	2	9,09
2	Vimec V65	1	4,55
3	HIRO 320 (БК 320)	2	9,09
4	БК исполнение 320	5	22,73
5	БК 320	12	54,55

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Таблица 2

Состав эскалаторов

		Группы и типы эскалаторов																				
		ЕТ			ЛТ			ЭМ	ЭТ						ЭТХ		ЕТК-265М	Victoria	ЭС	КТП-VIK		
Количество и удельный вес в общей численности	Удельный вес данного типа, %	E25T	E55T	E75T	ЛТ-1	ЛТ-2	ЛТ-3	ЭМ-4	ЭТ-12	ЭТ-12П	ЭТ-2	ЭТ-2М	ЭТ-3	ЭТ-4БС	ЭТ-5	ЭТ-5М	ЭТХ-11,6/17,3	ЕТК-265М	Victoria FT 935	ЭС-04	КТП-VIK	
		4	19	16	12	44	30	12	4	8	40	31	3	4	3	14	8	3	8	8	30	8
Количество эскалаторов в общей численности, шт.	Удельный вес данного типа, %	1,3	6,3	5,3	4,0	14,6	10,0	4,0	1,3	2,7	13,3	10,3	1,0	1,3	1,0	4,7	2,7	1,0	2,7	10,0	2,7	2,7
Количество эскалаторов в группе, шт.	Удельный вес группы в общей численности, %	39	13,0	4,0	86	28,6	12	107	35,5	8	8	8	8	8	8	8	8	3	8	8	30	8
Удельный вес данного типа в общей численности группы, %		10,3	48,7	41,0	14,0	51,2	34,9	100	3,7	7,5	37,4	29,0	2,8	3,7	2,8	13,1	100	100	100	100	100	100

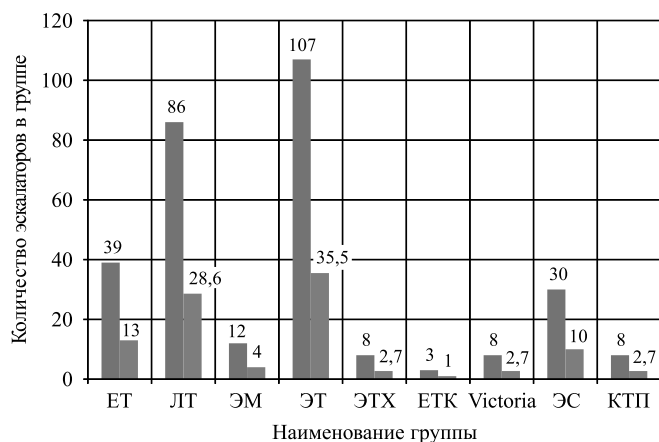


Рис. 1. Распределение эскалаторов по группам и удельный вес каждой группы

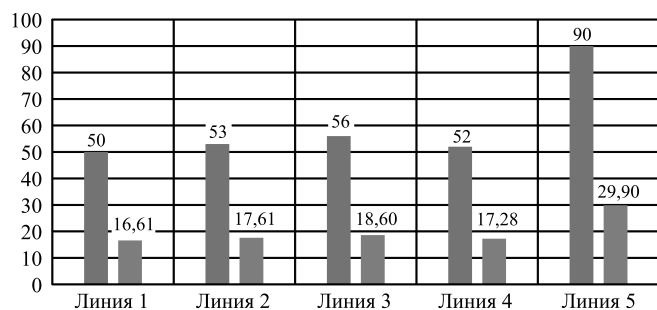


Рис. 2. Распределение по линиям

Количественный анализ парка в разрезе пяти линий Петербургского метрополитена показан на рис. 2.

Количество оборудования по 1, 2, 3 и 4 линиям практически одинаковое, 16,6 %, 17,6 %, 18,6 % и 17,3 % соответственно. Количество оборудования, приходящееся на линию 5, составляет 29,9 %. Данная особенность связана с тем, что за последние 10 лет ввод новых станций осуществлялся преимущественно на 5-й линии.

1.2. Возрастной анализ парка

В табл. 3 и на рис. 3 отражено распределение эскалаторов по возрасту.

Анализ табл. 3 и рис. 3 показал, что наибольший средний возраст имеют эскалаторы типа ЭМ

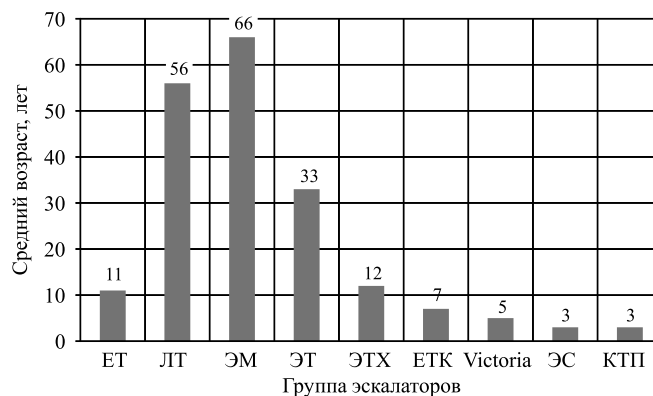


Рис. 3. Средний возраст эскалаторного парка

(66 лет), ЛТ (56 лет) и ЭТ (26 лет). Возраст эскалаторов ЭМ объясняется их установкой на станциях первой очереди (Кировский завод, Нарвская, Балтийская, Технологический инст. 1).

1.3. Комплексный анализ парка

В табл. 4 и на рис. 4 приводятся данные по сроку службы и количественному составу парка.

Поведение кривой на рис. 4 может свидетельствовать об экономических, технических и других процессах, происходящих в городе и стране в целом. Так, на протяжении нескольких десятилетий, с середины 80-х гг. XX века по конец первого десятилетия XXI века наблюдается "яма" в динамике развития эскалаторного парка метрополитена, а следовательно, и всей транспортной инфраструктуры города [9].

Согласно табл. 4 доля эскалаторов, находящихся в эксплуатации более 25 лет, составляет около 60 %. Из них более 70 эскалаторов (около 25 %) находятся в эксплуатации 50 и более лет, отработали нормативный срок службы и подлежат замене, что требует больших затрат и долгосрочное закрытие центральных загруженных станций. В качестве альтернативы замены, в соответствии с [10], предусмотрен механизм определения возможности продления срока службы через экспертизу технического состояния эскалатора. Поэтому для вышеперечисленных эскалаторов проведена экспертиза промышленной безопасности и получено продление срока службы на величину от 18 до

Таблица 3

Возрастное распределение для групп эскалаторов

Группа эскалаторов	ЕТ	ЛТ	ЭМ	ЭТ	ЭТХ	ЕТК	Victoria	ЭС	КТП
Средний возраст, лет	11	56	66	33	12	7	5	3	3

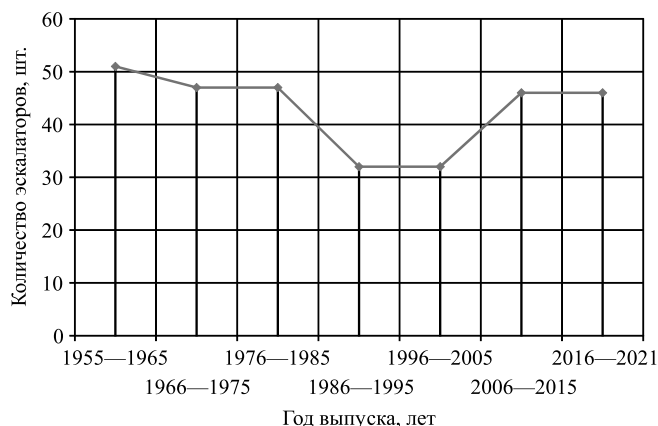


Рис. 4. Соотношение количества эскалаторов к сроку их эксплуатации

Таблица 4

Отношение количества эскалаторов к сроку эксплуатации

Год выпуска	Срок эксплуатации	Количество эскалаторов, шт.	Доля в общей численности
1955—1965	56—66	51	16,94
1966—1975	46—55	47	15,61
1976—1985	36—45	47	15,61
1986—1995	26—35	32	10,63
1996—2005	16—25	32	10,63
2006—2015	6—15	46	15,28
2016—2021	1—5	46	15,28

25 лет. Эскалаторы, находящиеся в эксплуатации от 35 до 50 лет, проходят процедуру экспертизы промышленной безопасности в настоящее время. Общее количество эскалаторов, приближающихся к границе выработки ресурса, составляет 124. Из них 91 (около 30 %) получили продление срока службы или находятся в процессе получения продления [11].

2. Факторы, влияющие на срок службы парка

В соответствии с работой [12] на расходование ресурса и срока службы эскалаторов, которые в соответствии с работой [13] декомпозируются на подсистемы, влияет шесть групп факторов, составляющие которых описаны ниже.

Конструктивные факторы включают (1): доступность узлов и агрегатов (1.1), контролепригодность

(1.2), взаимозависимость деталей и узлов (1.3), легкосъемность (1.4), технологичность (1.5), равнопрочность (1.6), стоимость (1.7).

К факторам технологии изготовления относятся (2): материал (2.1), вид и качество термообработки (2.2), качество механической обработки (2.3), качество сборочных работ (2.4).

К факторам внешних условий и режимов эксплуатации относятся (3): климатические условия (3.1), величина нагрузки (3.2), сезонность (3.3), характер нагрузки (3.4), режим работы (3.5), возраст (3.6), степень ответственности деталей и узлов (3.7).

К факторам организации эксплуатации относятся (4): механовооруженность труда (4.1), обеспечение ЗИП и материалами (4.2), квалификация обслуживающего персонала (4.3).

Факторы организации и технологии ТОиР включают (5): способ ТОиР (5.1), последовательность осуществления работ (5.2), количество используемых специалистов (5.3), технологическая оснащенность (5.4).

Эргономические факторы включают (6): стесненность (6.1), уровень шума (6.2), уровень оснащенности (6.3), запыленности (6.4), влажность (6.5), температура (6.6), психо-физическое состояние (6.7), сквозняки (6.8).

В табл. 5 представлено предложенное автором распределение оценок между подсистемами и факторами. Оценка влияния каждого фактора на каждую подсистему выполнена по трехбалльной шкале. Где значение 1 соответствует наименьшему влиянию, а значение 3 максимальному влиянию.

Данные, представленные в табл. 5, свидетельствуют о том, что среди групп факторов выделяются организация эксплуатации эскалаторов (среднебалловая оценка 2.2) и конструктивные (среднебалловая оценка 2.1), а среди подсистем выделяются транспортирующая (среднебалловая оценка 2.6) и приводная (среднебалловая оценка 2.5).

3. Обеспечение бесперебойной и безаварийной работы парка

С учетом разновозрастного состава парка и продления срока службы значительной его части, в 2019 г. эскалаторной службой Петербургского метрополитена были выполнены технические воздействия для обеспечения бесперебойной и безаварийной работы в объеме, представленном в табл. 6.

Анализ табл. 6 показал, что основное техническое воздействие оказывалось на транспорти-

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Таблица 5

Факторы

Название группы факторов	№ фактора	Транс-портирующая	Приводная	Натяжная	Поручневая	Смазочная	Опорная	Покровная	Блокировочная	Среднее значение	Среднее значение в группе
Конструктивные	1.1	1	3	2	1	2	2	3	3	2,0	2,1
	1.2	3	3	2	2	3	1	3	3	2,4	
	1.3	3	1	1	2	1	3	3	2	2,0	
	1.4	2	1	2	2	3	1	3	2	2,0	
	1.5	3	1	1	2	2	2	3	3	2,0	
	1.6	3	2	2	2	2	1	3	2	2,3	
	1.7	3	3	3	2	3	1	2	3	2,1	
Технология изготовления	2.1	3	3	1	2	1	3	2	2	2,1	2,1
	2.2	3	3	3	1	1	2	1	1	2,0	
	2.3	3	3	1	2	1	1	2	2	1,9	
	2.4	3	3	2	2	3	2	1	3	2,3	
Внешние условия и режимы эксплуатации эскалатора	3.1	2	2	1	1	1	3	2	2	1,7	2,0
	3.2	3	3	3	2	1	3	1	3	2,3	
	3.3	3	3	2	1	1	1	1	2	1,7	
	3.4	3	3	2	2	1	3	1	1	2,1	
	3.5	3	3	2	1	1	1	1	2	1,7	
	3.6	2	2	2	1	1	3	1	1	1,7	
	3.7	3	3	3	2	2	3	1	3	2,4	
	4.1	2	3	2	2	2	2	2	2	2,0	
Организация эксплуатации эскалатора	4.2	3	3	1	2	2	1	2	2	2,0	2,2
	4.3	3	3	3	3	2	3	1	3	2,6	
	5.1	2	3	2	2	2	1	1	1	1,9	
Организация и технология ТОиР	5.2	3	3	3	2	2	2	1	2	2,3	2,0
	5.3	3	3	2	2	1	2	1	1	2,0	
	5.4	2	3	2	2	2	1	1	2	1,9	
	6.1	3	1	2	3	1	3	2	2	2,1	
Эргономичность	6.2	3	3	2	1	1	1	1	1	1,7	1,9
	6.3	1	3	3	1	2	2	2	2	2,0	
	6.4	3	3	3	3	2	3	2	2	2,7	
	6.5	2	1	2	1	3	2	1	1	1,7	
	6.6	1	2	2	1	1	1	1	1	1,3	
	6.7	3	3	3	2	1	2	2	2	2,1	
	6.8	2	2	2	1	1	1	1	1	1,4	
	Среднее значение		2,6	2,5	2,1	1,8	1,6	2,0	1,6	2,0	

ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Таблица 6

Перечень технических воздействий

Вид работ	Объем, ед. изм	Подсистема
Замена гребней	8790	Транспортирующая
Замена козырьков ступеней	1869	Транспортирующая
Замена подступенков	1722	Транспортирующая
Замена подшипников	1721	Транспортирующая
Замена соединительных валиков т/ц	1672	Транспортирующая
Замена основных бегунков	450	Транспортирующая
Замена ступеней	193	Транспортирующая
Шлифовка направляющих х/в в/б	120	Транспортирующая
Замена латунных направляющих	96	Поручневая
Замена калиброванной полосы х/в о/б	60	Транспортирующая
Замена/ремонт валов	20	Приводная
Замена реле РПУ-1 на РПУ-2	28	Приводная
Капитальный ремонт освещения внутри эскалатора	9	Покровная
Покраска балюстрады	7	Покровная
Модернизация системы управления электроприводом эскалаторов (СМПУЭ)	8	Приводная
Замена перекрывателей на перекрыватели шлагбаумного типа	4	Блокировочная
Модернизация РТ (КМТ на КЭП)	3	Приводная
Замена щеток безопасности	3	Покровная
Замена зубчатой муфты	2	Приводная
Замена вспомогательных бегунков	1	Опорная
Усиление направляющих зоны "В"	1	Поручневая
Замена тормозного шкива	1	Приводная
Модернизация системы управления эскалаторов	1	Приводная
Замена шкива	1	Приводная
Ремонт подшипникового узла	1	Приводная
Замена плит перекрытий	1	Опорная
Замена тяговых цепей	1	Транспортирующая

рующую и приводную подсистемы эскалатора. Установленный факт коррелируется с данными, приведенными в табл. 5.

4. Оценка эффективности работы эскалаторной службы

В текущих условиях оценкой эффективности технических воздействий, приведенных в табл. 6, выполняемых эскалаторной службой метрополитена, является исполнение графика работы эскалаторов (далее — ГРЭ). За 2019 г. общее исполнение ГРЭ составило 99,96 %, исполнение ГРЭ по отказам и незапускам составило 99,99 %. В свою очередь, исполнение ГРЭ оценивается по количеству нарушений транспортного обслуживания и количеству отказов.

Количество нарушений транспортного обслуживания пассажиров по вине эскалаторной службы в 2019 г. составило 17 случаев, из них затруднение в транспортном обслуживании 12 случаев (70,6 %) (в 2018 г. — 6); сбой в транспортном обслуживании — 3 случая (17,6 %) (в 2018 г. — 6); остановка транспортного обслуживания — 2 случая (11,8 %) (в 2018 г. — 0).

В 2019 г. по эскалаторной службе количество отказов, приходящихся на единицу оборудования, составило 0,53 случая (в 2018 г. — 0,62). Однако отмечается превышение количества отказов оборудования эскалаторов новых типов по отношению к количеству отказов эскалаторов старых типов. Изменение показателей по отдельным дистанциям в 2019 г. связано с эксплуатацией эскалаторов на новых станциях.

Заключение и рекомендации

С 1955 по 2008 г. устанавливались эскалаторы 4-х типов, 3 из которых разрабатывались и производились в Ленинграде. Это были линейки эскалаторов, унифицированные по сборочным единицам и запасным частям, отличающиеся высотой подъема.

С 2009 по 2019 г. приняты в эксплуатацию 5 новых типов эскалаторов и 2 новых типа пассажирских конвейеров. Новые типы эскалаторов используют электронно-вычислительную технику и телематику для управления, иную реализацию механических функций, а также используют для поддержания работоспособного состояния постоянно меняющуюся номенклатуру запасных частей, электронных и электротехнических компонентов.

Анализ состояния эскалаторного парка показал преобладание в количественном и качественном выражении эскалаторов типов ЭМ, ЭТ и ЛТ, введенных в эксплуатацию в период с 1955 по 1985 гг. Вместе с тем выделенные типы демонстрируют стабильную работу, которая обеспечивается выполнением мероприятий, определяемых по итогам проведения экспертизы промышленной безопасности. При этом на вновь вводимых в эксплуатацию станциях, укомплектованных эскалаторным оборудованием новых типов, наблюдается тенденция к увеличению количества нарушений нормальной работы метрополитена.

Установленные особенности формируют потребность в различных подходах к техническому обслуживанию и ремонту парка техники. Так, в зависимости от конкретного типа эскалатора, периода его ввода в эксплуатацию, а также конкретной подсистемы возможно использование различных стратегий и тактик технического обслуживания и ремонта [14].

В качестве значимого для практики результата работы следует выделить предложенный автором матричный способ балловой оценки, применение которого установило преобладание влияния организации эксплуатации эскалаторов и конструктивных факторов, а среди подсистем — преобладание транспортирующей и приводной. В статье также установлено, что именно на эти подсистемы и оказывается большее техническое воздействие структурными подразделениями, эффективность которых определяется через исполнение ГРЭ.

Результаты данной работы и изложенные в работе [15] рекомендуются использовать в качестве одного из элементов информационного пространства концепции цифровой трансформации системы технического обслуживания и ремонта [16] парка эскалаторов метрополитена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Администрация** Санкт-Петербурга: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/215582/> (дата обращения: 30.06.2021). — РФ.
2. **Администрация** Санкт-Петербурга: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/215334/> (дата обращения: 30.06.2021). — РФ.
3. **Бойцов Д. А.** Вопросы формирования транспортно-пересадочных узлов в Санкт-Петербурге // *Подземные горизонты*. — 2017. — № 13. — С. 11–15.
4. **Бочаров Ю. П., Петрович М. Л., Баранов А. С.** Ранжирование транспортно-пересадочных уз-

- лов городской интермодальной транспортной системы // Вестник Вологодского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. — 2013. — № 31-2 (50). — С. 430—436.
5. **Ковченко И. В., Ногина Е. Г.** Формирование транспортно-пересадочного узла и его роль в развитии метрополитена // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral". — 2020. — № 4. — С. 136—144.
 6. **Шестокова Е. Б., Ермилова А. В.** Умные эскалаторы метрополитена — история развития инноваций Smart development and technological innovation of metro tunnel escalators. Part 1. The history of development Часть 1. История развития // Путевой навигатор. — 2020. — № 43 (69). — С. 36—46.
 7. **Шестокова Е. Б., Ермилова А. В.** Умные эскалаторы метрополитена — история развития инноваций Smart development and technological innovation of metro tunnel escalators. Part 2. Innovative Technologies Часть 2. Инновационные технологии // Путевой навигатор. — 2020. — № 43 (69). — С. 47—55.
 8. **Годовой отчет** ГУП "Петербургский метрополитен" за 2020 год: официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.metro.spb.ru/otchetmetro.html> (дата обращения: 30.06.2020). — РФ.
 9. **Амосов М. И., Сафина С. С.** Основные проблемы развития транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга и возможные пути их решения // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2015. — № 5(95). — С. 44—49.
 10. **Федеральный закон** от 20 июня 1997 г. № 116 ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9046058?marker=7DO0K9> (дата обращения: 30.06.2021). — РФ.
 11. **Постановление** правительства РФ от 17 августа 2016 г. № 806 "О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты правительства Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420372694> (дата обращения: 30.06.2021). — РФ.
 12. **Разработка** системы ремонта и обслуживания эскалаторного хозяйства: отчет о НИР (заключ.); Том № 3/ЛИИЖТ; рук. А. В. Каракулев; исполн.: коллект. авторов. — Л., 1980. Инв. № С21961р-3.
 13. **Попов В. А., Еланцев В. В.** К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Прогнозирование технического состояния эскалатора // Локомотивы. Электрический транспорт — XXI век: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-тех. конф., (Санкт-Петербург, 10—12 ноября 2020 г.). СПб.: Изд-во ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. — С. 324—338.
 14. **Черепанов А. Н.** Техническое обслуживание и ремонт. Современные подходы к построению. — М.: Нобель Пресс, 2013. — 218 с.
 15. **Еланцев В. В.** К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Анализ пассажиропотока // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2020. — № 3 (62). — С. 41—50.
 16. **Попов В. А., Еланцев В. В.** К вопросу повышения эффективности и безопасности эксплуатации тоннельных эскалаторов метрополитена. Управление рисками // Известия МГТУ МАМИ. — 2021. — № 2 (48). — С. 32—40.

В Москве растут темпы производства комплектующих для электротранспорта

Отечественные производители расширяют производство комплектующих для электротранспорта. Так, инжиниринговая компания Drive Electro завершила производство и поставку 200 комплектов тягового оборудования и батарей для столичных электробусов. Помимо этого, компания будет осуществлять полное обслуживание комплектующих, что позволит обеспечить работоспособность и безопасность московских электробусов.

Большая часть батарей и тягового оборудования для столичных электробусов, парк которых превысил 700 машин, произведена компанией Drive Electro. На данный момент батареи компании используются в 400 московских электробусах. Новая партия комплектующих передана компании-сборщику столичных электробусов. К концу года ожидается увеличение парка электробусов до рекордных 1000 единиц.

Новая партия комплектующих передана компании-сборщику столичных электробусов. К концу года ожидается увеличение парка электробусов до рекордных 1000 единиц.

Компания Drive Electro производит литий-титанатные аккумуляторные батареи, которые отличаются экологичностью и долгим сроком службы. В первом квартале 2022 г. компания планирует открытие собственного завода по производству аккумуляторов для электробусов и серийному производству электрогрузовиков. Максимальная мощность завода составит 1000 комплектов аккумуляторных батарей и 500 электрогрузовиков ежегодно. Инвестиции в производство достигнут 375 млн руб.

Пресс-служба Drive Electro

ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ • ПРЕЗЕНТАЦИИ

ФЕСТИВАЛЬ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В начале сентября в Подмосковье состоялся осенний фестиваль дорожно-строительной техники CASE и IVECO. Мероприятие было организовано совместно с компанией "Актио Рус", первым дилером спецтехники CASE Construction Equipment в России, и компанией "СИАС", официальным дилером IVECO в России.

Программа мероприятия включала подробный обзор современной линейки продукции CASE и IVECO, а также специальные условия приобретения спецтехники от CNH Capital и IVECO Capital. Для гостей был организован демонстрационный показ подготовительного этапа укладки дорожного полотна в реальных условиях с применением пяти единиц техники.

На фестивале впервые в режиме офлайн была возможность ознакомиться с новым гусеничным

22-тонным экскаватором CASE CX220C LC-HD. Продажи этой модели стартовали в мае 2021 г. Цена этой мощной машины с улучшенными характеристиками — умеренная. Решение руководства CNH Industrial о локализации производства CASE CX220C LC-HD на одном из крупнейших собственных предприятий в Индии позволило сделать нашу ценовую политику более гибкой. Завод в г. Питампуре работает на основании таких же высоких стандартов, как и все площадки корпорации: "Производство мирового класса" (World Class Manufacturing, WCM). С 2017 г. предприятие прошло сертификацию "бронзового" уровня.

Два аксиально-поршневых насоса дают суммарный поток 422 л/мин. Все локализованные компоненты полностью отвечают международным стандартам, которых придерживается CNH



Более ста гостей посетили фестиваль дорожно-строительной техники

ИНФОРМАЦИЯ

Industrial. Они прошли полный цикл испытаний, подтвердивших соответствие всем установленным требованиям. Конструкция новинки оснащена упрочненными силовыми элементами. На рукояти экскаватора CX220C LC-HD на 33 % была увеличена толщина металла — до 16 мм против обычных 12 мм. Для изготовления боковой стенки использован цельнолистовой металл.

Базовое оснащение нового CASE CX220C LC-HD включает предочиститель воздуха, стальные траки на 600 мм, нижнюю защиту рамы, противовес и тройную направляющую. Стандартное оснащение — это рукоять 2,94 м типа Heavy Duty, а также усиленная тяга ковша без крюка и гидро-разводка, предназначенная для работы гидромолота. В комплекте идет топливоподкачивающий насос, имеется пакет, обеспечивающий облегченный запуск при отрицательных температурах, а также стандартное рабочее освещение. Для оператора предусмотрено сиденье с пневмоподвеской, установлен кондиционер, есть 7-дюймовый ЖК-монитор, а также радио. Под заказ доступен монтаж ковша на 0,9—1,1 м³. Варианты исполне-

ния можно выбрать для разных условий работы. Телематическая система позволит повысить эффективность работы гусеничного экскаватора CASE CX220C LC-HD.

В рамках фестиваля посетителям был также продемонстрирован гусеничный экскаватор CASE CX380C, который широко используется в карьерах. Его эксплуатационная масса составляет более 37 т. Экскаватор оборудован 6-цилиндровым двигателем рабочим объемом 7,79 л с топливной системой Common Rail. Дизель оптимально настроен инженерами CASE, его мощность — 212 кВт при 1900 об/мин. Большой диаметр направляющих колес, утолщение защитных пластин гидромоторов, защита опорных катков и основных соединений поворотной платформы — все это способствует повышению надежности и долговечности машины.

Многих заинтересовали подготовленные к показу бульдозеры CASE 1150L и CASE 2050M. Гусеничный бульдозер CASE 1150L эксплуатационной массой 13 717 кг с двигателем мощностью 97 кВт оснащен полноповоротным отвалом объемом 2,9 м³ и шириной 3050 мм.



Экскаватор CASE CX220C LC-HD и бульдозер CASE 2050M

Модель CASE 2050M оснащена гидростатической трансмиссией, обеспечивающей плавный ход, завидную маневренность и самые комфортные условия работы оператора за счет бесступенчатого регулирования скорости. Конструктивная особенность бульдозера — система охлаждения с V-образным расположением радиаторов, которая позволяет направлять потоки воздуха на все радиаторы без перекрытия.

Внушительным перечнем достоинств поразил и полноприводный автогрейдер CASE 865B. При демонтируемом отвале габариты машины позволяют перевозить ее на трале без специальных разрешений. Двигатель FPT рабочим объемом 6,7 л и мощностью 164 кВт обладает функцией Variable Horse Power, которая автоматически включает соответствующий режим работы кривой мощности двигателя. Это непосредственно увеличивает экономичность машины во время ее работы. Для организаций, учитывающих стоимость выполняемых работ, это оптимальное решение.

В фокусе внимания клиентов оказались и экскаваторы-погрузчики CASE 570ST и CASE 695ST. Фронтальный ковш экскаватора CASE 570ST позволяет грузить самосвалы с бортами высотой более 3,5 м. У компактной модели — самая высокая глубина копания в ее классе (5,9 м), а вылет экскаваторного оборудования около 7 м дает возможность за короткие сроки копать траншеи с минимальным количеством переходов. При мощ-

ности 82 кВт и максимальном крутящем моменте 516 Н·м электронная система впрыска Common Rail в экскаваторе-погрузчике CASE 695ST позволяет экономить до 15 % топлива. Даже в рамках работы на одном объекте или в течение сезона это дает возможность сберечь значительные средства.

Для ознакомления также был представлен фронтальный погрузчик CASE 721F с удлиненной стрелой и механизмом подъема Z-bar. Его двигатель мощностью 145 кВт развивает высокие значения крутящего момента, начиная с минимальных оборотов. Это позволяет получать максимальное тяговое усилие на колесах и вырывное усилие на рабочем оборудовании. Оператор может выбрать один из четырех рабочих режимов в соответствии с конкретными рабочими условиями, что дает возможность экономить топливо. Ковш общего назначения объемом 2,5 м³ станет незаменимым помощником на рабочей площадке.

На фестивале был представлен хит продаж — колесный мини-погрузчик с бортовым поворотом CASE SV185B с вертикальной геометрией стрелы, который выпускают с 2020 г. на заводе CNH Industrial в Набережных Челнах. Его отличают оптимальная колесная база, улучшенная эргономика, двигатель мощностью 45 кВт, номинальная грузоподъемность 840 кг. На ряде дорожно-строительных работ или в стесненных городских условиях этот компактный трудяга просто незаменим,



Автогрейдер CASE 865B вызвал большой интерес гостей фестиваля



Газовый IVECO Stralis NP с самосвальным кузовом Grunwald

а опция высокого потока 109 л/мин, входящая в стандартную комплектацию, позволит работать с широким спектром навесного оборудования.

Мини-погрузчик CASE SV250B с вертикальной геометрией стрелы и грузоподъемностью 1135 кг легко справится с подъемом палет, загруженных различными строительными материалами. Опция Ride Control, включенная в стандартную комплектацию, позволит легко и быстро перевозить материал без просыпания в ковше объемом 0,51 м³, а также сократить ударные нагрузки на все важные компоненты машины.

Гостям был показан и гусеничный мини-погрузчик CASE TR270B. Он отличается высоким значением мощности двигателя (55 кВт при 2500 об/мин) и усилием отрыва на ковше (32,3 кН). Ряд особенностей продемонстрировал еще один участник — гусеничный мини-погрузчик с бортовым поворотом CASE TV380B. Эта модель оборудована стрелой с вертикальной геометрией, и ее номинальная грузоподъемность — 1209 кг. При собственной массе 4625 кг за счет гусениц она обеспечивает большую площадь контакта с поверхностью по сравнению с колесным аналогом. Это дает возможность использовать мини-погрузчик на склонах и слабонесущих поверхностях.

В частности, высокоэффективный седельный тягач IVECO Stralis NP для магистральной доставки грузов работает на сжатом природном газе и был показан в сцепке с

полуприцепом Grunwald объемом 20 м³, предназначенным для перевозки инертных грузов. Он оснащен газовым двигателем рабочим объемом 12,9 л, который развивает 460 л. с. при 1900 об/мин и крутящий момент 2000 Н·м в диапазоне от 1100 до 1600 об/мин., т. е. по отдаче не уступает дизелю. При годовом пробеге 180 тыс. км его применение в грузоперевозках позволяет сэкономить до 1 млн руб. за 5 лет на один автомобиль.

Чтобы гости фестиваля убедились в надежности, выносливости и повышенной проходимости самосвалов IVECO Trakker с кузовами Grunwald и Cantoni, им была представлена широкая линейка самосвалов IVECO Trakker 8×4 с кузовом объемом 20 м³ и IVECO Trakker 6×4 с кузовом 16 м³ с роботизированными и механическими коробками передач и двигателями Cursor 13 мощностью от 410 до 500 л. с. Также на мероприятии была продемонстрирована модель IVECO Trakker AMT 6×6 с кузовом объемом 16 м³, предназначенная для эксплуатации в самых жестких условиях.

Потенциал дальнейшего роста заложен в появлении следующих новинок: весной 2022 г. эстафету у модели Stralis примет флагманский S-way, а в конце будущего года на смену Trakker придет T-Way, что, безусловно, откроет новые горизонты для транспортников России.

А. С. Савченко

"ВЕРХНЕВОЛЖСКОЕ АТП" СОКРАТИЛО РАСХОДЫ НА ТОПЛИВО БЛАГОДАРЯ АВТОБУСАМ С АКП ALLISON



Компания "Верхневолжское АТП" — крупнейший государственный перевозчик Тверской области — обслуживает основную часть маршрутов столицы региона, а также Калининского района области. Предприятие было создано для реализации в регионе новой модели перевозок, предусматривающей, в частности, использование автобусов, оснащенных автоматической коробкой передач, современным навигационным оборудованием, устройствами бесконтактной оплаты проезда и системами климат-контроля. В конце февраля 2020 г. перевозчик приобрел автобусы ЛИАЗ-4292.60 с АКП Allison.

Городской низкопольный автобус среднего класса ЛИАЗ-4292.60 оснащен двигателем ЯМЗ-53403 мощностью 210 л. с., отвечающим нормам Евро-5, и автоматической шестиступенчатой коробкой передач Allison T2100. В данной модификации автобус имеет 2 двери и 27 посадочных мест. Закупленные автобусы обслуживают как городские, так и пригородные маршруты.

Шестиступенчатая коробка передач Allison T2100 — это эффективное решение для городских и пригородных автобусов среднего класса. Специальный алгоритм переключения передач обеспечивает оптимальный режим работы двигателя автобуса и таким образом способствует сни-

жению расхода топлива, а значит, и повышению экономической эффективности парка.

По данным перевозчика, в весенние и осенние месяцы при выключенном кондиционере автобусы, обслуживающие пригородные маршруты, потребляют в среднем до 25 л топлива на 100 км пробега. Для машин, работающих в городе, этот показатель составляет 32,5 л. При эксплуатации летом с включенным кондиционером расход пригородных автобусов достигает 26,7 л, а городских — 24,8 л. Зимой при активно используемом предпусковом отопителе расход составляет 29,3 и 38 л для пригородных и городских автобусов соответственно.

Помимо топливной экономичности, на рентабельность автобусов влияет периодичность и стоимость сервисного обслуживания. АКП Allison надежны и обладают внушительным ресурсом, поэтому их обслуживание сводится к стандартным регламентным заменам масла и фильтров. Кроме того, исключается такая распространенная причина простоев автобусов с механической коробкой передач, как сжигание сцепления, что также положительно сказывается на рентабельности парка.

www.allisontransmission.com

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*
Сдано в набор 22.08.2021. Подписано в печать 25.10.2021. 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