

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Н А У Ч Н О - Т Е Х Н И Ч Е С К И Й Ж У Р Н А Л

№ 3-1 (78) 2022

Научно-технический
журнал
Издается с 2003 года
Выходит четыре раза в год
№ 3-1(78) 2022

Мир транспорта и технологических машин

Учредитель - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
(ОГУ имени И.С. Тургенева)

Главный редактор:
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.

Заместитель главного редактора:
Васильева В.В. к.т.н., доц.

Редколлегия:

Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Бажинов А.В. д-р техн. наук, проф. (Украина)
Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Бондаренко Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия)
Денисов А.С. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Жаковская Л. д-р. наук, проф. (Польша)
Жанказиев С.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Зырянов В.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Мартюченко И.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Митусов А.А. д-р техн. наук, проф. (Казахстан)
Нурдин В.В. к.т.н., доц. (Россия)
Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва)
Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия)
Пушкарёв А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия)
Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия)
Сиваченко Л.А. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)
Юнгмейстер Д.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Шарата А. д-р. наук, проф. (Польша)

Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.

Адрес редколлегии:

302030, Россия, Орловская обл., г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел. +7 905 856 6556
<http://oreluniver.ru/>
E-mail: srmistu@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство: ПИ № ФС77-67027 от 30.08.2016г.

Подписной индекс: 16376
по объединенному каталогу «Пресса России»
на сайтах www.pressa-ru.ru и www.akc.ru

© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева,
2022

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

- А.Ю. Родичев, А.Н. Новиков, М.А. Токмакова, И.В. Родичева Адгезионная прочность твердых антифрикционных покрытий узлов трения автомобильной техники 3
П.А. Поляков Влияние динамических процессов на эксплуатационные свойства тормозных механизмов барабанно-колодного типа 13

Технологические машины

- А.А. Мишин Возможности эффективного использования сцепного веса в автогрейдерх с балансирными тележками на примере продукции ЗАО «Брянский арсенал» 25
А.А. Божанов, П.А. Кузин Обзор технических характеристик ведущих производителей автокранов 36

Безопасность движения и автомобильные перевозки

- И.А. Новиков, А.Н. Новиков, Д.А. Лазарев, В.Л. Махонин Исследование потери курсовой и вертикальной устойчивости транспортного средства при проведении дорожно-транспортной экспертизы 41
Ю.Х. Гукетлев, Э.Ю. Гукетлев, Я.С. Ткачева Оптимальное распределение сезонного дополнительного пассажирского транспорта в летний период времени в городах юга России 50
А.Р. Асоян, В.В. Филатов, А.А. Акулов, В.В. Гаевский Создание оптимизированной динамической системы управления перевозками 58

Вопросы экологии

- В.В. Васильева, А.Г. Шевцова, Е.А. Новописный, А.Г. Локтионова Оценка технических параметров автомобилей для анализа экологических показателей 65
О.Ю. Булатова Принципы функционирования транспортной инфраструктуры в умных городах 73

Образование и кадры

- Н.Е. Беляева, А.Л. Есинов, И.А. Ивашова Библиотеки-автомобили 30-40-х гг. XX века: отечественный опыт внедрения технико-культурной инновации 79
О.Е. Янучкова, Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина Методика подбора водителей с учетом психофизиологических особенностей по видам выполняемой транспортной работы 85
А.Н. Новиков, Д.С. Михалёва Модульный принцип обучения водительских кадров по оформлению «европротокола» 96

Экономика и управление

- А.С. Денисов, Е.В. Феклин Влияние стоимости и качества технического сервиса на работоспособность городских автобусов 109

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК по научным специальностям: 05.22.01 - Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте, 2.9.4. Управление процессами перевозок, 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 3-1(78) 2022

World of transport and technological machines

Founder - Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education «Orel State University named after I.S. Turgenev»
(Orel State University)

Editor-in-Chief A.N. Novikov Doc. Eng., Prof	Contents
Associate Editor V.V. Vasileva Can. Eng.	Operation, Repair, Restoration
Editorial Board: E.V. Ageev Doc. Eng., Prof. (Russia) I.E. Agureev Doc. Eng., Prof. (Russia) A.V. Bazhinov Doc. Eng., Prof. (Ukraine) V.N. Baskov Doc. Eng., Prof. (Russia) E.V. Bondarenko Doc. Eng., Prof. (Russia) V.M. Vlasov Doc. Eng., Prof. (Russia) S.N. Glagolev Doc. Eng., Prof. (Russia) M. Demic Doc. Eng., Prof. (Serbia) A.S. Denisov Doc. Eng., Prof. (Russia) L. Żakowska Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland) S.V. Zhankaziev Doc. Eng., Prof. (Russia) V.V. Zyryanov Doc. Eng., Prof. (Russia) I.G. Martychenko Doc. Eng., Prof. (Russia) A.A. Mitusov Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan) V.V. Nordin Can. Eng. (Russia) O. Prentkovskis Doc. Eng., Prof. (Lithuania) P. Pribyl Doc. Eng., Prof. (Czech Republic) A.E. Pushkarev Doc. Eng., Prof. (Russia) A.N. Rementsov Doc. Edc., Prof. (Russia) V.I. Sarbaev Doc. Eng., Prof. (Russia) L.A. Sivachenko Doc. Eng., Prof. (Belarus) D.A. Yungmeyer Doc. Eng., Prof. (Russia) A. Szarata Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)	A.Yu. Rodichev, A.N. Novikov, M.A. Tokmakova, I.V. Rodicheva Adhesive strength of solid antifriction coatings of friction units of automotive equipment..... 3 P.A. Polyakov The influence of dynamic processes on the operational properties of drum-and-pad type braking mechanisms..... 13
Person in charge for publication: I.V. Akimochkina	Technological machines
Editorial Board Address: 302030, Russia, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 http://oreluniver.ru/ E-mail: srmmostu@mail.ru	A.A. Mishin Possibilities of effective usage of coupling weight in the motor grader with bogies with balancers on the example of «Bryansky arsenal» products..... 25 A.A. Bozhanov, P.A. Kuzin Overview of technical characteristics of leading manufacturers of truck cranes..... 36
The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate ПИ № ФС77-67027 of August 30 2016	Road safety and road transport
Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-ru.ru и www.akc.ru	I.A. Novikov, A.N. Novikov, D.A. Lazarev, V.L. Makhonin Investigation of the loss of the heading and vertical stability of the vehicle during the road transport examination..... 41 Yu.K. Guketlev, E.Yu. Guketlev, Ya.S. Tkacheva Optimal allocation of seasonal additional passenger transport during the summer period in the cities of the south of Russia..... 50 A.R. Asoyan, V.V. Filatov, A.A. Akulov, V.V. Gaevskiy Creation of an optimized dynamic transportation management system..... 58
© Registration. Orel State University, 2022	Ecological Problems
	V.V. Vasilyeva, A.G. Shevtsova, E.A. Novopisny, A.G. Loktionova Assessment of the technical parameters of vehicles for the analysis of environmental indicators..... 65 O. Yu. Bulatova Smart cities transport infrastructure functioning principals 73
	Education and Personnel
	N.E. Belyaeva, A.L. Esipov, I.A. Ivashova Libraries-cars of the 30-40s of the twentieth century: domestic experience in the implementation of technical and cultural innovation..... 79 O.E. Yanuchkova, N.N. Yakunin, N.V. Yakunina Method of selection of drivers taking into account psychophysiological features by types of transport work performed..... 85 A.N. Novikov, D.S. Mikhaleva The modular principle of training drivers on the design of the «euro protocol»..... 96
	Economics and Management
	A.S. Denisov, E.V. Feklin The impact of the cost and quality of technical service on the performance of city buses..... 109

The journal is included in the «List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of science, for the degree of doctor of sciences» of the Higher Attestation Commission (VAK) in the scientific specialties: 05.22.01 - Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport, 2.9.4. Management of transportation processes, 2.9.5. Operation of motor transport.

Научная статья

УДК 621.7

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-3-12

А.Ю. РОДИЧЕВ, А.Н. НОВИКОВ, М.А. ТОКМАКОВА, И.В. РОДИЧЕВА

АДГЕЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ ТВЕРДЫХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ УЗЛОВ ТРЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

***Аннотация.** Представлено исследование адгезионной прочности твердых антифрикционных покрытий узлов трения автомобилей. Представлены результаты сравнения отечественных и импортных твердых антифрикционных покрытий. Выполнен краткий анализ существующих способов определения адгезионной прочности тонких антифрикционных покрытий отверждаемых в нормальных условиях. Описаны методика и проведены экспериментов с помощью разрывной машины универсального назначения с электронным измерителем сил ИР5047-50. Получены ряд количественных оценок прочности сцепления антифрикционного покрытия с основанием. Сделаны выводы о прочности сцепления покрытия. Даны рекомендации по применению методов для определения адгезионной прочности тонких твердых антифрикционных покрытий.*

***Ключевые слова:** поверхность, адгезия, трение, покрытие, антифрикционный материал, ремонт, автомобиль*

Введение

В процессе эксплуатации к современной техники, работающей в тяжелых условиях, предъявляются особые требования связанные с повышением надежности работы узлов и агрегатов и увеличения ресурса подвижных соединений [1, 2]. Данная проблема неразрывно связана со снижением трения в узлах автомобильной техники. Применение твердых антифрикционных покрытий позволяет решить задачу по снижению износа трущихся поверхностей при сервисе и ремонте автомобильной техники [3, 4].

В настоящее время прослеживается стабильная закономерность увеличения интенсивности использования отечественных антифрикционных материалов и технологий отечественных производителей. В большинстве это связано с наложенными на РФ ограничениями, в связи с которыми материалы зарубежных производителей стали недоступны для российских компаний. Оценки известных авторитетных экспертов [5, 6] показывают то, что санкции сохраняются на ближайшую и длительную перспективу. Одним из ярких примеров импортозамещения можно считать замену твердых антифрикционных покрытий известных иностранных брендов [7, 8] на отечественные, одним из представителей которых является компания «MODENGY» (ООО «Моделирование и инжиниринг»). Данная компания разрабатывает и производит материалы, реализующие технологию твердой смазки, в результате чего, тонкая смазывающая пленка в сопряженных поверхностях узлов трения, позволяет снизить коэффициент трения. Одним из показателей качества получаемой антифрикционной поверхности является ее адгезия. Исследования, направленные на изучение адгезии твердых антифрикционных покрытий разных производителей с учетом реальных условий является актуальной задачей.

Материал и методы

Нашедшие распространение в последнее время твердые смазочные материалы, под механическим воздействием имеют свойство достаточно легко расщепляться. Этот эффект способствует созданию на поверхности трения и сопряженной поверхности тонкой смазочной пленки во время скольжения [9, 10]. Такая смазочная пленка разделяет трущиеся поверхности и, в дополнении, обладает низким коэффициентом трения [11, 12]. К таким твердосмазочным материалам относятся: графит, хлористая медь, дисульфид молибдена, нитрид бора (белый графит), дисульфид вольфрама, диселенид вольфрама, окись свинца, сернистый

висмут. При таком многообразии наибольшее широкое применение нашли графит (С) и дисульфид молибдена (MoS_2). Графит легко расщепляется благодаря своей структуре. К тому же в процессе трения сохраняет свою слоистую структуру после изменения размеров частиц. Пластинчатая структура обеспечивает смазочные свойства дисульфида молибдена. В такой структуре атомы серы, осаждаются на металлических поверхностях. Это явление обуславливает скольжение поверхностей друг по другу с малым коэффициентом трения (0,02 – 0,07).

Процесс внедрения в состав связующих веществ твердосмазочного материала неорганического и органического происхождения привело к созданию нового класса твердых (пленочных) антифрикционных покрытий [13-15]. В роли органических связующих служат смолы термопластичные (алкиды, винилы) или термореактивные (эпоксидные, фенольные, меламиновые). В качестве неорганических связующих используются силикат натрия, фосфаты, бораты, а растворителями служат вода, спирт, тулуол и др. Суспензии твердых порошков в связующем веществе, а также полимерные вещества на поверхности трения, после технологической обработки, образуют тонкие пленочные покрытия [16, 17]. Такие покрытия обладают низким коэффициентом трения и дополнительными смазочными свойствами [18, 19].

Ранее проведенные исследования показывают, что тонкие пленочные покрытия (толщиной менее 5 мкм) быстро изнашиваются и недолговечны. В тоже время толстые (толщиной более 30 мкм) отслаиваются по причине недостаточной адгезии. Срок службы твердых (пленочных) антифрикционных покрытий, а также их антифрикционные свойства зависят от ряда факторов: толщины наносимого антифрикционного покрытия, предварительной подготовки рабочих поверхностей, температуры поверхности, природы материала, на которое нанесено покрытие и режимов нанесения. Процесс подготовки рабочей поверхности состоит из нескольких операций, включает следующие операции: пескоструйная обработка или травление, что позволяет повышать шероховатость и удалять окислы или загрязнения; обезжиривание и фосфатирование для повышения прочности покрытия и защиты от атмосферной коррозии [20, 21].

Теория

Одним из основных факторов, отвечающих за работоспособность антифрикционного покрытия является его адгезия [22-24]. Данный показатель волнует многих при выборе антифрикционного покрытия, так как он может значительно как улучшить, так и ухудшить состояние узла или агрегата при техническом обслуживании и ремонте.

Для проведения сравнительного испытания нами были выбраны покрытия двух марок MODENGY и Molykote. Испытание проводилось методом определения адгезионной прочности нормальным отрывом по ГОСТ 27890-88.

Для проведения эксперимента исследуемые покрытия были разбиты на две группы по способу отверждения: отверждаемые при нагреве и отверждаемые при нормальной температуре (рис. 1).



Рисунок 1 – Группы антифрикционных покрытий для испытаний

В первую и вторую экспериментальную группу вошли покрытия двух известных марок MODENGY и Molykote. Стоит заметить, что приобретённые твердые антифрикционные покрытия первой группы имели разную маркировку, а как следствие и разный способ его нанесения (рис. 2).

Покрытия MODENGY 1003 и Molykote 3402-C LF согласно технологическому процессу должны были наноситься на исследуемые образцы с помощью дополнительного оборудования в нашем случае - это окрасочный пистолет (краскораспылитель) и компрессор. Покрытия Molykote PTFE-N UV и Molykote D-321R были получены в упаковке, в виде аэрозольного баллона, в котором данные покрытия находятся под давлением, как следствие для нанесения покрытий из такого вида упаковки не требуется дополнительного оборудования.



Рисунок 2 – Состав первой группы твердых антифрикционных покрытий

Во вторую группу покрытий, представленную на рисунке 3, вошли такие твердые антифрикционные покрытия как: MODENGY 1003, MODENGY 1005, MODENGY 1006, Molykote D-7409.



Рисунок 3 – Состав второй группы твердых антифрикционных покрытий

Согласно технологическому процессу данные виды покрытий следует наноситься на исследуемые образцы с помощью дополнительного оборудования в нашем случае - это окрасочный пистолет (краскораспылитель) и компрессор, с последующим отверждением в термопечи.



Рисунок 4 – Образцы с нанесенным антифрикционным покрытием

Для каждого исследуемого покрытия проходили подготовку пять образцов, выполненных и стали марки Ст 3 по ГОСТ 380-2005, имеющих форму двух оснований цилиндрического вида. Образцы с нанесенным покрытием представлены на рисунке 4.

Подготовка рабочей поверхности всех образцов осуществлялась с помощью пескоструйной обработки кварцевым песком 1К103025ГОСТ2138-9 (величина фракции 0,1 - 0,25 мм). Затем все образцы были обработаны сжатым воздухом (давление воздуха - от 0,2 до 0,5 МПа при расходе от 1,5 до 3 м³/мин; угол наклона воздушной струи к поверхности детали от 60° до 90°; дистанция обработки (расстояние от сопла до поверхности детали) - от 100 до 150 мм) с последующим обезжириванием путем нанесения состава на поверхности тампоном до ее полного укрытия, после этого происходило испарение состава растворителя с поверхности детали при нормальной температуре (не менее 15 минут) [25].

Затем на рабочую поверхность наносилось последовательно три слоя твердого антифрикционного покрытия. Толщина каждого слоя покрытия составляет от 4 до 5 мкм. В зависимости от марки используемого твердого антифрикционного покрытия, подбирались разные режимы полимеризации твердого антифрикционного покрытия при нагреве в печи либо при комнатной температуре, поэтому как между межслойным интервалом нанесения, так и окончательным нанесением необходимо выдерживать временные интервалы: при межслойном нанесении при +20 °С время полимеризации составляет не менее 15 мин, при окончательном нанесении при +20 °С время полимеризации составляет не менее 120 мин. На конечном этапе общей полимеризации все нанесенные слои покрытия превращаются в одно целое, при этом общая толщина нанесённого твердого антифрикционного покрытия составляет не более 15 мкм. Подготовленные образцы, приспособления и инструмент для реализации эксперимента представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Образцы, приспособления и инструмент для реализации эксперимента

На следующем этапе подготовки на образец с покрытием наносился тонким слоем до полного смачивания клеевой состав. Далее данный образец совмещался и склеивался с другим. После этого образцы помещались в специальное приспособление для склеивания, где выдерживались в течении определенного времени. Время выдержки составило не менее 72 ч. Затем производилась зачистка клеевых потеков на торцах шва. Вкручивались шпильки в об-

разцы для установки в разрывную машину [25]. На рисунке 6 представлены образцы готовые для испытаний в разрывной машине.



Рисунок 6 – Образцы для испытания в разрывной машине ИР5047-50

Испытания образцов проводились с использованием разрывной машины универсального назначения с электронным силоизмерителем ИР5047-50 (рис. 7 а).

Обеспечивались нормальные условия: температура 20 °С и относительная влажность 70%. В процессе проведения эксперимента, подготовленные для испытания образцы закреплялись в разрывной машине в специальном приспособлении для центрирования образцов. Нагружение испытуемых образцов производилось с плавным наращиванием разрывного усилия. Скорость перемещения захватов разрывной машины составляла не более 5 мм/мин. Образец после отрыва покрытия в о время проведения испытания представлен на рисунке 7 б.



а



б

Рисунок 7 – Испытание образцов

Результаты и обсуждение

Процесс нагружения образца до его разрушения записывался с помощью специального программного обеспечения. По итогам каждого испытания выдавался чек-лист в виде протокола испытаний. Протокол проведенных испытаний представлен на рисунке 8

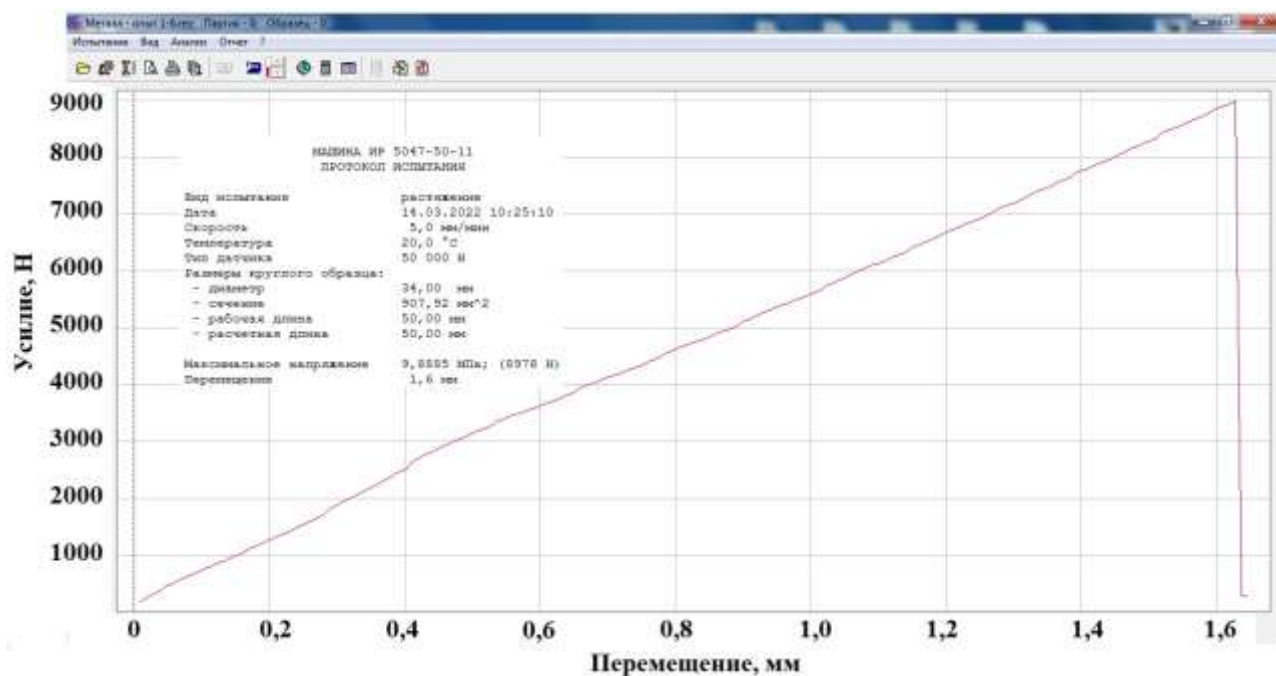


Рисунок 8 – Протокол испытаний

Полученные экспериментальные данные были обработаны методами математической обработки экспериментальных исследований [27]. Результаты обработки образцов первой и второй групп представлены на рисунках 9 и 10.

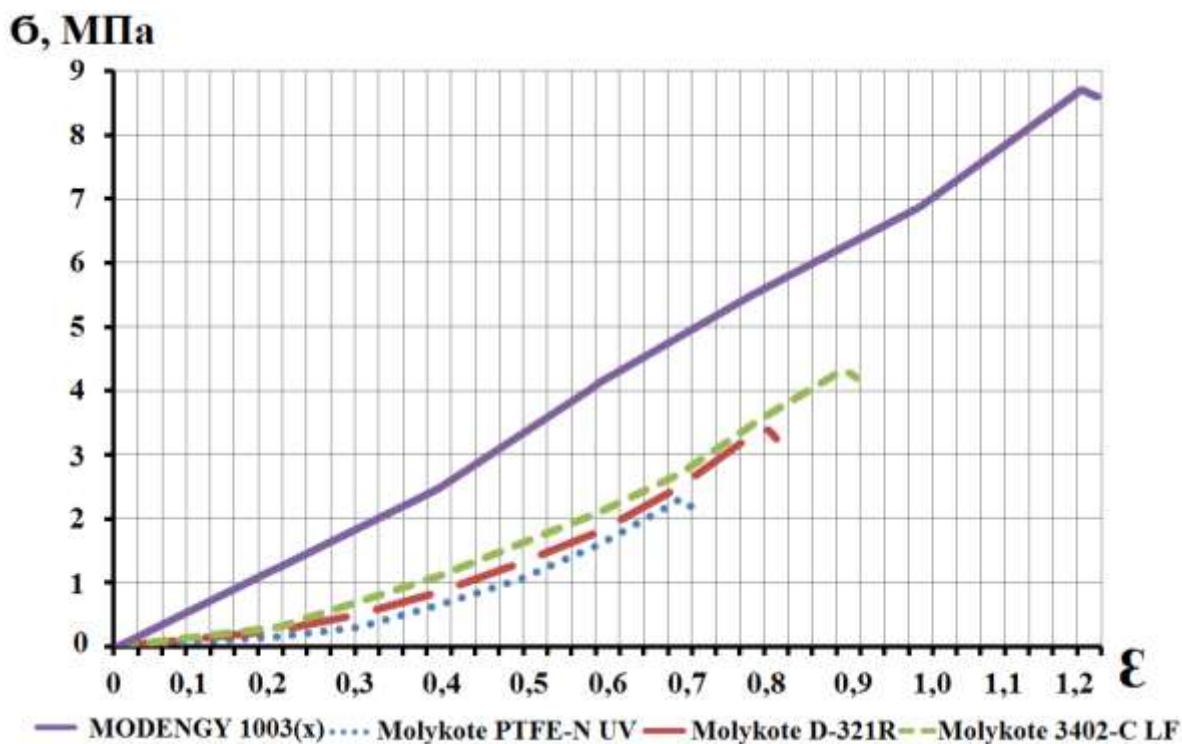


Рисунок 9 – Результаты испытания образцов первой группы

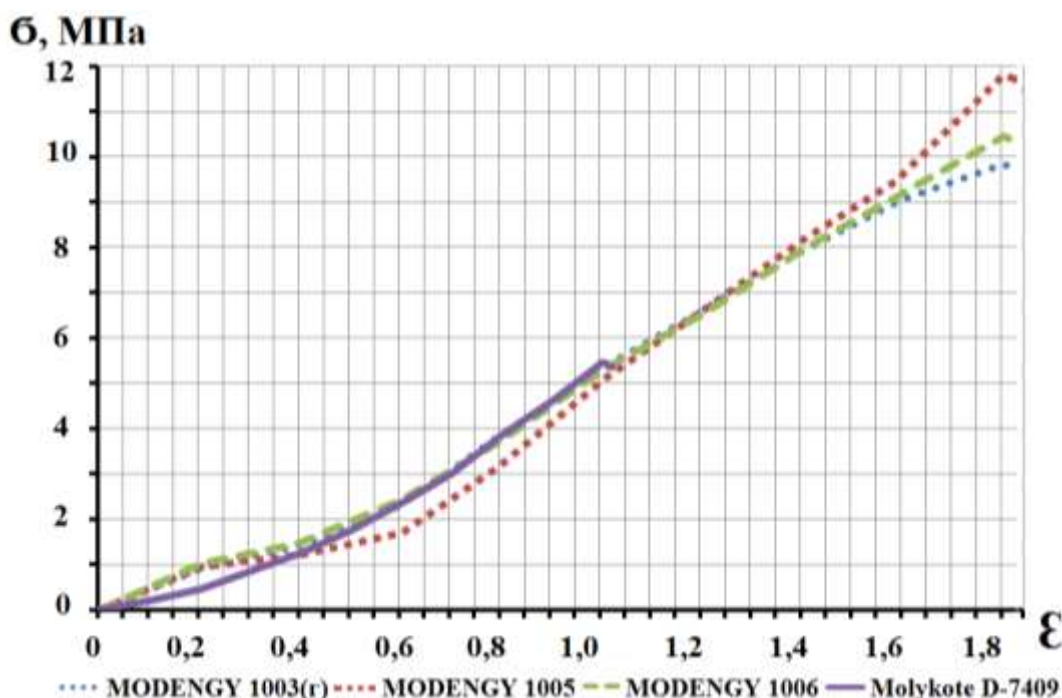


Рисунок 10 – Результаты испытания образцов второй группы

Выводы

Таким образом, на основе ранее представленных исследований можно сделать следующие выводы:

- для количественной оценки адгезии твердых антифрикционных покрытий наиболее целесообразно применять метод нормального отрыва согласно ГОСТ 27890-88;
- среди твердых антифрикционных покрытий отверждаемых в нормальных условиях (покрытия первой группы) наибольшую адгезию имеет покрытие фирмы MODENGY;
- среди твердых антифрикционных покрытий отверждаемых при нагреве (покрытия второй группы) наибольшую адгезию показало покрытие фирмы MODENGY;
- при техническом обслуживании и ремонте узлов трения автомобилей в условиях автотранспортных предприятий целесообразно применять твердые антифрикционные покрытия отверждаемые при нагреве;
- при техническом обслуживании в полевых условиях наиболее рационально применение твердых антифрикционных покрытий отверждаемых при нормальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhao Meng, Xue-feng Zhang, Jingchao Zhang, Bin Hu, Yun Yang Application study of nano-copper based composite anti-friction coating for corrosion resistant couplings // Journal of petroleum science And Engineering. – Vol. 157. – 2017. – P. 1143-1147.
2. Yan Hao, Xiyang Zhou, Jiajia Shao, Yukun Zhu. The influence of multiple fillers on friction and wear behavior of epoxy composite coatings // Surface and coatings technology. – Vol. 362. – 2019. – P. 213-219.
3. Chijia Wang, Huaiyuan Wang, Meiling Li, Zhanjian Liu, Ningzhong Bao. Anti-corrosion and wear resistance properties of polymer composite coatings: effect of oily functional fillers // Journal of the taiwan institute of chemical engineers. – Vol. 85. – 2018. – P. 248-256.
4. Rodichev A.Y., Gorin A.V., Tokmakov N.V. Formation of film antifriction coatings on the friction surfaces of machine parts // IOP Conference series: materials science and engineering ICMТМЕ. – 2019, 2020. – Vol. 709.
5. Обращение Президента Российской Федерации 24 февраля 2022 г. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/67843/videos>.
6. Выступление Владимира Путина на ВЭФ-2022 8 сентября 2022 г. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=vTG4bdH9iug>
7. Downing Corning. Руководство по выбору антифрикционных покрытий Molykote [Электронный ресурс] - Корпорация Downing Corning. - 2008. Форма 71-02508-22. - Режим доступа: <http://atf.ru/>.
8. Downing Corning. Технические описания АФП (ТСП) от 03.10.2016 (для ТСП MOLYKOTE® D-7409) от 04.03.2014 (для остальных ТСП). - Режим доступа: <http://atf.ru/>.

9. Буяло А.С. Методы и некоторые результаты исследования частиц износа дисульфида молибдена // Смазочное действие молибденита при воздействии радиации и других факторов: сб. статей. - М.: Атомиздат, 1976. - С. 66-77.
10. Брейтуэйт, Е.Р. Твёрдые смазочные материалы и антифрикционные покрытия - М.: Химия. - Пер. с англ., 1967. - 320 с.
11. Цеев Н.А., Козёлкин В.В., Дроздов Ю.Н. Долговечность подшипников скольжения с твёрдосмазочным покрытием СТС-312 в вакууме // Вестник машиностроения. - 1976. - №5. - С. 27-29.
12. Шпинёв В.Н. Маликов И.И. О взаимодействии дисульфида молибдена с поверхностью трения // Триботехника и антифрикционное материаловедение: тезисы докл. всер. научно-техн. конференции. - Новочеркасск, 1980. - С.132-133.
13. Криони Н.К. Высокотемпературные твёрдые смазочные покрытия в опорах скольжения // Вестник УГАТУ. - 2009. - Т.12. - №4(33). - С. 102-105.
14. Маленков, М.И. Конструкционные и смазочные материалы космических механизмов: Учебное пособие - СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2007. - 54 с.
15. Ноженков М.В., Воронин Н.А., Семёнов А.П., Товмисян Ю.М. Связь между структурой и триботехническими свойствами покрытий дисульфида молибдена, получаемых высокочастотным распылением // Трение и износ. - 1986. - Т. 7. - №1. - С. 21-26.
16. Сутягин, О.В. Применение твёрдосмазочных покрытий в механизмах и технологических процессах // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования: межвуз. сборник науч. тр. - Тверь: ТвГТУ. - 2013. - С. 42-50.
17. Хопин, П.Н. Методика и результаты оценки эксплуатационных характеристик пар трения с твёрдосмазочными покрытиями для различных условий функционирования / П.Н. Хопин // Трение и износ. - 2012. - Т. 33. - №1. - С. 23-31.
18. Брудный А.И., Сизов Б.М. Влияние температуры на окислительное и смазочное действие MoS₂ // Труды Челябинского политехн. ин-та. - 1969. - Челябинск. - №59. - С. 23-31.
19. Буяло А.С., Лобашев Б.П., Макаров Ю.В. и др. Исследование влияния материала контртела на работоспособность дисульфидмолибденовых покрытий диффузионного типа // Твёрдые смазочные покрытия: сб. статей. - М.: Наука. - 1977. - С.78-83.
20. Зимон, А.Д. Адгезия пленок и покрытий - М.: Химия, 1977. - 345 с.
21. Gorin A.V., Rodichev A.Yu., Tokmakova M.A. Adhesive strength research of film antifriction coatings // Materials today: proceedings. - Vol. 19. - Part 5. - 2019. - P. 2329-23328.
22. ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии, 1978.
23. ГОСТ 27890-88 Покрытия лакокрасочные защитные дезактивируемые. Метод определения адгезионной прочности нормальным отрывом, 1988.
24. ГОСТ 32299-2013 Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва, 2013.
25. Родичев А.Ю., Новиков, А.Н., Горин А.В., Токмакова М.А. Образование модифицированных поверхностей трения // Мир транспорта и технологических машин - Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. - 2021. - №3(74). - С. 17-23.
26. Родичев А.Ю., Горин А.В., Токмакова М.А., Киричек А.А. Исследование адгезионной прочности пленочных антифрикционных покрытий // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2019. - №10(83). - С. 4-10.
27. Грядунова Е.Н., Родичев А.Ю., Токмакова М.А. Оценка качества пленочного антифрикционного покрытия при помощи регрессионной модели // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. - 2021. - №1 (345). - С. 96-101.

Родичев Алексей Юрьевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
К.т.н., доцент кафедры сервиса и ремонта машин
E-mail: rodfox@yandex.ru

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Д.т.н., профессор, зав. кафедрой сервиса и ремонта машин
E-mail: srmmostu@mail.ru

Токмакова Мария Андреевна,

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: Россия, 302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Аспирант
E-mail: tokmakova2303@gmail.com

Родичева Ирина Владимировна

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Адрес: Россия, 302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29

Аспирант

E-mail: rodfox@yandex.ru

A.Yu. RODICHEV, A.N. NOVIKOV, M.A. TOKMAKOVA, I.V. RODICHEVA

ADHESIVE STRENGTH OF SOLID ANTIFRICTION COATINGS OF FRICTION UNITS OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT

Abstract. The article presents a study of the adhesive strength of solid antifriction coatings of friction units of cars. The results of comparison of domestic and imported solid antifriction coatings are presented. A brief analysis of existing methods for determining the adhesive strength of thin antifriction coatings cured under normal conditions is performed. The methodology is described and experiments are carried out using a universal-purpose bursting machine with an electronic force meter IR5047-50. A number of quantitative estimates of the adhesion strength of the antifriction coating to the base have been obtained. Conclusions are made about the adhesion strength of the coating. Recommendations on the application of methods for determining the adhesive strength of thin solid antifriction coatings are given.

Keywords: surface, adhesion, friction, coating, anti-friction material, repair, car.

BIBLIOGRAPHY

1. Zhao Meng, Xue-feng Zhang, Jingchao Zhang, Bin Hu, Yun Yang Application study of nanocopper based composite antifriction coating for corrosion resistant couplings // Journal of petroleum science And Engineering. - Vol. 157. - 2017. - P. 1143-1147.
2. Yan Hao, Xiyang Zhou, Jiajia Shao, Yukun Zhu. The influence of multiple fillers on friction and wear behavior of epoxy composite coatings // Surface and coatings technology. - Vol. 362. - 2019. - P. 213-219.
3. Chijia Wang, Huaiyuan Wang, Meiling Li, Zhanjian Liu, Ningzhong Bao. Anti-corrosion and wear resistance properties of polymer composite coatings: effect of oily functional fillers // Journal of the taiwan institute of chemical engineers. - Vol. 85. - 2018. - P. 248-256.
4. Rodichev A.Y., Gorin A.V., Tokmakov N.V. Formation of film antifriction coatings on the friction surfaces of machine parts // IOP Conference series: materials science and engineering ICMTMTE. - 2019, 2020. - Vol. 709.
5. Obrashchenie Prezidenta Rossiyskoy Federatsii 24 fevralya 2022 g. [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://kremlin.ru/events/president/news/67843/videos>.
6. Vystuplenie Vladimira Putina na VEF-2022 8 sentyabrya 2022 g. [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.youtube.com/watch?v=vTG4bdH9iug>
7. Downing Corning. Rukovodstvo po vyboru antifriktsionnykh pokrytiy Molykote [Elektronnyy resurs] - Korporatsiya Downing Corning. - 2008. Forma 71-02508-22. - Rezhim dostupa: <http://atf.ru/>.
8. Downing Corning. Tekhnicheskie opisaniya AFP (TSP) ot 03.10.2016 (dlya TSP MOLYKOTE® D-7409) ot 04.03.2014 (dlya ostal'nykh TSP). - Rezhim dostupa: <http://atf.ru/>.
9. Buyalo A.S. Metody i nekotorye rezul'taty issledovaniya chastits iznosa disul'fida molibdena // Smazochnoe deystvie molibdenita pri vozdeystvii radiatsii i drugikh faktorov: sb. statey. - M.: Atomizdat, 1976. - S. 66-77.
10. Breytueyt, E.R. Tvrдые smazochnye materialy i antifriktsionnye pokrytiya - M.: Himiya. - Per. s angl., 1967. - 320 s.
11. Tseev N.A., Kozlkin V.V., Drozdov Yu.N. Dolgovechnost' podshipnikov skol'zheniya s tvrdosmazochnym pokrytiem CTC-312 v vakuume // Vestnik mashinostroeniya. - 1976. - №5. - S. 27-29.
12. SHpinv V.N. Malikov I.I. O vzaimodeystvii disul'fida molibdena s poverkhnost'yu treniya // Tribotekhnika i antifriktsionnoe materialovedenie: tezisy dokl. vser. nauchno-tekhn. konferentsii. - Novocherkassk, 1980. - S.132-133.
13. Krioni N.K. Vysokotemperaturnye tvrdye smazochnye pokrytiya v oporakh skol'zheniya // Vestnik UGATU. - 2009. - T.12. - №4(33). - S. 102-105.
14. Malenkov, M.I. Konstruktsionnye i smazochnye materialy kosmicheskikh mekhanizmov: Uchebnoe posobie - SPb.: Balt. gos. tekhn. un-t, 2007. - 54 s.
15. Nozhenkov M.V., Voronin N.A., Semenov A.P., Tovmisyay YU.M. Svyaz' mezhdu strukturoy i tribotekhnicheskimi svoystvami pokrytiy disul'fida molibdena, poluchaemykh vysokochastotnym raspyleniem // Trenie i iznos. - 1986. - T. 7. - №1. - S. 21-26.
16. Sutyagin, O.V. Primenenie tvrdosmazochnykh pokrytiy v mekhanizмах i tekhnologicheskikh protsessakh // Mekhanika i fizika protsessov na poverkhnosti i v kontakte tverdykh tel, detaley tekhnologicheskogo i energeticheskogo oborudovaniya: mezhvuz. sbornik nauch. tr. - Tver': TvGTU. - 2013. - S. 42-50.

17. Hopin, P.N. Metodika i rezul'taty otsenki ekspluatatsionnykh kharakteristik par treniya s tverdo-smazochnymi pokrytiyami dlya razlichnykh usloviy funktsionirovaniya / P.N. Hopin // Trenie i iznos. - 2012. - T. 33. - №1. - S. 23-31.
18. Brudnyy A.I., Sizov B.M. Vliyanie temperatury na okislitel'noe i smazochnoe deystvie MoS₂ // Trudy Chelyabinskogo politekhn. in-ta. - 1969. - Chelyabinsk. - №59. - S. 23-31.
19. Buyalo A.S., Lobashev B.P., Makarov YU.V. i dr. Issledovanie vliyaniya materiala kontrtela na rabotosposobnost' disul'fidmolibdenovykh pokrytiy diffuzionnogo tipa // Tverdye smazochnye pokrytiya: sb. statey. - M.: Nauka. - 1977. - S.78-83.
20. Zimon, A.D. Adgeziya plenok i pokrytiy - M.: Himiya, 1977. - 345 s.
21. Gorin A.V., Rodichev A.Yu., Tokmakova M.A. Adhesive strength research of film antifriction coatings // Materials today: proceedings. - Vol. 19. - Part 5. - 2019. - P. 2329-23328.
22. GOST 15140-78 Materialy lakokrasochnye. Metody opredeleniya adgezii, 1978.
23. GOST 27890-88 Pokrytiya lakokrasochnye zashchitnye dezaktiviruemye. Metod opredeleniya adgezionnoy prochnosti normal'nyy otryvom, 1988.
24. GOST 32299-2013 Materialy lakokrasochnye. Opredelenie adgezii metodom otryva, 2013.
25. Rodichev A.Yu. Novikov, A.N., Gorin A.V., Tokmakova M.A. Obrazovanie modifitsirovannykh poverkhnostey treniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin - Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. -2021. - №3(74). - S. 17-23.
26. Rodichev A.Yu., Gorin A.V., Tokmakova M.A., Kirichuk A.A. Issledovanie adgezionnoy prochnosti plenochnykh antifriktsionnykh pokrytiy // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2019. - №10(83). - S. 4-10.
27. Gryadunova E.N., Rodichev A.Yu., Tokmakova M.A. Otsenka kachestva plenochnogo antifriktsionnogo pokrytiya pri pomoshchi regressionnoy modeli // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. - 2021. - №1 (345). - S. 96-101.

Rodichev Aleksei Yrievich

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Candidate of technical sciences
E-mail: rodfox@yandex.ru

Novikov Alexander Nikolaevich

Orel State University
Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: srmostu@mail.ru

Tokmakova Maria Andreevna

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Postgraduate student
E-mail: tokmakova2303@gmail.com

Rodicheva Irina Vladimirovna

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Postgraduate student
E-mail: rodfox@yandex.ru

Научная статья

УДК 629.1.01

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-13-24

П.А. ПОЛЯКОВ

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНОГО ТИПА

Аннотация. Рассмотрены динамические процессы, происходящие в процессе торможения, во фрикционном контакте тормозного механизма барабанно-колодочного типа. Приведены уравнения колебательной системы, а именно пары «колодка – тормозной барабан», для различных компоновок тормозных механизмов барабанно-колодочного типа. Полученные уравнения устанавливают влияние на нестабильность тормозного момента в процессе торможения. Выявлены параметры влияния на собственные затухающие и на вынужденные колебания для различных компоновок тормозных механизмов. Проанализированы критерии влияния, а именно коэффициенты диссипации различных компоновок тормоза, на эксплуатационную характеристику нестабильности тормозного момента, и тем самым определены величины амплитуды отскока тормозной колодки от рабочих поверхностей тормозного барабана. Задано направление на совершенствование эксплуатационных свойств и повышения трибологической надежности тормозных механизмов.

Ключевые слова: тормозной механизм, тормозной барабан, Simplex, Duplex, Duo-Duplex, Duo-Servo, нестабильность тормозного момента

Введение

Исследование надежности тормозной системы посвящено достаточно большое количество работ. В работе [1] приведен расчет вероятности отказов работы тормозной системы легкового автомобиля. С точки зрения иерархии надежность всей тормозной системы будет складываться из надежной работы тормозных механизмов, тормозного привода и системы управления основной тормозной системы. В частности в работе [2] приводится совершенствование технологии ремонта тормозных колодок грузовых автомобилей, с помощью переклейки фрикционных накладок на тормозные колодки в межсезонный период, что значительно сказывается на ресурсе эксплуатации всего узла в целом.

В диссертационной работе [3] предложен метод диагностирования тормозных механизмов на основе оценки технического состояния фрикционных накладок. Разработанный метод диагностирования тормозных механизмов на основе математической модели закономерности изменения эксплуатационных параметров. Предложены зависимости степени износа фрикционных накладок от давления воздуха в начале и конце процесса торможения. Разработанный алгоритм позволяет определять предельное состояние рабочих поверхностей тормозных механизмов с целью дальнейшей безотказной работы. Данный метод диагностирования не дает представление о равномерности износа фрикционных накладок по площади, что может послужить нерациональному использованию расходных материалов тормозных узлов. Помимо исследуемого процесса износа повышенное давление может вызывать затрудненное перемещение прижимающих элементов в виду образований различных соединений на сопрягаемых деталях или устаревания резинотехнических изделий.

В работе [4] на основе расчета функции плотности нормального распределения отказа элементов тормозных механизмов предложены периодичности замены при проведении технического обслуживания. Рассчитанные нормативные наработки на отказ для элементов тормозных механизмов позволяют довести уровень безотказности в среднем до 97 %.

Одним из направлений исследований является обеспечение трибологической надежности фрикционных узлов к которым относится тормозные механизмы транспортных средств.

В статье [5] рассмотрена проблема обеспечения надежности фрикционных узлов, работающих в охлаждающей среде. Сформулированы основные критерии надежности для фрикционных узлов. Характерными видами отказов фрикционных узлов являются чрезмерный износ, коробление, разрушение фрикционных накладок и выгорание связующих элементов.

Одним из длительных отказов по своей природе является чрезмерный износ. Оценка его производится с помощью измерения геометрии или удельного веса на произведенную наработку. В зависимости от стремительности наступления предельного состояния изношенности фрикционного элемента можно рассуждать о его надежности. При воздействии внешних факторов (контактного давления и температурном режиме) можно снизить ресурс механизма в целом. Противостоять нарастанию износа возможно лишь своевременной заменой или щадящими режимами эксплуатации узла.

Коробление приводит к изменению плоской формы поверхностей диска, что может сказаться на взаимодействии рабочих поверхностей узла. В виду относительного перемещения рабочих поверхностей относительно друг друга может наступать неполное взаимодействие контактирующих площадок, а локальное взаимодействие не обеспечивающее заложенных эксплуатационных свойств механизма. Помимо этого коробление вызывает биения в тормозном механизме, что приводит к нежелательным вибрациям во всей трибосистеме.

Разрушение рабочих поверхностей тормозного механизма происходит в основном в виду точечного термического воздействия. Помимо длительных знакопеременных нагрузок конструкция тормозного диска испытывает перманентные изгибающие и растягивающие нагрузки. Во фрикционных накладках в месте контакта с основанием тормозной колодки протекают процессы, способствующие разрушению адгезионных связей.

Выгорание связующих элементов является отказом, связанным с перманентным перегревом материала фрикционной накладки. Этому способствует применение в качестве связующих материалов на основе формальдегидной смолы. Температура перехода в жидкое агрегатное состояние составляет выше 300 °С, при дальнейшем росте происходит выгорание и потеря адгезионной связи между материалами абразива.

Автор предложил расчет критериев трибологической надежности для тормозного механизма дисково-колодочного типа. Первым критерием является коэффициент трения, вторым обозначена потеря мощности от параметров режимов работы, в частности от износа, коробления. Предложенные конструктивные решения позволяют оптимизировать конструкцию и повысить надежность механизма. Предложена зависимость расчета для определения коэффициента трения в зависимости от коробления поверхностей тормозного диска.

Помимо проанализированного влияния дефектов на трибологическую надежность тормозных механизмов необходимо добавить еще следующие критерии: нестабильность тормозного момента и температурный режим рабочих поверхностей взаимодействующих площадок. На основании полного перечня рассматриваемых критериев возможно дополнить и более оптимально рассмотреть и сформулировать предложения по совершенствованию методологии проектирования тормозных механизмов.

В диссертационной работе [6] приводятся исследования влияния радиального биения тормозного барабана на работу автомобильного тормоза. В работе представлены эмпирические зависимости влияния радиального биения на эксплуатационные параметры тормозного механизма: тормозного момента, давление в приводе самоприжимной и самоотжимной тормозных колодок. Помимо представленных исследований проводится также оценка износных испытаний фрикционных накладок тормозных механизмов барабанно-колодочного типа. Автор вводит понятие нестабильности тормозного момента при торможении с помощью барабана, обладающего радиальным биением.

В диссертационной работе [7] исследуются методы повышения работоспособности и ресурса пары «тормозной диск-колодка», а именно изучение влияния изменения структуры и свойств материалов контактирующих поверхностей узла. В качестве обобщенного критерия ресурса и работоспособности является изнашиваемость материалов фрикционного узла механизма. Установлено влияние сульфидов марганца на интенсивность износа рабочих поверхностей тормозного диска. Разработаны мероприятия по снижению вибрации при торможении с помощью оптимизации материала и технологии изготовления пар взаимодействующих поверхностей.

Большинство исследователей [8-12] уделяет огромное внимание тепловой нагруженности фрикционных узлов тормозных механизмов различных конструкций. Подразделения на дисково- или барабанно-колодочные тормоза не имеют особого значения, по причине схожести процесса нагрева и охлаждения. Для тормозных механизмов при тепловом расчете важны лишь площади нагрева и площади теплообмена.

Процесс аккумулирования энергии сосредоточен в основном в сопряжении двух поверхностей пар трения, основными параметрами которых выступают контактное давление [13], коэффициент трения [14]. Дальнейшие факторы влияния лишь оказывают влияние на данные основные критерии, к примеру, прочностные [15] и жесткостные [16] параметры элементов фрикционного узла.

Решение вопроса процесса аккумулирования тепла на рабочих поверхностях формулирует следующую повестку, связанную с теплопередачей и теплоотводом от нагретых поверхностей. Эта проблема представлена работами следующих исследователей [17-18]. Создание дополнительных систем, позволяющим улучшать теплоотвод от нагретых поверхностей является отдельным направлением исследований [19].

Из проведенного анализа литературных источников можно сделать вывод, что помимо критериев эксплуатационных свойств тормозных механизмов и показателей надежности: износа и температурного режима необходимо учитывать нестабильность тормозного момента в процессе торможения.

Материал и методы

Динамика тормозного механизма барабанно-колодочного типа в режиме торможения

Для примера влияния конструктивных и технологических параметров на нестабильность тормозного момента разработаем динамические модели тормозных механизмов барабанно-колодочного типа различных компоновок.

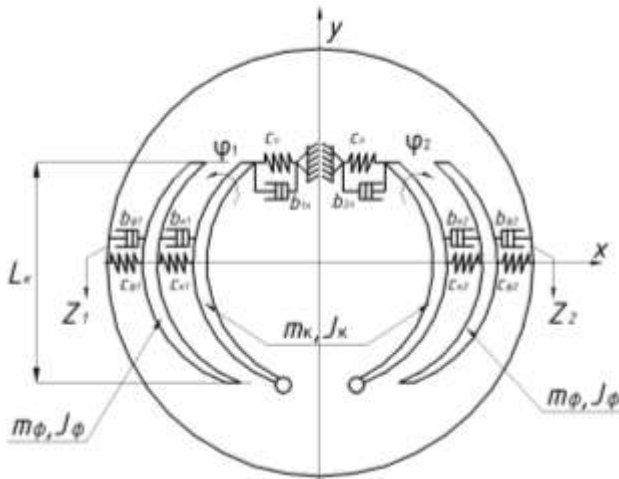


Рисунок 1 – Расчетная схема динамической модели прижимного механизма тормоза барабанно-колодочного типа (компоновка Simplex)

Рассмотрим динамические процессы, происходящие в тормозном механизме барабанно-колодочного типа (компоновка Simplex). Представим тормозной механизм как колебательную систему (рис. 1). Вместо прижимающего механизма и стягивающей пружины, расположенной между тормозными колодками, рассмотрим модель с жесткостью \$c_n\$ и коэффициентами диссипации \$b_{1п}\$ и \$b_{2п}\$. Тормозные колодки в отличие от колодочного тормоза железнодорожного состава разработаны составными, на основание тормозной колодки наклеены или приклепаны фрикционные накладки. Ввиду данного факта необходимо рассмотреть коэффициенты жесткости (\$c_k\$) и диссипации (\$b_k\$) отдельно для колодки и для накладки (\$c_{\phi}\$, \$b_{\phi}\$).

Запишем составляющие уравнения движения прижимающего механизма барабанно-колодочного тормоза:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + Q_i^*, \quad i = 1, 2, \dots, s, \quad (1)$$

где \$T\$ – кинетическая энергия системы элементов прижимающего механизма дисково-колодочного тормоза, Дж;

\$\Pi\$ – потенциальная энергия системы элементов прижимающего механизма дисково-колодочного тормоза, Дж;

\$\Phi\$ – диссипативная функция Рэлея системы;

q_i – обобщенные координаты;

Q_i^* – обобщенные силы, зависящие от времени.

Виды энергий колебательной системы тормозного механизма с передаточным механизмом:

- кинетическая

$$T = \frac{1}{2} \left[m_k (\dot{x} + L_k \dot{\varphi}_1)^2 + m_k (\dot{x} + L_p \dot{\varphi}_2)^2 \right]; \quad (2)$$

- потенциальная энергия системы

$$\Pi = \frac{1}{2} \left[c_n (x + L_k \varphi_1)^2 + \frac{c_{k1} c_{\phi 1}}{c_{k1} + c_{\phi 1}} (x + L_k \varphi_1 - Z_1)^2 + \frac{c_{k2} c_{\phi 2}}{c_{k2} + c_{\phi 2}} (x + L_k \varphi_2 - Z_2)^2 + c_n (x + L_k \varphi_2)^2 \right]; \quad (3)$$

- диссипативная функция Рэлея системы:

$$\Phi = \frac{1}{2} \left[b_{1п} (\dot{x} + L_k \dot{\varphi}_1)^2 + (b_{k1} + b_{\phi 1}) (\dot{x} + L_k \dot{\varphi}_1)^2 + (b_{k2} + b_{\phi 2}) (\dot{x} - L_k \dot{\varphi}_2)^2 + b_{2п} (\dot{x} - L_k \dot{\varphi}_2)^2 \right]; \quad (4)$$

где J_k – моменты инерции тормозной колодки и фрикционной накладки тормоза соответственно, кг м²;

m_k – массы колодки и фрикционной накладки, кг;

c_n – жесткость стягивающих пружин тормозных колодок, Н/м;

$c_{k1}, c_{\phi 1}, c_{k2}, c_{\phi 2}$ – жесткость левых и правых тормозных колодок и фрикционных накладок, соответственно, Н/м;

L_k – длина хорды тормозной колодки, м;

Z_1, Z_2 – вектор возмущений левой и правой колодок соответственно;

$b_{1п}, b_{2п}$ – диссипативный коэффициент левого и правого элементов прижимающего механизма соответственно, (Н с)/м;

$b_{k1}, b_{\phi 1}, b_{k2}, b_{\phi 2}$ – диссипативный коэффициент левой и правой тормозных колодок и фрикционных накладок, соответственно, (Н с)/м.

Составим систему уравнений вместо уравнения Лагранжа II рода с составляющими уравнения движения:

$$\left\{ \begin{aligned} & (2m_k + 2m_\phi) \ddot{x} + (m_k + m_\phi) L_k (\ddot{\varphi}_1 + \ddot{\varphi}_2) + (b_{1п} + b_{2п} + b_{k1} + b_{\phi 1} + b_{k2} + b_{\phi 2}) \dot{x} + \\ & + (b_{k1} + b_{\phi 1} + b_{1п}) L_k \dot{\varphi}_1 + (b_{k2} + b_{\phi 2} + b_{2п}) L_k \dot{\varphi}_2 + \left(c_n + \frac{c_{k1} c_{\phi 1}}{c_{k1} + c_{\phi 1}} + \frac{c_{k2} c_{\phi 2}}{c_{k2} + c_{\phi 2}} \right) x \\ & + \left(\frac{c_{k1} c_{\phi 1}}{c_{k1} + c_{\phi 1}} + c_n \right) L_k \varphi_1 + \left(\frac{c_{k2} c_{\phi 2}}{c_{k2} + c_{\phi 2}} + c_n \right) L_k \varphi_2 = \\ & (b_{k1} + b_{\phi 1}) \dot{Z}_1 + (b_{k2} + b_{\phi 2}) \dot{Z}_2 + \frac{c_{k1} c_{\phi 1}}{c_{k1} + c_{\phi 1}} Z_1 + \frac{c_{k2} c_{\phi 2}}{c_{k2} + c_{\phi 2}} Z_2, \\ & (m_k + m_\phi) L_k \ddot{x} + (J_k + [m_k + m_\phi] L_k^2) \ddot{\varphi}_1 + (b_{k1} + b_{\phi 1} + b_{1п}) L_k \dot{x} + (b_{k1} + b_{\phi 1} + b_{1п}) L_k^2 \dot{\varphi}_1 + \\ & + \left(\frac{c_{k1} c_{\phi 1}}{c_{k1} + c_{\phi 1}} + c_n \right) L_k x + \left(\frac{c_{k1} c_{\phi 1}}{c_{k1} + c_{\phi 1}} + c_n \right) L_k^2 \varphi_1 = (b_{k1} + b_{\phi 1}) L_k \dot{Z}_1 + \frac{c_{k1} c_{\phi 1}}{c_{k1} + c_{\phi 1}} L_k Z_1 \\ & (m_k + m_\phi) L_k \ddot{x} + (J_k + [m_k + m_\phi] L_k^2) \ddot{\varphi}_2 + (b_{k2} + b_{\phi 2} + b_{2п}) L_k \dot{x} + (b_{k2} + b_{\phi 2} + b_{2п}) L_k^2 \dot{\varphi}_2 + \\ & + \left(\frac{c_{k2} c_{\phi 2}}{c_{k2} + c_{\phi 2}} + c_n \right) L_k x + \left(\frac{c_{k2} c_{\phi 2}}{c_{k2} + c_{\phi 2}} + c_n \right) L_k^2 \varphi_2 = (b_{k2} + b_{\phi 2}) L_k \dot{Z}_2 + \frac{c_{k2} c_{\phi 2}}{c_{k2} + c_{\phi 2}} L_k Z_2 \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Запишем систему уравнений (4) в матрично-векторной форме

$$A \ddot{q} + B \dot{q} + C q = D \dot{Z} + E Z, \quad (6)$$

Найдем коэффициенты уравнения, записанного в матрично-векторной форме (6):

A – матрица инерционных коэффициентов:

$$A = \begin{bmatrix} 2m_k + 2m_\phi & (m_k + m_\phi)L_k & (m_k + m_\phi)L_k \\ (m_k + m_\phi)L_k & (J_k + [m_k + m_\phi]L_k^2) & 0 \\ (m_k + m_\phi)L_k & 0 & (J_k + [m_k + m_\phi]L_k^2) \end{bmatrix}, \quad (7)$$

B – матрица диссипативных коэффициентов:

$$B = \begin{bmatrix} b_{1n} + b_{2n} + b_{k1} + b_{\phi1} + b_{k2} + b_{\phi2} & (b_{k1} + b_{\phi1} + b_{1n})L_k & (b_{k2} + b_{\phi2} + b_{2n})L_k \\ (b_{k1} + b_{\phi1} + b_{1n})L_k & (b_{k1} + b_{\phi1} + b_{1n})L_k^2 & 0 \\ (b_{k2} + b_{\phi2} + b_{2n})L_k & 0 & (b_{k2} + b_{\phi2} + b_{2n})L_k^2 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

C – матрица коэффициентов жесткости:

$$C = \begin{bmatrix} c_n + \frac{c_{k1}c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} + \frac{c_{k2}c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}} & \left(\frac{c_{k1}c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} + c_n \right) L_k & \left(\frac{c_{k2}c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}} + c_n \right) L_k \\ \left(\frac{c_{k1}c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} + c_n \right) L_k & \left(\frac{c_{k1}c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} + c_n \right) L_k^2 & 0 \\ \left(\frac{c_{k2}c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}} + c_n \right) L_k & 0 & \left(\frac{c_{k2}c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}} + c_n \right) L_k^2 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

D – матрица, определяющая векторы скоростей возмущений:

$$D = \begin{bmatrix} b_{k1} + b_{\phi1} & b_{k2} + b_{\phi2} & 0 \\ (b_{k1} + b_{\phi1})L_k & 0 & 0 \\ (b_{k2} + b_{\phi2})L_k & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

E – матрица, определяющая векторы возмущений:

$$E = \begin{bmatrix} \frac{c_{k1}c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} & \frac{c_{k2}c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}} & 0 \\ \frac{c_{k1}c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} L_k & 0 & 0 \\ \frac{c_{k2}c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}} L_k & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

При определении коэффициентов D и E дифференциальное уравнение 2-го порядка становится однородным, т.е. возмущающие векторы не действуют на колебательную систему, и после соприкосновения рабочих поверхностей колебания во фрикционном контакте будут затухать. Но согласно экспериментальным исследованиям [20] при соприкосновении рабочих поверхностей тормозного механизма происходят постоянные возмущающие колебания, вызванные несовершенством поверхностей тормозного металлического элемента, а также остаточными деформациями после термомеханического воздействия.

Для решения системы уравнения, записанной в векторно-матричной форме (6) для тормозных механизмов различных типов, запишем дифференциальные уравнения колебательной системы представленной на рисунке 1, относительно каждой неизвестной $q = (x, \phi_1, \phi_2)$:

$$\begin{cases} J_{np1} \frac{d^2 \varphi_1}{d\tau^2} + c_{np1} \varphi_1 + b_{np1} \frac{d\varphi_1}{d\tau} = M_{\text{в}}, \\ J_{np2} \frac{d^2 \varphi_2}{d\tau^2} + c_{np2} \varphi_2 + b_{np2} \frac{d\varphi_2}{d\tau} = M_{\text{в}}, \\ m_{np} \frac{d^2 x}{d\tau^2} + c_{np3} x + b_{np3} \frac{dx}{d\tau} = M_{\text{в}}, \end{cases} \quad (12)$$

где $M_{\text{в}}$ – возмущающий момент, возникающий в колебательной системе (тормозном механизме) при торможении, Н м.

Для нахождения возможного решения допустим, что возмущающий момент будет изменяться по гармоническим законам $M_{\text{в}} = M_0 \cos(\omega_{\text{в}} \tau)$ или $M_0 \sin(\omega_{\text{в}} \tau)$.

Запишем в качестве системы решения для каждого из дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \varphi_1 = e^{-\frac{b_{np1}\tau}{J_{np1}}} \left\{ K_1 \sin \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}} \right)^2 - \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}} \right)^2} \tau \right] + K_2 \cos \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}} \right)^2 - \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}} \right)^2} \tau \right] \right\} + (K_3 \sin \omega_{\text{в}} \tau + K_4 \cos \omega_{\text{в}} \tau), \\ \varphi_2 = e^{-\frac{b_{np2}\tau}{J_{np2}}} \left\{ K_5 \sin \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}} \right)^2 - \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}} \right)^2} \tau \right] + K_6 \cos \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}} \right)^2 - \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}} \right)^2} \tau \right] \right\} + (K_7 \sin \omega_{\text{в}} \tau + K_8 \cos \omega_{\text{в}} \tau), \\ x = e^{-\frac{b_{np3}\tau}{m_{np}}} \left\{ K_9 \sin \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}} \right)^2 - \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}} \right)^2} \tau \right] + K_{10} \cos \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}} \right)^2 - \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}} \right)^2} \tau \right] \right\} + (K_{11} \sin \omega_{\text{в}} \tau + K_{12} \cos \omega_{\text{в}} \tau). \end{cases} \quad (13)$$

Для определения коэффициентов зададимся граничными условиями: $\omega_{\text{в}} \tau = 0$ и $\omega_{\text{в}} \tau = \pi/2$ $\tau = 0$, $\varphi_1 = \varphi_{01}$, $\varphi_2 = \varphi_{02}$, $x = x_0$, $\left(\frac{d\varphi_{1(2)}}{d\tau} \right)_0 = 0$, $\left(\frac{dx}{d\tau} \right)_0 = 0$.

Коэффициенты частного решения определяются из следующих формул:

$$\begin{aligned} K_3 &= \frac{M_0 \left[\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right]}{J_{np1} \left\{ \left[\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right] + 4\omega_{\text{в}}^2 \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}} \right)^2 \right\}}, & K_4 &= - \frac{2M_0 \omega_{\text{в}} b_{np1}}{J_{np1}^2 \left\{ \left[\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right] + 4\omega_{\text{в}}^2 \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}} \right)^2 \right\}}, \\ K_7 &= \frac{M_0 \left[\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right]}{J_{np2} \left\{ \left[\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right] + 4\omega_{\text{в}}^2 \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}} \right)^2 \right\}}, & K_8 &= - \frac{2M_0 \omega_{\text{в}} b_{np2}}{J_{np2}^2 \left\{ \left[\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right] + 4\omega_{\text{в}}^2 \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}} \right)^2 \right\}}, \\ K_{11} &= \frac{M_0 \left[\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right]}{m_{np} \left\{ \left[\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right] + 4\omega_{\text{в}}^2 \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}} \right)^2 \right\}}, & K_{12} &= - \frac{2M_0 \omega_{\text{в}} b_{np3}}{m_{np}^2 \left\{ \left[\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}} \right)^2 - \omega_{\text{в}}^2 \right] + 4\omega_{\text{в}}^2 \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}} \right)^2 \right\}}. \end{aligned}$$

Вместо коэффициентов K_3 , K_4 , K_7 , K_8 , K_{11} , K_{12} введем следующие обозначения: $K_3 = k_{\text{в}1} \cos \psi_{\text{в}1}$, $K_4 = -k_{\text{в}1} \sin \psi_{\text{в}1}$, $K_7 = k_{\text{в}2} \cos \psi_{\text{в}2}$, $K_8 = -k_{\text{в}2} \sin \psi_{\text{в}2}$, $K_{11} = k_{\text{в}3} \cos \psi_{\text{в}3}$, $K_{12} = -k_{\text{в}3} \sin \psi_{\text{в}3}$, $\psi_{\text{в}i}$ – является сдвигом фаз между амплитудой возбуждающего момента и амплитудой вызываемых этим моментом колебаний. Коэффициенты $K_2 = \varphi_{01}$, $K_6 = \varphi_{02}$, $K_{10} = x_0$. Продифференци-

ровав уравнения системы, относительно времени получим коэффициенты и подставив начальные условия:

$$K_1 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}}\right)^2}} \left[\left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}} \right) \varphi_{01} \right], \quad K_5 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}}\right)^2}} \left[\left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}} \right) \varphi_{02} \right],$$

$$K_9 = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}}\right)^2}} \left[\left(\frac{b_{np3}}{m_{np}} \right) x_0 \right].$$

После подстановки всех коэффициентов в систему уравнений (13) получим:

$$\left\{ \begin{aligned} \varphi_1 &= e^{-\frac{b_{np1}\tau}{J_{np1}}} \left[\frac{\left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}} \right) \varphi_{01}}{\sqrt{\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}}\right)^2}} \sin \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}}\right)^2} \tau + \varphi_{01} \cos \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np1}}{J_{np1}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np1}}{J_{np1}}\right)^2} \tau \right] + \right. \\ &\quad \left. + k_{n1} \sin(\omega_n \tau - \psi_{n1}), \right. \\ \varphi_2 &= e^{-\frac{b_{np2}\tau}{J_{np2}}} \left[\frac{\left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}} \right) \varphi_{02}}{\sqrt{\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}}\right)^2}} \sin \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}}\right)^2} \tau + \varphi_{02} \cos \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np2}}{J_{np2}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np2}}{J_{np2}}\right)^2} \tau \right] + \right. \\ &\quad \left. + k_{n2} \sin(\omega_n \tau - \psi_{n2}), \right. \\ x &= e^{-\frac{b_{np3}\tau}{m_{np}}} \left[\frac{\left(\frac{b_{np3}}{m_{np}} \right) x_0}{\sqrt{\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}}\right)^2}} \sin \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}}\right)^2} \tau + x_0 \cos \left[\sqrt{\left(\frac{c_{np3}}{m_{np}}\right)^2 - \left(\frac{b_{np3}}{m_{np}}\right)^2} \tau \right] + \right. \\ &\quad \left. + k_{n3} \sin(\omega_n \tau - \psi_{n3}). \right. \end{aligned} \right. \quad (14)$$

Необходимо найти соотношение между коэффициентами системы уравнений, записанной в матрично-векторной форме (6) и коэффициентами системы уравнений (12). Найдем частное решение сложения двух матриц, так чтобы итоговая сумма была нулевой.

Для тормоза барабанно-колодочного типа (компоновка Simplex):

$$J_{np1(2)} = (m_k + m_\phi) L_k. \quad (15)$$

$$m_{np} = 2m_k + 2m_\phi. \quad (16)$$

$$b_{np1} = (b_{k1} + b_{\phi1} + b_{n1}) L_k. \quad (17)$$

$$b_{np2} = (b_{k2} + b_{\phi2} + b_{n2}) L_k. \quad (18)$$

$$b_{np3} = b_{1n} + b_{2n} + b_{k1} + b_{\phi1} + b_{k2} + b_{\phi2}. \quad (19)$$

$$c_{np1} = \left(\frac{c_{k1} c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} + c_n \right) L_k. \quad (20)$$

$$c_{np2} = \left(\frac{c_{k2} c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}} + c_n \right) L_k. \quad (21)$$

$$c_{np3} = c_n + \frac{c_{k1} c_{\phi1}}{c_{k1} + c_{\phi1}} + \frac{c_{k2} c_{\phi2}}{c_{k2} + c_{\phi2}}. \quad (22)$$

Для полноты анализа необходимо рассмотреть другие типы тормозных механизмов барабанно-колодочного типа различных компоновок: Duplex (рис. 2 а), Duo-Duplex (рис. 2 б), Duo-Servo (рис. 2 в).

Если рассматривать компоновку Duplex тормоза барабанно-колодочного типа, полученные связи приведённых значений масс, жесткости и коэффициентов диссипации для тормоза компоновки типа Simplex (15-22) актуальны и для данной конструкции. Первой причиной является наличием одинакового количества рассматриваемых координат (x , φ_1 , φ_2), а второй причиной является одинаковое количество тормозных колодок и прижимающих механизмов ($c_{\text{п}}$, $b_{1\text{п}}$, $b_{2\text{п}}$, $c_{\text{к1}(2)}$, $b_{\text{к1}(2)}$, $c_{\text{ф1}(2)}$, $b_{\text{ф1}(2)}$).

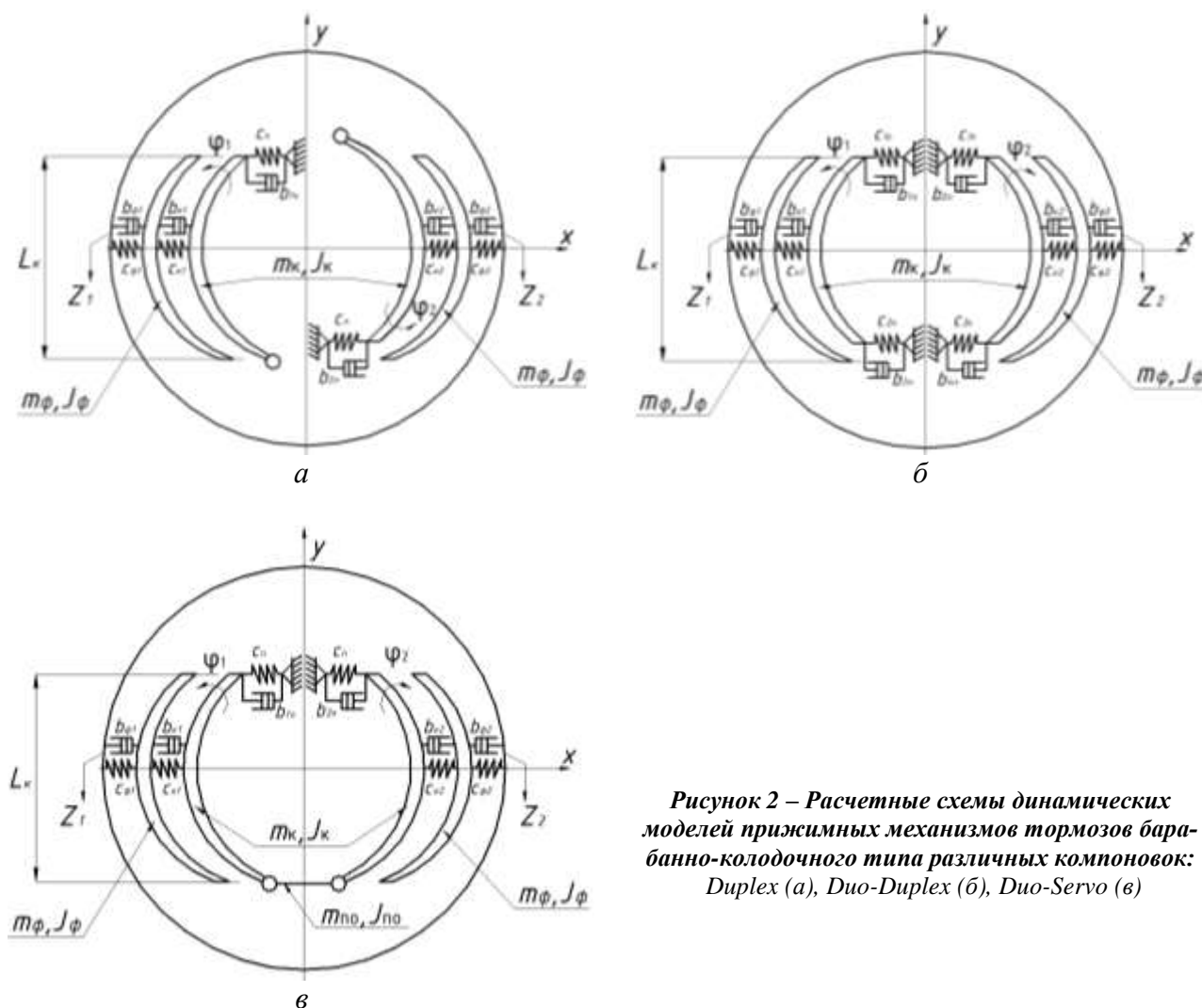


Рисунок 2 – Расчетные схемы динамических моделей прижимных механизмов тормозов барабанно-колодочного типа различных компоновок: Duplex (а), Duo-Duplex (б), Duo-Servo (в)

В компоновке Duo-Duplex изменяется количество прижимающих устройств вдвое, что отражается на значениях приведенных значений жесткости и коэффициентов диссипации:

Для тормоза барабанно-колодочного типа (компоновка Duo-Duplex):

$$b_{\text{пр1}} = (b_{\text{к1}} + b_{\text{ф1}} + b_{1\text{п}} - b_{3\text{п}}) L_{\text{к}}; \quad (23) \quad b_{\text{пр2}} = (b_{\text{к2}} + b_{\text{ф2}} + b_{2\text{п}} - b_{4\text{п}}) L_{\text{к}}; \quad (24)$$

$$b_{\text{пр3}} = b_{1\text{п}} + b_{2\text{п}} + b_{3\text{п}} + b_{4\text{п}} + b_{\text{к1}} + b_{\text{ф1}} + b_{\text{к2}} + b_{\text{ф2}}; \quad (25) \quad c_{\text{пр1}} = \left(\frac{c_{\text{к1}} c_{\text{ф1}}}{c_{\text{к1}} + c_{\text{ф1}}} + c_{1\text{п}} + c_{2\text{п}} \right) L_{\text{к}}; \quad (26)$$

$$c_{\text{пр2}} = \left(\frac{c_{\text{к2}} c_{\text{ф2}}}{c_{\text{к2}} + c_{\text{ф2}}} + c_{1\text{п}} + c_{2\text{п}} \right) L_{\text{к}}; \quad (27) \quad c_{\text{пр3}} = c_{1\text{п}} + c_{2\text{п}} + \frac{c_{\text{к1}} c_{\text{ф1}}}{c_{\text{к1}} + c_{\text{ф1}}} + \frac{c_{\text{к2}} c_{\text{ф2}}}{c_{\text{к2}} + c_{\text{ф2}}}. \quad (28)$$

Отличием компоновки Duo-Servo от компоновки Simplex является наличием дополнительной инерционной массы плавающей опоры которая как и колодка совершает

плоскопараллельное движение не закреплена. В связи с этим изменяются значения приведенных масс для колебательной системы в виде тормозного механизма:

$$J_{\text{пр}1(2)} = (m_k + m_\phi + m_{\text{по}}) L_k; \quad (29) \quad m_{\text{пр}} = 2m_k + 2m_\phi + m_{\text{по}}. \quad (30)$$

Коэффициенты диссипации, как и показатели жесткости, рассчитываются по зависимостям (17)-(22).

Расчет

Рассмотрим математические модели барабанно-колодочного тормоза как колебательной системы. Для этого приведем графическую зависимость для трех компоновок тормозных механизмов: Simplex, Duo-Duplex, Duo-Servo (рис. 3).

Для реализации математического моделирования необходимо в уравнения колебаний поворота самоприжимной колодки $\varphi_1 = f(\tau)$ (14) подставлять различные приведенные коэффициенты исходя из компоновки тормоза (15) – (30). В качестве исходных данных был установлен начальный угол поворота тормозной колодки: для компоновки Simplex $\varphi_{01} = 1^\circ$, а для Duo-Duplex – $\varphi_{01} = 0,5^\circ$ и для Duo-Servo $\varphi_{01} = 2^\circ$. Это объяснимо тем фактом, что компоновка Duo-Servo имеют более свободный ход колодки относительно прижимающего элемента, тогда как Duo-Duplex подводя к рабочей поверхности тормозного барабана с помощью двух прижимающих устройств имеет меньший угол поворота.

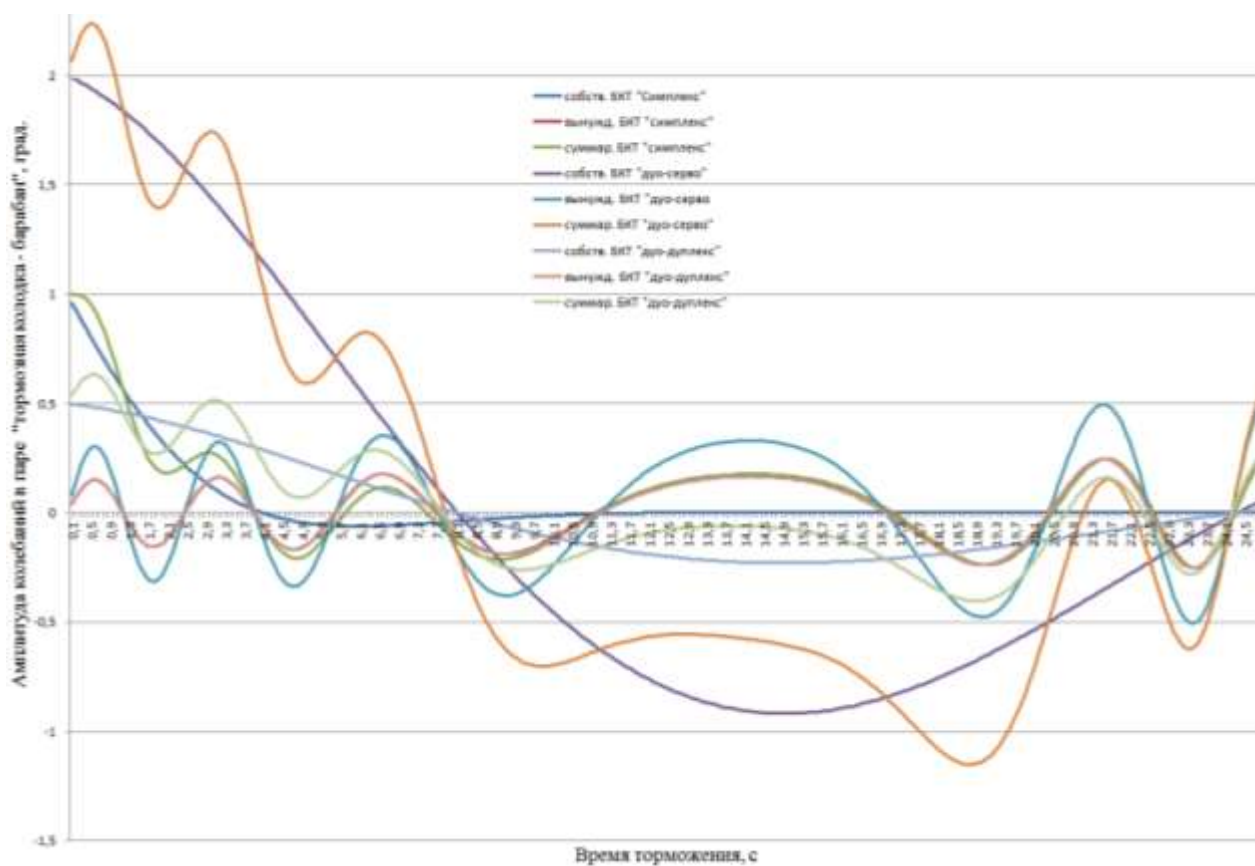


Рисунок 3 – Зависимость амплитуд колебаний угла поворота тормозной колодки барабанно-колодочных тормозов различных компоновок от времени торможения

В виду этого факта амплитуда собственных колебаний тормозных колодок будет разниться по модулю. Изменение частоты вынужденных колебаний будет для трех компоновок идентичны. Величина угла сдвига вынужденных колебаний относительно собственных для трех компоновок также идентичны.

Результаты и обсуждение

Изменению амплитуды суммарного угла поворота для тормоза компоновки Simplex идентичны изменению амплитуды суммарного угла тормоза компоновки Duo-Duplex. Разница заключается лишь в значениях двух суммарных углов тормозов. Тогда как для тормоза

компоновки Duo-Servo величина суммарного поворота тормозной колодки будет определяться величиной амплитуды собственных колебаний.

Как показывает математическое моделирование характер изменения углового перемещения определяет, в основном, вынужденное колебание. Таким образом надежность тормозящего процесса будет определять качество рабочих поверхностей, деформация обода тормозного барабана и начальная угловая скорость перед процессом торможения.

Наиболее опасным является колебания, совершаемые в направлении оси x , при минимальных значениях коэффициентов диссипации будет приводить к нарушению контакта между взаимодействующими площадками рабочих поверхностей тормозного механизма барабанно-колодочного типа. Таким образом, будет наступать неустойчивость тормозного момента в процессе торможения. Собственные колебания постоянно воспроизводятся в начале процесса торможения, но из-за наличия сопротивлений во фрикционном узле быстро затухают, а вынужденные колебания будут воспроизводиться на протяжении всего процесса торможения. Амплитуда возбуждающего момента будет зависеть от развиваемой силы прижатия, эллипсности и радиального биения и времени торможения, а именно периода между выступлениями деформируемой поверхности тормозного барабана. Если период будет максимизироваться, то величина отскока тормозной колодки от поверхности тормозного барабана будет больше.

Выводы

Рассмотренные динамические модели тормозных механизмов барабанно-колодочного типа позволяют рассмотреть уравнения колебаний в зависимости от компоновок: Simplex, Duplex, Duo-Duplex, Duo-Servo. Выявлены параметры влияния на собственные затухающие и на вынужденные колебания для различных компоновок тормозных механизмов. Проанализированы критерии влияния, а именно коэффициенты диссипации различных конструкций прижимающих механизмов, на неустойчивость тормозного момента в процессе торможения, и тем самым определение величины амплитуды отскока тормозной колодки от рабочих поверхностей тормозного барабана. Задано направление на совершенствование эксплуатационных свойств и повышения трибологической надежности тормозных механизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.И., Овсянников В.Е. Совершенствование метода диагностирования тормозной системы транспорта сельскохозяйственного назначения // Вестник Курганской ГСХА. – 2015. – №4(16). – С. 22-24.
2. Яковлев А.В., Коротаев А.А. Повышение надежности тормозных систем грузовых автомобилей, тракторов и разработка устройства для ремонта тормозных колодок // Молодежь и наука. – 2016. – №5. – С. 87.
3. Осипов, Г.В. Метод диагностирования тормозных механизмов автомобиля: Дис.... канд. техн. наук / Осипов Георгий Владимирович. – Тюмень, 2004. – 145 с.
4. Кириллов А.Г., Смирнов Д.Г., Кокарев О.П. Исследование надежности механизмов тормозных систем автомобилей // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции. – Орёл, 2020. – С. 269-275.
5. Юдин, Е.Г. Трибологическая надежность фрикционных узлов трансмиссий транспортных машин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. - 2004. – №2. – С. 3-23
6. Пятаков, В.Г. Исследование влияния радиального биения барабана на работу автомобильного колодочного тормоза: Дис.... канд. техн. наук / Пятаков Владимир Георгиевич. – Львов, 1974. – 154с.
7. Болдырев, Д. А. Повышение работоспособности и ресурса пары трения «тормозной диск – колодка»: дис.... канд. техн. наук / Болдырев Денис Алексеевич. – Тольятти, 2004. – 137 с.
8. Sisson, A. Thermal analysis of vented brake rotors // SAE Technical Paper. - 1978. - Series №780352. - P. 71-79.
9. Генбом Б.Б., Жилинский Г.В. К вопросу о стабильности характеристик тормозных механизмов и тормозных систем // По использованию автомобилей и автомобильных дорог в условиях жаркого климата и высокогорья: Тезисы докладов IV Всесоюзной межвузовской конференции. – Ташкент, 1971. – С. 43-44.
10. Wicker, P. Influence des garnitures de frein sur les sollicitations thermiques des disques tgv et consequences sur les risques de fissuration Thesis for: PhD Advisor. - 2009. – 152 p.
11. Вольченко Н.А., Возный А.В., Стадник О.Б., Поляков П.А., Красин П.С. Энергонагруженность трибосопряжений дисково-колодочных тормозов транспортных средств // Сфера знаний: вопросы современного этапа развития научной мысли: Сборник. - Казань. - 2018. - С. 396-410.

12. Тепловой расчет автомобильных дисковых тормозов на типичных режимах испытаний / Г.С. Гудз, Н.В. Глобчак, А.Л. Коляса и др. - Львов: Лига-пресс, 2007. - 126 с.
13. Naveed, A. An Investigation into the Influence of the contact pressure distribution at the friction pair interface on disc brake squeal. Thesis for: D Advisor. - 2013. - 203p.
14. Newcomb, T. Stopping revolutions: developments in the braking of cars from the earliest days // Proceeding institution mechanical engineering. - 1981. - Vol. 195. - №6. - P. 139-150.
15. Тагиев Р.С., Поляков П.А., Федотов Е.С., Дурапов А.Н. Исследование напряжений во фрикционном узле дисково-колодочном тормозе // Механика, оборудование, материалы и технологии: Электронный сб. науч. статей по материалам международной научно-практической конференции, 2019. - С. 748-752.
16. Поляков П.А., Федотов Е.С., Полякова Е.А., Задаянчук Н.А., Голиков А.А. Оценка влияния жесткости на удельное давление в паре трения тормозного механизма // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте; Сб. статей VI Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием. - 2020. - С. 154-158.
17. Федотов Е.С., Поляков П.А., Тагиев Р.С., Сукач Н.Е., Слесарев Н.В. Изучение процесса термопередачи в паре трения дисково-колодочного тормоза // Механика, оборудование, материалы и технологии: Электронный сб. науч. статей по материалам международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 773-778.
18. Поляков, П.А. Распределение температуры по рабочим поверхностям тормозного диска // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщений. - 2021. - №3(83). - С.26-36.
19. Мясичев Д.Г., Вашуткин А.С., Швецов А.М. Математическое моделирование пневматической системы «источник воздуха – зазор колесного тормоза лесовозного автомобиля – атмосфера» в процессе торможения // Мир науки. - 2014. - №12. - С. 58-61.
20. Поляков П.А., Тагиев Р.С., Мищенко В.А., Голиков А.А. Разработка математической модели фрикционного узла дисково-колодочного тормоза автомобиля // Механика, оборудование, материалы и технологии: Электронный сб. науч. ст. по материалам международной научно-практической конференции. - Краснодар: ООО «Принт Терра», 2019. - С. 245-251.

Поляков Павел Александрович

Ростовский государственный университет путей сообщения

Адрес: 344038, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2
К.т.н., ведущий научный сотрудник «НПЦ «Охрана труда»

E-mail: polyakov.pavel88@mail.ru

P.A. POLYAKOV

THE INFLUENCE OF DYNAMIC PROCESSES ON THE OPERATIONAL PROPERTIES OF DRUM-AND-PAD TYPE BRAKING MECHANISMS

Abstract. *The dynamic processes occurring in the braking process in the friction contact of the brake mechanism of the drum-pad type are considered. The equations of the oscillatory system, namely the pair «pad – brake drum», for various arrangements of brake mechanisms of the drum-pad type are given. The obtained equations establish the effect on the instability of the braking torque during braking. The parameters of the influence on self-damping and forced oscillations for various brake arrangements are revealed. The criteria of influence, namely the dissipation coefficients of various brake layouts, on the operational characteristics of the instability of the braking torque, and thereby determining the magnitude of the amplitude of the rebound of the brake pad from the working surfaces of the brake drum, are analyzed. The direction is set for improving the operational properties and increasing the tribological reliability of braking mechanisms.*

Keywords: *brake mechanism, brake drum, Simplex, Duplex, Duo-Duplex, Duo-Servo, instability of the braking torque.*

BIBLIOGRAPHY

1. Vasil'ev V.I., Ovsyannikov V.E. Sovershenstvovanie metoda diagnostirovaniya tormoznoy sistemy transporta sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya // Vestnik Kurganskoy GSHA. - 2015. - №4(16). - S. 22-24.
2. Yakovlev A.V., Korotaev A.A. Povyshenie nadezhnosti tormoznykh sistem gruzovykh avtomobiley, traktorov i razrabotka ustroystva dlya remonta tormoznykh kolodok // Molodezh' i nauka. - 2016. - №5. - S. 87.
3. Osipov, G.V. Metod diagnostirovaniya tormoznykh mekhanizmov avtomobilya: Dis.... kand. tekhn. nauk / Osipov Georgiy Vladimirovich. - Tyumen', 2004. - 145 s.

4. Kirillov A.G., Smirnov D.G., Kokarev O.P. Issledovanie nadezhnosti mekhanizmov tormoznykh sistem avtomobiley // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 5-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiiyu. - Oriol, 2020. - S. 269-275.
5. Yudin, E.G. Tribologicheskaya nadezhnost' friktsionnykh uzlov transmissiy transportnykh mashin // Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Mashinostroenie. - 2004. - №2. - S. 3-23
6. Pyatakov, V.G. Issledovanie vliyaniya radial'nogo bieniya barabana na rabotu avtomobil'nogo kolodochnoy tormoza: Dis.... kand. tekhn. nauk / Pyatakov Vladimir Georgievich. - L'vov, 1974. - 154s.
7. Boldyrev, D.A. Povyshenie rabotosposobnosti i resursa pary treniya «tormoznoy disk - kolodka»: dis.... kand. tekhn. nauk / Boldyrev Denis Alekseevich. - Tol'yatti, 2004. - 137 s.
8. Sisson, A. Thermal analysis of vented brake rotors // SAE Technical Paper. - 1978. - Series №780352. - P. 71-79.
9. Genbom B.B., Zhilinskiy G.V. K voprosu o stabil'nosti kharakteristik tormoznykh mekhanizmov i tormoznykh sistem // Po ispol'zovaniyu avtomobiley i avtomobil'nykh dorog v usloviyakh zharkogo klimata i vysokogor'ya: Tezisy dokladov IV Vsesoyuznoy mezhvuzovskoy konferentsii. - Tashkent, 1971. - S.43-44.
10. Wicker, P. Influence des garnitures de frein sur les sollicitations thermiques des disques tgv et consequences sur les risques de fissuration Thesis for: PhD Advisor. - 2009. - 152 p.
11. Vol'chenko N.A., Voznyy A.V., Stadnik O.B., Polyakov P.A., Krasin P.S. Energonagruzhennost' tribosopryazheniy diskovo-kolodochnykh tormozov transportnykh sredstv // Sfera znaniy: voprosy sovremennogo etapa razvitiya nauchnoy mysli: Sbornik. - Kazan'. - 2018. - S. 396-410.
12. Teplovy raschet avtomobil'nykh diskovykh tormozov na tipichnykh rezhimakh ispytaniy / G.S. Gudz, N.V. Globchak, A.L. Kolyasa i dr. - L'vov: Liga-press, 2007. - 126 s.
13. Naveed, A. An Investigation into the Influence of the contact pressure distribution at the friction pair interface on disc brake squeal. Thesis for: D Advisor. - 2013. - 203p.
14. Newcomb, T. Stopping revolutions: developments in the braking of cars from the earliest daus // Proceeding institution mechanical engineering. - 1981. - Vol. 195. - №6. - R. 139-150.
15. Tagiev R.S., Polyakov P.A., Fedotov E.S., Durapov A.N. Issledovanie napryazheniy vo friktsionnom uzle diskovo-kolodochnom tormoze // Mekhanika, oborudovanie, materialy i tekhnologii: Elektronnyy sb. nauch. statey po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 2019. - S. 748-752.
16. Polyakov P.A., Fedotov E.S., Polyakova E.A., Zadayanchuk N.A., Golikov A.A. Otsenka vliyaniya zhestkosti na udel'noe davlenie v pare treniya tormoznogo mekhanizma // Innovatsii tekhnicheskikh resheniy v mashinostroenii i transporte; Sb. statey VI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii dlya molodykh uchenykh i studentov s mezhdunarodnym uchastiem. - 2020. - S. 154-158.
17. Fedotov E.S., Polyakov P.A., Tagiev R.S., Sukach N.E., Slesarev N.V. Izuchenie protsessa termoperedachi v pare treniya diskovo-kolodochnoy tormoza // Mekhanika, oborudovanie, materialy i tekhnologii: Elektronnyy sb. nauch. statey po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2019. - S. 773-778.
18. Polyakov, P.A. Raspredelenie temperatury po rabochim poverkhnostyam tormoznogo diska // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniy. - 2021. - №3(83). - S.26-36.
19. Myasishchev D.G., Vashutkin A.S., SHvetsov A.M. Matematicheskoe modelirovanie pnevmaticheskoy sistemy «istochnik vozdukha - zazor kolesnogo tormoza lesovoznogo avtomobilya - atmosfera» v protsesse tormozheniya // Mir nauki. - 2014. - №12. - S. 58-61.
20. Polyakov P.A., Tagiev R.S., Mishchenko V.A., Golikov A.A. Razrabotka matematicheskoy modeli friktsionnogo uzla diskovo-kolodochnoy tormoza avtomobilya // Mekhanika, oborudovanie, materialy i tekhnologii: Elektronnyy sb. nauch. st. po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Krasnodar: OOO «Print Terra», 2019. - S. 245-251.

Polyakov Pavel Alexandrovich

Rostov State Transport University

Address: 344038, Russia, Rostov-on-Don, Rostov Rifle Regiment of the People's Militia square, d. 2

Candidate of technical sciences

E-mail: polyakov.pavel88@mail.ru

Научная статья

УДК 621.878.2

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-25-35

А.А. МИШИН

ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА В АВТОГРЕЙДЕРАХ С БАЛАНСИРНЫМИ ТЕЛЕЖКАМИ НА ПРИМЕРЕ ПРОДУКЦИИ ЗАО «БРЯНСКИЙ АРСЕНАЛ»

Аннотация. Рассмотрена работа автогрейдера в режиме тяги при действии симметричной внешней продольной нагрузки на отвал. С использованием расчётной схемы получены оценки неравномерности вертикальных реакций на колёсах для случая максимальной тяги и случая торможения на дорогах с твёрдым покрытием для автогрейдеров с различными конструкциями балансирных тележек. Оценен эффект применения тележек с полностью уравновешенными балансирами для некоторых моделей автогрейдеров.

Ключевые слова: автогрейдер, балансирная тележка, тяга, сцепной вес

Введение

Одним из основных свойств автогрейдера является полнота использования веса машины в реализации тяги. Наиболее полно вес машины используется в конструкциях со всеми ведущими колёсами. Но поскольку передача нагрузок от колеса на дорогу имеет ограничения, то важным становится ещё одно свойство – равномерность распределения веса машины по ведущим колёсам в режиме тяги. Это распределение зависит как от меняющихся факторов – вида операции, положения рабочего оборудования, наклона машины, так и от свойств ходовой части, однозначно определённых конструкцией. Эта задача известна давно, во многих областях транспорта, и её актуальность периодически возникает при проектировании современных строительных машин, лесозаготовительной техники, и как отдельного направления исследования [1-6]. Авторы ограничиваются изучением свойств отдельно взятого балансира для режима тяги.

Поскольку современные дорожные машины имеют характеристики высокой мобильности, рассмотрим влияние параметров конструкции балансирных тележек на работу машины в режиме тяги и торможения на примере автогрейдеров одного из производителей.

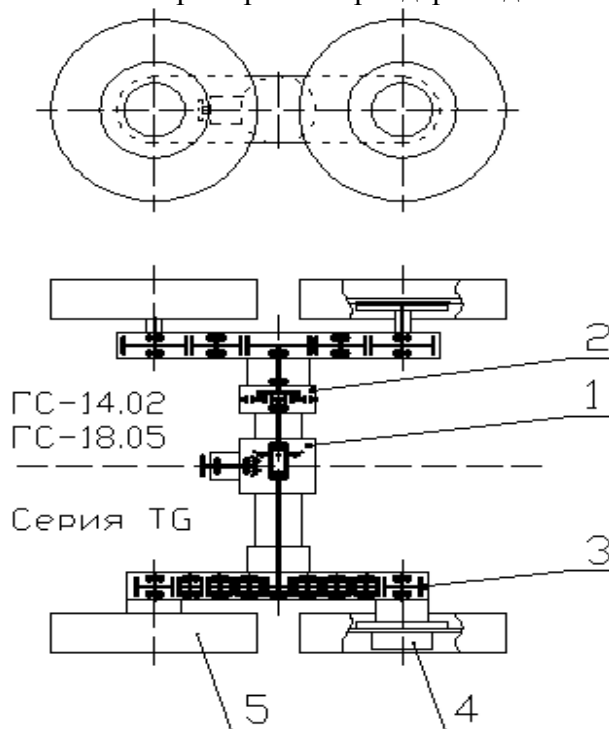


Рисунок 1 - Конструкция балансирной тележки:

В настоящее время предприятием ЗАО «Брянский арсенал» выпускаются автогрейдеры серии Г.

Тележка состоит из центрального редуктора и свободно поворачивающихся на его оси балансиров 3 (рис. 1). Использование балансиров позволяет при любом значении вертикальной нагрузки, приложенной в его центре, получить равномерное её распределение по колёсам 5 при любом их положении. Так равномерно распределяется по колёсам статический вес машины, приходящийся на балансир (5). Важно определить условия сохранения этого равномерного распределения в режиме тяги и торможения.

Для передачи тяги в центральном редукторе размещена главная передача и дифференциал 1, а в балансирах используется жёсткая кинематическая связь боковых ведущих колёс между собой и полуосью центрального редуктора. В тележках грейдеров ГС-14.02 и ГС-18.05 значительная часть передаточного числа, помимо главной передачи 1, реализуется в центральном планетарном редукторе 2, колёсные редукторы отсутствуют, а в серии ТГ – в колёсном планетарном редукторе 4, центральные планетарные редукторы отсутствуют.

Материалы и методы

В статье использованы методы теоретической механики и элементы математического анализа [21].

Теория

Рассмотрим работу одиночного ведущего колеса под нагрузкой при движении по деформируемому грунту (рис. 2). На ведущее колесо действует вертикальная нагрузка P_k , соответствующая ей реакция опоры R_k , крутящий момент T_k , преодолевающий момент сопротивления качению M_k , и соответствующая ему сила тяги F_k на плече r . Максимальная сила тяги F_k ограничена силой сцепления с основанием, связанной с реакцией опоры R_k коэффициентом сцепления ϕ . Запишем уравнения равновесия внешних нагрузок, приложенных к k -тому колесу для режима тяги:

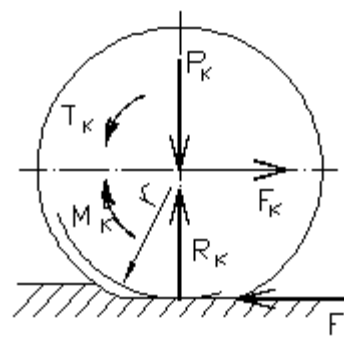


Рисунок 2 - Внешние нагрузки на ведущее колесо в режиме тяги

$$\begin{cases} R_k = P_k, \\ F_k r + M_k = T_k, \\ F_k \leq \phi R_k, \\ M_k = \gamma R_k, \end{cases}, k \in \{1; 2; 3\}, \quad (1)$$

где γ - коэффициент сопротивления качению, м.

Перейдём к схеме работы балансира в режиме тяги (рис. 3). В балансирах рассматриваемых грейдеров для передачи тяги от полуоси центрального редуктора на ведущие колёса применяется зубчатое зацепление с передаточным числом i , КПД которого, учитывая малые скорости работы, примем равным единице. Допустим, что совместная работа ведущих колёс эквивалентна суммарной работе одиночных ведущих колёс. На балансир, движущийся по направлению V , со стороны ведущих колёс действуют их реакции опоры R_2 и R_3 , а также реактивные крутящие моменты T_2 и T_3 , а со сто-

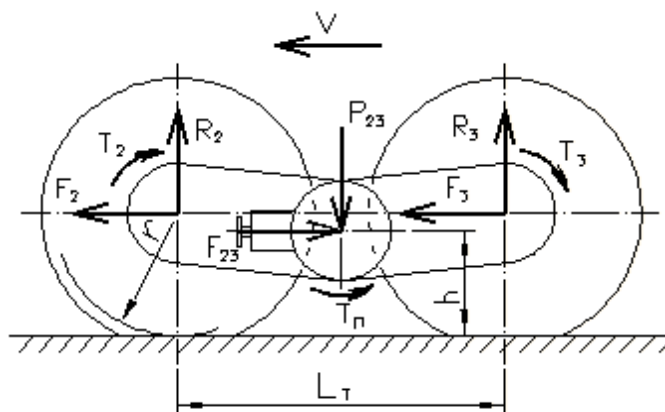


Рисунок 3 - Внешние нагрузки на балансир в режиме тяги

роны опоры центрального редуктора силы P_{23} , F_{23} и крутящий момент от полуоси T_{II} . Составим уравнение равновесия внешних нагрузок, действующих на балансир:

$$\begin{cases} R_2 + R_3 = P_{23}, \\ F_2 + F_3 = F_{23}, \\ T_2 + T_3 - F_{23}(r-h) + R_2 \frac{L_T}{2} - R_3 \frac{L_T}{2} = T_{II}, \\ T_{II} = \frac{T_2}{i} + \frac{T_3}{i} \Rightarrow T_{II} = \frac{T_2 + T_3}{i}, \text{ при КПД} \rightarrow 1. \end{cases} \quad (2)$$

Теперь рассмотрим работу грейдера при движении по однородному горизонтальному основанию в режиме тяги (рис. 4).

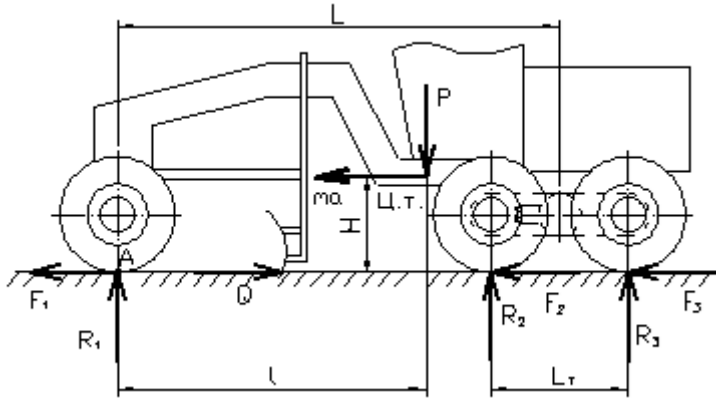


Рисунок 4 - Схема нагружения грейдера в режиме тяги

Пусть нагрузка действует на основной отвал по линии пересечения плоскости основания и вертикальной плоскости симметрии машины. Такой вид нагружения будет вызывать одинаковые реакции на левых и правых колесах и, считая Q половиной нагрузки в режиме тяги и P – полувесом машины, составим уравнения равновесия внешних нагрузок, приложенных к машине, относительно реакций колёс одной из сторон для режима тяги:

$$\begin{cases} R_1 + R_2 + R_3 = P, \\ F_2 + F_3 = Q - F_1, \\ R_2 \left(L - \frac{L_T}{2} \right) + R_3 \left(L + \frac{L_T}{2} \right) = Pl. \end{cases} \quad (3)$$

Для режима торможения машины полумассой m с замедлением a и высотой от дороги до центра тяжести H второе и третье уравнения системы (3) запишутся в виде:

$$\begin{cases} F_2 + F_3 = -ma, \\ R_2 \left(L - \frac{L_T}{2} \right) + R_3 \left(L + \frac{L_T}{2} \right) = Pl - maH. \end{cases} \quad (4)$$

Решение для R_1 , R_2 и R_3 будем искать в виде:

$$\begin{cases} R_1 = R_{CT1} + \Delta R_1, \\ R_2 = R_{CT} - \Delta R_T - \frac{\Delta R}{2}, \\ R_3 = R_{CT} + \Delta R_T - \frac{\Delta R}{2}. \end{cases} \quad (5)$$

где R_{CT1} – статическая нагрузка на первое колесо,

R_{CT} – статическая нагрузка на второе и третье колесо,

ΔR_T , ΔR , ΔR_1 – некоторые добавки при возникновении тяги (торможения).

Данное решение обладает следующими свойствами:

$$\begin{cases} R_2 + R_3 = 2 R_{CT} - \Delta R, \\ R_3 - R_2 = 2 \Delta R_T, \\ R_{CT1} + 2 R_{CT} = P, \\ R_{CT} \left(L - \frac{L_T}{2} \right) + R_{CT} \left(L + \frac{L_T}{2} \right) = Pl \Rightarrow 2 R_{CT} L = Pl. \end{cases} \quad (6)$$

Тогда из первого уравнения системы (3): $\Delta R_1 = \Delta R$. Учитывая свойства (5) получаем из третьего уравнения системы (3): $\Delta R L = \Delta R_T L_T$. Применив второе уравнение системы (1) для второго и третьего колеса $T_2 = F_2 r + M_2$, $T_3 = F_3 r + M_3$ в третьем уравнении системы (2), а также свойства (5), получим из уравнений систем (2), (3) и (4) следующие уравнения для случая тяги:

$$\begin{cases} \Delta R = \Delta R_T \frac{L_T}{L}, \\ (F_2 + F_3) \left(h - \frac{r}{i} \right) + (M_2 + M_3) \left(1 - \frac{1}{i} \right) = \Delta R_T L_T. \end{cases} \quad (7)$$

Проведя аналогичные преобразования с использованием системы (4), для случая торможения получим:

$$\begin{cases} \Delta R = \Delta R_T \frac{L_T}{L} + m a \frac{H}{L}, \\ -m a \left(h - \frac{r}{i} \right) + (M_2 + M_3) \left(1 - \frac{1}{i} \right) = \Delta R_T L_T. \end{cases} \quad (8)$$

Из вторых уравнений систем (7) и (8) условие равномерного распределения веса по колёсам балансира $\Delta R_T = 0$ в режиме тяги (торможения моментом на полуоси), выполняется при $hi = r$, $i = 1$ и вращении полуоси центрального редуктора и колёс в одну сторону для любых значений силы тяги (торможения) и момента сопротивления качению колёс. Балансир с такими характеристиками в работе [5] обозначен как полностью уравновешенный. Если силы сопротивления качению невелики, то можно несколько отклониться от условия $i = 1$ и для частичного уравновешивания принять высоту до оси вращения балансира из условия $hi = r$ (рис. 3).

В случае максимальной тяги к системе (7) добавляется третье уравнение системы (1) в виде: $F_2 + F_3 = \varphi(R_2 + R_3)$ и с учётом четвертого уравнения системы (1) получаем решение:

$$\begin{cases} \Delta R_T = \frac{2 R_{CT}}{\frac{L_T}{L} + \frac{L_T}{rb}}, \\ b = \phi \left(\frac{h}{r} - \frac{1}{i} \right) + \frac{\gamma}{r} \left(1 - \frac{1}{i} \right), \\ b_0 = \lim_{i \rightarrow \infty} b(i) = \frac{\phi h + \gamma}{r}. \end{cases} \quad (9)$$

Значимость случай торможения будет иметь при движении с транспортной скоростью по дороге с твёрдым покрытием, для которого сопротивление качению колёс будет не столь велико и значения M_2 и M_3 в системе (8), как допущение, примем равными нулю, откуда:

$$\Delta R_T = - \frac{ma}{L_T} \left(h - \frac{r}{i} \right). \quad (10)$$

Поскольку общий вес грейдера в режиме тяги остаётся таким же, как и в состоянии покоя, и происходит только его перераспределение по колёсам, то для сравнения воспользу-

емя относительными величинами, такими как изменение реакций относительно их статических значений $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ и распределение веса по колёсам η_1, η_2, η_3 . Используя решение (7), систему (6) и первое уравнение системы (3), запишем для случая тяги:

$$\begin{cases} \delta_1 = \frac{R_1 - R_{CT1}}{R_{CT1}} = \frac{2 R_{CT}}{R_{CT1}} \left(1 + \frac{L}{rb} \right)^{-1}, \\ \delta_2 = \frac{R_2 - R_{CT}}{R_{CT}} = - \left(2 + \frac{L_T}{L} \right) \left(\frac{L_T}{L} + \frac{L_T}{rb} \right)^{-1}, \\ \delta_3 = \frac{R_3 - R_{CT}}{R_{CT}} = \left(2 - \frac{L_T}{L} \right) \left(\frac{L_T}{L} + \frac{L_T}{rb} \right)^{-1}. \end{cases} \quad (11)$$

для случая торможения:

$$\begin{cases} \delta_1 = \frac{ma}{R_{CT1}L} \left(H - h + \frac{r}{i} \right), \\ \delta_2 = \frac{ma}{R_{CT}} \left(\left(\frac{1}{L_T} + \frac{1}{2L} \right) \left(h - \frac{r}{i} \right) - \frac{H}{2L} \right), \\ \delta_3 = - \frac{ma}{R_{CT}} \left(\left(\frac{1}{L_T} - \frac{1}{2L} \right) \left(h - \frac{r}{i} \right) + \frac{H}{2L} \right). \end{cases} \quad (12)$$

Значения η для случая тяги или торможения получаются при подстановке соответствующих δ :

$$\begin{cases} \eta_1 = \frac{R_1}{P} = \left(2 \frac{R_{CT}}{R_{CT1}} + 1 \right)^{-1} (1 + \delta_1), \\ \eta_2 = \frac{R_2}{P} = \left(2 + \frac{R_{CT1}}{R_{CT}} \right)^{-1} (1 + \delta_2), \\ \eta_3 = \frac{R_3}{P} = \left(2 + \frac{R_{CT1}}{R_{CT}} \right)^{-1} (1 + \delta_3). \end{cases} \quad (13)$$

Для случая торможения из выражения $F_2 + F_3 = \varphi(R_2 + R_3)$ и первого уравнения системы (4) можно найти минимальный коэффициент трения φ_{min} , обеспечивающий необходимое замедление a при реакциях R_2 и R_3 , при котором величина $\mu = (F_3r - F_2r)/(F_3r + F_2r)$ покажет разницу тормозных моментов на колёсах, отнесённую к общему тормозному моменту на этих колёсах, что с учётом (10) и второго уравнения (6):

$$\begin{cases} \phi_{min} = \frac{F_2 + F_3}{R_2 + R_3} = \left(\frac{1}{L} \left(H - h + \frac{r}{i} \right) - \frac{2 R_{CT}}{ma} \right)^{-1}, \\ \mu = \frac{F_3r - F_2r}{F_2r + F_3r} = \frac{R_3\phi_{min} - R_2\phi_{min}}{-ma} = \frac{2}{L_T} \left(h - \frac{r}{i} \right) \phi_{min}. \end{cases} \quad (14)$$

Как следует из выражений для δ при отсутствии тяги или торможения $\delta_1=\delta_2=\delta_3=0$, и при этих значениях η показывает статическое распределение веса. Положительные значения δ показывают догружение колес, а отрицательные – разгрузку. Следует заметить, что для величины b имеется горизонтальная асимптота при $i \rightarrow \infty$, поэтому и для величин δ и η также имеются соответствующие асимптоты в режиме тяги. Асимптоты для $\delta, \eta, \varphi_{min}$ и μ при $i \rightarrow \infty$ в режиме торможения соответствуют случаю применения колёсных тормозов с передачей тормозных моментов на корпус балансира. При равенстве моментов от тормоза каждого из колёс и реализации асимптотического значения φ_{min} разница тормозных моментов на колёсах μ будет восприниматься передачей балансира, то есть частью трансмиссии.

Расчёт

Значения величин, входящих в уравнения (11) – (14) для рассматриваемых моделей грейдеров производства ЗАО «Брянский арсенал», приведены в таблице 1, [7-16]. Общим в тележках рассматриваемых грейдеров является расположение оси качания балансира и осей вращения колёс в одной плоскости, то есть $h = r$. При этом условии выражения для b системы (7) примут вид:

$$\begin{cases} b = \left(1 - \frac{1}{i}\right) b_0, \\ b_0 = \phi + \frac{\gamma}{r}. \end{cases} \quad (15)$$

Учитывая также, что на горизонтальном участке статическая нагрузка на левые и правые колёса распределяется одинаково, из данных таблицы 1 согласно (11), (13) и (15) найдём значения δ и η для значений b_0 , равных 0,3; 0,4; 0,5 и 0,7 (табл. 2, 3). Значение 0,3-0,4 коэффициента b_0 отражают свойства песка; 0,4-0,5 – грунта; 0,7 – асфальто-бетонного покрытия [17].

Таблица 1 - Параметры грейдеров

Параметры грейдеров производства ЗАО «Брянский арсенал» [7-16]						
	ГС-14.02	ГС-18.05	TG 140	TG 180	TG 200	TG 250
Типоразмер шин	14-20	14-24	14-20 G2	14-24 G2		16-24 G2
Статический радиус Шин r , мм	585	618	585	618		680
База тележки L_T , мм	1420	1496	1540			1632
Колёсная база грейдера L , мм	6000	6204	6204	6200	6500	7000
Передаточное число полуось-колесо, i	1,0	1,086	7,487	7,412		8,123
Нагрузка на переднюю ось, кг	4300	5600	4400	5990	7010	8525
Нагрузка на заднюю тележку, кг	9200	10750	10475	12620	12900	14730

Для режима торможения значение замедления $a = 2,6 \text{ м/с}^2$ примем из выражения для минимального тормозного пути [18]. В связи с отсутствием данных, как допущение, примем положение центра тяжести для рассматриваемых грейдеров $H = 2r$, тогда с учётом условия $h = r$ системы (12) и (14) примут вид (табл. 4):

$$\begin{cases} \delta_1 = \frac{m a r}{R_{CT1} L} \left(1 + \frac{1}{i}\right), \\ \delta_2 = \frac{m a r}{R_{CT}} \left(\left(\frac{1}{L_T} + \frac{1}{2L} \right) \left(1 - \frac{1}{i}\right) - \frac{1}{L} \right), \\ \delta_3 = - \frac{m a r}{R_{CT}} \left(\left(\frac{1}{L_T} - \frac{1}{2L} \right) \left(1 - \frac{1}{i}\right) + \frac{1}{L} \right), \\ \phi_{\min} = \left(\frac{r}{L} \left(1 + \frac{1}{i}\right) - \frac{2 R_{CT}}{m a} \right)^{-1}, \\ \mu = \frac{2 r}{L_T} \left(1 - \frac{1}{i}\right) \phi_{\min}. \end{cases} \quad (16)$$

Результаты и обсуждение

Из таблиц 2 и 3 видно, что небольшую неравномерность распределения реакций в режиме тяги, несколько процентов от общего веса, имеет грейдер ГС-18.05 и совсем её не имеет грейдер ГС-14.02, у которых планетарные редукторы расположены до балансиров. Наибольшая неравномерность свойственна грейдерам серии TG с колёсными планетарными редукторами, из-за большого передаточного числа которых величины δ и η лежат довольно близко к своим асимптотам (рис. 5).

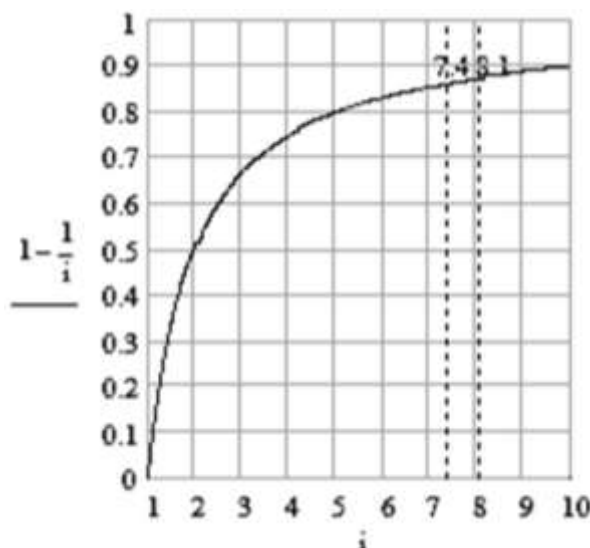


Рисунок 5 - Изменение множителя коэффициента b в зависимости от передаточного числа i

Таблица 2 - Отклонения реакций на колёсах

Отклонения реакций на колёсах от их статических значений ($\delta_1 : \delta_2 : \delta_3$) для режима тяги для различных b_0 , %:						
b_0	ГС-14.02	ГС-18.07	TG 140	TG 180	TG 200	TG 250
0,3	0 : 0 : 0	0 : -2 : 2	6 : -22 : 17	6 : -23 : 18	6 : -23 : 18	5 : -24 : 19
0,4		1 : -3 : 2	8 : -29 : 22	7 : -30 : 24	7 : -30 : 24	7 : -31 : 25
0,5		1 : -4 : 3	9 : -36 : 28	9 : -37 : 29	9 : -37 : 29	9 : -39 : 31
0,7		1 : -5 : 4	13 : -49 : 38	12 : -52 : 40	12 : -51 : 41	12 : -54 : 43

Таблица 3 - Распределение веса грейдера по колёсам

Распределение веса грейдера по колёсам ($\eta_1 : \eta_2 : \eta_3$) для режима тяги для различных b_0 , %:						
b_0	ГС-14.02	ГС-18.05	TG 140	TG 180	TG 200	TG 250
<i>В статике</i>	30 : 35 : 35	30 : 35 : 35	30 : 35 : 35	31 : 34 : 34	30 : 35 : 35	31 : 35 : 35
0,3		31 : 34 : 35	32 : 27 : 41	33 : 27 : 41	32 : 27 : 41	32 : 26 : 41
0,4		31 : 34 : 36	33 : 25 : 43	33 : 24 : 43	33 : 24 : 43	33 : 24 : 43
0,5		31 : 33 : 36	33 : 22 : 44	34 : 22 : 45	33 : 22 : 45	33 : 21 : 46
0,7		31 : 33 : 36	34 : 18 : 48	35 : 17 : 48	34 : 17 : 49	34 : 16 : 50

Для условий работы грейдера на сыпучих или пластичных грунтах ($b_0 = 0,3-0,4$) влияние неравномерности ($\delta_2 \approx -25\%$ и $\delta_3 \approx 20\%$) не столь выражено, потому как средние колёса разгружаются, а задние догружаются, и разгрузка тележки происходит на величину ΔR (7). На ту же величину ΔR догружаются передние колёса, а как видно из таблицы 3 – это всего несколько процентов от общего веса машины. А для грейдеров TG 200 и TG 250 с включенным передним приводом весь вес машины используется в реализации тяги при любом его распределении. Здесь эффект от неравномерности, помимо образования более глубокой колеи, ещё и в том, что различные значения реакций приводят к различным положениям рабочих точек на кривой КПД или кривой производительности колёс, и неизбежному отклонению рабочей точки для какого-либо

из колёс от оптимального положения. Применение полностью уравновешенных балансиров исключает такую неравномерность и позволяет одновременно использовать оптимальные свойства каждого колеса, что повышает КПД либо производительность машины.

Для предыдущего случая – работы на сыпучих и пластичных грунтах – характерно ещё и значительное буксование колёс, при котором сдвигается грунт, а материал шины явным образом не истирается. Иная ситуация при работе задним рыхлителем по разрушению асфальто-бетонных покрытий, когда даже при небольшом проскальзывании материал шины, как более мягкий, наволакивается на дорожное полотно и происходит износ шины. При неравномерности распределения реакций между колёсами балансира статический радиус наиболее нагруженного колеса уменьшается, а наименее нагруженного увеличивается, что при жёсткой кинематической связи в балансирах между колёсами приводит к проскальзыванию шин относительно дороги при движении грейдера, что вызывает общий износ шин, дополнительную нагрузку на трансмиссию, снижение общего КПД машины. Крутящий момент двигателя и передаточные числа трансмиссии рассматриваемых грейдеров позволяют реализовывать режим максимальной тяги, что при высоком коэффициенте $b_0 = 0,7-0,8$ для асфальто-бетонного покрытия приводит к значительным касательным силам при проскальзывании, а также высокой неравномерности распределения реакций: $\delta_2 \approx -50\%$ и $\delta_3 \approx 40\%$.

Неравномерность распределения реакций вызывает неравномерность распределения тяговых усилий по колёсам. Как допущение можно принять, что усилия, приложенные к рыхлителю, удовлетворяют тем же требованиям что и сила Q (рис. 4), с тем отличием, что точка приложения смещается вдоль линии действия силы с отвала к заднему рыхлителю, что никак не отразится на записанных для этой расчётной схемы уравнениях и приведенных в таблице 2 и 3 результатах. Так догрузка и добавка тяги на задних колёсах на 40 %, значит, что к общему износу шин добавится износ от перегрузки нормальной и касательной силой шин задних колёс при недогруженных на 50 % шинах средних колёс. Усилия в трансмиссии увеличатся также на 40 %. Применение уравновешенных балансиров исключает такую неравномерность и позволяет снизить износ шин и деталей трансмиссии, обеспечить более высокий КПД машины.

Эффект от неравномерности возникает и при торможении. С тем отличием, что при движении вперёд разгружаются третьи колёса, а догружаются первые и вторые. В рассматриваемых грейдерах применяются колёсные тормоза с передачей момента на корпус балансира. В этом случае δ и η достигают своих асимптотических значений (табл. 4), и для случая минимального тормозного пути ($a = 2,6 \text{ м/с}^2$) для всех грейдеров находятся на одном уровне ($\delta_2 \approx 30\%$ и $\delta_3 \approx -35\%$). Минимально необходимый коэффициент сцепления при замедлении $a = 2,6 \text{ м/с}^2$ также для всех грейдеров примерно одинаков $\varphi_{min} = 0,4$ и соответствует свойствам сухой грунтовой дороги [17]. Для $\varphi_{min} = 0,4$ нагрузка на трансмиссию между колёсами балансира находится на уровне $\mu \approx 33\%$ от общего тормозного момента колёс. Если рабочие тормоза размещать до балансиров, в центральном редукторе, то неравномерность при торможении для грейдеров серии TG уменьшится незначительно, а для грейдеров ГС-18.05 и ГС-14.02 с уравновешенными балансирами – будет исключена, но при этом тормозной момент на колёса будет передаваться через трансмиссию и для уравновешенных балансиров составит 50% от общего тормозного момента колёс.

Таблица 4 – Параметры при торможении

Параметры при торможении с замедлением $a=2,6 \text{ м/с}^2$ при использовании тормозов различного расположения (числитель – на колёсах, знаменатель – в центральном редукторе):						
Параметр	ГС-14.02	ГС-18.07	TG 140	TG 180	TG 200	TG 250
$\delta_1 : \delta_2 : \delta_3$, %	$\frac{9 : 28 : -35}{17 : -7 : -7}$	$\frac{9 : 28 : -35}{17 : -5 : -10}$	$\frac{8 : 25 : -33}{9 : 21 : -29}$	$\frac{9 : 27 : -35}{10 : 22 : -31}$	$\frac{8 : 27 : -34}{9 : 22 : -31}$	$\frac{8 : 28 : -35}{9 : 24 : -32}$
$\eta_1 : \eta_2 : \eta_3$, %	$\frac{33 : 45 : 23}{35 : 32 : 32}$	$\frac{33 : 44 : 22}{36 : 33 : 31}$	$\frac{33 : 44 : 24}{33 : 42 : 25}$	$\frac{34 : 44 : 23}{34 : 42 : 24}$	$\frac{33 : 44 : 23}{33 : 43 : 24}$	$\frac{33 : 45 : 22}{33 : 43 : 24}$
φ_{min}	0,39 / 0,41	0,4 / 0,41	0,39 / 0,4	0,4 / 0,4	0,4 / 0,4	0,4 / 0,4
μ , %	33 / 0	33 / 3	30 / 26	32 / 28	32 / 28	33 / 29

В грейдерах серии TG используются тандемные тележки разработки и производства компании NAF. По информации официального сайта производителя [19], компания NAF специализируется на мостах для лесохозяйственной техники, где наиболее важны большой дорожный просвет, обтекаемая конструкция балансиров для движения в глубокой колее, через пеньки, ветки деревьев, чего совсем не требуется для мостов грейдера. Для увеличения дорожного просвета под центральным редуктором его ось располагают несколько выше осей колёс ($H > r$) (рис. 3)), а наличие колёсных редукторов разгружает передачу внутри балансира и позволяет увеличить дорожный просвет под балансирами применением зубчатых колёс меньшего диаметра. Наличие колёсных редукторов и возвышение увеличивают неравномерность распределения реакций опор в режиме тяги (9), и для уравнивания балансиров компанией NAF разработана «система постоянной балансировки тандема» [11, 12]. По описаниям, приведенным в [20], система представляет собой сдвоенный планетарный редуктор, передающий реакцию на балансир. Тандемные тележки для строительной техники производства NAF семейства TAP 55, TAP 75 и TAP 76, применяемые на грейдерах серии TG, сделаны без возвышения ($H = r$), но оснащены планетарными колёсными редукторами [12] и опционально могут оснащаться «системой постоянной балансировки тандема». По данным каталога запасных частей в мостах грейдеров серии TG [13, 14] «система постоянной балансировки тандема» отсутствует, иначе в тележке находилось бы с учетом колёсных – 8 планетарных редукторов. Уравновешенный такой ценой мост для строительной техники в самой компании NAF имеет более простую альтернативу – тандемный мост DOR 04 для грейдера ДЗ-298 ЗАО «Дормаш» [15], имеющий компоновку тележки, аналогичную тележки грейдера ГС-14.02, с планетарными редукторами до балансира (рис. 1). Также в компании NAF представлены тележки с размещением рабочих тормозов в центральном редукторе [19].

Выводы:

- из расчётных моделей следует, что применение уравновешенных балансиров, аналогичных балансиру грейдера ГС-14.02, на грейдерах серии TG позволяет при коэффициенте сцепления 0,3 и 0,7 в режиме тяги исключить имеющуюся неравномерность распределения нормальных и касательных реакций на колесах в ~20 и ~45 %, что снизит нагрузки на трансмиссию, уменьшит износ шин при работе на дорогах с твёрдым покрытием, повысит общий КПД машины;

- условия полной уравновешенности балансира, то есть равномерного распределения вертикальных нагрузок на колёса балансира при наличии крутящего или тормозного момента на выходном валу центрального редуктора: передаточное число от выходного вала центрального редуктора до колёс – единица, направление вращения вала и колёс – в одну сторону, расположение осей качания балансира и вращения колёс – в одной плоскости;

- применение уравновешенных балансиров совместно с расположением рабочих тормозов в центральном редукторе на грейдерах серии ГС и TG увеличивает максимальную нагрузку на трансмиссию при торможении с 33 % до 50 % от общего тормозного момента колёс, зато позволяет исключить неравномерность нормальных и касательных реакций в 30% при торможении с замедлением $2,6 \text{ м/с}^2$ и уменьшить износ шин при торможении на дорогах с твёрдым покрытием.

Приведенные оценки были получены с использованием расчётной модели с некоторыми допущениями и требуют проверки при проведении натурных испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные технологии в конструкции автогрейдеров [Электронный ресурс] // Основные средства. – 2020. – Режим доступа: os1.ru.

2. Попиков П.И., Гудков В.В., Сокол П.А. Анализ применения балансирующего колёсного движителя в конструкции дорожных и лесозаготовительных машин // Лесотехнический журнал. – 2018. – №4. – С. 240-250.
3. Мартынов Б.Г., Козленок А.В. Определение рациональных параметров балансирующих тележек с целью уменьшения негативных реактивных моментов на корпусе // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №7. – С. 37-39.
4. Бобровник А.И., Волуевич А.С., Попченко П.А., Швеиц А.Н. Особенности эксплуатации лесных машин с тандемным мостом // Мелиорация. – 2017. – №1. – С. 81-85.
5. Бузин, Ю.М. Работа балансирующего колесного движителя автогрейdera // Строительные и дорожные машины. – 2014. – №11. – С. 46-52.
6. А.с. 1763249 А1 СССР, В 60 К 17/14. Балансирующая тележка транспортного средства / Шеховцев Д.И. (Всесоюзное научно-производственное объединение лесной промышленности). – № 519525. – 1974.
7. Автогрейдер ГС-14.02 и его модификации. Руководство по эксплуатации ГС-14.02 РЭ. – Брянск: ОАО «БРЯНСКИЙ АРСЕНАЛ», 2008. – 109с.
8. Шкляренко А.З. Автогрейдер ГС-18-05. Руководство по эксплуатации ГС-18-05 РЭ. – Брянск: ОАО «БРЯНСКИЙ АРСЕНАЛ», 2004. – 126 с.
9. Автогрейдер ГС-18.05. Каталог деталей и сборочных единиц. – Брянск: ОАО «БРЯНСКИЙ АРСЕНАЛ», 2009. – 166 с.
10. UMG-СДМ. Строительно-дорожная и специальная техника. Автогрейдеры. Производительность с комфортом [Электронный ресурс] // Режим доступа: www.umg-sdm.com.
11. Тандемные мосты для работы ваших машин в тяжёлых условиях [Электронный ресурс] // NAF Driven by innovation. NAF: Modular-Minded Axles. – Режим доступа: www.nafaxles.com
12. Приводы для строительных машин для работы ваших машин в тяжёлых условиях [Электронный ресурс] // NAF Driven by innovation. NAF: Modular-Minded Axles. – Режим доступа: www.nafaxles.com.
13. Тандемный мост BRA 01/2. Список зап. частей // Tandem Axle Typ BRA 01/2. ERSATZTAILLISTE. NAF Driven by innovation, 2008. – 16 с.
14. Planeteren-Tandemachse Axle BRA 02-0. ERSATZTAILLISTE // NAF Driven by innovation, 2010. – 18 с.
15. Тандемный мост DOR 04-0. Список зап. частей // Tandemachse Typ DOR 04-0. ERSATZTAILLISTE. NAF Driven by innovation, 2013. – 21 с.
16. Planeteren-Tandemachse Axle DOR 05/3. ERSATZTAILLISTE // NAF Driven by innovation, 2012. – 15 с.
17. Севров, К.П. Автогрейдеры: Конструкция, теория, расчёт – М.: Машиностроение, 1970. – 192 с.
18. ГОСТ 28769-90 (ИСО 3450-85) Машины землеройные. Требования к эффективности и методы испытаний тормозных систем колёсных машин. – М.: 1990. – 14 с.
19. NAF Driven by innovation. NAF: Modular-Minded Axles [Электронный ресурс] // Режим доступа: www.nafaxles.com.
20. Модульные мосты NAF производятся в Германии с 1960 года // Спецтехника и нефтегазовое оборудование. Спецрелиз. – 2016. – №1. – С. 33-34.
21. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов – 20-е изд., стер. – М.: «Высшая школа», 2010. – 416 с.

Мишин Алексей Александрович

ООО «ОМГ СДМ инжиниринг»

Адрес: 170001, Россия, г.Тверь, ул.Учительская, д.54

К.т.н., инженер-конструктор 3 категории

E-mail: mish7@yandex.ru A.A. Mishin

A.A. MISHIN

POSSIBILITIES OF EFFECTIVE USAGE OF COUPLING WEIGHT IN THE MOTOR GRADER WITH BOGIES WITH BALANCERS ON THE EXAMPLE OF «BRYANSKY ARSENAL» PRODUCTS

Abstract. The work of motor grader at traction mode by the action of symmetrical external longitudinal load on the blade is considered. Using the desing scheme, evaluations of the irregularity of vertical reactions on the weels were obtained for the case of maximum traction and for the case of bracking on a roads with hard cover for motor graders with different design of bogies with balancers. The effect of using bogies with fully equilibrated balancers for some models of motor graders is evaluated.

Keywords: motor grader; bogie with balancers; traction; coupling weight

BIBLIOGRAPHY

1. Sovremennye tekhnologii v konstruktсии avtogreyderov [Elektronnyy resurs] // Osnovnye sredstva. - 2020. - Rezhim dostupa: osl.ru.
2. Popikov P.I., Gudkov V.V., Sokol P.A. Analiz primeneniya balansirnogo koliosnogo dvizhitelya v konstruktсии dorozhnykh i lesozagotovitel'nykh mashin // Lesotekhnicheskii zhurnal. - 2018. - №4. - S. 240-250.
3. Martynov B.G., Kozlenok A.V. Opredelenie ratsional'nykh parametrov balansirnykh telezhok s tsel'yu umen'sheniya negativnykh reaktivnykh momentov na korpuse // Traktory i sel'khoz mashiny. - 2015. - №7. - S. 37-39.
4. Bobrovnik A.I., Voluevich A.S., Popchenko P.A., SHvets A.N. Osobennosti ekspluatatsii lesnykh mashin s tandemnym mostom // Melioratsiya. - 2017. - №1. - S. 81-85.
5. Buzin, Yu.M. Rabota balansirnogo kolesnogo dvizhitelya avtogreydera // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2014. - №11. - S. 46-52.
6. A. s. 1763249 A1 SSSR, V 60 K 17/14. Balansirnaya telezhka transportnogo sredstva [Tekst] / Shekhovtsev D.I. (Vsesoyuznoe nauchno-proizvodstvennoe ob'edinenie lesnoy promyshlennosti). - № 519525. - 1974.
7. Avtogreyder GS-14.02 i ego modifikatsii. Rukovodstvo po ekspluatatsii GS 14.02 RE. - Bryansk: OAO «BRYANSKIY ARSENAL», 2008. - 109s.
8. SHklyarenko A.Z. Avtogreyder GS-18-05. Rukovodstvo po ekspluatatsii GS-18-05 RE. - Bryansk: OAO «BRYANSKIY ARSENAL», 2004. - 126 s.
9. Avtogreyder GS-18.05. Katalog detaley i sborochnykh edinit. - Bryansk: OAO «BRYANSKIY ARSENAL», 2009. - 166 s.
10. UMG-SDM. Stroitel'no-dorozhnaya i spetsial'naya tekhnika. Avtogreydery. Proizvoditel'nost' s komfortom [Elektronnyy resurs] // - Rezhim dostupa: www.umd sdm.com.
11. Tandemnye mosty dlya raboty vashikh mashin v tyazhiolykh usloviyakh [Elektronnyy resurs] // NAF Driven by innovation. NAF: Modular-Minded Axles. - Rezhim dostupa: www.nafaxles.com
12. Privody dlya stroitel'nykh mashin dlya raboty vashikh mashin v tyazhiolykh usloviyakh [Elektronnyy resurs] // NAF Driven by innovation. NAF: Modular-Minded Axles. - Rezhim dostupa: www.nafaxles.com.
13. Tandemnyy most BRA 01/2. Spisok zap. chastey // Tandem Axle Typ BRA 01/2. ERSATZTAILLISTE. NAF Driven by innovation, 2008. - 16 s.
14. Planeteren-Tandemachse Axle BRA 02-0. ERSATZTAILLISTE // NAF Driven by innovation, 2010. - 18 s.
15. Tandemnyy most DOR 04-0. Spisok zap. chastey // Tandemachse Typ DOR 04-0. ERSATZTAILLISTE. NAF Driven by innovation, 2013. - 21 s.
16. Planeteren-Tandemachse Axle DOR 05/3. ERSATZTAILLISTE // NAF Driven by innovation, 2012. - 15 s.
17. Sevrov, K.P. Avtogreydery: Konstruktsiya, teoriya, raschiot - M.: Mashinostroenie, 1970. - 192 s.
18. GOST 28769-90 (ISO 3450-85) Mashiny zemleroynye. Trebovaniya k effektivnosti i metody ispytaniy tormoznykh sistem koliosnykh mashin. - M.: 1990. - 14 s.
19. NAF Driven by innovation. NAF: Modular-Minded Axles [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: www.nafaxles.com.
20. Modul'nye mosty NAF proizvodiyatsya v Germanii s 1960 goda // Spetstekhnika i neftegazovoe oborudovanie. Spetsreliz. - 2016. - №1. - S. 33-34.
21. Targ, S.M. Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki: Ucheb. dlya vtuzov - 20-e izd., ster. - M.: «Vysshaya shkola», 2010. - 416 s.

Mishin Aleksey Aleksandrovich

OMG SDM engineering

Address: Russia, 170001, Tver, Teacher's str. 54

Candidate of technical sciences

E-mail: mish7@yandex.ru

А.А. БОЖАНОВ, П.А. КУЗИН

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОКРАНОВ

Аннотация. Представлены общие сведения о такой грузоподъемной машине, как автокран. Представлены ведущие производители автомобильных кранов и проведено сравнение основных технических характеристик машин, для определения наиболее рациональных параметров.

Ключевые слова: автокран, грузоподъемность, диаграмма грузоподъемности, основные характеристики автокрана, башенно-стрелковое оборудование, Клинцы, Ивовоце, Галичанин, ХСМГ, Челябинец

Введение

В наше время ни одна стройка не обходится без использования автокранов. Это одна из самых распространенных грузоподъемных машин, которая должна обладать высокой надежностью и безопасностью в эксплуатации. На сегодняшний день существует много крупных производителей грузоподъемной техники, конкурирующих между собой за создание наиболее совершенных и производительных грузоподъемных машин. Автомобильный кран - это машина, на шасси которой устанавливается башенно-стрелковое оборудование (рис. 1). Например, маркой автомобиля является «КАМАЗ», в качестве базовой машины его используют такие производители как «Клинцы» и «Ивовоце».

Материал и методы

Главным параметром автомобильных кранов является их грузоподъемность. Грузоподъемность крана – максимальная масса груза, которую сможет поднять кран, при этом сохранив свою эксплуатационную надежность и прочность конструкции стрелы, а также устойчивость против опрокидывания [1].



Рисунок 1 – Общий вид автокрана

При выборе крана, для выполнения грузоподъемных работ, необходимо определить какой грузоподъемности необходима машина. Например, для подъема груза массой 8 тонн, нецелесообразно будет использовать кран с грузоподъемностью 50 тонн, так как это будет экономически не целесообразно.

ГОСТом 33166.2-2014 определены грузоподъемности кранов: 14, 16, 25, 32, 40, 50, 70, 80, 90, 100, 200 тонн.

Для безопасного подъема груза операторы машин пользуются специальными диаграммами грузоподъемности.

Для работы на автокраны устанавливают сменные решетчатые стрелы в разных комплектациях, удлиненные стрелы с гуськами, а также башенно-стрелковое оборудование. Автокраны могут оснащать грейфером для перегрузки сыпучих и мелкокусковых материалов, экскавации легких грунтов, очистки траншей и копания ям [7].

Максимальная грузоподъемность крана достигается на минимальной вылете стрелы. Это объясняется тем, что стрела автокрана является рычагом, и чем меньше плечо, тем больше сила и наоборот. Так же, немаловажной характеристикой автокрана, является высота подъема. Она различается в зависимости от вылета и вида стрелы.

Одним из преимуществ автокранов является высокая скорость передвижения, которая позволяет использовать их на объектах с небольшим объемом работ, которые находятся в значительном удалении. Автокраны выполняют такие функции как: подъем и опускание гру-

за; изменение угла наклона стрелы; поворот стрелы на 360^0 в плане; изменение длины телескопической стрелы; передвижение с грузом [6].

Крановые механизмы оснащаются различными приводами: одномоторным и много-моторным, а подвеска стрелового оборудования может быть гибкой и жесткой.

Шасси базовой машины автокранов бывают различных типов. В автомобильных кранах используется многоосное шасси и в зависимости от максимально поднимаемого груза может быть от 3-х до 8 осей.

Теория / расчет

Одной из главных характеристик автокранов является производительность.

Производительность всех видов (строительных, автомобильных) кранов при эксплуатации в среднечасовом периоде определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{эч}} = \frac{60 \times Q \times k_{\Gamma} \times k_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}}, \text{ Т/ч}, \quad (1)$$

где: Q – грузоподъемность, т;

k_{Γ} – коэффициент грузоподъемности, при крюковом оборудовании $k_{\Gamma} = 0,8 \dots 0,9$;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент использования внутрисменного времени, $k_{\text{в}} = 0,86$;

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, мин.

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{рп}}, \text{ мин}, \quad (2)$$

где: $t_{\text{м}}$ – продолжительность машинного времени цикла, мин;

$t_{\text{рп}}$ – продолжительность ручных операций по строповке, наводке и установке груза в проектное положение, $t_{\text{рп}} = 3 \text{ мин}$.

Определение параметров устойчивости различных существующих видов кранов нормируется ГОСТами РФ. Одним из главных параметров определяющих устойчивость грузоподъемной машины является коэффициент устойчивости. Данный коэффициент определяется как отношение удерживающего момента к опрокидывающему моменту вокруг ребра опрокидывания.

$$K = \frac{M_{\text{у}}}{M_{\text{о}}}, \quad (3)$$

При расчете грузовой устойчивости всех видов кранов опрокидывающий момент рассчитывается с учетом веса груза. Собственная устойчивость определяется с учетом нагрузки возникающей в результате воздействия на конструкцию силы ветра. Удерживающий момент создается весом крана и может уменьшаться от влияния наклона крана, а при рабочем состоянии – и от действия сил инерции и ветра рабочего состояния.

Один из главных коэффициентов любой грузоподъемной машины – коэффициент грузовой устойчивости необходимо рассчитывать для трех рабочих случаев:

1) при стреле, перпендикулярной к ребру опрокидывания, при наклоне крана в сторону опрокидывания, действии ветра и сил инерции, уменьшающих удерживающий момент;

2) при тех же условиях, но при стреле, расположенной под углом 45^0 к ребру опрокидывания, с учетом составляющей касательной сил инерции $F_{\text{и.к}}$ и центробежной силы $F_{\text{и.ц}}$;

3) при стреле, перпендикулярной к ребру опрокидывания, при расположении крана на горизонтальной плоскости и отсутствии сил инерции и ветра [15].

На рисунке 2, показана диаграмма для автокрана грузоподъемностью 32 тонны.

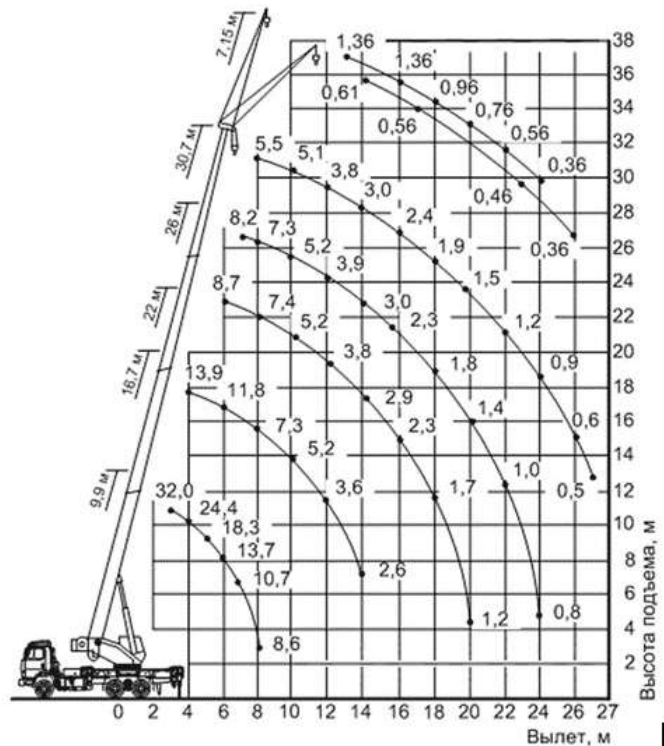


Рисунок 2 – Диаграмма грузоподъемности

Определив главные характеристики, необходимо сравнить установки различных производителей, но для этого необходимо сравнивать машины одинаковой грузоподъемности. Наиболее распространенным является автокран с средней грузоподъемностью 25 тонн. Именно машины с этой грузоподъемностью сравним.

Таблица 1 - Сравнение основных характеристик отечественных автокранов 25 т

Производитель	Клинцы	Ивановец	Галичанин	Челябинец	Клинцы	Ивановец	Галичанин	Челябинец
Шасси автомобиля	МАЗ-6312С3	Маз 6312	КАМАЗ-43118	КАМАЗ-65115	УРАЛ 4320	КАМАЗ 43118	КАМАЗ 65115	УРАЛ 4320
Грузоподъемность, т	25	25	25	25	25	25	25	25
Длина стрелы, м	28	30,7	28,2	28,10	28	30,7	23,7	28,1
Высота подъема, м	28,3	31,2	28,3	31,10	28,3	31,2	24,4	28,3
Грузовой момент, тм	80	84,8	86	80	85	85	86	85
Угол поворота, град.	360	240 и 360	260 и 360	270 и 360	360	240 и 360	280 и 360	270 и 360
Колесная формула	6 х 4	6 х 4	6 х 6	6х4	6х6	6х6	6х4	6х6
Стоимость, руб.	9 250 000	9 160 000	9 300 000	9 000 000	9 175 000	9 140 000	9 125 000	9 000 000

Проанализировав таблицу 1, можно сделать вывод, что наиболее рациональным вариантом является автокран «Ивановец». При одинаковой грузоподъемности и относительно схожей цене он имеет больший вылет стрелы и большую высоту подъема, следовательно, у машины больше возможностей. По некоторым характеристикам уступает ему «Галичанин». Машины находятся приблизительно в одном ценовом сегменте.

Часто грузы бывают далеко не легкими и нужны машины с более широким диапазоном параметров. Поэтому немалым спросом пользуются автокраны с грузоподъемностью 32 тонны. Обратимся к таблице 2, для приблизительного представления о характеристиках данных машин.

Таблица 2 - Сравнение основных характеристик отечественных автокранов 32 т

Производитель	Клинцы	Ивановец	Галичанин	Челябинец
Шасси автомобиля	Камаз - 65115	Камаз - 6540	Камаз - 65115	Камаз - 63501
Грузоподъемность, т	32	32	32	32
Длина стрелы, м	33	31	31	33
Высота подъема, м	33,6	31,6	31,6	33,7
Грузовой момент, тм	102,4	103	102,4	102,4
Угол поворота, град	360	360	240 и 360	260 и 360
Колесная формула	6х4	8х4	6х4	8х4
Стоимость, руб.	11 325 000	11 300 000	11 075 000	11 125 000

Таблица 3 - Сравнение основных характеристик отечественных и иностранных автокранов

Производитель	Ивановец	XCMG QY25K5-1	Челябинец	XCMG QY30K5-1
Грузоподъемность, т	25	25	32	30
Длина стрелы, м	30,7	38,5	33	40,4
Высота подъема, м	31,2	38,6	33,7	38,7
Грузовой момент, тм	84,8	98	102,4	104,5
Угол поворота, град.	240 и 360	360	260 и 360	360
Колесная формула	6 х 4	6 х 4	8х4	6х4
Стоимость, руб	9 160 000	9 500 000	11 250 000	11 950 000

Проанализировав таблицу 2, без затруднения можно отметить, что автокран «Челябинец» обладает заметным преимуществом в своих характеристиках, при том что его стоимость ниже конкурентов. Лишь немного уступает ему автокран фирмы «Клинцы».

Одной из известных в мире марок автокранов является китайская компания «XCMG». Произведем сравнительную характеристику технических параметров автомобильных кранов разных производителей. Сравним автокраны марки XCMG и лидеров среди отечественных производителей автокранов – «Ивановец» и «Челябинец».

Результаты и обсуждение

По представленным в таблице 3 данным, можно сделать вывод, что китайские автокраны значительно выигрывают по своим характеристикам, но при этом их стоимость выше на 3,7 % и 6,2 % у машин с грузоподъемностью 25 тонн и 32 тонны соответственно.

Выводы

Обзор технических характеристик, представленный в данной статье показал что мировые производители грузоподъемной техники имеют широкий номенклатурный ряд. Основные параметры представленной техники являются: грузоподъемность, грузовой момент, производительность, длина стрелы, высота подъема и т.д. В качестве путей совершенствования производители выделяют применение новейших более прочных материалов металлоконструкций, автоматизация технологических процессов погрузочно-разгрузочных работ, совершенствую системы безопасности при выполнении работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avtokrany.guru: все об автомобильных кранах и их аренде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avtokrany.guru/> (дата обращения: 11.03.2021)
2. Avtokran.ru: Автомобильные краны «Ивановец» - Ивановский машиностроительный завод «АВТОКРАН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avtokran.ru/catalog/avtomobilnye-kраны/>
3. Spec.drom.ru: купить автокран б/у [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spec.drom.ru/crane/mobile/?spectechState%5B%5D=used>
4. www.gakz.ru: Продажа автокранов 25 тонн «Галичанин» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gakz.ru/rus/catalog/25tonn> (дата обращения: 11.03.2021)
5. Oaokaz.ru: Автогидроподъемник КАЗ высотный коленчато-телескопический. АО «Клинцовский автокрановый завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oaokaz.ru/product-category/avtokраны/>
6. Божанов, А.А. Расчет и проектирование коленчатых подъемников: учебное пособие – Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2018. – 52 с.
7. Божанов, А.А. Определение производительности подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебное пособие – Орёл ОГУ имени И.С. Тургенева, 2016. – 134 с.
8. Додонов, Б.П. Грузоподъемные и транспортные устройства: Учебник для средних специальных учебных заведений – М.: Машиностроение. – 2-е изд. Перераб. и доп., 1990. – 248 с.
9. Дудко, Г.Д. Монтаж мостовых кранов-перегрузателей – М.: Стройиздат, 1990. – 223 с.
10. Ивашков, И.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин: Учебник для машиностроительных вузов – М.: Машиностроение, 1981. – 335 с.
11. Бочаров, В.С. Инженерный словарь-справочник терминов и определений – Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2017. – 205 с.
12. Кравченко, В.А. Наземные транспортно-технологические машины: назначение, классификация, структура: учебное пособие – Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2021. – 156 с.
13. Красников, В.В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве - М.: Колос. - Изд. 2-е, перераб. и доп., 1973. - 464 с.
14. Невзоров, Л.А. Машинист башенного крана: Учебник для проф.-техн. учебных заведений - М.: Высш. школа. - Изд. 2-е, переработ. и доп., 1972. - 376 с.
15. П.З. Петухов, Г.П. Специальные краны: Учебное пособие для машиностроительных вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» – М.: Машиностроение, 1985. – 248с.
16. Брауде, В.И. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / Под общ. ред. М.М. Гохберга – Л. Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 536 с.
17. Брауде, В.И. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / Под общ. ред. М.М. Гохберга. – Л. Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 536 с.
18. Волков, Д.П. Строительные машины: Учеб. для вузов по спец. ПГС / Под ред. Д.П. Волкова. – М.: Высш. шк., 1988. – 319 с.
19. Зорин, В.А. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Часть I: Учебник для вузов / Под ред. В.А. Зорина. – М.: УМЦ «Триада», 2006. – 472 с.
20. Зорин, В.А. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Часть I: Учебник для вузов / Под ред. В.А. Зорина. – М.: УМЦ «Триада», 2006. – 344 с.

Божанов Аркадий Александрович

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, 77
К.т.н., доцент кафедры подъемно-транспортных, стро-
ительных и дорожных машин
E-mail: abozhanov@yandex.ru

Кузин Павел Александрович

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, 77
Студент
E-mail: pasha.kuzin.1976@mail.ru

A.A. BOZHANOV, P.A. KUZIN

OVERVIEW OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF LEADING MANUFACTURERS OF TRUCK CRANES

Abstract. General information about such a lifting machine as a crane is presented. The leading manufacturers of automobile cranes are presented and the main technical characteristics of the machines are compared to determine the most rational parameters.

Keywords: truck crane, load capacity, load capacity diagram, main characteristics of truck crane, turret-shooting equipment, Klintsy, Ivanovets, Galichanin, XCMG, Chelyabinsk

BIBLIOGRAPHY

1. Avtokrany.guru: vse ob avtomobil`nykh kranakh i ikh arende [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://avtokrany.guru/> (data obrashcheniya: 11.03.2021)
2. Avtokran.ru: Avtomobil`nye krany «Ivanovets» - Ivanovskiy mashinostroitel`nyy zavod «AVTOKRAN» [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://avtokran.ru/catalog/avtomobilnye-krany/>
3. Spec.drom.ru: kupit` avtokran b/u [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://spec.drom.ru/crane/mobile/?spectechState%5B%5D=used>
4. www.gakz.ru: Prodazha avtokranov 25 tonn «Galichanin» [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.gakz.ru/rus/catalog/25tonn> (data obrashcheniya: 11.03.2021)
5. Oaokaz.ru: Avtogidropod`iomnik KAZ vysotnyy kolenchato-teleskopicheskiy. AO «Klintsovskiy avto-kranovyy zavod» [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://oaokaz.ru/product-category/avtokrany/>
6. Bozhanov, A.A. Raschet i proektirovanie kolenchatykh pod`emnikov: uchebnoe posobie - Oriol: OGU imeni I.S. Turgeneva, 2018. - 52 s.
7. Bozhanov, A.A. Opredelenie proizvoditel`nosti pod`emno-transportnykh, stroitel`nykh i dorozhnykh mashin: uchebnoe posobie - Oriol OGU imeni I.S. Turgeneva, 2016. - 134 s.
8. Dodonov, B.P. Gruzopod`emnye i transportnye ustroystva: Uchebnik dlya srednikh spetsial`nykh uchebnykh zavedeniy - M.: Mashinostroenie. - 2-e izd. Pererab. i dop., 1990. - 248 s.
9. Dudko, G.D. Montazh mostovykh kranov-peregruzhateley - M.: Stroyizdat, 1990. - 223 s.
10. Ivashkov, I.I. Montazh, ekspluatatsiya i remont pod`emno-transportnykh mashin: Uchebnik dlya mashinostroitel`nykh vuzov - M.: Mashinostroenie, 1981. - 335 s.
11. Bocharov, V.S. Inzhenernyy slovar`-spravochnik terminov i opredeleniy - Oriol: OGU imeni I.S. Turgeneva, 2017. - 205 s.
12. Kravchenko, V.A. Nazemnye transportno-tekhnologicheskie mashiny: naznachenie, klassifikatsiya, struktura: uchebnoe posobie - Oriol: OGU imeni I.S. Turgeneva, 2021. - 156 s.
13. Krasnikov, V.V. Pod`emno-transportnye mashiny v sel'skom khozyaystve - M.: Kolos. - Izd. 2-e, pererab. i dop., 1973. - 464 s.
14. Nevzorov, L.A. Mashinist bashennogo kрана: Uchebnik dlya prof.-tekhn. uchebnykh zavedeniy - M.: Vyssh. shkola. - Izd. 2-e, pererabot. i dop., 1972. - 376 s.
15. P.Z. Petukhov, G.P. Spetsial`nye krany: Uchebnoe posobie dlya mashinostroitel`nykh vuzov po spetsial`nosti «Pod`emno-transportnye mashiny i oborudovanie» - M.: Mashinostroenie, 1985. - 248s.
16. Braude, V.I. Spravochnik po kranam: V 2 t. T. 1. Harakteristiki materialov i nagruzok. Osnovy rascheta kranov, ikh privodov i metallicheskiykh konstruktsiy / Pod obshch. red. M.M. Gokhberga - L. Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1988. - 536 s.
17. Braude, V.I. Spravochnik po kranam: V 2 t. T. 2. Harakteristiki materialov i nagruzok. Osnovy rascheta kranov, ikh privodov i metallicheskiykh konstruktsiy / Pod obshch. red. M.M. Gokhberga. - L. Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1988. - 536 s.
18. Volkov, D.P. Stroitel`nye mashiny: Ucheb. dlya vuzov po spets. PGS / Pod red. D.P. Volkova. - M.: Vyssh. shk., 1988. - 319 s.
19. Zorin, V.A. Ekspluatatsiya pod`emno-transportnykh, stroitel`nykh i dorozhnykh mashin. Chast` I: Uchebnik dlya vuzov / Pod red. V.A. Zorina. - M.: UMTS «Triada», 2006. - 472 s.
20. Zorin, V.A. Ekspluatatsiya pod`emno-transportnykh, stroitel`nykh i dorozhnykh mashin. Chast` II: Uchebnik dlya vuzov / Pod red. V.A. Zorina. - M.: UMTS «Triada», 2006. - 344 s.

Bozhanov Arkady Aleksandrovich,

Orel state University
Address: Russia, 302030, Orel, Moskovskaya str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: abozhanov@yandex.ru

Kuzin Pavel Aleksandrovich

Orel state University
Address: Russia, 302030, Orel, Moskovskaya str., 77
Student
E-mail: pasha.kuzin.1976@mail.ru

Научная статья

УДК 531.17

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-41-49

И.А. НОВИКОВ, А.Н. НОВИКОВ, Д.А. ЛАЗАРЕВ, В.Л. МАХОНИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРИ КУРСОВОЙ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Аннотация. Расследование дорожно-транспортных происшествий (далее ДТП) в Российской Федерации в настоящее время использует устаревшие и усредненные модели и методики. Не смотря на разработки последних лет в методической литературе, их внедрение носит локальный характер и применяется не к каждому частному случаю. Не исключением является исследование завершающей стадии механизма ДТП, когда транспортное средство продолжало свое перемещение после взаимодействия с препятствием в состоянии сложного перемещения. Поэтому построение функциональной универсальной расчетной модели сложного перемещения транспортного средства, основанной на основных физических принципах, в рамках проведения дорожно-транспортной экспертизы является актуальной задачей.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство, дорожное движение, расследование, экспертиза, сложное движение, автотранспортная техника

Введение

Проблеме прогнозирования траекторий перемещения транспортного средства после сложного эксцентричного удара с другим объектом в современной автотехнической литературе уделено крайне мало внимания. Исследование параметров перемещения транспортных средств в этих условиях сводятся к отказу от решения вопроса (вследствие недостаточности исходных данных для расчета или отсутствия соответствующей квалификации у эксперта), либо к крайне упрощенному расчету, базирующемуся на известных методических рекомендациях с определенными допущениями. Ситуацию усугубляет несамостоятельность экспертов государственных учреждений в выборе исходных данных для расчета, что приводит к отсутствию возможности подходить к решению данной задачи в более гибкой форме [1].

Материал и методы

Решением данной проблемы может выступить специализированный программный комплекс, такой, например, как PC-Crash. Однако, использование данного комплекса не дает возможности решения всех возникающих перед экспертом задач. Так, например, традиционные методы расчета не имеют возможности учитывать ряд факторов. Например, другое положение колес транспортного средства после удара по отношению к их положению до него. Также сюда необходимо отнести случаи, когда на транспортном средстве одно или несколько колес отсутствуют, заблокированы или не имеют внутреннего давления, а также, вследствие деформации ходовой части, колеса расположены в отличных положениях от штатного. Данные факторы не могут быть учтены типовой методикой или алгоритмом программы [2, 3].

Кроме того, ни известные методы, ни используемые программные комплексы не позволяют определять параметры опрокидывания транспортных средств. Тем более, если речь идет о более одном обороте вокруг горизонтальных продольной или поперечных осей, а также при вращении автомобиля относительно вертикальной оси.

Следует отметить, что в нашей стране работы по расширению возможностей расчета нестандартного перемещения транспортных средств при исследовании дорожно-транспортных происшествий, помимо авторов данной статьи, проводились другими авторами. Так можно выделить исследования сотрудников СпбГАСУ Евтюкова С.С. и Брылева И.С. Первый провел комплексное исследование на предмет уточнения скоростей транспортных средств при наез-

дах на низкие препятствия (например, бордюры), а также при движении по нестандартным поверхностям, таким как тротуарная плитка, материал линий разметки дороги, трамвайные пути, установив коэффициенты сцепления шин с данными поверхностями [4]. Второй экспериментально установил величины замедлений у ряда двухколесных транспортных средств [5]. Также следует отметить работы по данной тематике Никонова В.Н., который уделял большое внимание теоретическому объяснению принципа работы алгоритма CRASH3 [6], а также работы Ковалева В.А. и соавторов по проблематике аквапланирования [7].

Однако, данные исследования носят частный характер и построение целостной модели перемещения транспортного средства с учетом всех его конструктивных особенностей, дорожных условий, особенностей взаимодействия в рамках кульминационной фазы происшествия и вытекающих из нее инерционных перемещений до завершения события дорожно-транспортного происшествия, в настоящее время является актуальной проблемой [1].

Теория / расчет

Как правило, типовое решение задачи при расчете параметров движения автомобиля с заносом (рис. 1) сводится к вычислению скорости по типовой формуле [1, 8]:

$$V_a = 1,8 \cdot j_a \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot \left(j_a \cdot (S_{ю} - L) + j_{\theta} \cdot S_{цт} + j_{\theta} \cdot L \cdot \frac{\alpha \cdot \pi}{360} \right)}. \quad (1)$$

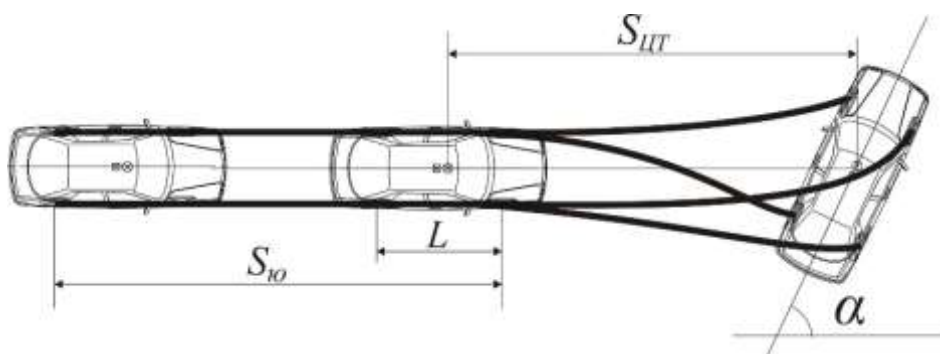


Рисунок 1 – Расчетная схема движения автомобиля с заносом.

Исследование опрокидывания транспортного средства сводится к определению критических скоростей, при которых возможен занос [1, 8]

$$V_{зан} = \sqrt{127 \cdot \varphi_y \cdot R}, \quad (2)$$

где φ_y – коэффициент поперечного сцепления шин с дорогой;

R – радиус поворота, м.

и данное опрокидывание

$$V_{зан} = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{0,5 \cdot B \pm H_{ц} \cdot \operatorname{tg} \lambda}{H_{ц} \mp 0,5 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \lambda} \cdot g \cdot R}, \quad (3)$$

где $H_{ц}$ – высота центра масс транспортного средства от поверхности дороги;

B – колея транспортного средства;

λ – угол поперечного уклона дороги.

Что касается типового расчета параметров заноса транспортного средства, описанного выше, то основным его недостатком является ограниченность в возможностях применения. Так, используя данную формулу, невозможно определить скорость перемещения транспортного средства до заноса в том случае, если в процессе заноса оно совершила более одного оборота вокруг своего центра масс. Кроме того, такие параметры, как количество инерцион-

ных оборотов, время и, главное, прогнозируемая траектория перемещения транспортного средства при использовании данного метода для расчета не доступны.

Начальное решение данной задачи было предложено авторами ранее в статье, где были получены необходимые характеристики перемещения транспортного средства после контакта с другим объектом и соответствующие уравнения движения [9].

Был определен ударный импульс

$$\bar{S} = -\frac{1+\varepsilon}{G} \cdot (\bar{U}_1 \cdot \bar{n}_1 + \bar{U}_2 \cdot \bar{n}_2), \quad (4)$$

где ε – коэффициент восстановления;

$\bar{U}_1 \cdot \bar{n}_1$; $\bar{U}_2 \cdot \bar{n}_2$ – проекции скоростей транспортных средств на соответствующие нормали;

G – параметр точки массы, имеющий формулу расчета

$$G = \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} + \frac{h_1^2}{J_1} + \frac{h_2^2}{J_2}, \quad (5)$$

где m_1 и m_2 – массы транспортных средств;

h_1 и h_2 – плечи импульсов;

J_1 и J_2 – моменты инерции тел относительно центральных осей, перпендикулярных плоскости движения и проходящих через центры масс.

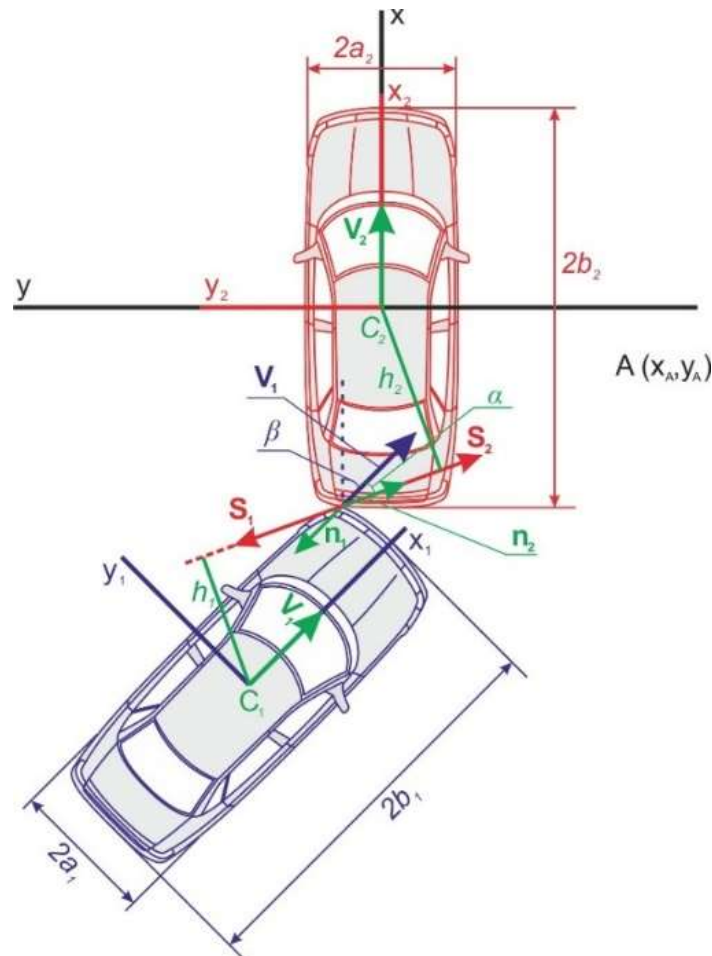


Рисунок 2 – Расчетная схема столкновения двух транспортных средств

Каждый из вышеописанных параметров определяется исходя из расчетной схемы на рисунке 2 системами уравнений

$$\begin{cases} h_1 = x_1 \cdot \sin \alpha - y_1 \cdot \cos \alpha \\ h_2 = -x_2 \cdot \sin(\alpha + \beta) - y_2 \cdot \cos(\alpha + \beta) \end{cases};$$

$$\begin{cases} J_1 = \frac{m_1}{3} \cdot (a_1^2 + b_1^2) \\ J_2 = \frac{m_2}{3} \cdot (a_2^2 + b_2^2) \end{cases}, \quad (6)$$

где x_1, x_2 и y_1, y_2 – координаты точки удара относительно систем координат центров масс транспортных средств;

a_1, b_1 и a_2, b_2 – соответствующие размеры транспортных средств.

В результате преобразований параметр G равен

$$G = \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} + \frac{3 \cdot (x_1 \cdot \sin \alpha - y_1 \cdot \cos \alpha)^2}{m_1 \cdot (a_1^2 + b_1^2)} + \frac{3 \cdot [-x_2 \cdot \sin(\alpha + \beta) - y_2 \cdot \cos(\alpha + \beta)]^2}{m_2 \cdot (a_2^2 + b_2^2)}. \quad (7)$$

А угловые скорости транспортных средств после удара

$$\Omega_{1z} = \frac{S \cdot h_1}{J_1}; \quad \Omega_{2z} = \frac{S \cdot h_2}{J_2}. \quad (8)$$

А система уравнений движения

$$\begin{cases} m \cdot \frac{dx_{1c}}{dt^2} = \sum F_{kx}^e \\ m \cdot \frac{dy_{1c}}{dt^2} = \sum F_{ky}^e \\ J_c \cdot \frac{d\phi}{dt^2} = 2 M_c (\bar{F}_k^e) \end{cases}. \quad (9)$$

Данные уравнения позволяют описать весь процесс перемещения транспортного средства после контакта с определением всех интересующих эксперта параметров для прогнозирования и расчета неуправляемого движения транспортного средства. Более сложные механизмы перемещения, такие как перемещение с одним или несколькими колесами отсутствующими или заблокированными колесами или колесами без внутреннего давления и т.д. являются производными из данных уравнений и будут представлены в следующих работах.

Что касается расчета опрокидывания транспортного средства, то типовая методика, как указано было выше, также ограничивается узким кругом рассчитываемых параметров.

С позиции постулатов теоретической механики возможно создать универсальную теоретическую модель расчета данного процесса, ориентируясь на которую возможно получать необходимые параметры перемещения транспортного средства при отсутствии вертикальной устойчивости. Для этого составим расчетную схему (рис. 3).

В момент опрокидывания $N_2 = 0$ (рис. 3 а).

Для опрокидывания необходимо, чтобы тело еще не начало скользить по поверхности.

$$F_{mp} \leq f \cdot m \cdot g, \quad (10)$$

где f – коэффициент трения.

Из уравнения равновесия следует (в соответствии с принципом Д'Аламбера)

$$\sum m_a = \Phi \cdot h - G \cdot \frac{b}{2} = 0; \quad \Phi = \frac{m \cdot g \cdot b}{2 \cdot h}; \quad \Phi = m \cdot a, \quad (11)$$

где a – ускорение;
 h – высота центра масс.

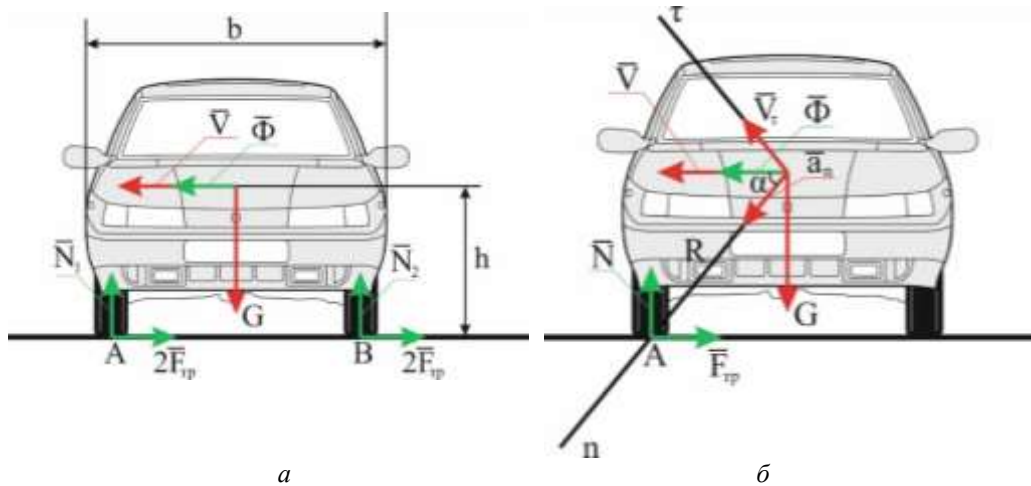


Рисунок 3 – Расчетная схема опрокидывания транспортного средства

Условие опрокидывания

$$\Phi \geq \frac{m \cdot g \cdot b}{2 \cdot h}. \quad (12)$$

Т.к. происходит скольжение, то можно считать, что автомобиль начинает вращение вокруг точки А (рис. 3 б), в результате чего можно провести ряд преобразований

$$\Phi = m \cdot a_n = m \cdot \frac{V_\tau^2}{R}; \quad R = \sqrt{h^2 + \frac{b^2}{4}}; \quad m \cdot \frac{V_\tau^2}{R} \geq \frac{m \cdot g \cdot b}{2 \cdot h}; \quad (13)$$

$$V_\tau \geq \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot R}{2 \cdot h}}; \quad V_\tau = V \cdot \sin \alpha; \quad V \geq \frac{1}{\sin \alpha} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot R}{2 \cdot h}},$$

где V_τ – скорость по оси τ ;

R – радиус (плечо) опрокидывающей силы.

В результате конечного преобразования

$$V_1 \geq \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot R^3}{2 \cdot h^3}}. \quad (14)$$

При дальнейшем движении автомобиля (рис. 4 а и 4 б) рассмотрим простой случай движения – плоское движение тела, т.е. тело движется в плоскости Оху и вращается относительно оси Оz.

Запишем дифференциальные уравнения движения тела

$$\begin{cases} m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = \sum F_{kx} \\ m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = \sum F_{ky} \\ m \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \sum m_z(\bar{F}_k) \end{cases} \quad (15)$$

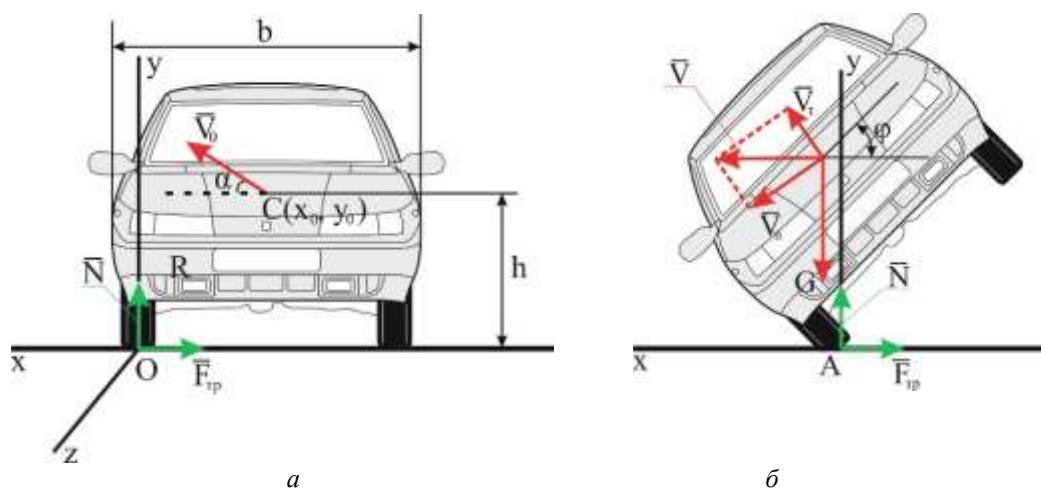


Рисунок 4 – Расчетная схема опрокидывания транспортного средства

Физически плоскость не препятствует подскокам тела, т.е. она реализует неустойчивую связь. При построении математической модели важным этапом является описание контактного взаимодействия между телом и плоскостью, т.к. некоторые динамические эффекты можно объяснить лишь наличием трения, при этом можно использовать различные законы трения: вязкое трение, кулоновское трение и др. На первом этапе решения поставленной задачи рассмотрим случай, при котором точка А в момент отрыва неподвижна. В этом случае удобно использовать дифференциальные уравнения движения в естественной форме и сделать ряд преобразований

$$\left\{ \begin{array}{l} m \cdot \frac{dV}{dt} = \sum F_{k\tau} \\ m \cdot \frac{V^2}{\rho} = \sum F_{kn} \\ J_z \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \sum M_z(\bar{F}_k) \end{array} \right. , \quad (16)$$

где ρ – радиус кривизны траектории.

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = -G \cdot \cos(\alpha + \varphi); \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \cdot h}{b}; \quad J_z \cdot \frac{d\omega}{dt} = -G \cdot \cos(\alpha + \varphi);$$

$$J_z \cdot \frac{\omega d\omega}{dt} = -G \cdot \cos(\alpha + \varphi); \quad \int_{\omega_0}^{\omega_T} \omega d\omega = \int_0^{\pi} -\frac{G}{J_z} \cdot \cos(\alpha + \varphi) d\varphi;$$

$$\left. \frac{\omega^2}{2} \right|_{\omega_0}^{\omega_T} = -\frac{G}{J_z} \cdot \sin(\alpha + \varphi) \Big|_0^{\pi/2}; \quad \frac{\omega_T^2}{2} - \frac{\omega_0^2}{2} = -\frac{G}{J_z} \cdot \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{G}{J_z} \cdot \sin \alpha; \quad (17)$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + \frac{b^2}{4}}} = \frac{2 \cdot h}{\sqrt{4 \cdot h^2 + b^2}}; \quad \omega_T = \sqrt{2 \cdot \frac{G}{J_z} \cdot \left(\frac{2 \cdot h}{\sqrt{4 \cdot h^2 + b^2}} - \frac{b}{\sqrt{4 \cdot h^2 + b^2}} \right) + \omega_0^2}.$$

В результате чего получаем, что при одном перевороте объекта

$$\omega_T = \sqrt{2 \cdot \frac{G}{J_z} \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot h^2 + b^2}} \cdot (2 \cdot h - b) + \omega_0^2}, \quad (18)$$

где ω – угловая скорость;

J – момент инерции.

При перевороте объекта более одного раза

$$V_{0r} = V \cdot k; \quad V = \omega \cdot R, \quad (19)$$

где k – коэффициент восстановления.

Таким образом, предложенная модель позволяет рассчитывать все интересующие эксперта параметры для определения механизма опрокидывания транспортного средства.

Результаты и обсуждение

В результате исследований разработан способ расчета параметров движения транспортных средств при потере курсовой устойчивости в результате неуправляемого перемещения после столкновения. Использование предложенного способа позволяет дифференцированно подходить к расчетам различных ситуаций, связанных со сложным перемещением транспортных средств в результате их столкновения, а также в дальнейшем расширить массив расчетных параметров перемещения транспортных средств при участии в событии дорожно-транспортного происшествия через введение дополнительных исходных данных для расчета, например, таких как положение колес относительно плоскости скольжения в процессе неуправляемого перемещения, их вращение или блокирование с рассмотрением разного силового баланса и его влияния на прогнозирование исследуемого перемещения.

Также предложен способ расчета параметров перемещения транспортных средств при потере вертикальной устойчивости в результате одного или нескольких оборотов вокруг горизонтальных осей. Предложенный способ позволяет делать расчеты параметров перемещения транспортных средств до потери ими вертикальной устойчивости с учетом отобразившегося массива следовой информации, что до этого в автотехнической литературе не было предложено к использованию.

Выводы

Данные способы позволяют более точно исследовать механизм дорожно-транспортных происшествий на стадии отбрасывания, что в свою очередь может привести к более полному пониманию механизма происшествия в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. - 2-е изд., СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2005. – 288 с.
2. McHenry, R.R. Development of a computer program to aid the investigation of highway accidents. Tech.Rep.DOT/HS 800 621, Contact Number FH-11-7526, Cornell Aeronautical Laboratory, Inc. (CALSPAN Corp.), December 1971.
3. McHenry, R.R. Mathematical reconstruction of highway accidents. Washington, D.C.: DOT HS 801-405, Calspan Report No. ZQ-5341-V-2, 1975.
4. Евтюков, С.С. Оценка скорости движения транспортных средств при проведении дорожно-транспортных экспертиз: Дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2014. – 174 с.
5. Брылев, И.С. Реконструкция дорожно-транспортных происшествий по параметрам процесса торможения двухколесных механических транспортных средств: Дис. ... канд. техн. наук. - Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2015. – 159 с.
6. Никонов, В.Н. Метод конечных элементов и судебная инженерно-техническая прочностная экспертиза // Реконструкция обстоятельств дорожно-транспортного происшествия при проведении судебных экспертиз. Правовые и методические вопросы судебной экспертизы: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Уфа. – 2008.
7. Ковалев В.А., Фадеев А.И., Воеводин Е.С., Фомин Е.В., Горячев В.П. Определение скорости возможного аквапланирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. – Иркутск: ИРНИТУ. – 2014. – №5(88).
8. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза: Учебное пособие. – М.: Экзамен, Право и закон, 2003. – 208 с.
9. Novikov I., Degtyar A., Lazarev D., Makhonin V. Analysis of vehicles complex displacement in the process of investigation of vehicle crash [Электронный ресурс] // MATEC Web of Conferences 341, 00070. – 2021. – Режим доступа: [https:// DOI:10.1051/mateconf/202134100070](https://doi.org/10.1051/mateconf/202134100070).
10. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М. Тарг. – 15-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2007. – 415 с.

11. Паус, Э. Динамика системы твердых тел / Под ред. Ю.А. Архангельского и В.Г. Демина. – Пер. с англ. – В 2-х томах. – Т. 1. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 467 с.
12. Eichenwald, A.A. Theoretical physics: general mechanics. – Moscow: Librokom. – 2016. – 328 p.
13. Eichenwald, A.A. Theoretical physics: solid state mechanics. – Moscow: Librokom. – 2011. – 224 p.
14. Novikov I.A., Lazarev D.A. Experimental installation for calculation of road adhesion coefficient of locked car wheel // Transportation research procedia. – 2017. – V. 20. – P. 463-467.
15. Novikov I.A., Lazarev D.A., Kudinov D.V. The estimation of friction coefficient of vehicle's blocked wheel given with contact patch of the tread with the road surface // International journal of applied engineering research. – 2015. – V. 21. – P. 42721-42724.
16. Valishchev M.G., Povzner A.A. General physics course. – 2010. – Moscow: Lan. – 576 p.
17. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики: учебное пособие для вузов. – 13-е изд., исправ. – М.: Интеграл-Пресс, 2009. – 603 с.

Новиков Иван Алексеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, улица Костюкова, 46
Д.т.н., директор транспортно-технологического института, профессор кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта
E-mail: ooows@mail.ru

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сервиса и ремонта машин
E-mail: novikovan@ostu.ru

Лазарев Дмитрий Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, улица Костюкова, 46
К.т.н., доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта
E-mail: avtotech31@mail.ru

Махонин Виталий Леонидович

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Аспирант
E-mail: triumph.expert@bk.ru

I.A. NOVIKOV, A.N. NOVIKOV, D.A. LAZAREV, V.L. MAKHONIN

**INVESTIGATION OF THE LOSS OF THE HEADING
AND VERTICAL STABILITY OF THE VEHICLE DURING
THE ROAD TRANSPORT EXAMINATION**

Abstract. Investigation of road traffic accidents (hereinafter referred to as accidents) in the Russian Federation currently uses outdated and averaged models and techniques. Despite the recent years' developments in the methodological literature, their implementation is local and is not applied to every particular case. The study of the final stage of the accident mechanism is not the exception, when the vehicle continued its movement after interacting with an obstacle in a state of complex movement. Therefore, the construction of a functional universal computational model of complex vehicle movement based on basic physical principles within the framework of road transport expertise is an urgent task.

Keywords: traffic accident, vehicle, traffic, investigation, examination, complex traffic, motor vehicles

BIBLIOGRAPHY

1. Evtyukov S.A., Vasil`ev Ya.V. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy. – 2-e izd, SPb.: OOO «Izdatel'stvo DNK», 2005. – 288 s.
2. McHenry, R.R. Development of a computer program to aid the investigation of highway accidents. Tech.Rep.DOT/HS 800 621, Contact Number FH-11-7526, Cornel Aeronautical Laboratory, Inc. (CALSPAN Corp.), December 1971.

3. McHenry, R.R. Mathematical reconstruction of highway accidents. Washington, D.C.: DOT HS 801-405, Calspan Report No. ZQ-5341-V-2, 1975.
4. Evtyukov, S.S. Otsenka skorosti dvizheniya transportnykh sredstv pri provedenii dorozhno-transportnykh ekspertiz: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - Sankt-Peterburg: SPbGASU, 2014. - 174 s.
5. Brylev, I.S. Rekonstruktsiya dorozhno-transportnykh proisshествiy po parametram protsessa tormozheniya dvukhkolesnykh mekhanicheskikh transportnykh sredstv: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - Sankt-Peterburg: SPbGASU, 2015. - 159 s.
6. Nikonov, V.N. Metod konechnykh elementov i sudebnaya inzhenerno-tekhnicheskaya prochnostnaya ekspertiza // Rekonstruktsiya obshchestvennykh dorozhno-transportnykh proisshествiy pri provedenii sudebnykh ekspertiz. Pravovye i metodicheskie voprosy sudebnoy ekspertizy: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Ufa. - 2008.
7. Kovalev V.A., Fadeev A.I., Voevodin E.S., Fomin E.V., Goryachev V.P. Opredelenie skorosti vozmozhnogo akvaplanirovaniya // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Irkutsk: IRNITU. - 2014. - №5(88).
8. Suvorov Yu.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza: Uchebnoe posobie. - M.: Ekzamen, Pravo i zakon, 2003. - 208 s.
9. Novikov I., Degtyar A., Lazarev D., Makhonin V. Analysis of vehicles complex displacement in the process of investigation of vehicle crash [Elektronnyy resurs] // MATEC Web of Conferences 341, 00070. - 2021. - Rezhim dostupa: [https:// DOI:10.1051/mateconf/202134100070](https://doi.org/10.1051/mateconf/202134100070).
10. Targ, S.M. Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki: uchebnik dlya vtuzov / S.M. Targ. - 15-e izd., ster. - M.: Vysshaya shkola, 2007. - 415 s.
11. Raus, E. Dinamika sistemy tverdykh tel / Pod red. Yu.A. Arkhangel'skogo i V.G. Demina. - Per. s angl. - V 2-kh tomakh. - T. 1. - M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1983. - 467 s.
12. Eichenwald, A.A. Theoretical physics: general mechanics. - Moscow: Librokom. - 2016. - 328 r.
13. Eichenwald, A.A. Theoretical physics: solid state mechanics. - Moscow: Librokom. - 2011. - 224 p.
14. Novikov I.A., Lazarev D.A. Experimental installation for calculation of road adhesion coefficient of locked car wheel // Transportation research procedia. - 2017. - V. 20. - R. 463-467.
15. Novikov I.A., Lazarev D.A., Kudinov D.V. The estimation of friction coefficient of vehicle's blocked wheel given with contact patch of the tread with the road surface // International journal of applied engineering research. - 2015. - V. 21. - R. 42721-42724.
16. Valishchev M.G., Povzner A.A. General physics course. - 2010. - Moscow: Lan. - 576 p.
17. Yablonskiy A.A., Nikiforova V.M. Kurs teoreticheskoy mekhaniki: uchebnoe posobie dlya vuzov. - 13-e izd., isprav. - M.: Integral-Press, 2009. - 603 s.

Novikov Ivan Alekseevich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Doctor of technical sciences
E-mail: ooows@mail.ru

Novikov Alexander Nikolaevich

Orel State University
Address: 302030, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: novikovan@ostu.ru

Lazarev Dmitry Alexandrovich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: avtotech31@mail.ru

Makhonin Vitaly Leonidovich

Orel State university
Address: 302030, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Graduate student
E-mail: triumph.expert@bk.ru

Научная статья

УДК 656.025.2 (470.6)

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-50-57

Ю.Х. ГУКЕТЛЕВ, Э.Ю. ГУКЕТЛЕВ, Я.С. ТКАЧЕВА

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЗОННОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ В ГОРОДАХ ЮГА РОССИИ

Аннотация. Проведен анализ оптимизации сезонных пассажирских перевозок, который позволяет определить уровень оптимальности транспортного парка города и прогнозировать его рациональное распределение на маршрутной сети города в летний период времени. Разработан алгоритм оптимального распределения пассажирского транспорта по городским маршрутам для достижения высокого уровня эффективности пассажирских перевозок.

Ключевые слова: транспорт, пассажиропоток, Юг России, летний период, пассажирские перевозки, алгоритм

Введение

Оптимальное регулирование пассажирских перевозок осуществляется за счет применения обобщенного параметра качества обслуживания, который учитывает высокий уровень обслуживания пассажиров при соответствующей экономической эффективности транспортного процесса [1]. При этом в качестве ключевого регулирующего показателя целесообразнее использовать интервал движения, который характеризует наличие пассажирского транспорта на маршрутной сети города. Не менее значимым параметром, характеризующим уровень обслуживания пассажиров, является продолжительность нахождения пассажиров в пути с учетом времени ожидания, посадки-высадки пассажиров и времени движения транспорта [2].

Материал и методы

Эти факторы позволяют для оптимизации сезонных пассажирских перевозок использовать следующий критерий:

$$\Psi = \sum_{i=1}^{n_k-1} [P_{ik} t_{ik}^{ож} + \tau_{ik} \sum_j^i (P_{jk} - R_{jk})], \quad (1)$$

где P_{ik} – число пассажиров, входящих на i остановке k -го маршрута;

R_{jk} – число пассажиров, вышедших на i остановке k -го маршрута;

$t_{ik}^{ож}$ – продолжительность ожидания пассажира на i -й остановке k -го маршрута;

τ_{ik} – длительность стоянки транспорта на i -й остановке k -го маршрута;

i, j – индексы остановок следования;

P_k – число остановок на k -ом маршруте.

В формуле (1) продолжительность ожидания $t_{ik}^{ож}$ и время стоянки транспорта характеризуют уровень загрузки транспорта, и этот критерий (1) можно применять для выбора типа транспорта с учетом его вместимости.

Уровень ситуационной потребности пассажирского транспорта по времени года и часам суток на маршрутной сети города определяется с помощью минимизации критерия ψ (1), с учетом ограничений как на число транспортных средств (2), так и на степень их загрузки (3), то есть:

$$A_k \leq A_k(t), \quad (2)$$

$$\gamma_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^i (P_{jk} - R_{jk})}{q_k} \leq \gamma_k(t), \quad (3)$$

где A_k – число транспортных средств на маршруте k ;

$A_k(t)$ – максимально возможное количество транспорта на маршруте k в момент времени t ;

γ_{ik} – коэффициент наполняемости транспорта на i остановке k маршрута;

$\gamma_k(t)$ – заданный параметр коэффициента наполняемости транспорта на k -ом маршруте;

q_k – средняя вместимость транспортного средства на маршруте k .

Теория / расчет

В результате оптимизации критерия эффективности (1) в условиях ограничений (2) и (3) создается возможность ситуационного регулирования пассажирских перевозок для исключения загрузки маршрутной сети транспортом малой вместимости на маршрутах с объемными пассажиропотоками и возникновения завышенных интервалов движения, что будет способствовать повышению качества обслуживания пассажиров [4-6].

Если исходить из того, что потребность в транспорте на маршрутной сети города достаточно для эффективной организации перевозки пассажиров в заданном объеме, то для уровня его наполняемости с учетом зависимости (3) можно применить следующее неравенство:

$$\sum_{j=1}^i (\Pi_{jk} - R_{jk}) \leq \gamma_{ik} q_k, \quad i = 1, \dots, \Pi_k, \quad (4)$$

где q_k – вместимость, используемого транспортного средства на маршруте k ;

Π_k – число остановок на маршруте k .

Неравенство (4) показывает, что наличие пассажиров в транспортном средстве на каждой остановке $\sum_{j=1}^i (\Pi_{jk} - R_{jk})$ не превышает его вместимости q_k .

Наличие пассажирского транспорта на маршрутной сети города имеет верхнее и нижнее ограничение при условии выполнения неравенства (2). Ограничение снизу (A_{kmin}) характеризует максимально допустимую загрузку пассажирского транспорта (γ_{max}) на i -й остановке в момент времени t с интервалом движения I_k , то есть:

$$A_{kmin} \geq \gamma_{max} \cdot \frac{t_k^{об}}{I_k}, \quad (5)$$

где γ_{max} – максимальный коэффициент наполнения транспортного средства;

$t_k^{об}$ – время оборота транспортного средства на маршруте k ;

I_k – интервал движения на маршруте k .

Нижнее ограничение исключает повышение сверхнормативного интервала движения и коэффициента наполнения транспортного средства.

Верхнее ограничение необходимо для недопущения снижения эффективности перевозки пассажиров [7]. Верхний уровень наличия транспорта на маршруте k (A_{kmax}) с учетом неравенств (4) и (5) можно представить в виде равенства:

$$A_{kmax} = \frac{t_k^{об}}{I_k}. \quad (6)$$

Время оборота рейса $t_k^{об}$ на маршруте k характеризуется зависимостью:

$$t_k^{об} = t_{дв} + t_{ос} = \frac{S_k}{V_{эк}}, \quad (7)$$

где $t_{дв}$ – время движения;

$t_{ос}$ – общее время остановок транспорта;

S_k – длина k -го маршрута в обоих направлениях;

$V_{эк}$ – эксплуатационная скорость на k -м маршруте;

n_k – количество остановок на k -м маршруте;

τ_k – средняя продолжительность стоянки на одной остановке.

Интервал движения (I_k) с учетом (7) в (6) будет представлен:

$$I_k = \frac{S_k}{V_k \cdot A_K} + \frac{n_k \tau_k}{A_K}. \quad (8)$$

При условии $A_K = A_{kmax}$ при минимальной продолжительности стоянки транспорта (τ_k) при посадке-высадке пассажиров с учетом времени отсутствия транспорта (t_k) из формулы (8) будем иметь максимальную потребность в транспорте:

$$A_{kmax} = \frac{S_k}{V_k \cdot I_K} + \frac{n_k \tau_k}{I_K}. \quad (9)$$

Таким образом, оптимальную потребность в пассажирском транспорте находится в интервале (A_{kmin}, A_{kmax}) формул (5) и (9):

$$\gamma_{max} \cdot \frac{t_k^{об}}{I_k} \leq A_k \leq \frac{S_k}{V_k \cdot I_K} + \frac{n_k \tau_k}{I_K}. \quad (10)$$

Для ситуационного регулирования пассажирского транспорта по маршрутам городской сети использован критерий оптимальности (1), где переменными параметрами приняты следующие показатели: средняя продолжительность ожидания транспорта пассажирами на i -й остановке k -го маршрута $(t_{ik}^{ож})$ и средняя продолжительность стоянки транспорта на одной остановке (τ_{ik}) . Число вошедших и вышедших пассажиров (Π_{jk}) и (R_{jk}) принимаются постоянными, соответствующие ограничению в виде неравенства (4). При постановке данной оптимизационной задачи принимается, что городская маршрутная сеть состоит из (N) маршрутов и известны следующие параметры: время следования между остановками, пассажиропотоки на маршрутах, продолжительность стоянки транспорта на остановках (τ_k) , общее число остановок на маршруте (n_k) и общее наличие пассажирского транспорта на городских маршрутах (M) [9].

Основной задачей оптимизации является распределение имеющихся транспортных средств по маршрутам города с целью минимизации суммарного времени ожидания пассажиров на остановках, при условии, что количество транспорта на маршрутах удовлетворяет неравенству (10), что обеспечивает высокий уровень качества обслуживания пассажиров [10-13]. Таким образом, критерий оптимального регулирования пассажирских перевозок (1) представляется в следующем виде:

$$\Psi = \sum_{k=1}^N [\Pi_k (t_k^{ож} + \tau_k)], \quad (11)$$

при условии ограничения:

$$\sum_{k=1}^N A_k \leq M. \quad (12)$$

Если продолжить, ожидания пассажиром транспорта $(t_k^{ож})$ на маршруте (k) можно представить зависимостью:

$$t_k^{ож} = \frac{t_k^{об}}{A_k} - \tau_k, \quad (13)$$

то целевая функция (11) окончательно примет вид:

$$\Psi = \sum_{k=1}^N [\Pi_k \cdot \frac{t_k^{об}}{A_k}]. \quad (14)$$

Представленная целевая функция (14) обеспечивает оптимальное распределение пассажирского транспорта по маршрутной сети города с учетом времени года и времени суток при применении метода динамического программирования. Это очень важно для южных городов России, так как в летний период времени городское население возрастает примерно на 50 % за счет туристов и отдыхающих [14, 16]. В этих ситуациях необходимо решать оптимизационные задачи по рациональному распределению пассажирского транспорта, соблюдению его ритмичного движения на маршрутах, снижению времени на ожидание транспорта и нахождение пассажиров в пути, что обеспечивает заданный уровень качества обслуживания.

В целевой функции (14) оптимального распределения пассажирского транспорта по маршрутам города в качестве регулирующего фактора на каждом k -м маршруте является количество пассажирского транспорта (A_k) , находящегося на линии. Значения показателей

(P_k) и $(t_k^{об})$ характеризуют k -й маршрут и инвариантны количеству транспорта, находящегося на данном маршруте [17].

Для оптимизации ситуационного количества пассажирского транспорта в летний период времени на маршрутах г. Майкопа применялись принципы динамического программирования с использованием целевой функции (14) и метода оптимальности по Р. Беллману. При этом происходила пошаговая минимизация целевой функции (14) с предположением, что на очередном шаге оптимизации количество транспорта соответствует предыдущему шагу [18-20]. В процессе распределения таким образом пассажирского транспорта, на очередном шаге получаем окончательно полную оптимизацию с учетом, что \min целевой функции (φ) уже пройден.

При этом функцией оптимизации является следующая зависимость:

$$\varphi_d = \min [\varphi(A_1, A_2, \dots, A_k)], \quad (15)$$

где $[\varphi(A_1, A_2, \dots, A_k)]$ – функция, рассчитываемая по формуле (14);

d – порядковый номер оптимизации по Р. Беллману.

Для данной функции (15) существует ограничение (12), то есть:

$$\sum_{k=1}^N A_k \leq M, \quad (16)$$

где N – количество маршрутов;

k – заданный k -й маршрут;

M – общее число пассажирского транспорта.

В летний период в ходе сезонного распределения дополнительного транспорта (P_k) на k -м маршруте из-за повышения пассажирских перевозок в южных городах, в частности в г. Майкопе, происходит уменьшение целевой функции (φ_d) (15), которое с учетом (14) характеризуется следующей зависимостью:

$$\varphi_d(A_k, P_k) = \frac{P_k t_k^{об}}{A_k} - \frac{P_k t_k^{об}}{A_k + P_k} = \frac{P_k t_k^{об} P_k}{A_k(A_k + P_k)}. \quad (17)$$

Известно, что параметр $\{\varphi_d\}$ рекуррентно связан с выражением:

$$\varphi_d = \varphi_{d-1} - \max[\varphi_k(A_k, 1)], \quad (18)$$

в соответствии с чем каждый последовательный шаг оптимизации улучшает результат при дополнительном добавлении одной единицы транспорта на маршруте, приближаясь к минимуму целевой функции (φ_d) (15).

Нижний уровень ограничения (10) оптимизации методом динамического программирования по распределению сезонного количества транспорта в летний период на маршрутах г. Майкопа определяется в виде начального приближения для расчетов оптимального количества транспорта (A_k) на k -м маршруте.

Результаты и обсуждение

Таким образом, данный принцип распределения пассажирского транспорта построен на расчетах с учетом сезонного объема пассажиропотоков, продолжительности оборота на маршруте, эффективности и качества транспортного обслуживания населения города.

Начальным планом дополнительного сезонного распределения транспорта для каждого маршрута целесообразно применять расчетное минимальное количество пассажирского транспорта [3, 8, 15].

Оптимальное распределение сезонного дополнительного пассажирского транспорта в городах Юга России, в частности в г. Майкопе, заметно повышает параметры эффективности и качества пассажирских перевозок.

Выводы

По итогам проведенного исследования предложен алгоритм оптимального распределения пассажирского транспорта по городским маршрутам для достижения высокого уровня эффективности пассажирских перевозок (рис. 1).



Рисунок 1 – Алгоритм расчета городской маршрутной сети с учетом уровня эффективности перевозок пассажиров в летний период обследования пассажиропотоков

Представленный метод оптимизации сезонных пассажирских перевозок позволяет определить уровень оптимальности транспортного парка города и прогнозировать его рациональное распределение на маршрутной сети города в летний период времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белокуров В.П., Бусарин Э.Н., Кораблев Р.А., Штепа А.А., Гукетлев Э.Ю., Сподарев Р.А., Артемов А.Ю. Модели оптимального взаимодействия пассажирского автотранспорта различных форм собственности // Альтернативные транспортные технологии. - Т. 5. - №1(8). - 2018. - С. 76-79.
2. Белокуров В.П., Артемов А.Ю., Бойко Н.И., Бусарин Э.Н. Обеспечение эффективности и качества пассажирских автотранспортных перевозок // Бюллетень транспортной информации. - 2013. - №4(214). - С. 022-024.
3. Белокуров В.П., Бусарин Э.Н., Кораблев Р.А., Фомичев С.В., Черняев А.Н. Особенности прогнозирования и планирования пассажирских перевозок в городах Юга России // Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе: Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. - 2018. - С. 21-24.
4. Белокуров В.П., Бусарин Э.Н., Артемов А.Ю., Пустовалов С.В. Управление организацией пассажирских перевозок и их особенности // Бюллетень транспортной информации. - 2016. - №5(251). - С. 8-12.
5. Белокуров В.П., Бусарин Э.Н., Сподарев Р.А., Гукетлев Э.Ю. Формирование маршрутной транспортной сети пассажирского транспорта крупных городов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2016. - Т. 4. - №5-3(25-3). - С. 22-25.
6. Бодров А.С., Кулев А.В., Ломакин Д.О., Новиков А.Н. Анализ структуры, мощности и направлений пассажиропотоков в городе Орел // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - №1(64). - С. 42-48.
7. Гукетлев Э.Ю., Ткачева Я.С. Моделирование эффективности и качества организации сезонной системы пассажирских перевозок в г. Майкопе // Мир транспорта и технологических машин. - 2018. - №3(62). - С. 75-81.
8. Гукетлев Ю.Х., Ткачева Я.С., Хажокова С.С., Шаповалова Н.Н. Исследование транспортных передвижений населения г. Майкопа // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - №3(66). - С. 51-57.
9. Гукетлев Ю.Х., Ткачева Я.С., Гукетлев Э.Ю. Зарубежный опыт развития городского пассажирского транспорта // Новые технологии. - 2016. - №4. - С. 27-32.
10. Гукетлев Ю.Х., Ткачева Я.С., Гукетлев Э.Ю. Пассажирский транспорт в социально-культурном пространстве городов и регионов // Новые технологии. - 2016. - №4. - С. 22-26
11. Злобина Н.И., Денисов Г.А., Белокуров В.П., Климова Г.Н. Пути повышения безопасности работы городского пассажирского транспорта // Университетская наука – 2016: тезисы докладов Международной научно-технической конференции в 3-х томах. - 2016. - С. 258.
12. Ионов Е.В., Свистунова А.Ю., Агуреев И.Е. Натурное обследование городской транспортной сети // Транспортное дело России. - 2019. - №5. - С. 80-83.
13. Корчагин В.А., Новиков А.Н., Ляпин С.А., Ризаева Ю.Н. Сложные саморазвивающиеся транспортные системы // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - №2(53). - С. 110-116.
14. Кулев А.В., Новиков А.Н., Кулев М.В., Кулева Н.С. Анализ системы городского пассажирского транспорта в г. Орле / Под общ. ред. А.Н. Новикова // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: Материалы 5-ой Международной научно-практической интернет-конференции. - 2016. - С. 218-228.
15. Кулев А.В., Новиков А.Н., Кулев М.В., Кулева Н.С. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 378-382.
16. Кущенко Л.Е., Новиков И.А., Новиков А.Н. Применение нечеткого моделирования в транспортной сфере // Вестник гражданских инженеров. - 2017. - №5(64). - С. 157-162.
17. Новиков А.Н., Еремин С.В. Концепция имитационного моделирования, оптимизации и проектирования транспортной инфраструктуры в условиях стохастической и лингвистической неопределенности // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - №2(65). - С. 42-50.
18. Новиков А.Н., Кулев А.В., Кулев М.В., Кулева Н.С. Методика организации маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - №1(48). - С. 85-92.
19. Новиков А.Н., Кулев А.В., Катунин А.А., Кулев М.В., Кулева Н.С. Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в г. Орле // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - №3(50). - С. 115-122.

20. Родькина Е.М., Кожин Г.В., Володькин П.П. Разработка комплексного подхода к решению вопросов транспортного обслуживания населения // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - Т. 3. - №4-1(15-1). - С. 378-383.

Гукетлев Юсуф Хаджибирович

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191
Д.э.н., профессор кафедры автомобильного транспорта
E-mail: guketlevuh@mail.ru

Гукетлев Эльдар Юсуфович

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191
Старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта
E-mail: guketlevuh@mail.ru

Ткачева Яна Сергеевна

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191
К.э.н., доцент, зав. кафедрой автомобильного транспорта,
E-mail: tkachev4@mail.ru

YU.K. GUKETLEV, E.YU. GUKETLEV, YA.S. TKACHEVA

OPTIMAL ALLOCATION OF SEASONAL ADDITIONAL PASSENGER TRANSPORT DURING THE SUMMER PERIOD IN THE CITIES OF THE SOUTH OF RUSSIA

***Abstract.** The analysis of the optimization of seasonal passenger traffic has been carried out, which allows determining the level of optimality of the city's transport fleet and predicting its rational distribution on the city's route network in the summer period. An algorithm for the optimal distribution of passenger transport along urban routes has been developed to achieve a high level of passenger transportation efficiency.*

***Keywords:** transport, passenger traffic, South of Russia, summer period, passenger traffic, algorithm*

BIBLIOGRAPHY

1. Belokurov V.P., Busarin E.N., Korablev R.A., Shtepa A.A., Guketlev E.Yu., Spodarev R.A., Artemov A.Yu. Modeli optimal'nogo vzaimodeystviya passazhirskogo avtotransporta razlichnykh form sobstvennosti // Alternativnye transportnye tekhnologii. - Т. 5. - №1(8). - 2018. - С. 76-79.
2. Belokurov V.P., Artemov A.Yu., Boyko N.I., Busarin E.N. Obespechenie effektivnosti i kachestva passazhirskikh avtotransportnykh perevozok // Byulleten' transportnoy informatsii. - 2013. - №4(214). - С. 022-024.
3. Belokurov V.P., Busarin E.N., Korablev R.A., Fomichev S.V., Chernyaev A.N. Osobennosti prognozirovaniya i planirovaniya passazhirskikh perevozok v gorodakh Yuga Rossii // Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya na sovremennom etape: Sbornik nauchnykh trudov po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2018. - С. 21-24.
4. Belokurov V.P., Busarin E.N., Artemov A.Yu., Pustovalov S.V. Upravlenie organizatsiyey passazhirskikh perevozok i ikh osobennosti // Byulleten' transportnoy informatsii. - 2016. - №5(251). - С. 8-12.
5. Belokurov V.P., Busarin E.N., Spodarev R.A., Guketlev E.Yu. Formirovanie marshrutnoy transportnoy seti passazhirskogo transporta krupnykh gorodov // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. - 2016. - Т. 4. - №5-3(25-3). - С. 22-25.
6. Bodrov A.S., Kulev A.V., Lomakin D.O., Novikov A.N. Analiz struktury, moshchnosti i napravleniy passazhiropotokov v gorode Orel // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №1(64). - С. 42-48.

7. Guketlev E.Yu., Tkacheva Ya.S. Modelirovanie effektivnosti i kachestva organizatsii sezonnoy sistemy passazhirskikh perevozok v g. Maykope // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2018. - №3(62). - S. 75-81.
8. Guketlev Yu.H., Tkacheva Ya.S., Hazhokova S.S., Shapovalova N.N. Issledovanie transportnykh pere-dvizheniy naseleniya g. Maykopa // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2019. - №3(66). - S. 51-57.
9. Guketlev Yu.H., Tkacheva Ya.S., Guketlev E.Yu. Zarubezhnyy opyt razvitiya gorodskogo passazhirskogo transporta // *Novye tekhnologii.* - 2016. - №4. - S. 27-32.
10. Guketlev Yu.H., Tkacheva Ya.S., Guketlev E.Yu. Passazhirskiy transport v sotsial'no-kul'turnom pro-stranstve gorodov i regionov // *Novye tekhnologii.* - 2016. - №4. - S. 22-26
11. Zlobina N.I., Denisov G.A., Belokurov V.P., Klimova G.N. Puti povysheniya bezopasnosti raboty go-rodskogo passazhirskogo transporta // *Universitetskaya nauka* - 2016: tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii v 3-kh tomakh. - 2016. - S. 258.
12. Ionov E.V., Svistunova A.Yu., Agureev I.E. Naturnoe obsledovanie gorodskoy transportnoy seti // *Transportnoe delo Rossii.* - 2019. - №5. - S. 80-83.
13. Korchagin V.A., Novikov A.N., Lyapin S.A., Rizaeva Yu.N. Slozhnye samorazvivayushchiesya transportnye sistemy // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2016. - №2(53). - S. 110-116.
14. Kulev A.V., Novikov A.N., Kulev M.V., Kuleva N.S. Analiz sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta v g. Orle / Pod obshch. red. A.N. Novikova // *Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: Materialy 5-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii.* - 2016. - S. 218-228.
15. Kulev A.V., Novikov A.N., Kulev M.V., Kuleva N.S. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya go-rodskogo passazhirskogo transporta // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* - 2016. - S. 378-382.
16. Kushchenko L.E., Novikov I.A., Novikov A.N. Primenenie nechetkogo modelirovaniya v transportnoy sfere // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov.* - 2017. - №5(64). - S. 157-162.
17. Novikov A.N., Eremin S.V. Kontseptsiya imitatsionnogo modelirovaniya, optimizatsii i proektirovaniya transportnoy infrastruktury v usloviyakh stokhasticheskoy i lingvisticheskoy neopredelennosti // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2019. - №2(65). - S. 42-50.
18. Novikov A.N., Kulev A.V., Kulev M.V., Kuleva N.S. Metodika organizatsii marshrutnoy seti gorodskogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2015. - №1(48). - S. 85-92.
19. Novikov A.N., Kulev A.V., Katunin A.A., Kulev M.V., Kuleva N.S. Optimizatsiya marshrutov passa-zhirskogo transporta v g. Orle // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2015. - №3(50). - S. 115-122.
20. Rod'kina E.M., Kozhin G.V., Volod'kin P.P. Razrabotka kompleksnogo podkhoda k resheniyu voprosov transportnogo obsluzhivaniya naseleniya // *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i prak-tika.* - 2015. - T. 3. - №4-1(15-1). - S. 378-383.

Guketlev Yusuf Khadzhibiramovich

Maykop State Technological University

Address: 385000, Republic of Adygea, Maykop, Pervomayskaya str., 191

Doctor of economic sciences

E-mail: guketlevuh@mail.ru

Guketlev Eldar Yusufovich

Maykop State Technological University

Address: 385000, Republic of Adygea, Maykop, Pervomaiskaya str., 191

Senior lecturer

E-mail: guketlevuh@mail.ru

Tkacheva Yana Sergeevna

Maykop State Technological University

Address: 385000, Republic of Adygea, Maykop, Pervomaiskaya str., 191

Candidate of economic sciences

E-mail: tkachev4@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025.2 (470.6)

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-58-64

А.Р. АСОЯН, В.В. ФИЛАТОВ, А.А. АКУЛОВ, В.В. ГАЕВСКИЙ

СОЗДАНИЕ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ

Аннотация. В данной статье определены основные задачи управления транспортной системой. Выявлены основные критерии качества управления автотранспортными перевозками. Проанализирована обобщенная схема управления транспортировки грузов и пассажиров и на ее основе составлены три типа динамической системы управления транзитами, которые в свою очередь отличаются наличием исходной информации. Произведен анализ основных проблем, возникающих в ходе разработки данных систем и предложены методы их решения. В ходе исследования был сформулирован вывод, основанный на рациональной эксплуатации автотранспортных средств и позволяющий повысить эффективность перевозок грузов и пассажиров.

Ключевые слова: динамическая модель, транспортные перевозки, схема управления логистическими перевозками, алгоритмизация процессов, грузовые автотранспортные средства

Введение

На сегодняшний день в динамически изменяющихся условиях развития экономики и транспортной инфраструктуры страны, система грузовых автомобильных перевозок является нестабильной и недостаточно эффективной, что в свою очередь требует организации наиболее производительного процесса доставки грузов и пассажиров. Помимо этого, правильное и эффективное планирование грузовых перевозок позволяет в значительной степени контролировать техническое состояние техники и управлять ее ресурсом. Решением данной проблемы может стать создание оптимизированной динамической системы управления логистическими перевозками.

В ходе анализа критериев качества управления транзитными перевозками как наиболее важные стоит выделить: поддержание производительности, эффективность и регулярность. Стоит отметить, что на формирование логистической модели компании также влияет выбор вида автотранспортного парка – собственного или сторонней организации. Данный выбор определяется исходя из объема перевозок, бюджета для реализации транзита, перечня операций, а также состояния собственного автопарка [1-4]. Динамическая система управления перевозками для корректной работы требует наличие большого объема данных о состоянии техники, окружающей среды, режиме работы и др. Таким образом, при наличии в динамической системе управления данный о техническом состоянии транспортного средства в режиме реального времени появляется возможность контроля и управления ее ресурса и, как следствие, снижения финансовых издержек в связи со снижением затрат на текущий ремонт и техническое обслуживание.

Как показывает практика, достаточно сложным является определение наиболее эффективного способа перевозки при конкретных условиях, что в свою очередь требует определение наиболее выгодного варианта случайных проявлений указанных факторов [5]. Стоит отметить, что наименьшие затраты эксплуатации транспорта при транзитных работах достигаются при медленном процессе транспортировки или же требуют значительного размера минимальной поставки. Резюмируя, можно сделать вывод о том, что выбор транспорта компании или аренда из организации, реализующей транзитные перевозки, базируется на дополнительных или уточняющих обстоятельствах.

Материал и методы

В процессе исследований компаний, нуждающихся в перевозке грузов и пассажиров, было выявлено, что собственный транспорт является наиболее выгодным в случаях регулярных перевозок, при этом интенсивность реализации автомобильного парка должна поддер-

живаться на уровне не менее 80 %. Тем не менее факторы, которые не оказывают прямого влияния на издержки компании также формируют выбор перевозчиком способа транспортировки [6-8].

Однако, в общем объеме собственного реализуемого автопарка компании могут использовать и наемный транспорт, в этом случае для формирования качественной структуры задач управления логистическим процессом используется соотношение количества наемной в общем объеме используемой техники. Применение данной услуги влечет за собой задействование консолидированной отправки, ведение дополнительной документации, а также образование аксессуарных издержек.

Основные задачи управления логистическими цепями:

- 1) диспетчеризация;
- 2) формирование системы отдельных машин для отправки грузов или пассажиров;
- 3) перевозочная маршрутизация;
- 4) суточные планы, их разработка и оптимизация;
- 5) управление графиком работы автотранспортного парка и составление соответствующей документации.

В результате классификация процессов управления должна способствовать осуществлению направленному влиянию на участников перевозочного процесса с целью сохранения устойчивой структуры, режима работы и достижения плановых результатов функционирования автотранспортного парка [9].

Основной целью управления в составной системе взаимодействия между логистической компанией и заказчиком транспортных услуг является оптимизированное планирование и эффективное использование ресурсов, что соответственно влечет минимизацию издержек и достижение наиболее высоких результатов. Обобщенная схема процесса управления перевозочными работами представлена на рисунке 1.

Немаловажным пунктом в данной системе является наличие обратной связи и ее обработка. В связи с чем формируются необходимые для достижения наилучшего результата управляющие факторы на логистический процесс и их организация, в зависимости от внешних условий и достигаемой цели [10-14].



Рисунок 1 - Обобщенная схема управления логистическими перевозками

Применение интеллектуальных систем управления для осуществления процесса выработки решений управляющего органа позволяет повысить скорость обработки получаемой информации за счёт базы данных различных вариантов решения возникающих неопределенностей, что также положительно влияет использование автоматизированных алгоритмов для обработки данных [15].

Стоит отметить, что специализированная подборка целей системы, своевременное планирование и управление перевозок, а также ведение координированного учета и контроля

осуществления действий формируют организацию процессов управления в динамически изменяющихся внешних критериях окружающей среды. Через внедрение разрабатываемых систем управления нового поколения возможна оптимизация процесса реализации данных функций путем объединения их в целенаправленный процесс.

Данные системы способствуют независимому выбору целей, реализации процесса принятия решения, наличию необходимого набора функций, определяющих конечный результат, а также прогнозированию значений характеристик и критериев системы и их сравнению с реальными данными, вследствие наличия обратной связи.

Полноценные интеллектуальные системы управления, которые удовлетворяют вышеперечисленному функционалу, находятся на стадии разработки и являются программными комплексами автоматического принятия решений при управлении сложными системами и их процессами [16-19]. Реализация оценки и выполнения действий в условиях изменения среды эксплуатации позволяет сформировать отдельный набор функционала интеллектуальных систем управления при проведении планирования перевозок грузов и пассажиров.

Теория / расчет

Процесс достижения поставленной цели на основе входных параметров автотранспортного парка основан на динамической системе управления, позволяющей соотнести характеристики вероятного и реального результата от различных исходов операций и выработать наиболее оптимальное решение [20]. Однако динамическая система управления должна соответствовать следующим параметрам:

- 1) наличие требуемой базы данных;
- 2) наличие соответствующего математического аппарата, в котором содержатся методы решения типовых задач;
- 3) возможность оценки результатов;
- 4) возможность прогнозирования результатов функционирования системы;
- 5) возможность принятия управляющего решения;
- 6) возможность оценки решения задачи посредством моделирования её процессов.

Стоит отметить, что характер исполняемой задачи напрямую влияет на составляющие динамической системы управления, поэтому алгоритмы могут быть представлены в различных видах. На основе вышесказанного возможно составить три основных типа динамической системы управления. Структурная схема системы первого типа представлена на рисунке 2, где исходные данные подробно устанавливают характер описываемых процессов. Спецификация и постановка задачи формирует получаемое решение, которое в свою очередь базируется на математических методах.

Данный метод управления вводится в базу данных и является основным воздействующим фактором для управляющего процесса воздействия. Стоит отметить, что до поступления управляющего воздействия на объект имитационная математическая модель может дать предварительную оценку целесообразности этого воздействия.

Система первого типа предназначена для решения конкретных задач, с полноценно сформированной информационной базой данных на основе строгих математических методов и оптимизационных моделей. Однако, динамическая система управления логистическими перевозками второго типа имеет отличительную особенность, а именно, решение сложно формализуемых задач в условиях недостаточного или полного отсутствия информации (рис. 3).



Рисунок 2 - Динамическая система управления логистическими процессами первого типа



Рисунок 3 - Динамическая система управления логистическими процессами второго типа

В данном типе допускается использование знаний экспертов, являющихся квалифицированными специалистами в данной сфере или ряда теоретических методов принятия решений. Стоит отметить, что в ходе построения динамической системы управления второго типа главной трудностью является выбор рационального процесса принятия решения и создание на его базе модели.

Динамическая модель управления третьего типа представляет собой комплекс моделей первого и второго типа, где база данных состоит из математических формул и является упрощенным описанием с информацией экспертов. Также она включает в себя математические методы поиска решений с нестрогими эвристическими способами.

Результаты

Основные трудности при проектировании динамической системы управления транзитными перевозками:

- 1) основы формирования и определение структуры построения базы данных;
- 2) потребность в разработке новых и оптимизированном использовании известных теорий и методов для описания процессов, используемых в системе;
- 3) потребность в разработке и оптимизации процесса принятия решений;
- 4) необходимость в разработке алгоритмов и программного обеспечения, а также их внедрение в систему управления.

Динамическая система управления транзитными перевозками должна иметь возможность оптимизации к изменениям условий эксплуатационной среды перевозочного процесса, иметь возможность изменять условия работы объектов в процессе принятия рационального решения и выработки процессов управления, должна обладать возможностью ввода новых связей в описании возможных ситуаций, а также производить качественную работу в условиях недостаточной или полной нехватке исходной информации.

Для формирования или выбора той или иной динамической системы управления, необходимо проанализировать исходные данные по видам заявок на основании статистически обработанной информации.

Обсуждение и выводы

Для повышения качества и эффективности перевозок грузов и пассажиров, а также улучшения и поддержания эксплуатационных показателей транспортных средств разработаны динамические системы управления логистическими перевозками, отличительной особенностью которых является рациональная эксплуатация автотранспортных средств. Алгоритмы управления в данных системах формируются в зависимости от характера поставленных задач, формирование которых происходит в зависимости от цели. Стоит отметить, что наиболее подробное решение задачи оптимизации процесса возможно при рассмотрении ее как многокритериальной. Среди всех решений определяется наиболее подходящий вариант, который опирается на ожидаемый результат. Также выбор той или иной динамической системы управления происходит в зависимости от значимости и объема исходной информации, сформированной в ходе анализа имеющихся ресурсов и автотранспортного парка организации. Помимо этого, динамическая система управления перевозками позволяет контролировать в режиме реального времени техническое состояние транспортного средства, что положительно скажется на ресурсе техники, а также позволит снизить финансовые затраты на ремонт и техническое обслуживание. Стоит отметить, что на эффективность грузоперевозок влияет выбор оптимального маршрута следования, что позволяет сберечь ресурс техники, а также достичь максимума ее производительности.

Полученная в ходе исследования информация может положительно повлиять на формирование логистических систем, уменьшить срок доставки, повысить объем транзита, сохранив ресурс техники, а также снизить затраты компаний на транспортные перевозки пассажиров и грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Iukin M., Prusov E., Roshchina S., Karelina M., Vatin N. Multi-span composite timber beams with rational steel reinforcements // Buildings. - 2021. - №2. - С. 1-12.
2. Панько, Ю.В. Функциональные области управления предприятием: монография – Саратов: Амирит, 2020. – 126 с.
3. Карелина, М.Ю. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебное пособие для студентов вузов по направлению подготовки «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» - Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2016. - 328 с.
4. Mamaev A., Balabina T., Karelina M. Method for determining road rut depth and power related to rutting upon wheel rolling // TRANSPORTATION RESEARCH PROCEDIA 14. Сер. «14th International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities, OTS 2020». - SPb: Elsevier B.V. - 2020. - С. 430-435.
5. Карташов А.А., Москвин Р.Н. Внедрение современных информационных технологий в автосервисе // News of Science and Education. – 2018. – Т. 10. - №3. – С. 85-89.
6. Ганькин, Ю.А. Основы теории автотракторных двигателей - М: РГАЗУ, 1997. - 304 с.

7. Максикова Е.Д., Голик С.А. Оптимизация транспортного процесса промышленных предприятий // Вестник Иркутского университета. – 2018. – №21. – С. 191-193.
8. Теоретические и концептуальные представления о взаимодействии человека с системами искусственного интеллекта в транспортной экосистеме: монография – М.: МАДИ, 2021. – 146 с.
9. Abid S.R., Ali S.H., Kadhum A.L., Al-gasham T.S., Gunasekaran M., Fediuk R., Vatin N., Karelina M. Impact performance of steel fiber-reinforced self-compacting concrete against repeated drop weight impact // Crystals. – 2021. – №2. – С. 1-17.
10. Юсупова О.В., Филатов М.И. Прогнозирование потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса // Интеллектуальный и научный потенциал XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Волгоград: ООО «ОМЕГА САЙНС», 2017. – С. 106-111.
11. Зырянов В.В., Кочерга В.Г. Математическое моделирование дорожного движения // Математическое моделирование в научных исследованиях: Материалы Всероссийской научной конференции. – Ставрополь. – 2000. – С.198-199.
12. Иванов П.И. Управление информационными системами: базовые концепции и тенденции развития [Электронный ресурс] // Открытые системы. – 1999. – №4. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1999/04/08>.
13. Исследование операций. В 2-х т. Т.2. Модели и применения / Под ред. Дж.Моудера, С. Эммаграби; Перев. с англ. – М.: Мир, 1981.
14. Карелина М.Ю., Арифиллин И.В., Терентьев А.В. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств // Вестник МАДИ. – 2018. – №1(52). – С. 3-9
15. Ким Вон. Технология объектно-ориентированных баз данных [Электронный ресурс] // Открытые системы. – 1994. – №4. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/1994/04/3>
16. Колесов, Ю.Б. Компонентные технологии математического моделирования: Учеб. пособ. – СПб: Политехнический университет, 2013. – 233 с.
17. Колесов, Ю.Б. Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход: Учеб. пособ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 192 с.
18. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем - М.: Мир, 1973. – 342 с.
19. Мейер, Б. Объектно-ориентированное конструирование программных систем. – М.: Русская редакция, 2005.
20. Прудовский Б.Д., Терентьев А.В. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования // Записки Горного института. Том 211. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – 2015. – С. 89-90.
21. Кареева М.Р., Напхоненко Н.В. Методы формирования моделей организации пассажирских перевозок // Друkerовский вестник. – 2019. – №5(31). – С. 123-131.

Артур Рафикович Асоян

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: Россия, 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64 проезд
Д.т.н., профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис»
E-mail: asoyan.ar@mail.ru

Владимир Викторович Филатов

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: Россия, 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64 проезд
К.т.н., доцент кафедры «Детали машин и теория механизмов»
E-mail: 2vfilatov@gmail.com

Алексей Андреевич Акулов

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: Россия, 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64 проезд
Ассистент кафедры «Детали машин и теория механизмов»
E-mail: a.akulov.98@mail.ru

Виталий Валентинович Гаевский

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: Россия, 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64 проезд
Д.т.н., профессор кафедры «Автомобили»
E-mail: vit-life@rambler.ru

A.R. ASOYAN, V.V. FILATOV, A.A. AKULOV, V.V. GAEVSKIY.

CREATION OF AN OPTIMIZED DYNAMIC TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM

Abstract. This article defines the main tasks of the management of the transport system. The main criteria for the quality of road transport management have been identified. The generalized control scheme for the transportation of goods and passengers is analyzed. On its basis, three types of a dynamic transit management system have been compiled, which in turn differ in the presence of initial information. An analysis of the main problems that arise during the development of these sys-

tems is made and methods for their solution are proposed. In the course of the research, a conclusion was formed that, based on the rational operation of vehicles, will increase the level of efficiency of transportation of goods and passengers.

Keywords: *dynamic model, transportation, logistics transportation management scheme, process algorithmization, freight vehicles*

BIBLIOGRAPHY

1. Iukin M., Prusov E., Roshchina S., Karelina M., Vatin N. Multi-span composite timber beams with rational steel reinforcements // Buildings. - 2021. - №2. - S. 1-12.
2. Pan'ko, Yu.V. Funktsional'nye oblasti upravleniya predpriyatiem: monografiya - Saratov: Amirit, 2020. - 126 s.
3. Karelina, M.Yu. Vypusknaya kvalifikatsionnaya rabota bakalavra: uchebnoe posobie dlya studentov vuzov po napravleniyu podgotovki «Ekspluatatsiya transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov» - Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni N.V. Parakhina, 2016. - 328 s.
4. Mamaev A., Balabina T., Karelina M. Method for determining road rut depth and power related to rutting upon wheel rolling // TRANSPORTATION RESEARCH PROCEDIA 14. Ser. «14th International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities, OTS 2020». - SPb: Elsevier B.V. - 2020. - S. 430-435.
5. Kartashov A.A., Moskvina R.N. Vnedrenie sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy v avtoservise // News of Science and Education. - 2018. - T. 10. - №3. - S. 85-89.
6. Gan'kin, YU.A. Osnovy teorii avtotraktornykh dvigateley - M: RGAZU, 1997. - 304 s.
7. Maksikova E.D., Golik S.A. Optimizatsiya transportnogo protsessa promyshlennyykh predpriyatiy // Vestnik Irkutskogo universiteta. - 2018. - №21. - S. 191-193.
8. Teoreticheskie i kontseptual'nye predstavleniya o vzaimodeystvii cheloveka s sistemami iskusstvennogo intellekta v transportnoy ekosisteme: monografiya - M.: MADI, 2021. - 146 s.
9. Abid S.R., Ali S.H., Kadhum A.L., Algasham T.S., Gunasekaran M., Fediuk R., Vatin N., Karelina M. Impact performance of steel fiber-reinforced self-compacting concrete against repeated drop weight impact // Crystals. - 2021. - №2. - S. 1-17.
10. Yusupova O.V., Filatov M.I. Prognozirovaniye potrebnosti v zapasnykh chastyakh na predpriyatiyakh avtoservisa // Intellektual'nyy i nauchnyy potentsial XXI veka: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Volgograd: OOO «OMEGA SAYNS», 2017. - S. 106-111.
11. Zyryanov V.V., Kocherga V.G. Matematicheskoe modelirovaniye dorozhnogo dvizheniya // Matematicheskoe modelirovaniye v nauchnykh issledovaniyakh: Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. - Stavropol'. - 2000. - S. 198-199.
12. Ivanov P.I. Upravleniye informatsionnyimi sistemami: bazovyye kontseptsii i tendentsii razvitiya [Elektronnyy resurs] // Otkrytye sistemy. - 1999. - №4. - Rezhim dostupa: <http://www.osp.ru/os/1999/04/08>.
13. Issledovaniye operatsiy. V 2-kh t. T.2. Modeli i primeneniya / Pod red. Dzh.Moudera, S. Emmagrabi; Perv. s angl. - M.: Mir, 1981.
14. Karelina M.Yu., Arifullin I.V., Terent'ev A.V. Analiticheskoye opredeleniye vesovykh koeffitsientov pri mnogokriterial'noy otsenke effektivnosti avtotransportnykh sredstv // Vestnik MADI. - 2018. - №1(52). - S. 3-9.
15. Kim Von. Tekhnologiya ob'ektno-orientirovannykh baz dannykh [Elektronnyy resurs] // Otkrytye sistemy. - 1994. - №4. - Rezhim dostupa: <http://www.osp.ru/os/1994/04/3>
16. Kolesov, Yu.B. Komponentnyye tekhnologii matematicheskogo modelirovaniya: Ucheb. posob. - SPb: Politekhnikeskyy universitet, 2013. - 233 s.
17. Kolesov, Yu.B. Modelirovaniye sistem. Ob'ektno-orientirovanny podkhod: Ucheb. posob. - SPb.: BHV-Piter, 2006. - 192 s.
18. Mesarovich, M. Teoriya ierarhicheskikh mnogourovnevnykh sistem - M.: Mir, 1973. - 342 s.
19. Meyer, B. Ob'ektno-orientirovannoye konstruirovaniye programmykh sistem. - M.: Russkaya redaktsiya, 2005.
20. Prudovskiy B.D., Terent'ev A.V. Metody opredeleniya mnozhestva Pareto v nekotorykh zadachakh lineynogo programmirovaniya // Zapiski Gornogo instituta. Tom 211. - SPb.: Natsional'nyy mineral'no-syr'evoy universitet «Gornyy». - 2015. - S. 89-90.
21. Karaeva M.R., Napkhonenko N.V. Metody formirovaniya modeley organizatsii passazhirskikh perevozok // Drukerovskiy vestnik. - 2019. - №5(31). - S. 123-131.

Asoyan Artur Rafikovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
Address: Russia, 125319, Moscow, Leningradsky Prospekt, 64
Doctor of technical sciences
E-mail: asoyan.ar@mail.ru

Filatov Vladimir Viktorovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
Address: Russia, 125319, Moscow, Leningradsky Prospekt, 64
Candidate of technical sciences
E-mail: 2vfilatov@gmail.com

Akulov Aleksey Andreyevich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
Address: Russia, 125319, Moscow, Leningradsky Prospekt, 64
Assistant
E-mail: a.akulov.98@mail.ru

Gaevsky Vitaly Valentinovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
Address: Russia, 125319, Moscow, Leningradsky Prospekt, 64
Doctor of technical sciences
E-mail: vit-life@rambler.ru

Научная статья

УДК 656.1

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-65-72

В.В. ВАСИЛЬЕВА, А.Г. ШЕВЦОВА, Е.А. НОВОПИСНЫЙ, А.Г. ЛОКТИОНОВА

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Аннотация. Выполнен анализ транспортного потока на пересечениях г. Белгорода, на основании которого установлены основные модели, легковых транспортных средств наиболее часто встречающиеся в потоке и оценены их технические и конструктивные параметры, которые позволили установить параметры калиброванного автомобиля, необходимого для выполнения расчетов при организации дорожного движения, а также управлении движением. Произведенная оценка позволила установить экологические показатели, для оценки эффективности установленных методов управления исследуемого транспортного потока.

Ключевые слова: транспортный поток, технические и конструктивные параметры, типы автомобилей, калиброванный автомобиль, экологические показатели, эффективность

Введение

Транспорт является связующим элементом и выполняет главную роль в передвижении людей и товаров как в крупных городах, так и небольших поселках, образуя транспортную сеть не только внутри Российской Федерации, но и за ее пределами. Транспортные потоки распределяются по территории городов неодинаково, как правило в центральной части города поток наиболее насыщен и масштабен по величине и степени концентрации транспортных средств, что в дальнейшем приводит к перегрузке улично-дорожной сети (УДС) города: возникновение заторов, затруднения работы общественного транспорта и работы специальных служб. Для минимизации возникновения таких ситуаций, безусловно, требует постоянный контроль посредством нормативно-правового обеспечения, как в сфере организации дорожного движения, так и в целом, в сфере градостроительства, но и совершенствование методов оптимизации управления – рационального управления движением городскими транспортными потоками.

При реализации управленческих методов, связанных в первую очередь с использованием различных исполнительных элементов интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [2] возможно, в некоторой степени, разгрузить УДС за счет снижения задержек транспортных средств и оптимизировать дорожное движение. Но для эффективной организации дорожного движения и применения исполнительных элементов, необходимо проводить всесторонние исследования транспортных потоков, основанных в первую очередь, на анализе его состава [3], позволяющего оценить основные типы транспортных средств, представленных потоке, а также выполнить детальный анализ основного типа транспортных средств – легкового, параметры которого являются основополагающими при расчете различных управляющих показателей, например, при использовании светофорного регулирования – потока насыщения [4], времени промежуточного такта и пр. [4]. Помимо этого, детальный анализ состава транспортного потока позволяет оценить степень воздействия на экологию, за счет расчета вредных выбросов в атмосферу [5], а также выполнить анализ шумового воздействия [6].

Материал и методы

При оценке разнородности состава транспортного потока общепринятой классификацией способом выделяют легковые транспортные средства, грузовые транспортные средства, различной грузоподъемности и автобусы, различной пассажироместимости [7]. В соответствии с нормативными источниками [8, 9] в большинстве городов, движение грузовых транспортных средств по центральным улицам городов, а так же сам въезд в город запрещен.

Поэтому в транспортных потоках в городах преимущественно преобладают легковые и маршрутные транспортные средства, а также автомобили специальных служб.

В результате анализа количества зарегистрированных транспортных средств в Российской Федерации, представленной на официальном сайте Росстат [10] установлено, что в целом по стране более 95 % зарегистрированных транспортных средств – легковые (рис. 1). Данный факт, еще раз подтверждает, что в городах, с учетом определенных ограничений [8, 9] самым распространенным видом транспортных средств, является легковой.

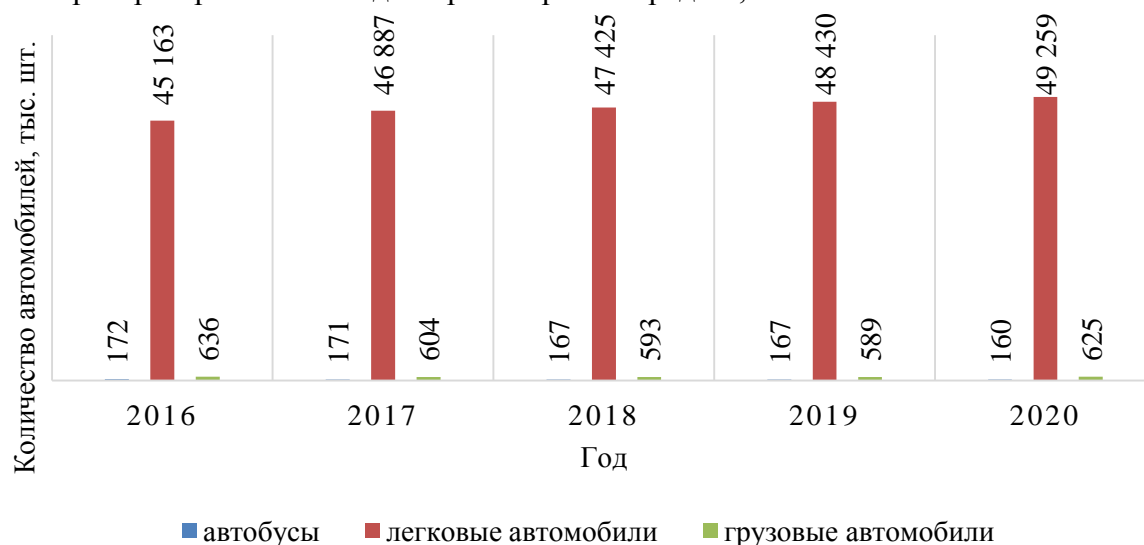


Рисунок 1 – Гистограмма, количества зарегистрированных транспортных средств в Российской Федерации за период 2016-2020 гг.

Следует отметить, что в соответствии с данными официальной статистики [10], число легковых автомобилей в сравнении с иными типами автомобилей – грузовыми и автобусами, ежегодно увеличивается в среднем на 3-5 %.

В виду определенного превалирования легковых автомобилей в масштабах страны, требует более детального анализа по модификации, в связи с тем, что регионы Российской Федерации различны между собой, в первую очередь средним уровнем дохода, который будет сказываться и на наиболее распространенных автомобилях, представленных в городском транспортном потоке. Также следует отметить, что параметры самого наиболее часто встречающегося в потоке легкового автомобиля, еще в 50-х годах прошлого столетия были приняты в качестве расчетного, параметры которого используют при проектировании и строительстве автомобильных дорог [11] (уширений, примыканий, пересечений и пр.), и в последующем для организации дорожного движения [12], а также расчета параметров, например, светофорного регулирования [13]. В России для расчета принудительного управления используются постоянные коэффициенты приведения расчетного автомобиля разработанные на основании технических характеристик, в первую очередь габаритных параметров первых отечественных автомобилей таких как: Москвич 407, Микролитражный М-21 «Волга», М-20 «Победа», ЗИЛ-11 [11]. Однако, с каждым годом уровень мирового и российского автопарков увеличивается и видоизменяется – совершенствуется конструкция, изменяются технические параметры, скоростные и динамические свойства, а также габаритные параметры, такие как габаритная длина, габаритная ширина, колесная база, передний и задний свес и пр., все эти изменения должны быть учтены как на стадии проектирования автомобильных дорог, так и при организации дорожного движения, где расчет ведется для определенного условного автомобиля. В связи с этим появляется потребность в проведении оценочных работ технических параметров автомобилей в транспортном потоке.

Теория / расчет

При исследовании транспортного потока особое внимание необходимо уделять техническим характеристикам транспортных средств, в первую очередь габаритным параметрам, так как именно эти параметры используются при определении расчетного (усредненно-

го) автомобиля. В рамках исследования был выполнен анализ транспортного потока г. Белгорода на основных магистральных улицах – пр. Ватутина (рис. 2 а) и пр. Б. Хмельницкого (рис. 2 б).

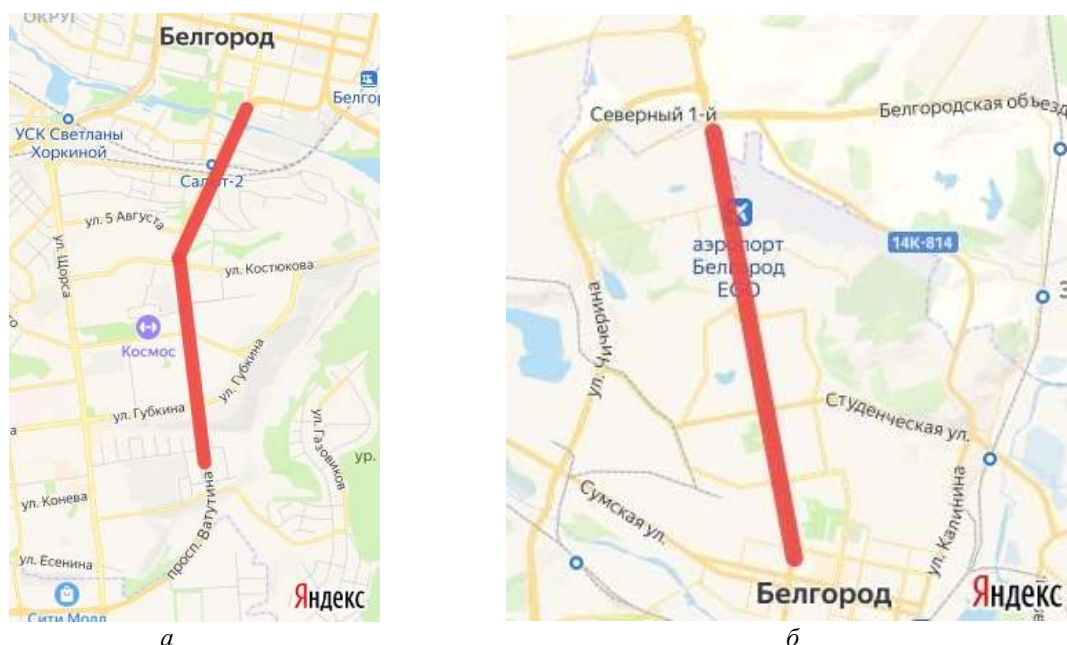









Рисунок 2 – Карта исследуемых улиц г. Белгорода:
а - пр. Ватутина, б - пр. Б. Хмельницкого

В результате исследований, было получено распределение наиболее часто встречающихся в потоке моделей автомобилей, которое показало что одной из самых популярных марок автомобилей является модель Lada Vesta, Lada Granta, Lada Largus, тип кузова которых представлен в таблице 1. Согласно исследованиям, таких автомобилей в общем потоке более 20%, можно сказать что из средних 5000 авт./ч, каждый пятый автомобиль является представителем марки Lada (табл. 1). Помимо этого в потоке также довольно встречаются автомобили марки Ford и Chevrolet в основном моделей Focus и Cruze соответственно, а также марки Hyundai и Toyota. Таким образом в результате натурных исследований были установлены основные марки и модели автомобилей наиболее часто встречающемся в городском транспортном потоке, которые представлены в таблице 1. Также следует отметить, что довольно часто в потоке встречаются автомобили ГАЗ, а именно грузовые автомобили малой грузоподъемности, но в связи с тем, что основной поток составляют легковые автомобили, которых >87 %, дальнейшая оценка параметров легковых автомобилей выполнена для рассматриваемого типа – легкового.

Таблица 1 – Основные модели транспортных средств, наиболее часто встречающиеся в транспортном потоке г. Белгород и типы их кузова

Lada		
Vesta	Granta	Largus
7,2%	6,9%	6,1%
 седан	 седан	 универсал
ГАЗ		
3302 «ГАЗ»	2310 «Соболь»	

1,2%	1,7%	
 <i>пикап</i>	 <i>фургон</i>	
Ford		
Focus	Fiesta	Fuga
2,3%	1,8%	0,7%
 <i>седан</i>	 <i>хэчбэк</i>	 <i>седан</i>
Chevrolet		
Aveo	Cruze	Tahoe
1,7%	2,1%	0,2%
 <i>седан</i>	 <i>седан</i>	 <i>внедорожник</i>
Hyundai		
Solaris	I40	Getz
3,7%	1,5%	1,3%
 <i>седан</i>	 <i>седан</i>	 <i>хэчбэк</i>
Toyota		
Camry	Corolla	Land Cruiser
5,1%	2,8%	1,7%
 <i>седан</i>	 <i>седан</i>	 <i>внедорожник</i>

Результаты и обсуждение

Полученные результаты и выполненный анализ технической нормативной документации по каждому транспортному средству, позволил установить пределы габаритных параметров наиболее часто встречающихся легковых автомобилей в транспортном потоке г. Белгорода, что представлено в таблице 2.

В рамках исследования были определены средние минимальный и максимальный габаритные параметры для транспортных средств в зависимости от модели транспортного средства и типа кузова (седан, хэчбэк, внедорожник) по результату исследования транспортного потока г. Белгорода (табл. 2). Полученные результаты позволяют определить параметры калиброванного автомобиля, которые необходимо использовать в ранее перечисленных видах работ, связанных с дорожным движением (табл. 3) [4].

Таблица 2 – Габаритные параметры легковых транспортных средств, в зависимости от типа кузова, преобладающих в транспортном потоке г. Белгород

Модель ТС	Тип кузова	Габаритные параметры (длина х ширина х высота) (min), мм	Габаритные параметры (длина х ширина х высота)(max), мм	Средний параметр по типу кузова (min), мм	Средний параметр по типу кузова (max), мм
Lada Vesta	седан	4410x1764x1497	4440x1764x1496	3802x1694x1486	4575x1784x1505
Lada Granta		3926x1700x1500	4268x1700x1500		
Ford Focus		4174x1700x1440	4693x1844x1504		
Ford Fuga		4443x1842x1677	4524x1838x1703		
Chevrolet Aveo		3880x1670x1495	4399x1735x1517		
Chevrolet Cruze		3625x1610x1545	4681x1797x1484		
Hyundai Solaris		4115x1700x1470	4405x1729x1470		
Hyundai I40		4740x1815x1470	4775x1815x1470		
Toyota Camry		4350x1645x1390	4910x1840x1455		
Toyota Corolla		3848x1491x1379	4651x1775x1455		
Ford Fiesta	хэчбэк	3565x1567x1360	4409x1722x1495	3688x1616x1425	4117x1686x1493
Hyundai Getz		3810x1665x1490	3825x1650x1490		
Chevrolet Tahoe	внедорожник	4787x1958x18399	5351x2058x1924	4314x1812x1895	5311x1914x1937
Toyota Land Cruiser		3840x1665x1950	5270x1770x1950		

Таблица 2 - Технические характеристики калиброванного автомобиля [4]

Мощность, л.с.	Время разгона до 100 км/ч за сек.	Длина х ширина х высота, мм	Колесная база, мм	Полная масса, кг	Радиус поворота, м
126	10,9	4653x1766x1472	2628	1703	5,4

Помимо этого, зная мощность двигателя, можно оценить экологические показатели, на основании данных о среднем расходе топлива, так согласно технической документации, составляет от 5,6 до 9,5 л/100 км, определив средний показатель для калиброванного автомобиля учетом смешанного типа движения можно сказать что расход топлива составит 7,6 л/100 км, в соответствии с требованиями Еуро [13] и современных экологических требований [14], возможно определить средние показатели вредных выбросов. Имеющиеся расчеты, выполненные для карбюраторных и инжекторных типов легковых автомобилей [15], позволяют установить что среднее количество оксидов азота (NO_x), как наиболее опасного вредного вещества составляет в соответствии с источником [16], составляет 0,1458 г/с.

Вывод

Таким образом в результате выполненных натурных исследований, анализа и расчетов, были получены характеристики параметров калиброванного автомобиля, которые необходимо использовать при выполнении различных видов работ как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации.

Несмотря на действенность различных видов мероприятий, способствующих улучшению транспортной ситуации в городах, например таких как запрет въезда грузового автотранспорта [17], использование альтернативных видов транспорта [18, 19] и иных мероприятий [20-25] ситуация в городах, особенно в периоды максимальной загрузки дорожной сети, остается довольно критичной, в связи с этим, совершенствование существующих методов организации движения, за счет уточнения показателей транспортного потока, а в данном случае параметров калиброванного (расчетного) автомобиля, является перспективным направлением. Целью дальнейшего исследования является проведение расчетов с учетом параметров калиброванного автомобиля и выполнение модельного эксперимента при управлении транспортным потоком на существующем участке улично-дорожной сети г. Белгорода и сравнение полученных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пугачев И.Н., Громюк Т.Е. Нормативно-правовое обеспечение деятельности по организации дорожного движения и транспортному планированию в городах // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – №6(31). – С. 15-20.
2. Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Гаврилюк М.В. Принципы формирования государственной системы сертификации элементов ИТС в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – №1-2(92-93). – С. 3-6.
3. Боровской А.Е., Воля П.А., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Распределение состава транспортного потока на примере городской агломерации «Белгород» // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – №4(51). – С. 103-110.
4. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Юнг А.А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – №1. – С. 126-134.
5. Иващук О.А., Ставчикова Л.Ф., Васильева В.В. Мониторинговый анализ воздействия автотранспорта на окружающую среду региона (на примере г. Орла) // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2006. – №4. – С. 29-32.
6. Басков В.Н., Васильева В.В., Игнатов А.В., Исаева Е.И. Оценка шумового воздействия транспортного потока на окружающую среду // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №2(61). – С. 102-108.
7. Хафизов Э.Р., Вдовин Е.А., Фомин А.Ю. и др. Определение интенсивности движения и состава потока на улично-дорожной сети г. Казани в рамках исследования образования дефектов на дорожных покрытиях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – №2(40). – С. 297-304.
8. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. №257-ФЗ.
9. О Правилах дорожного движения (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022): Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 31.12.2020)
10. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>
11. Бабков, В.Ф. Автомобильные дороги - М.: Автотрансиздат, 1959. – 560 с.
12. Шевцова А.Г., Кущенко Л.Е., Захаров В.М. Обзор различных видов организации дорожного движения на пересечении // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – №6-1. – С. 39-44.
13. Джайлаубеков Е.А. Экологическая оценка эффективности применения европейских стандартов на вредные выбросы от автомобильного транспорта в Казахстане // Транспорт Российской Федерации. – 2008. – №5(18). – С. 64-67.
14. Ложкин В.Н., Буренин Н.С., Медейко В.В. Современные экологические требования к автотранспорту в условиях производства и эксплуатации // Транспорт Российской Федерации. – 2005. – №1(1). – С. 64-65.
15. Дуров Р.С., Варнакова Е.В., Кобзев К.О. Мероприятия по оптимизации дорожного движения и экологии. Расчеты экологической безопасности на заданном участке улично-дорожной сети г. Ростова-на-Дону // Безопасность техногенных и природных систем. – 2020. – №4. – С. 68-77.
16. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. - Санкт-Петербург: НИИ охраны атмосферного воздуха, 2012. - 224 с.
17. Глаголев С.Н., Шевцова А.Г., Васильева В.В. Снижение экологической нагрузки городской территории за счет минимизации влияния грузового транспорта // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – №3(70). – С. 97-106.

18. Новиков И.А., Васильева В.В., Шевцова А.Г. Повышение экологичности городских агломераций путем внедрения велосипедного движения // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 95-103.
19. Novikov A., Shevtsova A., Burlutskaya A., Shekhovtsova S. Development of cycling infrastructure based on the example of urban agglomeration of Belgorod // Transport Problems. – 2021. – Vol. 16. – №3. – P. 213-222.
20. Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. Modeling of traffic-light signalization depending on the quality of traffic flow in the city // Journal of Applied Engineering Science. – 2019. – Vol. 17. – №2. – P. 175-181.
21. Новиков А.Н., Иващук О.А., Васильева В.В. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды // Мир транспорта и технологических машин. – 2009. – №1(24). – С. 107-111.
22. Поляков А.С., Жанказиев С.В. Повышение эффективности функционирования транспортного комплекса города // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2016. – №4(78). – С. 3-6.
23. Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Морозов Д.Ю. Тенденции развития автономных интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – №5(66). – С. 26-28.
24. Зырянов В.В., Феофилова А.А., Чуклинов Н.Н. Динамическая маршрутизация транспортных потоков как метод снижения транспортной нагрузки на элементы УДС // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №1(60). – С. 74-80.
25. Vlasov V. M., Novikov A.N., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Definition of perspective scheme of organization of traffic using methods of forecasting and modeling // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment. – Tomsk: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 042116.

Васильева Виктория Владимировна

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса и ремонта машин
E-mail: vivaorel57@gmail.com

Шевцова Анастасия Геннадьевна

Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент, доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Новописный Евгений Александрович

Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: nwrite@yandex.ru

Локтионова Алина Геннадьевна

Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Аспирант, ассистент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: alinbur1995@mail.ru

V.V. VASILYEVA, A.G. SHEVTSOVA, E.A. NOVOPISNY, A.G. LOKTIONOVA
**ASSESSMENT OF THE TECHNICAL PARAMETERS OF VEHICLES
FOR THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL INDICATORS**

Abstract. An analysis of the traffic flow at the intersections of the city of Belgorod was carried out, on the basis of which the main models of light vehicles most frequently encountered in the flow were established and their technical and design parameters were evaluated, which made it possible to establish the parameters of a calibrated vehicle necessary for performing calculations in the organization of traffic, and as well as traffic control. The assessment made it possible to establish environmental indicators to assess the effectiveness of established management methods for the studied traffic flow.

Keywords: traffic flow, technical and design parameters, types of vehicles, calibrated vehicle, environmental performance, efficiency

BIBLIOGRAPHY

1. Pugachev I.N., Gromyuk T.E. Normativno-pravovoe obespechenie deyatel'nosti po organizatsii dorozhnogo dvizheniya i transportnomu planirovaniyu v gorodakh // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2010. - №6(31). - S. 15-20.
2. Zhankaziev S.V., Vorob'ev A.I., Gavriluk M.V. Printsipy formirovaniya gosudarstvennoy sistemy sertifikatsii elementov ITS v Rossiyskoy Federatsii // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2021. - №1-2(92-93). - S. 3-6.

3. Borovskoy A.E., Volya P.A., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Raspredelenie sostava transportnogo potoka na primere gorodskoy aglomeratsii «Belgorod» // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - №4(51). - S. 103-110.
4. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Yung A.A. Otsenka vliyaniya parametrov avtomobiley na znachenie potoka nasyshcheniya // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2022. - №1. - S. 126-134.
5. Ivashchuk O.A., Stavchikova L.F., Vasil'eva V.V. Monitoringovyy analiz vozdeystviya avtotransporta na okruzhayushchuyu sredu regiona (na primere g. Orla) // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya. - 2006. - №4. - S. 29-32.
6. Baskov V.N., Vasil'eva V.V., Ignatov A.V., Isaeva E.I. Otsenka shumovogo vozdeystviya transportnogo potoka na okruzhayushchuyu sredu // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2018. - №2(61). - S. 102-108.
7. Hafizov E.R., Vdovin E.A., Fomin A.Yu. i dr. Opredelenie intensivnosti dvizheniya i sostava potoka na ulichno-dorozhnoy seti g. Kazani v ramkakh issledovaniya obrazovaniya defektov na dorozhnykh pokrytiyakh // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - 2017. - №2(40). - S. 297-304.
8. Ob avtomobil'nykh dorogakh i o dorozhnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii i o vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 8 noyabrya 2007 g. №257-FZ.
9. O pravilakh dorozhnogo dvizheniya (vmeste s «Osnovnymi polozheniyami po dopusku transportnykh sredstv k ekspluatatsii i obyazannosti dolzhnostnykh lits po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya») (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2022): Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23.10.1993 № 1090 (red. ot 31.12.2020).
10. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/>
11. Babkov, V.F. Avtomobil'nye dorogi - M.: Avtotransizdat, 1959. - 560 s.
12. Shevtsova A.G., Kushchenko L.E., Zakharov V.M. Obzor razlichnykh vidov organizatsii dorozhnogo dvizheniya na peresechenii // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2015. - №6-1. - S. 39-44.
13. Dzhaylaubekov E.A. Ekologicheskaya otsenka effektivnosti primeneniya evropeyskikh standartov na vrednye vybrosy ot avtomobil'nogo transporta v Kazakhstane // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2008. - №5(18). - S. 64-67.
14. Lozhkin V.N., Burenin N.S., Medeyko V.V. Sovremennye ekologicheskie trebovaniya k avtotransportu v usloviyakh proizvodstva i ekspluatatsii // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2005. - №1(1). - S. 64-65.
15. Durov R.S., Varnakova E.V., Kobzev K.O. Meropriyatiya po optimizatsii dorozhnogo dvizheniya i ekologii. Raschety ekologicheskoy bezopasnosti na zadannom uchastke ulichno-dorozhnoy seti g. Rostova-na-Donu // Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh sistem. - 2020. - №4. - S. 68-77.
16. Metodicheskoe posobie po raschetu, normirovaniyu i kontrolyu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernyy vozdukh / Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii. - Sankt-Peterburg: NII okhrany atmosfernogo vozdukh, 2012. - 224 s.
17. Glagolev S.N., Shevtsova A.G., Vasil'eva V.V. Snizhenie ekologicheskoy nagruzki gorodskoy territorii za schet minimizatsii vliyaniya gruzovogo transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2020. - №3(70). - S. 97-106.
18. Novikov I.A., Vasil'eva V.V., Shevtsova A.G. Povyshenie ekologichnosti gorodskikh aglomeratsiy putem vnedreniya velosipednogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №4(67). - S. 95-103.
19. Novikov A., Shevtsova A., Burlutskaya A., Shekhovtsova S. Development of cycling infrastructure based on the example of urban agglomeration of Belgorod // Transport Problems. - 2021. - Vol. 16. - №3. - P. 213-222.
20. Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. Modeling of traffic-light signalization depending on the quality of traffic flow in the city // Journal of Applied Engineering Science. - 2019. - Vol. 17. - №2. - P. 175-181.
21. Novikov A.N., Ivashchuk O.A., Vasil'eva V.V. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo akusticheskoy sredy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2009. - №1(24). - S. 107-111.
22. Polyakov A.S., Zhankaziev S.V. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya transportnogo kompleksa goroda // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2016. - №4(78). - S. 3-6.
23. Zhankaziev S.V., Vorob'ev A.I., Morozov D.Yu. Tendentsii razvitiya avtonomnykh intellektual'nykh transportnykh sistem v Rossii // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2016. - №5(66). - S. 26-28.
24. Zyryanov V.V., Feofilova A.A., Chuklinov N.N. Dinamicheskaya marshrutizatsiya transportnykh potokov kak metod snizheniya transportnoy nagruzki na elementy UDS // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2018. - №1(60). - S. 74-80.
25. Vlasov V.M., Novikov A.N., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Definition of perspective scheme of organization of traffic using methods of forecasting and modeling // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment. - Tomsk: Institute of Physics Publishing, 2018. - P. 042116.

Vasilyeva Victoria Vladimirovna

Orel State University
Address: 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya str., 95
Candidate of technical sciences
E-mail: vivaorel57@gmail.com

Shevtsova Anastasia Gennad'evna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Novopisny Evgeny Alexandrovich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: nwrite@yandex.ru

Loktionova Alina Gennadiyevna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Postgraduate student
E-mail: alinbur1995@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-73-78

О.Ю. БУЛАТОВА

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УМНЫХ ГОРОДАХ

Аннотация. Рассматриваются основные факторы, необходимые для развития «умной» мобильности в городах. Также рассматриваются наиболее популярные проекты в транспортной отрасли, реализованные в Умных городах.

Ключевые слова: умный город, интеллектуальные транспортные системы, автомобильный транспорт, транспортная инфраструктура, транспортные услуги, экология, урбанистика

Введение

В мировом сообществе сейчас наблюдается тренд урбанизации: все больше людей переезжает жить в города, а городские агломерации становятся все более масштабными. В 1950 году 29 % населения земного шара жило в городах. По состоянию на 2010 год этот показатель составляет 52 %. Прогноз на 2030 год составляет 58 %, а на 2050 год - дальнейший рост до 67 %. Большая часть этого роста городов будет происходить в развивающихся странах.

Города определяют благосостояние людей: качество повседневной жизни, здравоохранение, воздействие человека на окружающую среду и адаптивность в условиях изменения климата. Среди основных задач, стоящими перед городами, выделяют следующие:

- производительность;
- устойчивость;
- адаптивность к быстрому росту населения;
- гибкость в условиях экономических, социальных и экологических изменений;
- адаптивность к климатическим изменениям;
- модернизация инфраструктур;
- обучение в условиях меняющегося рынка труда.

Решение перечисленных выше задач обеспечивает устойчивое развитие городов, в условиях которого возможна реализация трансформации обычного города в Умный город.

Материалы и методы

Трансформация Умных городов имеет два направления: во-первых, это внедрение инноваций и различных технологий, во-вторых, Умные города используют эти технологии для удовлетворения потребностей жителей города,

таким образом, Умные город – это социально-техническая экосистема, направленная на повышение качества жизни горожан (рис. 1).

Появление автомобилей значительно оптимизировало мобильность населения в городах, однако, с ростом количества личных автомобилей стала резко снижаться эффективность функционирования транспортной инфраструктуры. Таким образом, первый фактор, влияющий на городскую мобильность – высокий рост уровня автомобилизации в городах (рис. 2).



Рисунок 1 – Умный город как социально-техническая экосистема

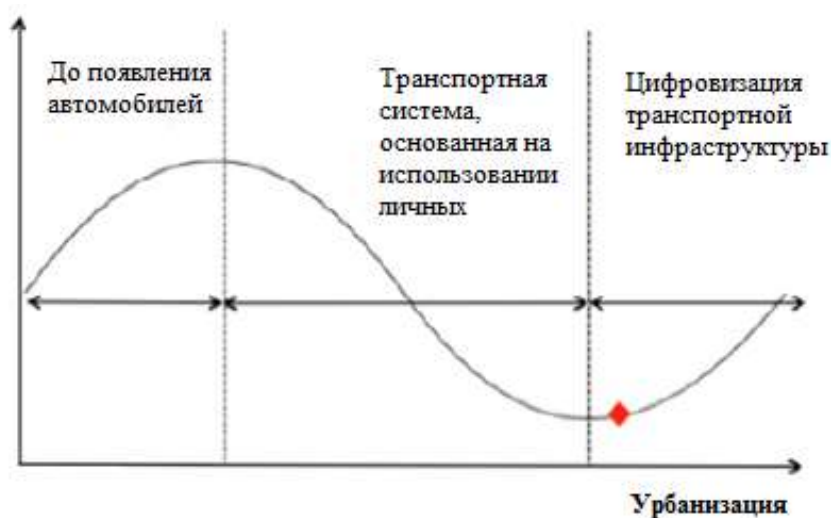


Рисунок 2 – Эффективность функционирования городской транспортной системы в разные периоды истории

Решение этой задачи и оптимизация функционирования транспортной инфраструктуры требует инновационные подходы и решения в области организации дорожного движения и организации городской мобильности в целом. Таким образом, цифровизация городской транспортной инфраструктуры является вторым фактором, определяющим мобильность в Умных городах. Третий фактор, который необходимо учитывать при реализации мобильности в Умных городах – загрязнение окружающей среды и истощаемость полезных ископаемых. По данным исследователей 15-20 % выбросов угарного газа происходит от движения транспортных средств. Следовательно, функционирование транспортной инфраструктуры Умных городов должно быть более эффективным при меньших затратах природных ресурсов и влияния на окружающую среду (рис. 3).



Рисунок 3 – Три ключевых фактора, влияющих на городскую мобильность населения в Умных городах

Реализация концепции Умный город требует оптимизации и существенных изменений транспортной инфраструктуры. Оптимизация осуществляется как на уровне всей инфраструктуры, так и на уровне предоставляемых услуг. Изменения в транспортной инфраструктуре направлены на системную трансформацию функционирования транспортной инфраструктуры, связанные с реализацией функции мобильности. То есть предоставление пользователям возможности осуществить поездку различными видами транспорта (как общественным, так и средствами индивидуальной мобильности, шеринговыми услугами), что исключает потребность во владении собственным транспортным средством.

Расчет

Мобильность – это основная концепция Умных городов, охватывающая от управления дорожным движением до общественного транспорта и инфраструктурных подсистем. Для реализации безопасности и эффективности функционирования транспортной инфраструктуры применяются интеллектуальные транспортные системы (ИТС). В настоящее время вектор развития ИТС направлен на подключенные транспортные средства (V2X) и введение в эксплуатацию высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС), что превращает городскую транспортную инфраструктуру в цифровую информационную систему.

Таким образом, все виды транспортных средств постоянно генерируют большое количество данных, которые могут быть объединены для реализации различных городских проектов. Исследование опыта функционирования транспортной инфраструктуры Умных городов выявило три наиболее популярных и эффективных проекта:

- единая транспортная карта на все виды общественного транспорта. Однако некоторые города, например, Лондон и Сеул, используют такие карты в том числе для оплаты такси и аренды велосипедов.

- единая транспортная цифровая платформа, позволяющей получать информацию о текущем функционировании транспортной инфраструктуры в приложении для телефона. Это может быть информация о стоимости и длине нужного маршрута, количестве выбросов угарного газа от совершения данного маршрута, бронирование и оплата проезда и т.д.

- мобильность, как услуга, которая позволяет удовлетворить потребность в совершении поездок. Транспортная политика умных городов направлена на постепенный отказ от личных автомобилей в пользу общественного транспорта или различных услуг, выполняющих функции перемещения (например, шеринговые услуги, средства индивидуальной мобильности).

- повышение безопасности вождения при помощи своевременного предоставления водителю информации об условиях дорожного движения

Реализация перечисленных выше проектов позволяет в значительной степени снизить уровень транспортных заторов на городских магистралях, что сделает транспортную инфраструктуру более эффективной и устойчивой. Однако реализация этих проектов включает в себя следующие аспекты:

- на уровне инфраструктуры необходимо создание новых бизнес-моделей, финансирующих инновационные транспортные услуги;

- на уровне обмена данных необходимо создание условий для качественного и бесперебойного обмена данными;

- на уровне оказания услуг необходима разработка регламентирующих документов, регулирующих оказание новых транспортных услуг (рис. 4).



Рисунок 4 – Слои транспортных услуг Умного города

Все три уровня транспортной инфраструктуры Умного города требуют от местных властей решения комплекса задач, связанных с финансированием и регулированием новых услуг (табл. 1).

Таблица 1 – Задачи муниципальных органов власти при реализации услуг транспортной инфраструктуры Умных городов

Задачи	Инфраструктура	Услуги	Данные
Технологические	Организация взаимосвязи и взаимодействия всех видов транспортных средств		Разработка стандартов данных и протоколов
Экономические	Финансирование транспортной инфраструктуры	Создание новых бизнес-моделей	Финансирование инфраструктуры данных
Социальные	Доступность пользователям	Доступность пользователям (цифровая)	Обеспечение конфиденциальности и безопасности хранения данных
Политические	Развитие транспортной инфраструктуры и градостроительства	Координирование действий участников реализации услуг	Регламентирование
Юридические	Планирование городской застройки	Координирование действий участников реализации услуг	Регламентирование

Транспортная инфраструктура Умных городов позволяет решить такие задачи как:

- минимизация выбросов угарного газа от движения транспортных средств, т.к. более эффективное планирование поездок позволяет сократить время совершения ездки, избежать транспортных заторов, а также отказ от личных транспортных средств в пользу общественного транспорта, либо средств индивидуальной мобильности, также положительно влияет на окружающую среду;

- повышение уровня безопасности, т.к. за счет постоянного обмена данными экстренные службы имеют возможность быстрого реагирования на возникновение чрезвычайной ситуации, а также получать информацию о потенциально опасных ситуациях;

- создание рынка мобильных приложений;

- решение проблем парковочного пространства за счет использования приложений и информации в режиме реального времени, пользователь может заранее спланировать свой маршрут с учетом доступности парковочного места.

Результаты и обсуждение

Для реализации услуг транспортной инфраструктуры Умных городов необходима реализация двух аспектов: оптимизация существующей транспортной системы города и внесения в её функционирование необходимых изменений. Цифровизация транспортных услуг является ключевым фактором решения основных транспортных задач, стоящих перед Умными городами. Однако новые технологии ставят широкий спектр задач перед органами власти различных уровней: приведение в соответствие нормативно-правовых актов, финансирование новых проектов и бизнес-моделей, организация безопасности и конфиденциальности данных пользователей и многие другие.

Выводы

Основными проблемами, с которыми сталкиваются города при внедрении умной транспортной инфраструктуры, являются нехватка финансирования, недостаточно развитые информационные технологии, неэффективное планирование городской застройки, социаль-

ные аспекты и т.д. Для создания эффективной и умной транспортной инфраструктуры необходим комплексный подход к решению вышеперечисленных задач на федеральном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deakin M., Al Waer, H. From intelligent to smart cities // *Intelligent Buildings International*. - №3(3). - P. 140-152.
2. Булатова, О.Ю. Адаптация транспортной инфраструктуры к системе «Умный город» // *Мир транспорта и технологических машин*. - 2021. - №2(73). - С. 92-98.
3. Массобрио Р., Несмачнов С., Черных А. и др. Применение облачных вычислений для анализа данных большого объема в умных городах // *Тр. Института системного программирования РАН*. - 2016. - Т. 28. - №6. - С. 121-140.
4. Булатова О.Ю., Панченко А.Д. Реализация принципов зеленой логистики на примере кикшеринга / Отв. редактор В.А. Зеликов // *Перспективы развития технологий транспортных процессов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. - Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. - С. 4-8.
5. Бодров А.С., Кулев М.В., Ломакин Д.О. и др. Системный подход к выбору подвижного состава для городских пассажирских перевозок // *Мир транспорта и технологических машин*. - 2018. - №2(61). - С. 70-76.
6. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Юнг А.А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. - 2022. - №1. - С. 126-134.
7. Зырянов В.В., Загидуллин Р.Р. Методика оценки и выбора варианта организации движения транспорта при проведении масштабных массовых мероприятий // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. - 2017. - №2. - С. 43-47.
8. Martin M^uller What makes an event a mega-event? Definitions and sizes // *Leisure Studies*. - 34(6):627-642. - 2015.
9. Подопригора, Н.В. Структура и функционирование системы «водитель-автомобиль-дорога-внешняя среда» // *Вестник гражданских инженеров*. - 2022. - №2(91). - С. 154-159.
10. Athanasios K. Ziliaskopoulos and S.Travis Waller. Aninternet-based geographic information system that inte-grates data, models and users for transportation applica-tions // *Transportation Research*. - Part C: Emerging Technologies. - 2000- №8(1-6). - P. 427-444.
11. Шевцова, А.Г. Динамика реализации программы vision zero в мировых странах // *Мир транспорта и технологических машин*. - 2021. - №3(74). - С. 35-42.
12. Поспелов П.И., Таташев А.Г., Терентьев А.В. и др. Системы обслуживания как модели трафика и приложения к экологическим проблемам // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. - 2022. - №1. - С. 100-108.
13. Поспелов П.И., Таташев А.Г., Трофименко Ю.В., Яшина М.В. Подход к исследованию факторов риска совершения нарушений, связанных с использованием смартфонов во время вождения // *T-Comm: Телекоммуникации и транспорт*. - 2021. - Т. 15. - №12. - С. 44-50.
14. Булатова, О.Ю. Применение больших данных в транспортной инфраструктуре городов // *Мир транспорта и технологических машин*. - 2021. - №4(75). - С. 105-111.
15. Агеев Е.В., Новиков А.Н., Виноградов Е.С. Методика определения оптимального времени тренажерной подготовки кандидатов в водители // *Мир транспорта и технологических машин*. - 2021. - №3(74). - С. 94-101.
16. Степина П.А., Подопригора Н.В. Определение времени реакции водителя при реконструкции ДТП с помощью программно-аппаратного комплекса // *Мир транспорта и технологических машин*. - 2018. - №3(62). - С. 82-87.
17. Mobility Improvement Checklist: Increasing System Efficiency. Vol. 2 // *Transportation Institute, College Station, TX, September*. - 2004.
18. Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Новиков И.А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города // *Вестник гражданских инженеров*. - 2021. - №2(85). - С. 222-231.
19. Трофименко Ю.В., Комков В.И., Кутырин Б.А., Деянов Д.А. Оценка выбросов загрязняющих веществ транспортными потоками на отдельных территориях Москвы // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*. - 2020. - №2(61). - С. 84-91.
20. Novikov A., Zyryanov V., Feofilova A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements // *Journal of applied engineering science*. - 2018. - Vol. 16. - №1. - P. 70-74.

Булатова Ольга Юрьевна

Донской государственный технический университет

Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

К.т.н., доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения

E-mail: mip.rnd@yandex.ru

O. YU. BULATOVA

SMART CITIES TRANSPORT INFRASTRUCTURE FUNCTIONING PRINCIPALS

Abstract. The article discusses the main factors necessary for the development of «smart» mobility in cities. The most popular projects in the transport industry implemented in Smart Cities are also considered.

Keywords: smart city, intelligent transport systems, road transport, transport infrastructure, transport services, ecology, urbanistics

BIBLIOGRAPHY

1. Deakin M., Al Waer, H. From intelligent to smart cities // *Intelligent Buildings International*. - №3(3). - R. 140-152.
2. Bulatova, O.Yu. Adaptatsiya transportnoy infrastruktury k sisteme «Umnnyy gorod» // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2021. - №2(73). - S. 92-98.
3. Massobrio R., Nesmachnov S., Chernykh A. i dr. Primenenie oblachnykh vychisleniy dlya analiza dannykh bol'shogo ob'ema v umnykh gorodakh // *Tr. Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN*. - 2016. - T. 28. - №6. - S. 121-140.
4. Bulatova O.Yu., Panchenko A.D. Realizatsiya printsipov zelenoy logistiki na primere kiksheringa / *Otv. redaktor V.A. Zelikov // Perspektivy razvitiya tekhnologiy transportnykh protsessov: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. - Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskiiy universitet im. G.F. Morozova, 2022. - S. 4-8.
5. Bodrov A.S., Kulev M.V., Lomakin D.O. i dr. Sistemnyy podkhod k vyboru podvizhnogo sostava dlya gorodskikh passazhirskikh perevozok // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2018. - №2(61). - S. 70-76.
6. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Yung A.A. Otsenka vliyaniya parametrov avtomobiley na znachenie po-toka nasyshcheniya // *Intellect. Innovatsii. Investitsii*. - 2022. - №1. - S. 126-134.
7. Zyryanov V.V., Zagidullin R.R. Metodika otsenki i vybora varianta organizatsii dvizheniya transporta pri provedenii masshtabnykh massovykh meropriyatiy // *Intellect. Innovatsii. Investitsii*. - 2017. - №2. - S. 43-47.
8. Martin Muller What makes an event a megaevent? Denitions and sizes // *Leisure Studies*. - 34(6):627-642. - 2015.
9. Podoprighora, N.V. Struktura i funktsionirovanie sistemy «voditel'-avtomobil'-doroga-vneshnyaya sreda» // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. - 2022. - №2(91). - S. 154-159.
10. Athanasios K. Ziliaskopoulos and S.Travis Waller. Aninternet-based geographic information system that inte-grates data, models and users for transportation applications // *Transportation research*. - Part C: Emerging Technologies. - 2000- №8(1-6). - R. 427-444.
11. Shevtsova, A.G. Dinamika realizatsii programmy vision zero v mirovykh stranakh // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2021. - №3(74). - S. 35-42.
12. Pospelov P.I., Tatashev A.G., Terent'ev A.V. i dr. Sistemy obsluzhivaniya kak modeli trafika i prilozheniya k ekologicheskim problemam // *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. - 2022. - №1. - S. 100-108.
13. Pospelov P.I., Tatashev A.G., Trofimenko Yu.V., Yashina M.V. Podkhod k issledovaniyu faktorov riska soversheniya narusheniy, svyazannykh s ispol'zovaniem smartfonov vo vremya vozhdeniya // *T-Comm: Telekom-munikatsii i transport*. - 2021. - T. 15. - №12. - S. 44-50.
14. Bulatova, O.Yu. Primenenie bol'shikh dannykh v transportnoy infrastrukture gorodov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2021. - №4(75). - S. 105-111.
15. Ageev E.V., Novikov A.N., Vinogradov E.S. Metodika opredeleniya optimal'nogo vremeni trenazhernoy podgotovki kandidatov v voditeli // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2021. - №3(74). - S. 94-101.
16. Stepina P.A., Podoprighora N.V. Opredelenie vremeni reaktsii voditelya pri rekonstruktsii DTP s pomoshch'yu programmno-apparatnogo kompleksa // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2018. - №3(62). - S. 82-87.
17. Mobility Improvement Checklist: Increasing System Efficiency. Vol. 2 // *Transportation Institute, College Station, TX, September*. - 2004.
18. Novikov A.N., Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov I.A. Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki veroyatnosti vozniknoveniya DTP na uchastkakh ulichno-dorozhnoy seti goroda // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. - 2021. - №2(85). - S. 222-231.
19. Trofimenko Yu.V., Komkov V.I., Kutyrin B.A., Deyanov D.A. Otsenka vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv transportnymi potokami na odel'nykh territoriyakh Moskvy // *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. - 2020. - №2(61). - S. 84-91.
20. Novikov A., Zyryanov V., Feofilova A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements // *Journal of applied engineering science*. - 2018. - Vol. 16. - №1. - P. 70-74.

Bulatova Olga Yurievna

Don State Technical University

Address: 344011, Rossia, Rostov-on-Don, Sotsialisticheskaya 162

Candidate of technical sciences

E-mail: mip.rnd@yandex.ru

Научная статья

УДК 021.65

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-79-84

Н.Е. БЕЛЯЕВА, А.Л. ЕСИПОВ, И.А. ИВАШОВА

БИБЛИОТЕКИ-АВТОМОБИЛИ 30-40-Х ГГ. XX ВЕКА: ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНИКО-КУЛЬТУРНОЙ ИННОВАЦИИ

***Аннотация.** Рассмотрена история и технология применения автомобильного транспорта для совершенствования библиотечно-информационного обслуживания проживающего удаленно от библиотеки пользователя. Цель исследования – выявить, обобщить и проанализировать исторический опыт использования автотранспорта для совершенствования библиотечно-информационной деятельности страны, региона в частности. Изучены организационные, технологические и управленческие аспекты работы библиотек-автомобилей.*

***Ключевые слова:** библиотека-автомобиль, передвижные библиотеки, история библиотечного дела России, библиотечное дело*

Введение

Анализ развития любых процессов и явлений бесперспективен без опоры на исторические связи, позволяющие осуществлять исследование поставленной проблемы с точки зрения её возникновения в определённом историческом контексте. Изучаемые процессы и явления необходимо анализировать в условиях исторической связи, осуществлять исследование поставленной проблемы с точки зрения её возникновения в историческом контексте, понимания взаимосвязи развития указанной проблемы и причинно-следственной связи её трансформации в исторической ретроспективе. Исследование предмета нашей статьи осуществляется с точки зрения современной историографии: именно история позволяет обеспечить значительно более глубокое понимание современного состояния проблемы.

Материал и методы

Рассмотрение библиотечно-информационной деятельности в контексте повышения внимания к качеству обслуживания читателей наметилось в 1920-е гг.: с момента начала разработки прогрессивной программы библиотечного строительства, которое базировалось на принципах и методах, с одной стороны, диалектического и исторического материализма, а с другой – активного изучения и внедрения передового зарубежного опыта и демократических достижений, присущих ряду европейских стран [9].

Характерно, что процесс демократизации библиотечной деятельности в масштабах страны был запущен в 20-х годах XX века В.И. Лениным и Н.К. Крупской, аккумулировавшими бесценный опыт реальной работы в библиотеках и читальных залах западноевропейских стран, в первую очередь Швейцарии [15].

Руководство молодой советской республики поставило перед страной амбициозную и трудновыполнимую задачу – обеспечить ограниченную ранее возможность свободного и бесплатного доступа к библиотекам и книжным фондам в целях всестороннего и гармонического развития личности, с обязательным фокусированием на воспитании в духе нового общественного строя, активности, сознательности и т.п. [1]

Вследствие изменения подходов к определению роли и места библиотековедения как науки и, собственно, самих библиотек как обеспечивающих библиотечное дело организаций в системе социально-культурных институтов государства, данное научное направление начинает развиваться как общественная наука, выйдя за сугубо отраслевые рамки. Это определило расширение традиционно существовавших ранее парадигм и заложило основы для будущего количественного и качественного роста всей советской науки, технологий, производства и т.д. [6].

Теория

Вопросы обеспечения доступности библиотек, их фондов и оказываемых услуг максимально широким слоям населения определили постановку задач, ранее не решавшихся в библиотечной деятельности России и за рубежом. Продолжавшаяся Гражданская война, активный процесс присоединения новых территорий к Советской России, состояние производственной сферы, в том числе неэффективность работы бумажных комбинатов, недостаток типографских мощностей и ряд других факторов не позволяли оперативно создавать полноценные стационарные библиотеки с возможностью качественного удовлетворения читательских интересов и информационных потребностей граждан. [15]. Уже с этого момента руководство профильных отделов Наркомпроса ставит вопрос о возможности организации обслуживания населения в условиях работы передвижных библиотек. [18].

Под передвижными библиотеками понималась библиотека, меняющая местонахождение по установленному графику с целью обслуживания территориально удаленных от стационарной библиотеки групп населения [4]. Именно в этот момент впервые появляется идея обеспечения доступности библиотечных фондов и услуг для жителей удалённых территорий за счёт использования автомобильного транспорта для доставки библиотекарей и книг до мест удаленного проживания читателей. Примечательно, что уже в этот момент ставится вопрос не только об обслуживании гражданского населения в этом формате, но и о работе с воинскими подразделениями, выполняющими конкретные боевые задачи.

О библиотеках-автомобилях советского периода известно немного. Считается, что они появились в стране в конце 1930-х годов. Специальную библиотеку-автомобиль, который использовался с 1937 года, имел Центральный дом Красной Армии (ЦДКА). С начала Великой Отечественной войны эта форма обслуживания активно использовалась в частях, оборонявших подступы к столице. Заведовала передвижной библиотекой Ф.С. Алдошина. По её воспоминаниям, бойцы очень ждали приезда библиотеки-автомобиля ЦДКА, радовались возможности самостоятельно выбрать книгу. Одним из самых читаемых был Роман Н.А. Островского «Как закалялась сталь» был самым популярным произведением. «Сколько бы экземпляров этой книги мы ни привозили с собой, – вспоминает библиотекарь, – все равно не могли удовлетворить всех желающих прочитать ее» [10].

Увеличение количества библиотек-автомобилей было связано с неудовлетворительным состоянием библиотечного дела на селе. В отдаленных областях одна сельская библиотека приходилась на 15-18 сельсоветов. Сеть передвижек была развита недостаточно и неравномерно [8].

Во втором полугодии 1947 года Комитет по делам культурно-просветительских учреждений получает финансирование из фонда Совета Министров РСФСР. Было выделено один миллион рублей на переоборудование 70 машин под библиотеки-автомобили [16]. Уже осенью 1947 года было разработано и утверждено «Положение о библиотеке-автомобиле» [5].

Результаты и обсуждение

Согласно «Положению», библиотека-автомобиль представляла собой филиал библиотеки, в задачи которого входило обслуживание печатными изданиями сельского населения, которое проживало удаленно от районного или областного центра. В каждом селе продолжительность работы библиотеки-автомобиля была индивидуальной и подстраивалась под местные условия. Работали в такой библиотеке, как правило, два человека: библиотекарь и водитель, которые подчинялись непосредственно заведующему центральной библиотекой и входили в её штат. За организацию и управление библиотечной работой, сохранность книжного фонда отвечал библиотекарь. Водитель находился в подчинении у заведующего районной библиотекой, а во время поездки – библиотекаря.

По прибытию библиотеки-автомобиля в населенный пункт, сотрудник библиобуса через местные органы управления информировал о графике и особенностях работы передвижного библиотечного пункта. В агломерации вывешивались объявления для населения на информационных стендах в сельсовете, избах-читальнях, других общественных местах с высокой проходимостью о прибытии библиобуса и графике его работы.

Инструкцией и регламентом работы библиотеки-автомобиля устанавливались следующие направления его деятельности: индивидуальное обслуживание читателей согласно «Правилам пользования книгами из библиотеки-автомобиля», организацию временной библиотеки-читальни (на открытом воздухе, в избе-читальне, сельском клубе, правлении колхоза, в школе и т. д.); массовое обслуживание (громкие читки, беседы, обзоры литературы, литературные вечера, а также справочно-информационную работу).

Мобильная библиотека обслуживала различные группы пользователей: сельский партактив, интеллигенцию, а также граждан, занимающихся самообразованием и саморазвитием. Сотрудником библиотеки-автомобиля проводилась массовая и справочно-информационная работа среди сельских читателей.

Фонд библиотеки-автомобиля организационно входил в библиотечный фонд районной библиотеки и регистрировался в инвентарной книге. Книжный фонд преимущественно был представлен общественно-политическими, научными, сельскохозяйственными, техническими, искусствоведческими изданиями, художественной литературой, учебниками и пособиями для средней школы, справочными изданиями и словарями. Библиотекарь автобиблиотеки регулярно делал подборку изданий по актуальным вопросам техники и сельского хозяйства, отбирал свежую периодику в соответствии с реальными информационными запросами индивидуальных читателей и по заказам местных организаций. Особую сложность в работе передвижной библиотеки составляла необходимость обеспечения заочного прогнозирования потенциальных информационных потребностей и читательских запросов, так как библиотекари не имели права на ошибку в условиях обеспечения удалённой работы. Режим работы библиобуса не предполагал возможность оперативного изменения состава книжных фондов и набора периодических изданий, а также срочное переформатирование графика и тематики подготовленных массовых мероприятий.

Организация книжных фондов библиотеки-автомобиля включала в себя расстановку в алфавитном, систематическом и тематическом порядке. Основной фонд получал отражение в систематическом каталоге, создавались тематические рекомендательные указатели литературы. В этом вопросе также скрывалось «узкое» место работы библиотекарей в условиях передвижного библиотечного пункта. Один сотрудник, должен был обеспечить качественное выполнение целого ряда задач с учётом местной специфики и конъюнктуры. Это выражалось в соответствии плана мероприятий сезонным работам на той территории куда выезжала передвижная библиотека, подготовка к участию в праздновании государственных праздников, при условии совпадения их дат с моментом нахождения библиобуса в конкретной агломерации, прогнозирование реальных и потенциальных потребностей в книгах и периодических изданиях у местных читателей. Следует отметить, что все подготовительные работы осуществлялись в конкретных условиях 30-40-х гг. прошлого века, с невысоким уровнем развития средств связи.

Другой важной задачей, которую решали сотрудники библиобусов, являлась организация эффективной системы выдачи книг из фонда передвижной библиотеки. Естественно, правила выдачи изданий из фонда стационарной и передвижной библиотеки имели существенные отличия. Они определялись не только собственно спецификой работы библиотеки в условиях выезда, но и временным интервалом нахождения передвижки в конкретной агломерации, составом читателей отдельно взятой территории, заблаговременным сбором сведений о читательских интересах и информационных потребностях конкретных граждан. В рамках решения этих задач и обеспечения соблюдения правил пользования библиотекой-автомобилем в целях обеспечения сохранности книжного фонда, проводилась разъяснительная работа среди читателей, осуществлялась работа по активному прогнозированию и изучению как самих читателей той или иной территории, так и информационных запросов, выполнение которых в условиях библиотеки-читальни было затруднительно или невозможно.

В помощь организации процесса библиотечно-информационного обслуживания в деревне и на селе, в каждой агломерации, обслуживаемой библиотекой-автомобилем, определялось специальное уполномоченное лицо (учитель, заведующий избой-читальней или сель-

ским клубом, заведующий колхозным клубом), на которое возлагались следующие обязанности (в порядке выполнения общественного поручения):

а) информирование населения о предстоящем приезде библиотеки-автомобиля и доведение графика его работы до всех интересующихся, а также до читательского актива, специалистов, нуждающихся в дополнительной информации и сотрудников местных органов власти;

б) помощь в организации обслуживания населения на период приезда библиотеки-автомобиля;

в) учет спроса, приём возвращаемых и выдача новых книг читателям во время отсутствия библиотеки-автомобиля в агломерации;

г) организация мониторинга читателей, выбывающих из данного населенного пункта и оперативный прием книг от них, с обеспечением мероприятий по их хранению, учёту и последующей передаче в фонд передвижной библиотеки с проставлением соответствующих отметок в книжных и читательских формулярах. [14].

Между рейсами библиотеки-автомобиля работу с конкретной частью её фонда обеспечивал сотрудник местной библиотеки, клуба или избы-читальни. Формы этой работы устанавливались индивидуально и отражали конкретную региональную специфику определяемую совокупностью факторов в числе которых: особенности графика работы передвижки, состав читателей на данной территории, наличие конкретного количества местных сотрудников и командированных специалистов на предприятия территории, время года, календарный план-график работы местных культурно-просветительских организаций, уровень вовлечения сотрудника передвижки в мероприятия проводимые на местах.

Планированием рейсов и содержания работы занимались отдел культпросветработы под руководством соответствующего комитета территориального органа ВКП(б). План работы библиотеки-автомобиля составлялся индивидуально на каждый маршрут, в нем, в обязательном порядке определялась продолжительность визита в отдельный населенный пункт с учётом количества мероприятий, планируемых с участием библиобуса и, как уже отмечалось выше, совокупностей факторов, характеризовавших особенности работы в конкретном районе. Работа библиотеки-автомобиля включалась в соответствующий раздел квартальных и годового планов районной библиотеки, её результаты являлись неотъемлемой частью годового отчёта центральной библиотеки.

Подготовка к очередному рейсу библиотеки-автомобиля включала:

а) разработку маршрута и составление плана работы на данный рейс;

б) докомплектование фонда библиотеки автомобиля новыми книгами, журналами и литературой по индивидуальным запросам читателей;

в) оформление книжных выставок, библиотечных плакатов и рекомендательных списков, подбор литературы для громких чтотков.

Выполненная работа за каждый рейс находила отражение в письменном отчете библиотекаря. Учитывались следующие показатели: количество читателей, книговыдача, массовые мероприятия, показатели обслуживания читателей через межбиблиотечный абонемент (МБА). Библиотекарем велся подробный учет библиотечной работы в соответствующем дневнике, с последующим отражением в дневниках работы центральной библиотеки [14].

Выводы

Уже первые опыты использования библиотек-автомобилей в процессе библиотечно-информационного обслуживания удалённых территорий выявили проблемы как субъективного, так и объективного характера. К числу первых и решаемых на местах следует отнести: формирование адекватного подхода к формированию фонда передвижной библиотеки; работу с активом читателей и разработку соответствующих методических и библиографических материалов. К проблемам объективного характера, напрямую зависящим от внешней среды функционирования библиобуса, относились следующие аспекты: состояние местных автодорожных сетей; наличие станций и специалистов по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава; высокая стоимость транспортных средств и технологическое несовер-

шенство используемого оборудования; необходимость координации действий библиотеки ответственной за работу передвижной библиотеки и местных органов власти, отделов народного просвещения и предприятий, специалисты которых обслуживались конкретной библиотекой-автомобилем; несовершенство, а в некоторых случаях правовые лакуны нормативного регулирования ряда сторон деятельности библиобусов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, К.И. Библиотечное строительство в первые годы Советской власти: 1917-1920 - Москва: Книга, 1974. – С. 37.
2. Абрамов, К.И. Библиотечное строительство в СССР (1917-1977): Обзорная информация - Москва: Книга, 1977. – 56 с.
3. Амлинский, Л.З. Композиционно-планировочные решения и техническое оснащение научных библиотек: библиотечковедческий аспект – Киев, 1988. – 296 с.
4. Библиотечная энциклопедия – Москва: Пашков дом, 2007. – 1300 с.
5. Библиотечное дело в Российской Федерации в послевоенный период (июнь 1945 -март 1953): Док. и материалы - в 2 ч. Ч.1. – Москва: Пашков дом, 2005. – 262 с.
6. Доблер, Ф.Э. Передвижные библиотеки, их организация и техника – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Гос. изд-во, 1928. -160 с.
7. Записка о новой народной библиотеке // ЦГА РСФСР, ф. 2306, оп. 2, ед. хр. 262, л. 100 об.
8. Зуева, Т.М. О состоянии и задачах библиотечной работы в РСФСР / под общ. ред. Л. В. Чекиной // Всероссийское совещание библиотечных работников. – Москва. - 1948. – С. 5-47.
9. Абрамов К.И. История библиотечного дела в России: учеб.-метод. пособие для студентов, преподавателей и библиотекарей-практиков - в 2 ч. Ч. 1. – Москва: Либерея, 2000. - 176 с.
10. Т.П. Лещинская, К.Г. Галкин К 90-летию создания ЦДРА. Страницы истории: метод. пособие / Отв. за выпуск Д.В. Хробостов // Москва: Центральный Дом Российской Армии. - 2017. – С. 15.
11. Краткий очерк культурно-политической работы в Красной Армии – Москва, 1919. – С. 69.
12. Крупская, Н.К. Библиотечная работа в деревне // О библиотечном деле: Сборник. – Москва. - 1957. – С. 182-190.
13. Крупская, Н.К. О библиотечном деле // Сборник трудов. – Том 1. – Москва, 1982. – 448 с.
14. О библиотеке-автомобиле при районной библиотеке: временное положение // Государственный Архив Российской Федерации. – Ф. А-259. – Оп. 6. – Д. 4421. – Л. 17-21.
15. Кравченко А.Г. О библиотечном деле: сборник - Москва, 1957. – С. 307.
16. О создании библиотек-автомобилей: постановление СМ РСФСР от 8 сентября 1947 г. // Государственный Архив Российской Федерации. - Ф. А-259. - Оп. 6. - Д. 4421. - Л. 1.
17. Отчёт о первой библиотечной сессии Народного комиссариата по просвещению. – Библиотечное обозрение, 1920, кн. 2. – С. 193.
18. Потапов, М.А. Передвижные библиотеки в колхозах и совхозах – Москва :НКП РСФСР, Политпросветцентр Учпедгиз, 1933. – 31 с.
19. Руководство для красноармейских библиотек. – Москва, 1919 г. – С. 1.
20. Хавкина, Л.Б. Руководство для небольших и средних библиотек / 6-е изд. – Москва-Ленинград, 1930. – 384 с.
21. Цикуленко, А.И. Руководство для библиотекарей Красной Армии / Москва, 1920. – С. 1.
22. Чубарьян, О.С. Проблемы теории и практики библиотечного дела в СССР: Избр. тр. / О.С. Чубарьян. – Москва, 1979. – 264 с.
23. Ward, H. Library buildings – London: Labrary Association, 1976.

Беляева Надежда Евгеньевна

Орловский государственный институт культуры
К.п.н., доцент кафедры библиотечно-информационной деятельности
Адрес: Россия, 302020, г. Орёл, ул. Лескова, 15
E-mail: nabel74@ya.ru

Есипов Александр Леонидович

Орловский государственный институт культуры
Адрес: Россия, 302020, г. Орёл, ул. Лескова, 15
К.п.н., доцент кафедры библиотечно-информационной деятельности
E-mail: ari-all@ya.ru

Ивашова Ирина Александровна,

Орловский государственный институт культуры
К.п.н., профессор кафедры библиотечно-информационной деятельности
Адрес: Россия, 302020, г. Орёл, ул. Лескова, 15
E-mail: ivashova20@bk.ru

LIBRARIES-CARS OF THE 30-40S OF THE TWENTIETH CENTURY: DOMESTIC EXPERIENCE IN THE IMPLEMENTATION OF TECHNICAL AND CULTURAL INNOVATION

Abstract. *The article considers the history and technology of the use of motor transport to improve library and information services for a user living remotely from the library. The purpose of the study is to identify, summarize and analyze the historical experience of using vehicles to improve the library and information activities of the country, the region in particular. The organizational, technological and managerial aspects of the work of car libraries have been studied.*

Keywords: *library-car, mobile libraries, history of library science in Russia, librarianship*

BIBLIOGRAPHY

1. Abramov, K.I. Bibliotechnoe stroitel'stvo v pervye gody Sovetskoy vlasti: 1917-1920 - Moskva: Kniga, 1974. - S. 37.
2. Abramov, K.I. Bibliotechnoe stroitel'stvo v SSSR (1917-1977): Obzornaya informatsiya - Moskva: Kniga, 1977. - 56 s.
3. Amlinskiy, L.Z. Kompozitsionno-planirovochnye resheniya i tekhnicheskoe osnashche-nie nauchnykh bibliotek: bibliotekovedcheskiy aspekt - Kiev, 1988. - 296 s.
4. Bibliotechnaya entsiklopediya - Moskva: Pashkov dom, 2007. - 1300 s.
5. Bibliotechnoe delo v Rossiyskoy Federatsii v poslevoennyi period (iyun` 1945 - mart 1953): Dok. i materialy - v 2 ch. Ch.1. - Moskva: Pashkov dom, 2005. - 262 s.
6. Dobler, F.E. Peredvizhnye biblioteki, ikh organizatsiya i tekhnika - 2-e izd., ispr. i dop. - Moskva: Gos. izd-vo, 1928. -160 s.
7. Zapiska o novoy narodnoy biblioteke // TSGA RSFSR, f. 2306, op. 2, ed. khr. 262, l. 100 ob.
8. Zueva, T.M. O sostoyanii i zadachakh bibliotechnoy raboty v RSFSR / pod obshch. red. L.V. Chekinoy // Vserossiyskoe soveshchanie bibliotechnykh rabotnikov. - Moskva. - 1948. - S. 5-47.
9. Abramov K.I. Istoriya bibliotechnogo dela v Rossii: ucheb.-metod. posobie dlya studentov, prepodavateley i bibliotekarey-praktikov - v 2 ch. CH. 1. - Moskva: Libereya, 2000. - 176 s.
10. T.P. Leshchinskaya, K.G. Galkin K 90-letiyu sozdaniya TSDRA. Stranitsy istorii: metod. posobie / Otv. za vypusk D.V. Hrobostov // Moskva: Tsentral'nyy Dom Rossiyskoy Armii. - 2017. - S. 15.
11. Kratkiy ocherk kul'turno-politicheskoy raboty v Krasnoy Armii - Moskva, 1919. - S. 69.
12. Krupskaya, N.K. Bibliotechnaya rabota v derevne // O bibliotechnom dele: Sbornik. - Moskva. - 1957. - S. 182-190.
13. Krupskaya, N.K. O bibliotechnom dele // Sbornik trudov. - Tom 1. - Moskva, 1982. - 448 s.
14. O biblioteke-avtomobile pri rayonnoy biblioteke: vremennoe polozhenie // Gosudarstvennyy Arkhiv Rossiyskoy Federatsii. - F. A-259. - Op. 6. - D. 4421. - L. 17-21.
15. Kravchenko A.G. O bibliotechnom dele: sbornik - Moskva, 1957. - S. 307.
16. O sozdanii bibliotek-avtomobiley: postanovlenie SM RSFSR ot 8 sentyabrya 1947 g. // Gosudarstvennyy Arkhiv Rossiyskoy Federatsii. - F. A-259. - Op. 6. - D. 4421. - L. 1.
17. Otchiot o pervoy bibliotechnoy sessii Narodnogo komissariata po prosveshcheniyu. - Bibliotechnoe obozrenie, 1920, kn. 2. - S. 193.
18. Potapov, M.A. Peredvizhnye biblioteki v kolkhozakh i sovkhozakh - Moskva: NKP RSFSR, Politprosveshtsentri Uchpedgiz, 1933. - 31 s.
19. Rukovodstvo dlya krasnoarmeyskikh bibliotek. - Moskva, 1919 g. - S. 1.
20. Havkina, L.B. Rukovodstvo dlya nebol'shikh i srednikh bibliotek / 6-e izd. - Moskva-Leningrad, 1930. - 384 s.
21. Tsikulenko, A.I. Rukovodstvo dlya bibliotekarey Krasnoy Armii / Moskva, 1920. - S. 1.
22. Chubar`yan, O.S. Problemy teorii i praktiki bibliotechnogo dela v SSSR: Izbr. tr. / O.S. Chubar`yan. - Moskva, 1979. - 264 s.
23. Ward, H. Library buildings - London: Labrary Association, 1976.

Belyaeva Nadezhda Evgenievna

Oryol State Institute of Culture

Address: Russia, 302020 Orel, Leskova str., 15

Candidate of pedagogical sciences

E-mail: nabel74@ya.ru

Ivashova Irina Aleksandrovna

Oryol State Institute of Culture

Address: Russia, 302020 Orel, Leskova str., 15

Candidate of pedagogical sciences

E-mail: ivashova20@bk.ru

Esipov Alexander Leonidovich

Oryol State Institute of Culture

Address: Russia, 302020 Orel, Leskova str., 15

Candidate of pedagogical sciences

E-mail: ari-all@ya.ru

Научная статья

УДК 65.013

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-85-95

О.Е. ЯНУЧКОВА, Н.Н. ЯКУНИН, Н.В. ЯКУНИНА

МЕТОДИКА ПОДБОРА ВОДИТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПО ВИДАМ ВЫПОЛНЯЕМОЙ ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ

Аннотация. Представлен анализ процесса взаимодействия автотранспортного предприятия с психологической службой, результатом которого является исследование психофизиологических особенностей водителя. Определены значимые психофизиологические показатели, влияющие на эффективность выполнения разных видов транспортной работы. Предложена методика, позволяющая дифференцировать водителей по выполняемой транспортной работе: городские и междугородние перевозки, грузовые и пассажирские перевозки на основе исследования психофизиологических особенностей.

Ключевые слова: психофизиологические особенности водителей, автотранспортное предприятие, автомобильный транспорт, транспортная работа, городские перевозки, междугородние перевозки, пассажирские перевозки, грузовые перевозки

Введение

На современном этапе общественного развития автомобиль стал незаменим во всех отраслях деятельности человека, а профессия водителя становится массовой. Еженедельно в нашей стране выпускаются тысячи курсантов автошкол. Для части из них управление автотранспортным средством станет профессиональной деятельностью, для другой – одним из необходимых бытовых навыков. Автомобилисты-любители, как и водители-профессионалы являются полноправными участниками дорожного движения, а, следовательно, одним из звеньев системы «Водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС), представляющий человеческий фактор этой системы.

В профессиях, связанных с вождением автотранспортных средств именно человеческий фактор определяет эффективность и качество труда. Существует множество определений понятия «человеческий фактор», но все они подразумевают психофизиологические характеристики человека, его возможности и ограничения, проявляющиеся в условиях взаимодействия с техникой. С психофизиологическими особенностями связана надежность водителя, которая в свою очередь является способностью водителя безошибочно управлять транспортным средством в любых дорожных условиях в течение всего рабочего времени.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 20.12.2017 №1596 (ред. от 24.12.2021) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы», одной из существенных проблем транспортной системы является безопасность. По данным Федеральной службы государственной статистики в дорожно-транспортных происшествиях в 2020 году, погибли 11 человек в расчете на 100 тыс. человек населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, этот показатель в Норвегии составляет 2,1 человека в расчете на 100 тыс. человек населения, в Швеции – 3,1 человека в расчете на 100 тыс. человек населения и в Германии – 3,8 человека в расчете на 100 тыс. человек населения. Статистические данные представлены на рисунке 1.

Рассматривая статистику ДТП в нашей стране начиная с 2015 года видно, что их количество от года к году устойчиво снижается, но, несмотря на определенные позитивные изменения, уровень дорожно-транспортной аварийности в стране остается достаточно высоким – каждое одиннадцатое ДТП приводит к смертельному исходу, статистические данные представлены на рисунке 2.

Также остается высоким процент ДТП из-за ошибок водителей, так за 9 месяцев 2021 года девять из десяти (88,7 %) ДТП произошли из-за нарушения правил дорожного движения водителями транспортных средств.

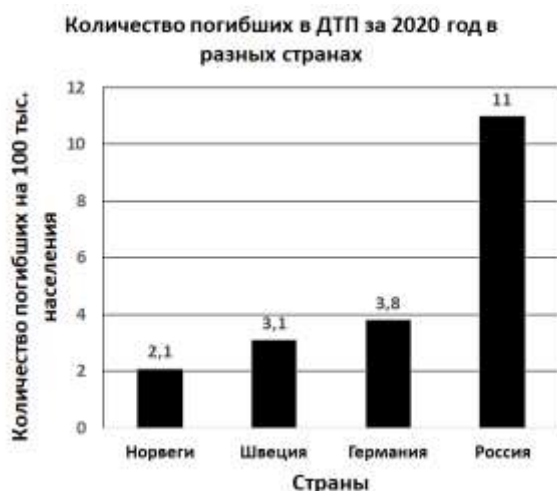


Рисунок 1 – Статистика по количеству погибших в ДТП за 2020 год в разных странах (на 100 тыс. населения)

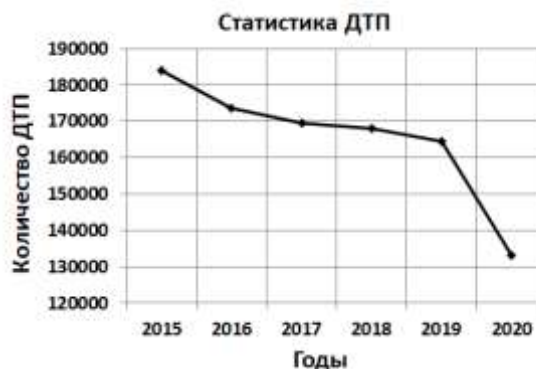


Рисунок 2 – Статистика ДТП на территории Российской Федерации

Требования, предъявляемые к профессиональной деятельности водителей, определяются следующими нормативными документами:

- Приказ Минтранса России от 31.07.2020 №282 «Об утверждении профессиональных и квалификационных требований, предъявляемых при осуществлении перевозок к работникам юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, указанных в абзаце первом пункта 2 статьи 20 Федерального закона «О безопасности дорожного движения», устанавливают необходимые знания, умения, профессиональное образование, стаж работы по специальности работников, осуществляющих перевозки как пассажиров, так и грузов.

- Приказ Министерства транспорта РФ от 29 июля 2020 г. №264 «Об утверждении Порядка прохождения профессионального отбора и профессионального обучения работниками, принимаемыми на работу, непосредственно связанную с движением транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта», устанавливает порядок прохождения профессионального отбора и профессионального обучения работниками, принимаемыми на работу, непосредственно связанную с движением транспортных средств автомобильного транспорта.

- Постановление Совета Министров - Правительства РФ от 28 апреля 1993 г. №377 «О реализации Закона Российской Федерации «О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее оказании», определяет медицинские психиатрические противопоказания для осуществления отдельных видов профессиональной деятельности в условиях повышенной опасности. Устанавливает периодичность освидетельствований водителей автотранспортных предприятий – не реже одного раза в пять лет. В освидетельствование входят электрокардиография и экспериментально – психологическое исследование.

Изучение психофизиологических особенностей деятельности и профессиональный отбор водителей позволят в значительной степени повысить уровень их подготовки и снизить количество и тяжесть дорожно-транспортных происшествий.

Целью работы является разработка методики, позволяющей дифференцировать водителей по выполняемой транспортной работе: городские пассажирские перевозки, городские грузовые перевозки, междугородные пассажирские перевозки, междугородные грузовые перевозки, с учетом психофизиологических особенностей водителей. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) проанализировать существующий процесс взаимодействия автотранспортного предприятия с психологической службой и результатами исследования психофизиологических особенностей водителя;

- 2) определить основные психофизиологические показатели и их количественные характеристики, влияющие на работу водителя;

3) определить психофизиологические показатели, необходимые для исследования с целью дифференциации водителей по выполняемой транспортной работе;

4) разработать методику, позволяющую распределять водителей, на основе показателей исследования психофизиологических особенностей, по четырем группам транспортной работы: городские пассажирские перевозки, городские грузовые перевозки, междугородные пассажирские перевозки, междугородные грузовые перевозки.

Научную новизну исследования составляет разработка методики, позволяющей дифференцировать водителей по выполняемой транспортной работе: городские пассажирские перевозки, городские грузовые перевозки, междугородные пассажирские перевозки, междугородные грузовые перевозки.

Материал и методы

Для решения задач исследования использовались методы интервьюирования и экспертных оценок. В качестве экспертов выступали психологи и специалисты автотранспортных предприятий. В качестве теоретической базы использовались материалы психологии и психодиагностики, физиологии, гигиены труда и транспортной психологии.

Теория

Для правильного понимания деятельности водителя и требований, которые эта деятельность предъявляет к его психофизиологическим качествам, необходимо учитывать условия, в которых ему приходится работать.

Профессия водителя относится к деятельности, которая сопровождается повышенными требованиями к аналитическим системам. Большую часть рабочего времени водитель находится в дороге - в любую погоду, в любое время суток. Водитель постоянно находится в состоянии напряжения, его задача - внимательно следить за действиями на дороге, соблюдать правила дорожного движения, не создавать аварийных ситуаций

Вопросами повышения безопасности в рамках системы водитель-автомобиль-дорога-среда занимались С.В. Данилов, С.В. Шпорт, В.А. Василенко, В.И. Коноплянко, А.Н. Романов, N. Dvir, J. Davidović, M. Boffi [1-8], роль человеческого фактора в профессиях, связанных с управлением автотранспортными средствами была рассмотрена в трудах В.А. Корчагина, Е.В. Шашиной, С.Н. Кулиш, G.A. Bekey, R.W. Pew, R. McFarland [9-14]. Варианты совершенствования системы профессионального отбора и профессиональной подготовки водителей представлены в работах М.Н. Дятлова, Е.В. Козлова, Ю.Я. Комарова, Е.В. Агеева, А. Charanis [15-19].

Подробно о психофизиологических особенностях водителей изложено в трудах А.Н. Романова [5], основные из них представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Психофизиологические особенности водителя

Психофизиологические особенности управления автомобилем свидетельствуют о сложности водительской деятельности и обусловленных этим высоких требованиях, предъявляемых к водителю. Постановление Совета Министров - Правительства РФ от 28 апреля 1993 г. №377 «О реализации Закона Российской Федерации «О психиатрической помощи и

гарантиях прав граждан при ее оказании» устанавливает периодичность освидетельствования водителей автотранспортных предприятий - не реже одного раза в пять лет.

Система взаимодействия автотранспортного предприятия с психологической службой может строиться различными способами: психолог может быть штатным сотрудником автотранспортного предприятия, либо услуги может оказывать аккредитованная организация на возмездной основе, чаще практикуется последний вариант.

Рассмотрим пример взаимодействия одного из автотранспортных предприятий города Оренбурга с психологической службой сторонней организации (рис. 4).

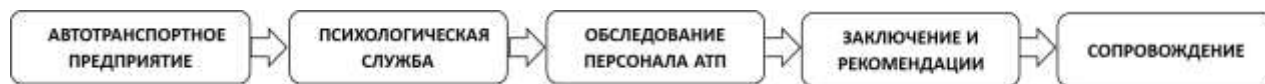


Рисунок 4 – Схема взаимодействия автотранспортного предприятия с психологической службой

В настоящее время при трудоустройстве на должность водителя, кандидат проходит обязательное психофизиологическое исследование, результаты которого учитываются при принятии решения о приеме его на работу. В последующем водителю необходимо каждые 5 лет проходить экспериментально-психологическое исследование.

Психологическая служба реализовывает клинико-психологическое исследование психофизиологических параметров, на основе результатов которого составляется психологический портрет водителя. Целью исследования является выявление нарушений психофизиологических параметров, определяющих модель поведения в сложных ситуациях, возникающих в процессе управления транспортным средством. Также в заключении, как правило, приводятся рекомендации по развитию или коррективке того или иного исследуемого показателя и в зависимости от потребности, возможно психологическое сопровождение водителя.

Клинико-психологическое исследование психофизиологических параметров и психологического портрета включает в себя: исследование зрительно-моторной координации, акустико-моторной координации, внимания (объем, устойчивость, распределение, переключение), память, силу нервных процессов (работоспособность), нервно-психическую устойчивость, готовность к риску.

Перечисленные психофизиологические показатели можно отнести в группу обязательных или базовых, которые включаются при диагностике водителей, независимо от выполняемой ими транспортной работы. Далее в работе они будут обозначаться как базовое исследование.

Кроме психофизиологических характеристик, на деятельность водителя оказывает большое влияние и личностные, особенно в условиях пассажирских перевозок, когда водитель вступает в межличностное общение с пассажирами.

Рассмотрим одну из методик, направленных на изучение личностных характеристик - индивидуально-типологический опросник (ИТО), разработанную Л.Н. Собчик. Данная методика позволяет дать количественные оценки выраженности индивидуально-типологических свойств личности. Графическое изображение соотношений этих свойств позволяет понять степень компенсированности вышедших за границу нормы тенденций, судить о преобладающих социально-психологических тенденциях, об индивидуальном когнитивном стиле исследуемого. Качества, которые изучаются в процессе исследования: Экстраверсия - Интроверсия, Спонтанность - Сензитивность, Агрессивность - Тревожность и Ригидность - Лабильность. По результатам диагностики возможно построение кругового графика, отражающего основные свойства личности (рис. 5).

Сбалансированность и умеренная степень выраженности разных типологических свойств отражает стабильность и уравновешенность гармоничной личности. При дезадаптации эти тенденции усиливаются и заостряются в зависимости от предрасположенности [20].

Следующий значимый показатель, характеристика которого важна в условиях междугородних перевозок – монотоностойчивость. Для водителей свойственно воздействие монотонии, наступающей от однообразия восприятия. Действия происходят в условиях одной и той же мало меняющейся информации: от езды по однообразной и неинтересной местности,

от длительного наблюдения за приборами в ожидании появления редкого, но важного сигнала, ситуацию усугубляет и ритмичное покачивание автомобиля, блики на капоте, оказывая на нервную систему водителя тормозящее действие. У водителя, подверженного монотонии, время реакции сильно увеличивается, процессы мышления и восприятия затормаживаются, автоматизированные действия срабатывают непроизвольно – это и представляет большую опасность и способствует попаданию в ДТП.



Рисунок 5 – Круговой график (профиль), отражающий основные свойства личности

Диагностика монотоноустойчивости используется для оценки способности испытуемого длительное время сохранять готовность к экстренным действиям в условиях монотонно действующих факторов. Результатом исследования является определение уровня монотоноустойчивости.

Расчёт

Количественная характеристика исследуемых психофизиологических показателей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Количественная характеристика психофизиологических показателей

Исследуемый параметр	Низкий	Средний	Высокий
Зрительно-моторная координация	низкий	средний	высокий
Акустико-моторная координация	низкий	средний	высокий
Внимание (объем, устойчивость, распределение, переключение)	низкий	средний	высокий
Память	низкий	средний	высокий
Сила нервных процессов (работоспособность)	слабая	средняя	сильная
Нервно-психическая устойчивость	ниже нормы	норма	выше нормы
Готовность к риску	высокий	средний	низкий

Анализируя количественные характеристики базового исследования, можно предположить, что к водителям, перевозящим пассажиров, должны предъявляться максимальные требования, то есть уровень психофизиологических показателей должен соответствовать высоким значениям. Водители, чья профессиональная деятельность связана с перевозками грузов, могут иметь показатели базового исследования от среднего. Соответственно кандидаты, чьи показатели базового исследования низкие – не рассматриваются на должность профессионального водителя. Описанная дифференциация представлена на рисунке 6.

Область значений САВ – низкий уровень значений показателей базового исследования, кандидаты на должность водителя с данными результатами не рассматриваются.

Область значений DAC – средний уровень значений показателей базового исследования, кандидаты на должность водителя рассматриваются на грузовые перевозки.

Область значений EAD – высокий уровень значений показателей базового исследования, кандидаты на должность водителя рассматриваются как на грузовые, так и на пассажирские перевозки.

Область значений базового исследования

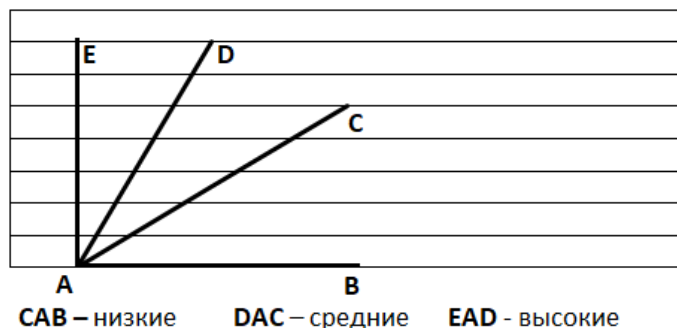


Рисунок 6 – Области значений показателей базового исследования

Интерпретация результатов индивидуально-типологического опросника находится в прямой зависимости от количества значимых ответов каждой из восьми шкал. Показатели в пределах нормы (3-4 балла) – Профиль 1, свойственны гармоничной личности; выраженные умеренно (5-7 баллов) – Профиль 2, отражают акцентуированные черты; представленные избыточно (8-9 баллов) – Профиль 3, выявляют состояние эмоциональной напряженности, наличие дезадаптивных свойств, клинически очерченные симптомы (рис. 7-9).



Рисунок 7 – Профиль 1



Рисунок 8 – Профиль 2



Рисунок 9 – Профиль 3

Проанализировав данные индивидуально-типологического опросника в условиях исследования водителей автотранспорта, можно утверждать, что водители, занимающиеся пассажирскими перевозками, в силу специфики своей работы, должны соответствовать профилю 1 и данный вид исследования должен быть обязательным в системе исследования водителей с целью профессионального подбора для пассажирских перевозок.

Характеристика уровней монотоностойчивости представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Уровни монотоностойчивости

Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень
<ul style="list-style-type: none"> - повышенная чувствительность к фактору монотонности; - низкий показатель эффективности при однообразной работе; - перепады в темпе и качестве труда. 	<ul style="list-style-type: none"> - нейтральная чувствительность; - привыкание к однотипной работе; - недостаточную стабильность в результатах труда. 	<ul style="list-style-type: none"> - низкая чувствительность к монотонному труду; - большая эффективность труда при однообразной работе; - стабильность в качестве труда и показателях деятельности.

Анализ количественной характеристики монотоностойчивости, позволяет сделать вывод о том, что водитель, чья профессиональная деятельность осуществляется в условиях междугородних перевозок, как пассажирских, так и грузовых, должен обладать высоким уровнем монотоностойчивости. Оценка уровня показателя монотоностойчивости для водителей, осуществляющих свою профессиональную деятельность в пределах города неактуальна.

Результаты

В результате проведенного исследования были определены основные психофизиологические показатели и их количественные характеристики, влияющие на работу водителя, а также показатели, значимые для разных видов транспортной работы (табл. 3). Для водителей, осуществляющих пассажирские перевозки, значимым показателем является личностные характеристики, для водителей, осуществляющих междугородние перевозки, значимым является уровень монотоностойчивости.

На основе полученных данных представлена методика, распределяющая кандидатов на должность водителя по четырем группам транспортной работы: городские пассажирские перевозки, городские грузовые перевозки, междугородние пассажирские перевозки, междугородние грузовые перевозки, алгоритм представлен на рисунке 10.

Таблица 3 – Показатель, соответствующий определённому виду перевозок

Вид транспортной работы	Уровень базового исследования	Индивидуально-типологический опросник	Уровень монотоностойчивости
Пассажирские городские	Высокий	Профиль 1	
Пассажирские междугородние	Высокий	Профиль 1	Высокий
Грузовые городские	Высокий, средний		
Грузовые междугородние	Высокий, средний		Высокий

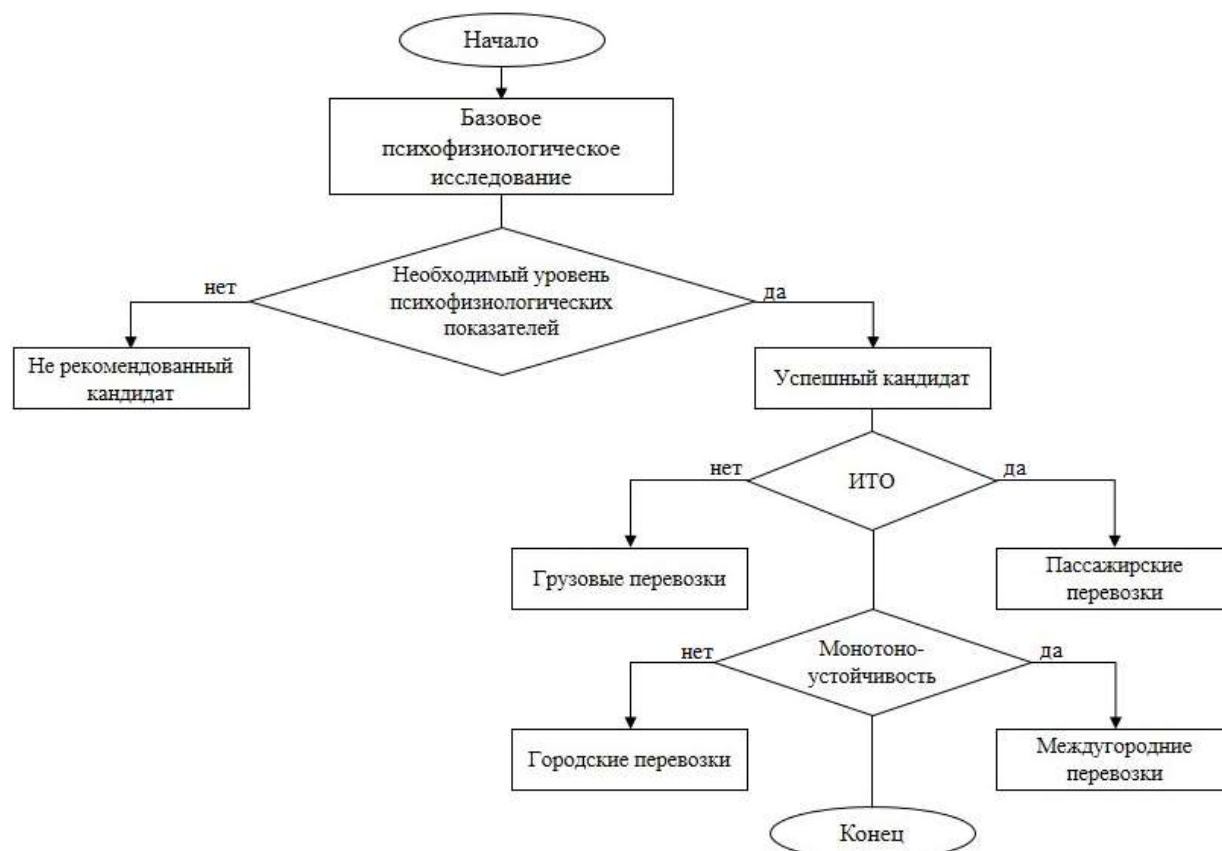


Рисунок 10 – Алгоритм подбора водителей по выполняемой транспортной работе

Предложенная методика дает возможность осуществлять дифференцированный подход к подбору персонала на должность водителя. Так, например, при наборе водителей на пассажирские городские перевозки достаточно провести базовое исследование и индивидуально-типологический опросник в случае, если будут осуществляться междугородние перевозки, водителю необходимо пройти дополнительное исследование уровня монотоностойчивости. При подборе водителей на грузовые городские перевозки достаточным будет базового исследования и соответственно в случае, если будут осуществляться междугородние перевозки, дополнительно понадобится исследование уровня монотоностойчивости.

Обсуждение

Анализ сложившейся системы взаимодействия автотранспортного предприятия с психологической службой показал, что проводимые исследования имеют своей целью выявление нарушений психофизиологических параметров, определяющих модель поведения в сложных ситуациях, возникающих в процессе управления транспортным средством, составление психологического портрета водителя и формирование на его основе - заключения.

В тоже время используемые методики позволяют изучать параметры, влияющие на выполнение того или иного вида транспортной работы. Проанализировав методический материал и показатели, на изучение которых он направлен, был предложен алгоритм дифференциации водителей по видам транспортной работы, что явилось основой представленной методики.

Выводы

Описанная в работе методика подбора водителей дает возможность определить вид транспортной работы, в которой кандидат будет эффективен и надёжен, что характеризуется способностью водителя безошибочно управлять транспортным средством в любых дорожных условиях в течение всего рабочего времени, а следовательно, способствует снижению дорожно-транспортных происшествий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов, С.В. Повышение безопасности работы маршрутных такси в системе водитель автомобиль – дорога – среда – пассажиры: Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.22.10. / Данилов Сергей Васильевич. – Волгоград, 2006. – 21 с.
2. Шпорт, С.В. Концепция психопрофилактического обеспечения безопасности дорожного движения водителей автомобильного транспорта: Автореферат дис.... д-ра мед. наук: 05.26.02, 14.01.06. / Шпорт Светлана Вячеславовна. – Санкт-Петербург, 2021. – 50 с.
3. Василенко, В.А. Психологические особенности водителя, как фактор безопасности дорожного движения // Молодой ученый. – 2013. – №2(49). – С. 309-312.
4. Коноплянко, В.И. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения: Учебное пособие. – М.: Высш. шк., 2005. – 271 с.
5. Романов, А.Н. Автотранспортная психология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Академия, 2002. - 224 с.
6. Dvir, N. Quantitative evaluation of psycho physiological stresses occurring in the course of driving drills / N. Dvir, B. Dobroborski, O. Bardyshev // Transportation research procedia. – Vol. 20. – 2017. – P. 166-170.
7. Davidović, J. The Significance of the development of road safety performance indicators related to driver fatigue / J. Davidović, D. Pešić, B. Antić // Transportation research procedia. – Vol. 45. – 2020. – P. 333-342.
8. Boffi, M. Investigating objective and perceived safety in road mobility / M. Boffi, B.E.A. Piga, L. Mussoni, G. Caruso // Transportation research procedia. – Vol. 60. – 2022. – P. 600-607.
9. Корчагин В.А., Энглез И.П. Анализ влияния человеческого фактора на параметры аварийности / Отв. ред. Е.П. Мельникова // Актуальные проблемы экономики и управления: теоретические и прикладные аспекты: Материалы Третьей международной научно-практической конференции. - Донецк. – 2018. – С. 409-414.
10. Шашина, Е.В. Разработка научно-методических основ оценки надёжности водителя автобуса в условиях возникновения конфликтных и чрезвычайных ситуаций: автореферат дис.... канд. техн. наук: 05.22.10. / Шашина Елена Владимировна. – Москва, 2014. – 21 с.
11. Кулиш С.Н., Олейник В.П., Аксенова Т.А., Кэннэ Т.П. Информативные признаки монотонии при длительном управлении автомобилем // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – №61-62. – С. 137-139.
12. Bekey G.A., De Green K.B. The human operator in control systems // Systems psychology. - New York: McGraw-Hill, 2011.

13. Pew R.W., Green P. Introduction to human factors engineering // Human factors engineering, Ann. Arbor: the University of michigan college of engineering, 2009.
14. McFarland R. Human factors in air transport design. – New York: McGraw-Hill, 2007.
15. Дятлов М.Н., Кудрин Р.А., Овчар Н.А., Комаров Ю.Я., Куликов В.С., Тодоров А.Н. Психофизиологическое обоснование необходимости совершенствования системы профессионального отбора водителей городского пассажирского транспорта (на примере водителей троллейбуса) // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2021. – №2(78). – С. 70-77.
16. Козлов, Е.В. Психофизиологическое обоснование необходимости совершенствования системы подготовки водителей: Дис... канд. мед. наук: 05.26.02. / Козлов Егор Валериевич. – М., 2012. – 126 с.
17. Комаров Ю.Я., Кудрин Р.А., Лифанова Е.В., Дятлов М.Н. Определение профессионально важных качеств водителей, необходимых для эффективного управления пассажирским автотранспортом // Наука и техника транспорта. – 2016. – №2. – С. 14-18.
18. Агеев Е.В., Виноградов Е.С. Совершенствование системы подготовки водителей категории «В», влияющей на безопасность дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 104-110.
19. Chapanis, A. Applied experimental psychology. – New York: Wiley, 2010.
20. Собчик, Л.Н. Психология индивидуальности: теория и практика психодиагностики. – СПб.: Речь, 2005. – 621 с.

Янучкова Ольга Евгеньевна

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, д. 13

Младший научный сотрудник

E-mail: yanuchkova.olya@yandex.ru

Якунин Николай Николаевич

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, д. 13

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта

E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Якунина Наталья Владимировна

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, д. 13

Д.т.н., доцент, профессор кафедры автомобильного транспорта

E-mail: nat.yakunina56@yandex.ru

O.E. YANUCHKOVA, N.N. YAKUNIN, N.V. YAKUNINA

METHOD OF SELECTION OF DRIVERS TAKING INTO ACCOUNT PSYCHOPHYSIOLOGICAL FEATURES BY TYPES OF TRANSPORT WORK PERFORMED

***Abstract.** The article presents an analysis of the process of interaction of a motor transport enterprise with a psychological service, the result of which is a study of the psychophysiological characteristics of the driver. Significant psychophysiological indicators have been determined that affect the efficiency of various types of transport work. A methodology has been proposed that allows differentiating drivers by the transport work performed: urban and intercity transportation, freight and passenger transportation based on a study of psychophysiological features.*

***Keywords:** psychophysiological features of drivers, motor transportation enterprise, road transport, transport work, city transportations, long-distance transportations, passenger traffic, freight transportation*

BIBLIOGRAPHY

1. Danilov, S.V. Povyshenie bezopasnosti raboty marshrutnykh taksi v sisteme voditel` avtomobil` - doroga - sreda - passazhiry: Avtoref. dis.... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. / Danilov Sergey Vasil`evich. - Volgograd, 2006. - 21 s.
2. Shport, S.V. Kontseptsiya psikhoprofilakticheskogo obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya voditeley avtomobil`nogo transporta: Avtoreferat dis.... d-ra med. nauk: 05.26.02, 14.01.06. / Shport Svetlana Vyacheslavovna. - Sankt-Peterburg, 2021. - 50 s.

3. Vasilenko, V.A. Psikhologicheskie osobennosti voditelya, kak faktor bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // *Molodoy uchenyy*. - 2013. - №2(49). - S. 309-312.
4. Konoplyanko, V.I. Osnovy upravleniya avtomobilem i bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya: Uchebnoe posobie. - M.: Vyssh. shk., 2005. - 271 s.
5. Romanov, A.N. Avtotransportnaya psikhologiya: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. - M.: Akademiya, 2002. - 224 s.
6. Dvir, N. Quantitative evaluation of psycho physiological stresses occurring in the course of driving drills / N. Dvir, B. Dobroborski, O. Bardyshev // *Transportation research procedia*. - Vol. 20. - 2017. - P. 166-170.
7. Davidovi, J. The Significance of the development of road safety performance indicators related to driver fatigue / J. Davidovi, D. Pei, B. Anti // *Transportation research procedia*. - Vol. 45. - 2020. - P. 333-342.
8. Boffi, M. Investigating objective and perceived safety in road mobility / M. Boffi, B.E.A. Piga, L. Mussoni, G. Caruso // *Transportation research procedia*. - Vol. 60. - 2022. - P. 600-607.
9. Korchagin V.A., Englezi I.P. Analiz vliyaniya chelovecheskogo faktora na parametry avariynosti / Otv. red. E.P. Mel'nikova // *Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniya: teoreticheskie i prikladnye aspekty: Materialy Tret'ey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. - Donetsk. - 2018. - S. 409-414.
10. Shashina, E.V. Razrabotka nauchno-metodicheskikh osnov otsenki nadiozhnosti voditelya avtobusa v usloviyakh vozniknoveniya konfliktnykh i chrezvychaynykh situatsiy: avtoreferat dis.... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. / Shashina Elena Vladimirovna. - Moskva, 2014. - 21 s.
11. Kulish S.N., Oleynik V.P., Aksenova T.A., Kenne T.P. Informativnye priznaki monotonii pri dlitel'nom upravlenii avtomobilem // *Vestnik Har'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*. - 2013. - №61-62. - S. 137-139.
12. Bekey G.A., De Green K.V. The human operator in control systems // *Systems psychology*. - New York: McGraw-Hill, 2011.
13. Pew R.W., Green P. Introduction to human factors engineering // *Human factors engineering*, Ann. Arbor: the University of michigan college of engineering, 2009.
14. McFarland R. Human factors in air transport design. - New York: McGraw-Hill, 2007.
15. Dyatlov M.N., Kudrin R.A., Ovchar N.A., Komarov Yu.Ya., Kulikov V.S., Todorev A.N. Psikhofiziologicheskoe obosnovanie neobkhodimosti sovershenstvovaniya sistemy professional'nogo otbora voditeley gorodskogo passazhirskogo transporta (na primere voditeley trolleybusa) // *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. - 2021. - №2(78). - S. 70-77.
16. Kozlov, E.V. Psikhofiziologicheskoe obosnovanie neobkhodimosti sovershenstvovaniya sistemy podgotovki voditeley: Dis... kand. med. nauk: 05.26.02. / Kozlov Egor Valerievich. - M., 2012. - 126 s.
17. Komarov Yu.Ya., Kudrin R.A., Lifanova E.V., Dyatlov M.N. Opredelenie professional'no vaznykh kachestv voditeley, neobkhodimykh dlya effektivnogo upravleniya passazhirskim avtotransportom // *Nauka i tekhnika transporta*. - 2016. - №2. - S. 14-18.
18. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley kategorii «V», vliyayushchey na bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2019. - №4(67). - S. 104-110.
19. Chapanis, A. Applied experimental psychology. - New York: Wiley, 2010.
20. Sobchik, L.N. Psikhologiya individual'nosti: teoriya i praktika psikhodiagnostiki. - SPb.: Rech`, 2005. - 621 s.

Yanuchkova Olga Evgen'evna

Orenburg State University

Adress: 460018, Russia, Orenburg, Pobedy ave., 13

Junior researcher

E-mail: yanuchkova.olya@yandex.ru

Yakunin Nikolay Nikolaevich

Orenburg State University

Adress: 460018, Russia, Orenburg, Pobedy ave., 13

Doctor of technical sciences

E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Yakunina Natalia Vladimirovna

Orenburg State University

Adress: 460018, Russia, Orenburg, Pobedy ave., 13

Doctor of technical sciences

E-mail: nat.yakunina56@yandex.ru

Научная статья

УДК 629.113

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-96-108

А.Н. НОВИКОВ, Д.С. МИХАЛЁВА

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ОБУЧЕНИЯ ВОДИТЕЛЬСКИХ КАДРОВ ПО ОФОРМЛЕНИЮ «ЕВРОПРОТОКОЛА»

Аннотация. Представлены теоретические занятия, разделенные на тематические блоки в рамках обучения водительских кадров, перечислены основные навыки будущего водителя для обеспечения безопасности на дорогах. Проанализированы основные проблемы, образованные после совершения дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Приведена статистика с использованием оформления ДТП по «Европротоколу» в РФ. Рассмотрены обязательные условия оформления ДТП с помощью «Европротокола» с последующим функциональной последовательной модели процесса его оформления. Разработан уникальный метод изучения оформления «Европротокола».

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, модульный принцип обучения водительских кадров, оформление «Европротокола», транспортное средство, водитель

Введение

Профессиональное мастерство будущего водителя это определенный набор качеств, который обеспечивает комфортное, безопасное и экономичное управление автомобилем (технические навыки, профессиональный интеллект и социально-психологические характеристики личности). Обладая этими качествами, водитель может предупредить возникновение серьезной ситуации в дорожном движении, предотвратить или минимизировать последствия ДТП.

Дается характеристика водителя как личности, для определения его склонности к повышенному риску и нарушению ПДД сознательно, что провоцирует аварии на дороге.

Водитель в активной безопасной системе является основным звеном. Он оператор транспортного средства со стандартным набором функций, к которым относятся прием информации, ее обработка, принятие решений, действия по управлению. Сфера такой профессиональной деятельности обладает очень сложной спецификой.

Каждый будущий водитель должен обладать определенными навыками, для обеспечения безопасности на дорогах. К ним относятся:

- готовность (предельное внимание, умение давать прогноз обстановке на дороге, контролируя при этом светофоры, дорожные знаки, разметку, следить за изменениями дороги в плане и профиле и т.д.).

- надежность водителя обозначает его пригодность, которая определяется психофизиологическими и личностными качествами (прохождение медицинского освидетельствования);

- обученность, подразумевающая объем его знаний, опыт и конечно, навыки, приобретенные не только во время подготовки водительских кадров, но и в процессе управления транспортным средством на дороге.

Действующая программа подготовки кандидатов в водители, согласно приказу Министерства образования и науки РФ от 26 декабря 2013 г. №1408 «Об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий» [1], заключается в первую очередь, в применение практических навыков и умений подготовки безопасного управления транспортного средства на дороге и качественных теоретических знаний у будущих водителей.

Уровень мастерства кандидата в водители зависит от уровня теоретических и практических знаний и навыков, полученных в процессе прохождения обучения в автошколах и с дальнейшим усовершенствованием своих практических навыков в процессе вождения транспортного средства в реальной жизни.

Целью данной работы является обеспечение реализации успешного модульного принципа и полного восприятия кандидатами в водители знаний и умений с применением

современных блоков обучения, которые позволят процесс подготовки водительских кадров сделать максимально интенсивным и приведет к сокращению времени оформления ДТП с помощью «Европротокола».

Материал и методы

Необходимо вводить новые программы для обучения в автошколах. Они должны быть основаны на модульном принципе обучения, подразумевающие теоретические занятия разделенные на тематические блоки с последующей сдачей экзамена для закрепления материала:

1) кандидаты должны будут учить билеты ПДД и решать аналитические задачи, что является базовым учебным циклом. В программу необходимо добавить обучающий блок по оформлению ДТП по Европротоколу (без выезда на место ДТП инспектора ГИБДД);

2) необходимость более углубленного изучения основ законодательства в сфере дорожного движения;

3) введение дополнительного модуля «Культура вождения и этика водителей», которая будет изучаться вместе с курсом по «Психофизическим основам деятельности водителя. Как избегать конфликтов на дорогах»;

4) основательное изучение «Устройство и техническое обслуживание транспортных средств категории В», как объект управления – это необходимо для того, чтобы ученики автошкол научились разбираться в устройстве автомобиля и ориентироваться в работе его систем безопасности [12].

В связи с интенсивным ростом транспортных потоков в городах, возрастает рост транспортных происшествий, даже если в ДТП участвует два транспортных средства без серьезных повреждений, пострадавших или погибших, на дороге сразу возникают серьезные проблемы в целом. Анализируя информацию, касающихся данных моментов, выявлены такие проблемы, как:

- создание пробки, что приводит к расходу топлива вхолостую;
- загрязнение окружающей среды из-за выхлопных газов, выходящих из транспортных средств, стоящих в данной пробке;
- снижение скорости у других транспортных средств;
- снижение скорости общественного транспорта;
- снижение скорости грузового транспорта;
- нарушение логистики в целом.

Для того, чтобы избежать негативные последствия, приведенные выше, необходимо всем водителям автотранспортных средств знать порядок оформления ДТП, свои права и необходимость присутствия сотрудников ГИБДД.

По результатам проведенного анализа источников информации, которые связаны с ДТП, основными проблемами для водителей является:

- минимизация психологического фактора, то есть, необходимо, в первую очередь, успокоиться;
- безошибочное оформление ряда документов;
- оценивание ситуации и нанесенный ущерб.

Все эти действия, конечно же, должны проводиться в установленном законом порядке, а также соблюдать морально и этические нормы поведения. Данный модуль относится к третьему блоку – «Культура вождения и этика водителей», к дополнению курса по «Психофизическим основам деятельности водителя. Как избегать конфликтов на дорогах».

Внедрение обучающего блока оформления ДТП по «Европротоколу» (без выезда на место ДТП инспектора ГИБДД) на постоянной основе необходимо для обучающихся в автошколах водительских кадров. Обучающиеся должны досконально изучить и овладеть навыками заполнения «Европротокола» при случившемся ДТП на месте, тем самым сокращая время пребывания в простое всем участникам движения.

Для полного понимания и важности данной процедуры необходимо дать определение, что такое «Европротокол». «Европротокол» – упрощенный вариант оформления доку-

ментов при ДТП, осуществляемый без вызова сотрудников ГИБДД [5]. Это определенная форма Извещения о ДТП, установленная на законодательном уровне ЦБ РФ, которая позволяет самостоятельно водителям оформить документы о ДТП. Благодаря правильным действиям водителей в сложившейся ситуации будет сокращено время на оформление ДТП, тем самым, появится возможность обеспечить проезд другим ТС с минимальным риском возникновения новых аварий, убрав машины, попавшие в ДТП, с проезжей части.

Ниже приведена статистика в виде диаграммы на рисунке 1 – оформление «Европротокола» за 2016-2021 год по России. По сравнению с 2018 годом, не говоря о годах ранее, можно сделать вывод, что «Европротокол» стали использовать гораздо чаще, не прибегая к вызову сотрудников ГИБДД [3]. Тем самым, доказывая, и смотря на рост использования «Европротокола» нашими водителями, что политика государства не зря внедряет и с каждым годом усовершенствует использование «Европротокола».

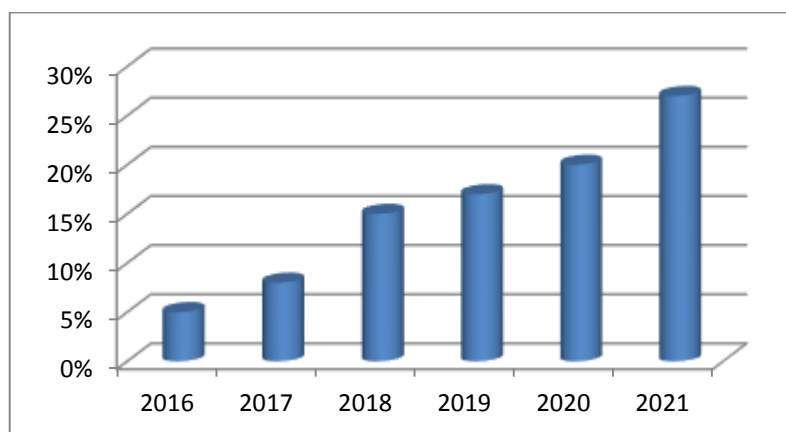


Рисунок 1 – Статистика оформления «Европротокола» за период 2016-2021 г.г.

Далее, в таблице 1 приведены условия самостоятельного оформления ДТП, которые установлены законом с 1 июня 2018 года, с поправками на 2021 год.

Таблица 1 – Условия самостоятельного оформления ДТП

Ущерб	Место ДТП	Разногласия	Наличие ГЛОНАСС или моб.прилож.	Оформление
100.000	Все регионы РФ	Нет	Отсутствует	Самостоятельно
		Да	Есть	Самостоятельно
		Да	Отсутствует	ГИБДД
400.000	Все регионы РФ	Нет	Есть	Самостоятельно
		Да	Есть	ГИБДД

Теория / расчет

На базе автошколы 47 при Всеволожском агропромышленном техникуме, в группе 005/22 у кандидатов в водители, обучающихся на категорию «В», был проведен пробный обучающий блок по оформлению ДТП с использованием «Европротокола». Была смоделирована аварийная ситуация с участием двух ТС и двух водителей с незначительным повреждением ТС. Основная задача состояла в разборе ДТП и самостоятельным оформлением «Европротокола». Проведен полный поэтапный разбор бланков Извещения о ДТП.

Для более подробного ознакомления был предоставлен раздаточный материал в виде схем для наглядного разбора поэтапного определения различных вариантов ответов, на вопросы, возникающие с оформлением «Европротокола» (рис. 2).

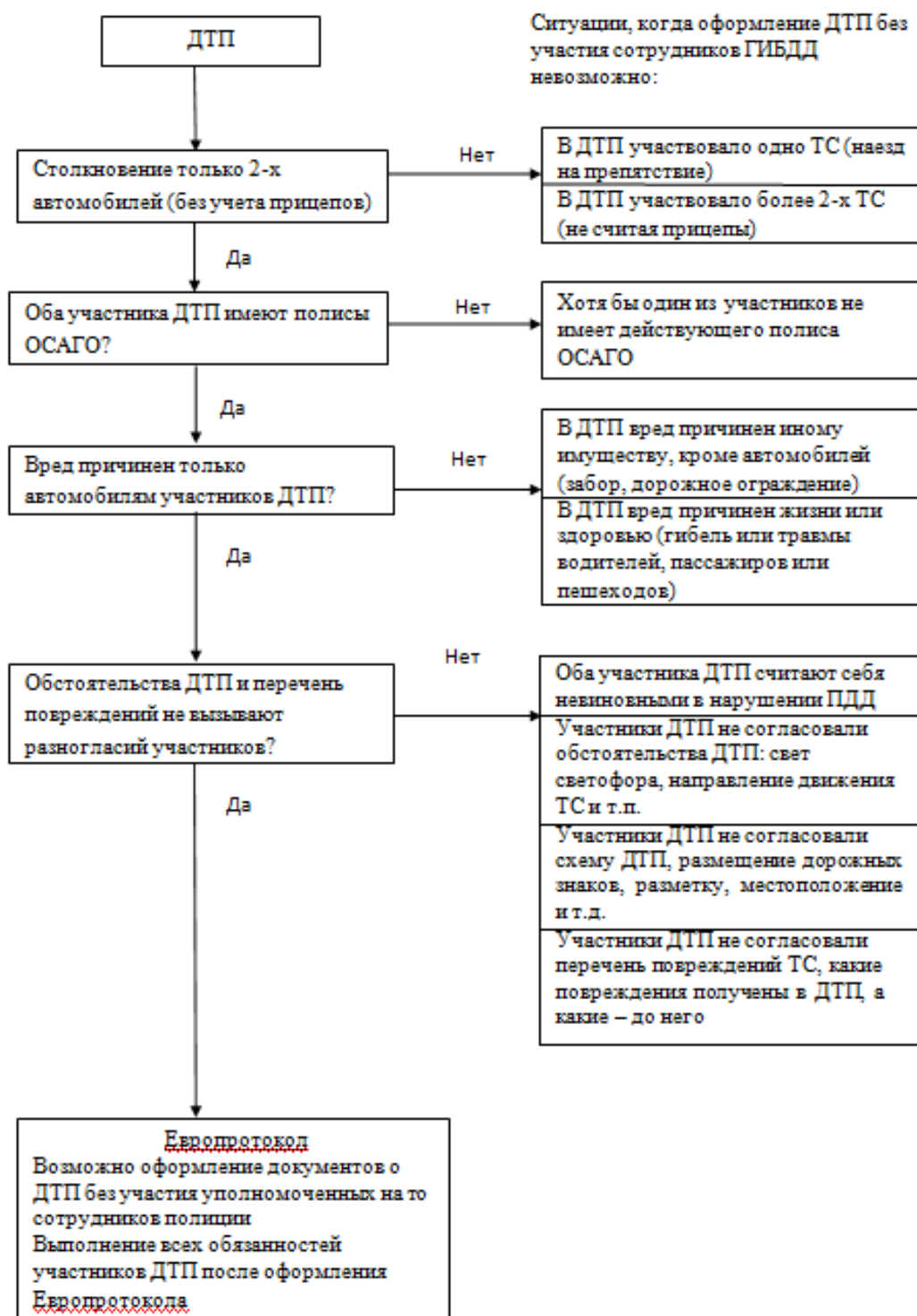


Рисунок 2 – Упрощенная схема проверки возможности оформления «Европротокола»

Также, для рассмотрения и анализа всех этапов построим функциональную модель процесса оформления ДТП с помощью «Европротокола» по методологии IDEF0 [8], которая позволяет наиболее полно отразить структуру всего процесса и взаимосвязи между его составляющими.

Для полного понимания, представим процесс оформления ДТП с помощью «Европротокола», как единый сложный процесс на рисунке 3. Декомпозиция процесса «Оформление ДТП с помощью «Европротокола» представлена на рисунке 3, функции которого соответствуют этапам оформления «Европротокола».

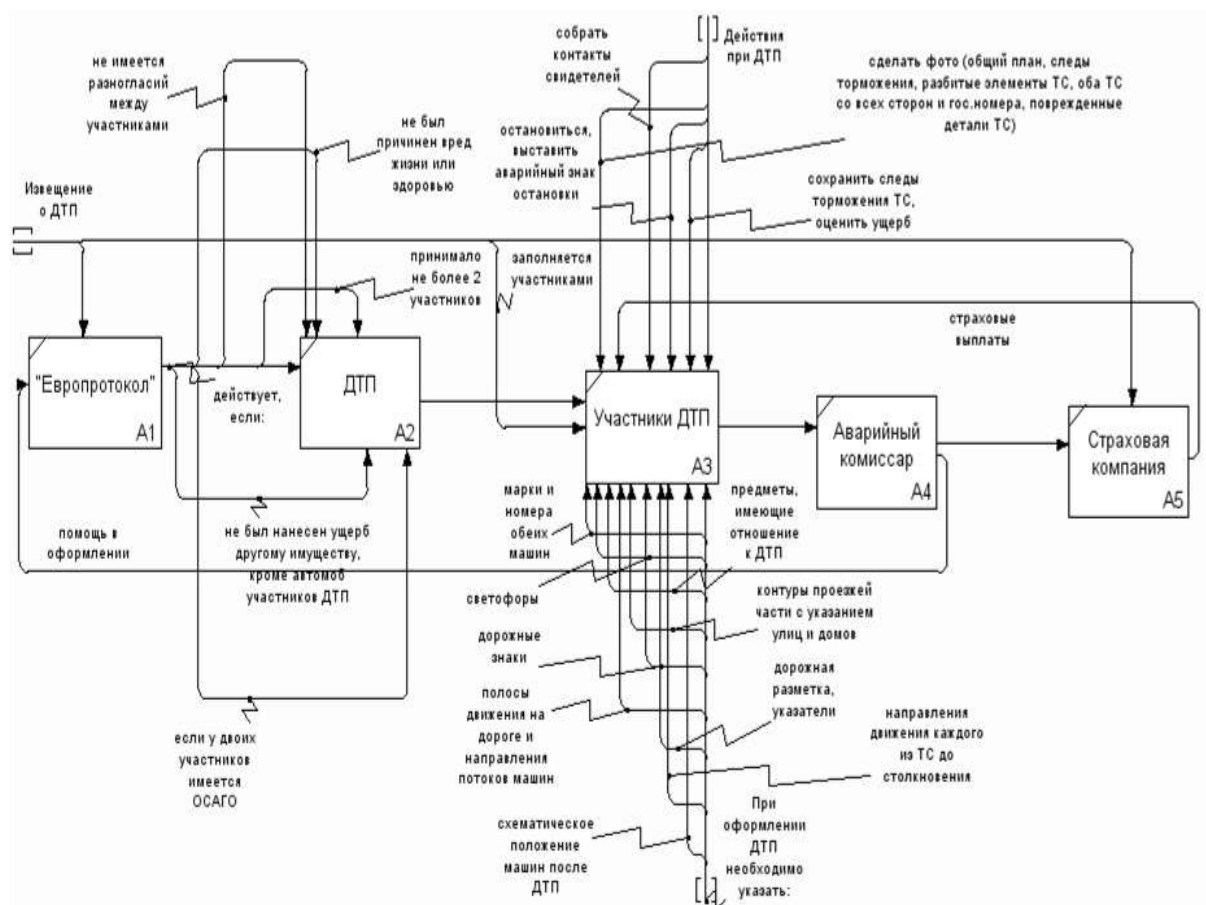


Рисунок 3 – Уровень А-0 функциональной модели процесса оформления ДТП с помощью «Европротокола»

Преподаватель объяснил ряд обязательных условий при оформлении «Европротокола» на всей территории РФ, которые заключается в следующем:

- 1) в результате ДТП не имеются погибшие или раненные;
- 2) в ДТП участвовало только 2 автомобиля;
- 3) ущерб нанесен только автомобилям, участвовавшим в ДТП;
- 4) если оба участника ДТП имеют действующие полисы ОСАГО на момент случившейся аварии [9].

Далее, было разъяснено кандидатам в водители начало действия после ДТП, которые обозначены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Действия водителя при случившемся ДТП

Затем, преподаватель предоставляет схематичное изображение смоделированной аварии на доске (рис. 5).

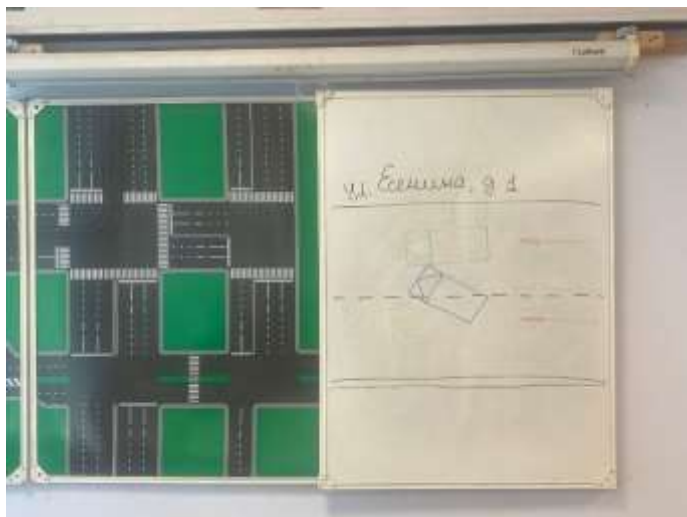


Рисунок 5 – Схема ДТП

Каждому обучающемуся был выдан образец Извещения о ДТП полностью правильно заполненный (рис. 6), а также второй экземпляр для самостоятельного заполнения.

Рисунок 6 – Извещение о ДТП по ОСАГО (лицевая и оборотная сторона)

Преподаватель вместе с кандидатами произвел поэтапно разбор каждого пункта Извещения о ДТП. Объяснив, что на лицевой стороне содержатся 2 колонки, в которые вносятся данные каждым из участников ДТП самостоятельно. Только пункты 1-8 и 17 может заполнить один из участников ДТП по общей договоренности.

Далее, на лицевой стороне бланка извещения о ДТП имеются графы для заполнения обоих участников ДТП. Был рассмотрен более подробно каждый пункт извещения о ДТП и их нюансы [11].

- 1 пункт – место ДТП, здесь необходимо указать город, улицу, а также номер дома, который расположен ближе всех к месту аварии. Если ДТП произошло на трассе, то указы-

вается направление движения, какой километр и название этой трассы;

- 2 пункт – дата ДТП, указать дату и время;
- 3 пункт – количество поврежденных ТС, пишется 2, если более, то вызывается сотрудник ГИБДД;
- 4 пункт – количество раненых или погибших, отмечается прочерком, так как при «Европротоколе» не должно быть раненых или погибших;
- 5 пункт – проводилось ли освидетельствование на состояние алкогольного опьянения, также отмечается прочерком или ставится галочка в графе, нет;
- 6 пункт – материальный ущерб, который нанесен другим ТС, кроме «А и В», отмечается – нет, также отмечается пострадало другое имущество, тоже – нет;
- 7 пункт – свидетели ДТП, указать их контактные данные, если имеются либо указать, что свидетелей не имеется;
- 8 пункт – проводилось ли оформление сотрудников ГИБДД, ставится галочка, что нет. Затем каждый из участников ДТП начинает заполнять свою сторону «А» или «В»;
- 9 пункт – марка, модель ТС, заполняется идентификационный номер (VIN), государственный регистрационный знак и свидетельство о регистрации;
- 10 пункт – собственник ТС, указать полностью ФИО и адрес;
- 11 пункт – водитель ТС, также указать полностью ФИО и адрес, эти данные могут отличаться от данных собственника ТС;
- 12 пункт – страховщик, указать наименование страховой компании, номер страхового полиса и до какого числа он действителен;
- 13 пункт – место первоначального удара, здесь нужно указать именно первоначальный удар;
- 14 пункт – характер и перечень видимых поврежденных деталей и элементов, в данном пункте записать все видимые повреждения, а также указать, что возможны скрытые повреждения;
- 15 пункт – замечания, здесь указывается, кто признал из участников вину, а кто стал потерпевшей стороной, либо отметить, что замечаний не имеется, а также обязательно поставить подпись;
- 16 пункт – обстоятельства ДТП, здесь необходимо отметить галочкой из ряда предложенных вариантов, а также в конце пункта указать количество заполненных клеток и они должны быть одинаковы;
- 17 пункт – схема ДТП, необходимо отметить название улиц, направление движения ТС «А» и «В», расположение ТС «А» и «В» в момент столкновения, конечное положение ТС «А» и «В», а также дорожные знаки, светофоры, дорожная разметка и т.п. (рис. 7). Данный пункт обязателен к правильному заполнению и максимально точному изображению, случившегося ДТП.

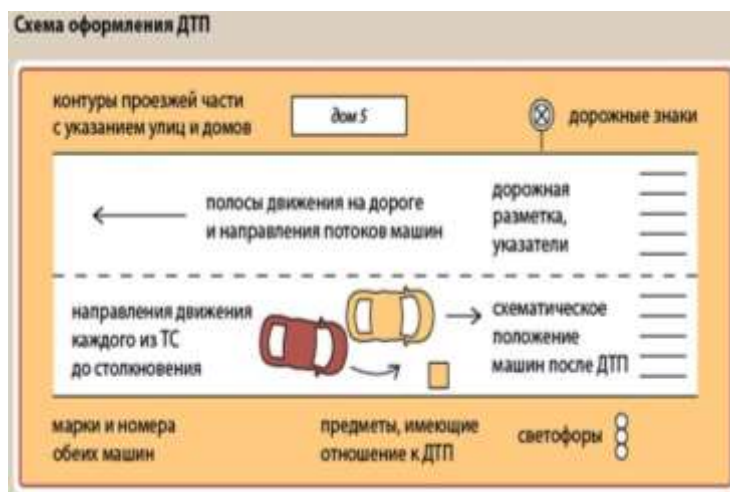


Рисунок 7 – Схема оформления ДТП

18 пункт – подписи водителей, удостоверяющие отсутствие разногласий по п. 14, 15, 16, 17, обязательно поставить подписи двум участникам ДТП.

Как только оба участника ДТП заполнили все пункты на лицевой стороне и не имеют никаких разногласий, можно отделить основной лист от копии.

Далее, преподаватель отметил, что на оборотной стороне каждый из участников ДТП заполняет все пункты самостоятельно. Начиная с 1 пункта, необходимо указать галочкой соответствующее ТС «А» или «В». Во 2 пункте обстоятельства ДТП, где каждый участник описывает свою версию случившегося происшествия, если остались незаполненные строки необходимо их перечеркнуть. В 3 пункте указывается, кто находился под управлением ТС собственник или же иное лицо, допущенное к управлению данного ТС.

Четвертый пункт перечеркивается, так как там заполняются сведения, если в ДТП участвовало более 2 ТС. Пятый пункт также перечеркивается, в котором должны записываться повреждения иного имущества.

В 6 пункте отмечается галочкой может ли ТС передвигаться своим ходом, если ответ «нет», то указывается, где сейчас находится ТС [4].

7 пункт – примечание, в данном пункте указываются сведения, если таковые имеются, о наличии какой-либо информации об аварии, например, съемка с видеорегистратора.

Также, преподаватель объяснил нюансы, что после заполнения всех пунктов, обязательно ставится дата, подпись и расшифровка. Если не хватает места для описания обстоятельств ДТП, то продолжается описание ситуации на новом чистом листе, затем на этом листе указать, кто составил, поставить подписи двух участников происшествия и это будет являться приложением. На бланке обязательно ставится галочка, что документы с приложением. Если не имеется приложения, то ставится прочерк. Каждому участнику ДТП необходимо поставить свою подпись на двух листах бланка извещения о ДТП на лицевой стороне, а не только своего экземпляра. Каждый экземпляр имеет юридическую силу, как оригинал, так и копия. После того, как извещение подписаны, и его листы разъединены, нельзя вносить какие-либо поправки. Любое внесение изменений заверяется подписями двух участников ДТП. Для того чтобы не были внесены не оговоренные ранее дополнения, незаполненные строки необходимо перечеркнуть.

Следующими основными рекомендациями, которые разъяснил преподаватель при заполнении извещения о ДТП является:

- 1) обязательное заполнение информации в бланк шариковой ручкой, четким почерком либо печатными буквами алфавита;
- 2) соблюдение пошагового заполнения извещения о ДТП;
- 3) не допустимость ошибок и неточностей в написании, чтобы не возникли вопросы со стороны страховой компании;
- 4) суть текста должна быть предельно точной и четко изложенной;
- 5) необходимость донесения информации не общими фразами, а лаконично и развернуто. Например, не допускается такое описание «поврежден бок автомобиля», а расписать следующим образом: «при ударе в левую сторону автомобиля, образовалась вмятина на левой передней двери определенного размера»;
- 6) произвести заполнение всех пунктов в бланке извещения о ДТП.

В извещении есть 16 пункт, который вызывает затруднение при заполнении. В данном пункте разъясняется порядок действий каждого из участников и выясняется виновник ДТП. Поэтому, свою информацию необходимо вносить правильно и четко, чтобы страховщик не мог отказать в получении компенсационной выплаты [6].

Таким образом, преимуществом оформления «Европротокола» будет являться:

- оформление ДТП без участия сотрудников ГИБДД, так как ожидание сотрудников ГИБДД может привести к более долгому времени, тем самым создав затруднения на дороге другим участникам;
- отсутствие штрафов (этот пункт касается виновной стороны, так как, если на место ДТП прибудет сотрудник ГИБДД, то на виновника будет наложен штраф).

Обучающимся также была доведена информация, что продвинутые пользователи гаджетов могут пользоваться онлайн-приложением «Помощник ОСАГО». Новая версия системы «Европротокол-онлайн» начала работать с 28 апреля 2022 года. С 2019 года использовалось онлайн-приложение «Помощник ОСАГО», которое было выпущено российским союзом автостраховщиков (РСА). Участники ДТП самостоятельно фиксируют факт аварии, для обращения и получения страховых выплат. Приложение помогает оперативно передавать данные о ДТП в информационную базу АИС ОСАГО. Данной схемой пользуются в случае разногласия между участниками происшествия или при их отсутствии. Основу данного приложения составляет система «Европротокол-онлайн» [7].

Сервис «Европротокол-онлайн» с 28 апреля 2022 года обновлен. Теперь он стал доступен и в приложении «Помощник ОСАГО» от РСА и в мобильных приложениях отдельных страховщиков. Интеграция сервиса в приложения участников рынка значительно увеличивает и расширяет его применение.

Также у него появились новые возможности. Инициатива создания данного сервиса принадлежит Банку России и рассматривается как отдельный универсальный модуль, с возможностью встраиваться в разные приложения. Процесс оформления «Европротокола» станет быстрее, так как обновленный «Европротокол-онлайн» дает возможность оформлять извещение о ДТП одновременно с двух мобильных устройств каждым участником-водителем в его части [10].

Оформление ДТП возможно, как и раньше с одного устройства, если второй участник аварии только подтверждает введенные данные.

Очень важно, что сервис уменьшает риск ошибок в извещении о ДТП. Если произойдет сбой, то система мониторинга об этом предупредит водителей, о том, что временно недоступно оформление электронном виде, для быстрого перехода к заполнению бумажных бланков.

Таким образом, для точности и надежности необходимо, в первую очередь, уметь заполнять бумажные бланки Извещения о ДТП.

Результаты

В данной группе в кандидаты водителей обучается 19 человек, из которых 5 имели представление об «Европротоколе», остальные сделали ряд ошибок, которые позже разобрали с преподавателем. Исследование показали, что будущие водители, которые изначально не имели представления о правильности заполнения Извещения о ДТП, после успешного прохождения дополнительных часов по блоку оформления «Европротокола», продемонстрировали лучшие показатели. На рисунке 8 представлена сравнительная диаграмма динамики по внедрению модульного блока оформления «Европротокола» в экспериментальную группу.

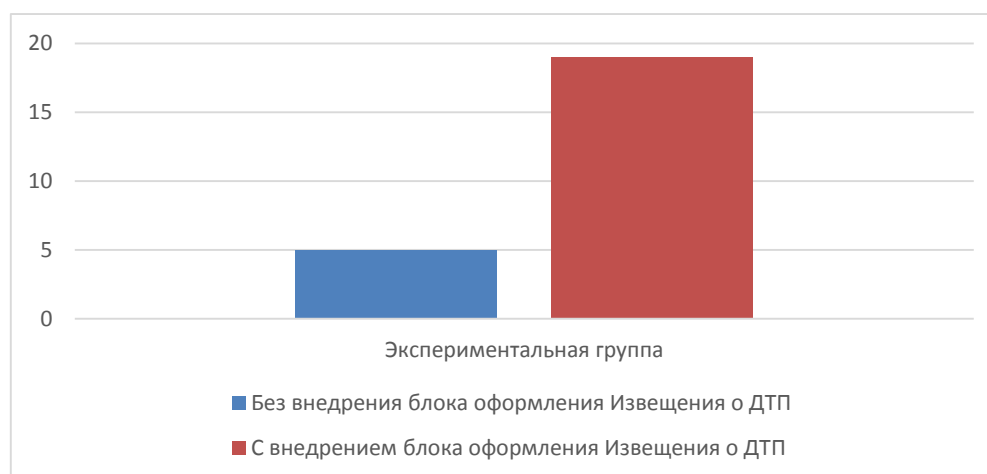


Рисунок 8 – Сравнительная диаграмма динамики внедрения модульного блока оформления «Европротокола» в программу подготовки водительских кадров

Благодаря данной рекомендации, повыситься уровень подготовки начинающих автомобилистов, начинающий водитель будет подкован и без труда сможет справиться в кратчайшие сроки с оформлением «Европротокола», что поможет не создавать пробку для других ТС, а также снизиться аварийность на дороге.

Обсуждение

Одним из важных моментов, который начинающий водитель должен знать, что сев за руль, имеется риск попасть в ДТП. Вследствие чего, придется оформлять «Европротокол» или же вызывать сотрудников ГИБДД, если в результате ДТП есть пострадавшие или погибшие. В настоящее время не каждый водитель со стажем, а тем более начинающий автомобилист, знает, как правильно и быстро оформить извещение о ДТП [13].

Поэтому, в данной работе предложено внедрить дополнительные часы по обучению в автошколах по правильному заполнению извещения о ДТП, в каких случаях нужно вызывать сотрудников ГИБДД, а в каких можно обойтись без инспекторов ДПС.

Учебный план занятий по правильному заполнению извещения о ДТП будет включать 2 академических часа по теории, 4 академических часа по практике и завершающий этап – сдача модульного блока в виде предоставления преподавателем каждому обучающемуся вариант ДТП с дальнейшим самостоятельным оформлением Извещения о ДТП.

На первом часе занятия по теории инструктор объяснит:

- какие действия нужно совершить после того, как произошло ДТП;
- расскажет, при каких ситуациях необходимо вызывать сотрудников ГИБДД или же можно обойтись только оформлением «Европротокола»;
- разъяснит условия, при которых будет оформляться «Европротокол».

На втором часе занятия по теории преподаватель покажет наглядно, как правильно заполнять каждый пункт в «Европротоколе»; нюансы, связанные с составлением схемы ДТП, а также дальнейшие действия после заполнения «Европротокола».

На первом занятии по практике, ученикам будут предложены различные ситуации произошедших аварий, на которых необходимо будет выяснить и решить, что это за авария, какие причинены ущербы автомобилю, а также есть ли пострадавшие или раненые.

На втором занятии преподаватель раздаст чистые бланки извещения о ДТП, чтобы ученики могли самостоятельно попытаться заполнить бланк. Этот бланк будет раздаваться на двоих, чтобы один ученик выступал в роли виновника, а другой в роли потерпевшего. Преподаватель будет отвечать на любые возникающие вопросы у учеников, помогая им правильно оформить извещение о ДТП.

Инструкторы по теории в свою очередь обязаны заранее изучить данную информацию по оформлению «Европротокола», которую предоставят сотрудники ГИБДД.

После завершения теоретических и практических занятий данного курса, ученикам необходимо будет сдать внутренний экзамен, чтобы закрепить пройденный курс. Ученик должен будет самостоятельно оформить бланк извещения о ДТП на конкретном примере.

Внедрение новшества с помощью модульного принципа в образовательную сферу по подготовки водительских кадров также основано на гуманности технологии критериально-ориентированного обучения (КОО) [19], которая состоит в полном достижении всеми обучающимися необходимого заданного уровня, для усвоения имеющихся обязательных критериев, с помощью изменения видов заданий и формы их предъявления, виды помощи учащимся.

Все это необходимо для полноценного обучения дальше, развития активной и свободной личности, которая сможет самосовершенствоваться и самореализовываться за счет активной и плодотворной деятельности при вхождении в культуру современного общества [18]. В соответствии с моделью КОО, возникшие в учебных результатах различия, могут находиться за границами образовательного результата общего для всех, то есть образовательного минимума, соответственно над которым должны надстраиваться результаты следующего дифференцированного обучения.

Повышенной инструментальностью выделяется способ, где технология постановки целей КОО формирует цели через результаты обучения, которые выражаются в действиях

обучаемых, они их сознают и определяют [20].

Цель обучения в действиях, которые предполагают перечисление определенных действий, ожидаемых от учащихся обязательно конкретизирована. Это важно при переходе к конкретному эталону от общего представления о результате обучения, критерию его достижения учащимися, имеет значительную операциональность и конструктивность. На цели обучения должны быть направлены проверка и оценивание результатов обучения. Элемент усваивается на уровне типовых изменений и знаний. Для занятий применяются опорные конспекты, обучающие таблицы и схемы.

Процесс конструирования занятий с помощью целеполагающей технологии состоит из трех уровней. Первый уровень это подробное изучение каждого пункта в данном задании. Второй уровень проработка с учениками конкретной ситуации ДТП, с дальнейшими вопросами от учеников и ответами. Третий уровень преподавания предлагает типовые задачи по применению знаний в новой предложенной задаче и ее решение, которое приводит учащихся к полному усвоению и понимания изученного нового материала [15].

Выводы

Подводя итог, по данному исследованию можно с уверенностью сказать, что в современных условиях остро необходимо вносить изменения в обучающий процесс автошкол. Кандидаты в водители должны сразу, в начале обучения, осознавать максимальную ответственность при вождении ТС, для обеспечения безопасности на автодорогах. Уметь анализировать ситуацию на дороге в процессе движения и, тем более, при совершении ДТП. Умение заполнять «Европротокол» поможет быстро решить созданную ситуацию на дороге.

Предложенный модульный принцип, в особенности, блок – оформление «Европротокола» станет обязательным для выпускников российских автошкол. Данный блок-предмет должен войти в базовый курс обновленных программ.

Таким образом, внедрение новейших методик в учебный процесс подготовки водительских кадров повлияет на снижение экологических, социальных и экономических проблем, принесет положительные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий: Приказ Министерства образования и науки РФ. - 26 декабря 2013. - №1408.
2. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон. - 10 декабря 1995. - №196-ФЗ.
3. Официальный сайт Госавтоинспекции МВД России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/assistant/dtp>
4. Официальный сайт Российского Союза Автостраховщиков (РСА) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.autoins.ru/ru/index.wbp>.
5. Официальный сайт АльфаСтрахование [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.alfastrah.ru/individuals/auto/osago/evroprotokol-pri-dtp/>.
6. Правила учета и анализа дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации (Взамен ВСН 15-87) / ФДС России. - М., 1998. – 81 с.
7. Указания по обеспечению безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах. ВСН 25-86/Минавтодор РСФСР. - М.: Транспорт, 1988. – 183 с.
8. Методология функционального моделирования IDEF0: РД IDEF0-2000. – М.: Издательство стандартов 2000.
9. Правила учета и анализа ДТП на автомобильных дорогах РФ, утвержденным Приказом Федеральной дорожной службы России. - 29 мая 1998. - №168.
10. О направлении методических рекомендаций (вместе с Методическими рекомендациями по разработке организационно-методической документации для реализации примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств различных категорий и подкатегорий): Письмо Минобрнауки России. - 18.08.2015. - № АК-2292/06 [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: www.consultant.ru.
11. О направлении методических рекомендаций (вместе с Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса в организациях, осуществляющих профессиональное обучение водителей транспортных средств различных категорий и подкатегорий): Письмо Минобрнауки России. - 18.08.2015. - № АК-2294/06 [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: www.consultant.ru.
12. Романов А.Н. Транспортная психология: учебное пособие. – Москва: Высшая школа, 2005.

13. Боровский, Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
14. Новиков А.Н., Трящин А.П., Баранов Ю.Н., Самусенко В.И., Никитин А.Н. Оценка эффективности системы подготовки кадров, связанных с безопасностью дорожного движения // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №4. – С. 188-195.
15. Агеев Е.В., Виноградов Е.С. Совершенствование системы подготовки водителей категории «В», влияющий на безопасность дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 104-111.
16. Агеев Е.В., Новиков А.Н., Виноградов Е.С. Методика применения программированного обучения водителей кадров // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – №4(71). – С. 75-83.
17. Новиков А.Н., Трящин А.П., Баранов Ю.Н., Самусенко В.И., Никитин А.Н. Оценка эффективности системы подготовки кадров, связанных с безопасностью дорожного движения // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №4. – С. 188-195.
18. Симуль М.Г., Филимонова О.А. Повышение качества теоретической подготовки водителей категории «В» // Организация и безопасность дорожного движения. – 2018 – №1. – С. 232-237.
19. Лаврентьев Г.В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов. Ч. 2. - Барнаул: Издательство Алтайского государственного университета, 2004. – 232 с.
20. Романов А.Н. Транспортная психология: Учебное пособие. – Москва: Высшая школа, 2005. – 358 с.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет им. И.С.Тургенева

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77

Д.т.н, профессор, директор Политехнического института им.Н.Н.Поликарпова, зав.кафедрой сервиса и ремонта машин

E-mail: novikovan58@bk.ru

Михалёва Дарья Сергеевна

Орловский государственный университет им. И.С.Тургенева

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77

Аспирант

E-mail: dasha-170196@mail.ru

A.N. NOVIKOV, D.S. MIKHALEVA

THE MODULAR PRINCIPLE OF TRAINING DRIVERS ON THE DESIGN OF THE «EURO PROTOCOL»

Abstract. *This article presents theoretical classes divided into thematic blocks within the framework of driver training, lists the basic skills of a future driver to ensure road safety. The main problems formed after the commission of a traffic accident (road accident) are analyzed. The statistics with the use of registration of an accident according to the «Euro protocol» in the Russian Federation are given. The mandatory conditions for registration of an accident with the help of a «Euro protocol» with the subsequent functional sequential model of the process of its registration are considered. A unique method of studying the design of the «Euro Protocol» has been developed.*

Keywords: *road safety, modular principle of driver training, registration of the «Euro protocol», vehicle, driver*

BIBLIOGRAPHY

1. Ob utverzhdenii primernykh programm professional'nogo obucheniya voditeley transportnykh sredstv sootvetstvuyushchikh kategorii i podkategoriy: Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki RF. - 26 dekabrya 2013. - №1408.
2. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal'nyy zakon. - 10 dekabrya 1995. - №196-FZ.
3. Ofitsial'nyy sayt Gosavtoinspektsii MVD Rossii [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.gibdd.ru/assistant/dtp>
4. Ofitsial'nyy sayt Rossiyskogo Soyuza Avtostrakhovshchikov (RSA) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.autoins.ru/ru/index.wbp>.
5. Ofitsial'nyy sayt AlfaStrakhovanie [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.alfastrah.ru/individuals/auto/osago/evroprotokol-pri-dtp/>.
6. Pravila ucheta i analiza dorozhno-transportnykh proisshествiy na avtomobil'nykh dorogakh Rossiyskoy Federatsii (Vzamen VSN 15-87) / FDS Rossii. - M., 1998. - 81 s.

7. Ukazaniya po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil`nykh dorogakh. VSN 25-86/Minavtodor RSFSR. - M.: Transport, 1988. - 183 s.
8. Metodologiya funktsional'nogo modelirovaniya IDEF0: RD IDEF0-2000. - M.: Izdatel'stvo standartov 2000.
9. Pravila ucheta i analiza DTP na avtomobil`nykh dorogakh RF, utverzhennym Priказom Federal'noy dorozhnoy sluzhby Rossii. - 29 maya 1998. - №168.
10. O napravlenii metodicheskikh rekomendatsiy (vmeste s Metodicheskimi rekomendatsiyami po razrabotke organizatsionno-metodicheskoy dokumentatsii dlya realizatsii primernykh programm professional'nogo obucheniya voditeley transportnykh sredstv razlichnykh kategoriy i podkategoriy): Pis'mo Minobrnauki Rossii. - 18.08.2015. - № AK-2292/06 [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: www.consultant.ru.
11. O napravlenii metodicheskikh rekomendatsiy (vmeste s Metodicheskimi rekomendatsiyami po organizatsii obrazovatel'nogo protsessa v organizatsiyakh, osushchestvlyayushchikh professional'noe obuchenie voditeley transportnykh sredstv razlichnykh kategoriy i podkategoriy): Pis'mo Minobrnauki Rossii. - 18.08.2015. - № AK-2294/06 [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: www.consultant.ru.
12. Romanov A.N. Transportnaya psikhologiya: uchebnoe posobie. - Moskva: Vysshaya shkola, 2005.
13. Borovskiy, B.E. Bezopasnost' dvizheniya avtomobil'nogo transporta. - L.: Lenizdat, 1984. - 304 s.
14. Novikov A.N., Tryashtsin A.P., Baranov YU.N., Samusenko V.I., Nikitin A.N. Otsenka effektivnosti sistemy podgotovki kadrov, svyazannykh s bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - №4. - S. 188-195.
15. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley kategorii «V», vliyayushchiy na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №4(67). - S. 104-111.
16. Ageev E.V., Novikov A.N., Vinogradov E.S. Metodika primeneniya programmirovannogo obucheniya voditel'skikh kadrov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2020. - №4(71). - S. 75-83.
17. Novikov A.N., Tryashtsin A.P., Baranov Yu.N., Samusenko V.I., Nikitin A.N. Otsenka effektivnosti sistemy podgotovki kadrov, svyazannykh s bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - №4. - S. 188-195.
18. Simul' M.G., Filimonova O.A. Povyshenie kachestva teoreticheskoy podgotovki voditeley kategorii «V» // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. - 2018 - №1. - S. 232-237.
19. Lavrent'ev G.V. Innovatsionnye obuchayushchie tekhnologii v professional'noy podgotovke spetsialistov. CH. 2. - Barnaul: Izdatel'stvo Altayskogo gosudarstvennogo universiteta, 2004. - 232 s.
20. Romanov A.N. Transportnaya psikhologiya: Uchebnoe posobie. - Moskva: Vysshaya shkola, 2005. - 358 s.

Novikov Alexander Nikolaevich

Orel State University
Adress: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: novikovan58@bk.ru

Mikhaleva Dar'ya Sergeevna

Orel State University
Adress: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77
Postgraduate student
E-mail: dasha-170196@mail.ru

Научная статья

УДК629.113

doi:10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-109-115

А.С. ДЕНИСОВ, Е.В.ФЕКЛИН

ВЛИЯНИЕ СТОИМОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

Аннотация. Рассмотрены вопросы влияния организации технического обслуживания и ремонта автобусов на безопасность и эффективность их эксплуатации. Представлена математическая модель расчета общих затрат на ремонт. Выявлены зависимости изменения затрат на текущий ремонт от качества технического обслуживания. Произведена дифференциация запасных частей и эксплуатационных материалов на группы с учетом характеристик объемов потребления. Получены зависимости среднего объема потребления агрегатов/узлов/деталей от их стоимости за рассматриваемый период, равный одному месяцу.

Ключевые слова: техническое обслуживание, текущий ремонт, автобус, безопасность, затраты, запасные части, централизованное специализированное производство

Введение

Одной из наиболее важных проблем в системе эксплуатации городского пассажирского транспорта является значительный средний возраст автобусного парка, который составляет порядка 15 лет [1]. Подобная ситуация приводит к увеличивающемуся появлению отказов, что снижает уровень безопасности перевозок пассажиров и увеличивает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Частыми причинами технического характера, которые способствуют возникновению ДТП являются: неисправность тормозной системы, рулевого управления, световой сигнализации, входных дверей, элементов салона (поручни) и т.д. Неудовлетворительное техническое состояние подвижного состава также является причиной увеличения расхода эксплуатационных материалов (топливо, масла и т.д.).

Следовательно, возникает необходимость уточнения влияния качества технического сервиса автобусов на безопасность их эксплуатации с учетом современных условий.

Вопросы организации и проведения технического обслуживания и ремонта подвижного состава, а также влияния его состояния на безопасность дорожного движения затрагивались в работах следующих авторов [2-10].

Материал и методы

Соблюдение периодичности проведения технического обслуживания (ТО) автобусов снижает риск возникновения отказов, а следовательно и отправки подвижного состава на текущий ремонт (ТР), стоимость которого по сравнению с ТО гораздо выше. Качество проводимых профилактических работ напрямую влияет на структурную часть текущего ремонта. Несоблюдение графика ТО снижает наработку на отказ приблизительно в 1,9 раз. Также стоит учесть, что крепежные и регулировочные работы составляют до 27 % общей трудоемкости ТР [11].

Объектом исследования является логистическая региональная система обеспечения работоспособности автобусов. Предметом исследования являются закономерности взаимодействия элементов системы ТОиР и организационно-технологических факторов производства. При исследовании данного вопроса использовалась методика оценки эффективности концентрации и централизации с применением логистического подхода, который состоит в нахождении адекватности поступления, распределения и контроля информационных и материальных потоков в структуре производственно-технической базы [12-13]. В отличие от традиционного способа – логистический позволяет структурно изучить взаимодействие всех подсистем, исключая фактор несогласованности и дублирования производственных операций. При проведении анализа эффективности централизации и специализации ТОиР можно использовать два основных направления:

- поиск общих закономерностей процессов без использования математического аппарата (без построения математических моделей происходящих процессов);
- поиск математического описания выявленных закономерностей.

В настоящем исследовании применяются оба направления.

В дополнение к вышеуказанным методам использована традиционная методика статистического исследования, основанная на верификации применимости полученных моделей зависимости рассматриваемых факторов (корреляционный, регрессивный анализ).

Теория / расчет

Сделав предположение, что стоимость ТР остается неизменной с увеличением качества и представляют собой величину (C_p), то общие затраты на ремонт S_p составят множество C_p и числа случаев ТР N_p [14]:

$$S_p = C_p \cdot N_p. \quad (1)$$

Таким образом, с учетом статического показателя C_p , для того, чтобы определить процентную динамику затрат на ТР необходима информация только о количественном изменении величины N_p при разном качестве ТО. В итоге можно получить зависимость изменения S_p от качества проведенных ТО (рис. 1, 2).

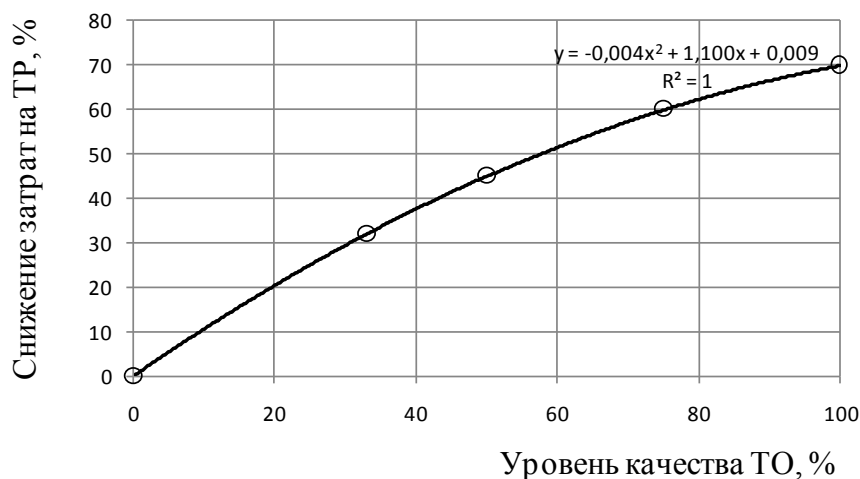


Рисунок 1 – Динамика затрат на ТР от уровня качества ТО

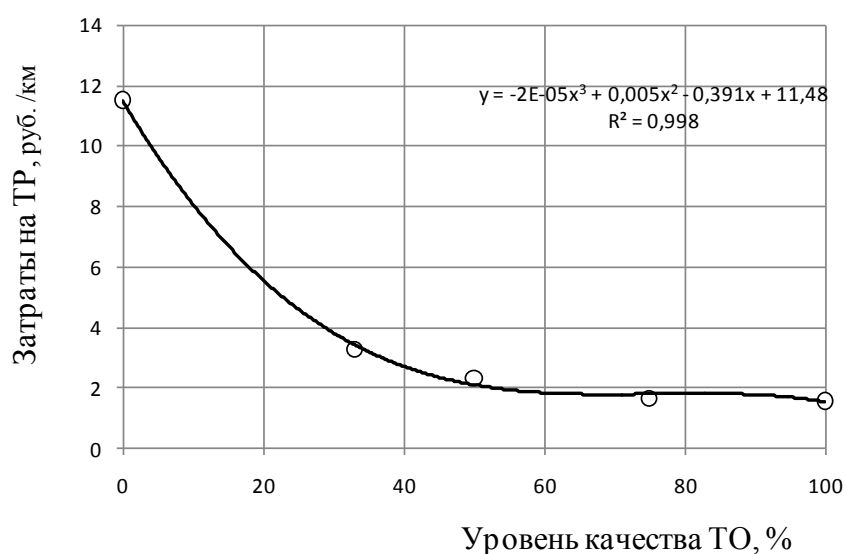


Рисунок 2 – Зависимость удельных затрат на ТР от уровня качества ТО

Проанализировав полученные зависимости, подтверждается предположение о характере динамики затрат на ремонт с учетом увеличения качества ТО. Следовательно, имеется необхо-

димось рассматривать качество проведения ТОиР через показатель затрат. Для более корректной оценки необходимо рассматривать и другие смежные показатели, влияющие на затраты.

Результаты и обсуждение

В наших предыдущих работах [15-16] было предложено для повышения качества ТОиР подвижного состава городского пассажирского транспорта разработать систему организации централизованных специализированных производств (ЦСП), представляющих собой объединение производственных мощностей ТОиР, принадлежащих нескольким владельцам в единую структуру для реализации комплексного технического обслуживания автобусов заданной территории (населенный пункт/район/регион).

С точки зрения в системе ЦСП необходимо четкое распределение номенклатуры выполняемых работ по всем подсистемам для исключения дублирующих воздействий и нерационального использования трудовых и материальных ресурсов [17-18]. Для этого в первую очередь необходимо распределение запасных частей и эксплуатационных материалов по группам (рис. 3) с учетом характеристики объемов потребления (рис. 4).



Рисунок 3 – Дифференциация запасных частей и эксплуатационных материалов на группы

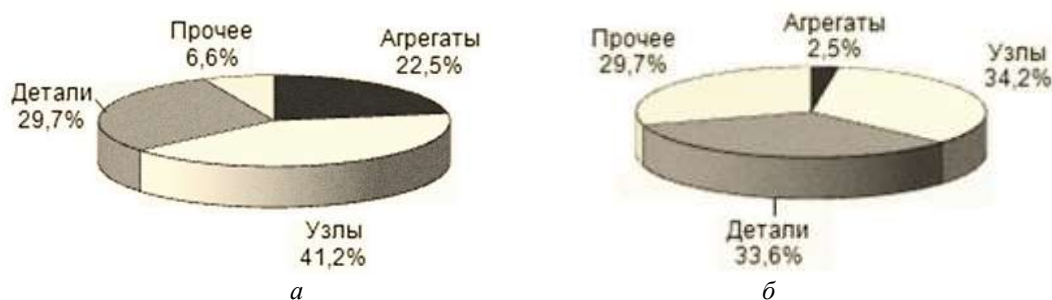


Рисунок 4 – Характеристики объемов потребления по группам запасных частей и эксплуатационных материалов: а – в денежном выражении; б – в количественном выражении

С учетом текущей ситуации, касающейся наличия значительной доли эксплуатируемого подвижного состава, возрастом свыше 10 лет, определенный спрос имеют восстановленные запчасти, объем которых в доленом отношении к общему их количеству на настоящий момент относительно не велик [19]. Однако вследствие наложенных на Российскую Федерацию санкций номенклатура восстанавливаемых запчастей в ближайшее время может возрасти.

Следовательно, основываясь на необходимости использования в процессе ТОиР как новых, так и восстановленных запчастей – их распределение, представленное на рисунке 3 необходимо конкретизировать и расширить (рис. 5).

Подобное распределение позволит объяснить динамику потребления восстановленных запчастей по отношению к новым [20]. С учетом рисунка 5 были получены зависимости среднего объема потребления агрегатов/узлов/деталей от их стоимости за рассматриваемый период, равный одному месяцу (рис. 6).

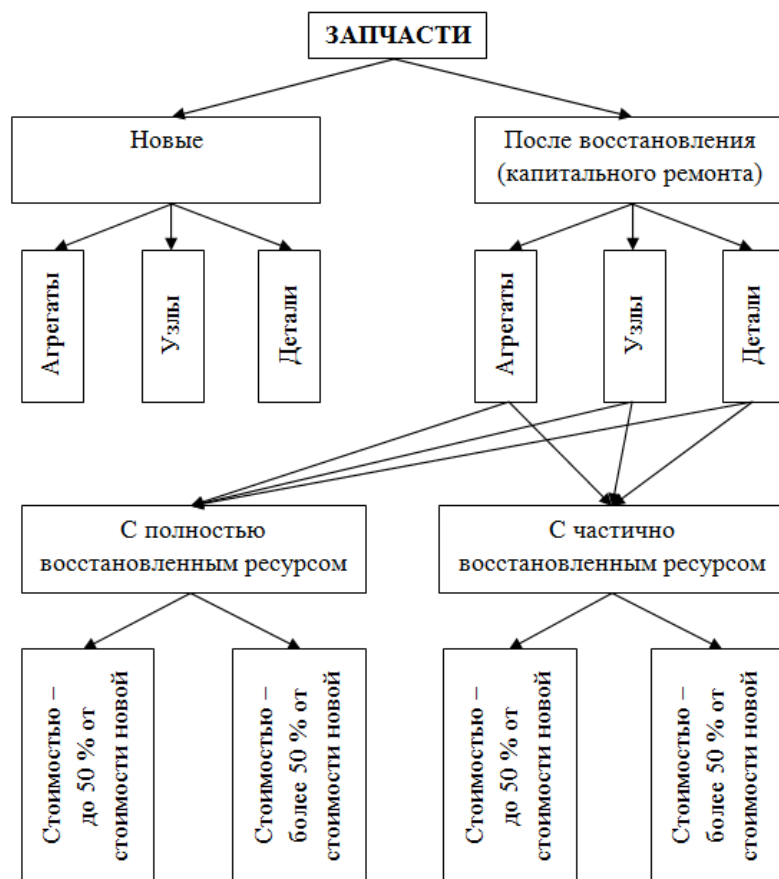


Рисунок 5 – Дифференциация запасных частей на группы по их стоимости и потреблению

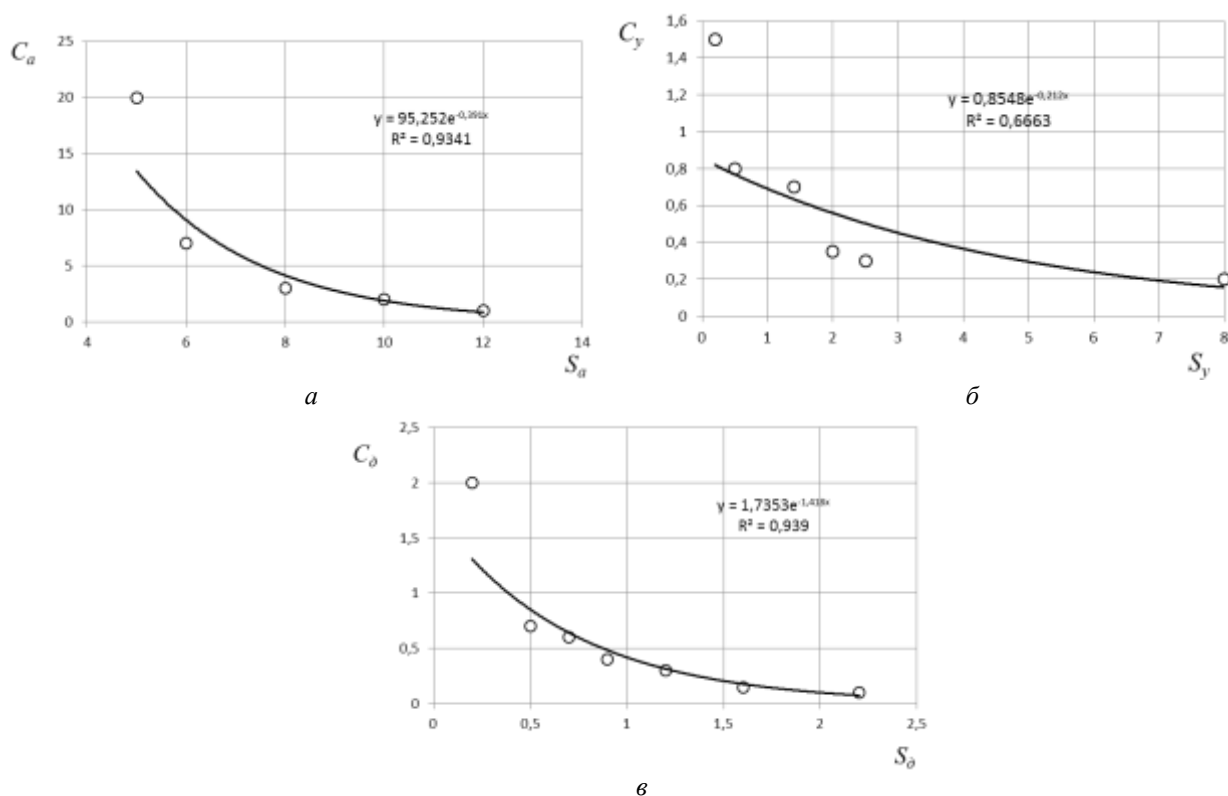


Рисунок 6 – Зависимость среднего объёма потребления:
а – агрегатов; б – узлов; в – деталей от их стоимости за месяц

Основываясь на данных рисунка 6 можно сделать вывод о том, что реализация восстановленных запасных частей может принести экономическую выгоду, которая напрямую зависит от стоимости новых аналогов. Однако для более детальной информации необходимо провести анализ по отдельным группам запчастей. Кроме того, при наличии существенной разницы в стоимости между новыми и восстановленными деталями – сам процесс восстановления будет наиболее выгодным вариантом в системе ТОиР, что позволит также повысить уровень работоспособности, а следовательно и безопасности автобусов.

Выводы

Таким образом, одним из вариантов повышения безопасности и эффективности эксплуатации подвижного состава городского пассажирского транспорта является разработка системы ЦСП, которая будет построена на принципах оптимизации использования трудовых и материальных ресурсов. Доказано, что повышение качества проводимого ТО сокращает затраты на ТР. Для этого, в рамках организационно-технического управления производственным процессом необходимо четкое распределение запасных частей по группам. Следовательно, использование незадействованных производственных мощностей в рамках ЦСП вместе с широкомасштабной системой организованного профилактического обслуживания подвижного состава сократит затраты и снизит риск возникновения ДТП по техническим причинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов, С.В. Анализ современного состояния и проблем пассажирского автомобильного транспорта // Наука и техника транспорта. – 2017. – №1. – С. 29-32.
2. Бондаренко Е.В., Дрючин Д.А., Булатов С.В. Оценка целесообразности организации входного контроля качества запасных частей в условиях автотранспортного предприятия // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – №2. – С. 71-78.
3. Бойко Н.Е., Калинина Е.А. Повышение эффективности функционирования автотранспортного предприятия на базе системного подхода к управлению службой ремонта // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Т. 2. – 2019. – №1. – С. 49-59.
4. Шиловский В.Н., Гольштейн Г.Ю. Методические основы обоснования мощностей объекта технического сервиса // Resources and technology. – 2020. – Т. 17. – №4. – С. 95-106.
5. Пестриков С.А., Шумков А.Г. Методика оценки эффективности организации технического обслуживания и ремонта на примере транспортного подразделения филиала ОАО «МРСК Урала» - «Пермэнерго» // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. – 2019. – №1. – С. 233-244.
6. Зуева О.Н., Вдовин С.С. Рациональное размещение предприятий сервисного обслуживания автотранспортных средств - основа гармоничного развития логистической инфраструктуры крупнейшего города // Journal of new economy. – 2011. – №6(38). – С. 127-135.
7. Vladimir Baskov, Anton Ignatov, Vladislav Polotnyanshnikov. Assessing the influence of operating factors on the properties of engine oil and the environmental safety of internal combustion engine [Электронный ресурс] // Transportation Research Procedia, vol. 50. – 2020. – Р. 37-43. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.005>
8. Vladimir Baskov, Alexander Denisov, Anton Ignatov, Ekaterina Isaeva. Mechanism for assessing the adaptation of motor vehicles to operation in the Arctic zone of the Russian Federation [Электронный ресурс] // Transportation Research Procedia, vol. 57. – 2021. – Р. 56-62. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.025>.
9. Игнатов А.В., Басков В.Н. Интегральная оценка процесса эксплуатации машинно-тракторного парка // Научное обозрение. – 2011. – №6. – С. 92-97.
10. Басков В.Н., Игнатов А.В. Влияние режимов работы ДВС на загрязнение окружающей среды // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №3(62). – С. 112-118.
11. Нгуен Х.М., Ременцов А.Н. Состояние и перспективы развития производственно-технической базы автотранспортных предприятий в Ханое // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – №10(171). – С. 140-145.
12. Бойко Н.Е., Лобырев С.С. Система управления ремонтной службой автотранспортного предприятия / Н.Е. Бойко // Инновационно-промышленный потенциал развития экономики регионов: Материалы IV-й Международной научно-практической конференции. – Брянск. – 2017. – С. 538-541.
13. Karimi A., Gendreau M., Verter V. Performance approximation of emergency service systems with priorities and partial backups / A. Karimi // Transportation science: Informs. Vol. 52. – 2018. – №5 - Р. 1235-1252.
14. Романенко, В.А. Математические модели функционирования узловых аэропортов в условиях современного авиатранспортного рынка. – Самара: Ас Гард, 2010. – 224 с.

15. Денисов, А.С. Совершенствование сервиса автобусов в условиях мегаполисов. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2020. – 160 с.
16. Денисов А.С., Феклин Е.В. Централизация технического сервиса автотракторной техники // Научная жизнь. Т. 15. – 2020. – №7(107). – С. 965-979.
17. Apatenco A.S., Sevryugina N.S. Methods of recruiting of mobile repair services and maintenance of machines performing reclamation works // IOP Conference series: Materials science and engineering: international scientific conference interstroyemh. – Kazan: Institute of Physics Publishing. - 2020. – P. 012037.
18. Buraev M., Ilyin P., Ilyin S. et al. The calculation program of the technical service enterprise of transport-technological machines in agriculture // IOP Conference series: Materials science and engineering: 2019 International conference on innovations in automotive and aerospace engineering. – Irkutsk: Institute of physics publishing. - 2019. – P. 012019.
19. Магруппова З.М., Баранова Е.В. Повышение эффективности системы управления затратами на автотранспортном предприятии // Вестник Череповецкого государственного университета. - 2010. - №4. - С. 90-94.
20. Менухова Т.А., Солодкий А.И. Экономическая эффективность эксплуатации автомобиля // Записки Горного института. Т. 219. - 2016. - С. 444-448.

Денисов Александр Сергеевич

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Д.т.н., профессор кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей»

E-mail: denisov0307@yandex.ru

Феклин Евгений Викторович

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

К.т.н., доцент кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей»

E-mail: feklin_2013@mail.ru

A.S. DENISOV, E.V. FEKLIN

THE IMPACT OF THE COST AND QUALITY OF TECHNICAL SERVICE ON THE PERFORMANCE OF CITY BUSES

Abstract. *The article deals with the impact of the organization of maintenance and repair of buses on the safety and efficiency of their operation. A mathematical model for calculating the total cost of repairs is presented. The dependences of changes in repair costs on the quality of maintenance are revealed. Differentiation of spare parts and maintenance materials into groups taking into account the characteristics of the volume of consumption is made. The dependences of the average volume of consumption of units/units/parts on their cost for the period under consideration, equal to one month, have been obtained.*

Keywords: *maintenance, current repairs, bus, safety, costs, spare parts, centralized specialized production*

BIBLIOGRAPHY

1. Bulatov, S.V. Analiz sovremennogo sostoyaniya i problem passazhirskogo avtomobil'nogo transporta // Nauka i tekhnika transporta. - 2017. - №1. - S. 29-32.
2. Bondarenko E.V., Dryuchin D.A., Bulatov S.V. Otsenka tselesoobraznosti organizatsii vkhodnogo kontrolya kachestva zapasnykh chastei v usloviyakh avtotransportnogo predpriyatiya // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. - 2021. - №2. - S. 71-78.
3. Boyko N.E., Kalinina E.A. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya avtotransportnogo predpriyatiya na baze sistemnogo podkhoda k upravleniyu sluzhboy remonta // Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva. T. 2. - 2019. - №1. - S. 49-59.
4. Shilovskiy V.N., Gol'shteyn G.Yu. Metodicheskie osnovy obosnovaniya moshchnostey ob'ekta tekhnicheskogo servisa // Resources and technology. - 2020. - T. 17. - №4. - S. 95-106.
5. Pestrikov S.A., Shumkov A.G. Metodika otsenki effektivnosti organizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta na primere transportnogo podrazdeleniya filiala OAO «MRSK Urala» - «Permenergo» // Vestnik PNIPU. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki. - 2019. - №1. - S. 233-244.

6. Zueva O.N., Vdovin S.S. Ratsional'noe razmeshchenie predpriyatiy servisnogo obsluzhivaniya avto-transportnykh sredstv - osnova garmonichnogo razvitiya logisticheskoy infrastruktury krupneyshego goroda // Journal of new economy. - 2011. - №6(38). - S. 127-135.
7. Vladimir Baskov, Anton Ignatov, Vladislav Polotnyanshikov. Assessing the influence of operating factors on the properties of engine oil and the environmental safety of internal combustion engine [Elektronnyy resurs] // Transportation Research Procedia, vol. 50. - 2020. - P. 37-43. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.005>.
8. Vladimir Baskov, Alexander Denisov, Anton Ignatov, Ekaterina Isaeva. Mechanism for assessing the adaptation of motor vehicles to operation in the Arctic zone of the Russian Federation [Elektronnyy resurs] // Transportation Research Procedia, vol. 57. - 2021. - P. 56-62. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.025>.
9. Ignatov A.V., Baskov V.N. Integral'naya otsenka protsessa ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka // Nauchnoe obozrenie. - 2011. - №6. - S. 92-97.
10. Baskov V.N., Ignatov A.V. Vliyaniye rezhimov raboty DVS na zagryazneniye okruzhayushchey sredy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2018. - №3(62). - S. 112-118.
11. Nguen H.M., Rementsov A.N. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya proizvodstvenno-tekhnicheskoy bazy avtotransportnykh predpriyatiy v Hanoie // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2014. - №10(171). - S. 140-145.
12. Boyko N.E., Lobyrev S.S. Sistema upravleniya remontnoy sluzhboy avtotransportnogo predpriyatiya / N.E. Boyko // Innovatsionno-promyshlennyy potentsial razvitiya ekonomiki regionov: Materialy IV-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Bryansk. - 2017. - S. 538-541.
13. Karimi A., Gendreau M., Verter V. Performance approximation of emergency service systems with priorities and partial backups / A. Karimi // Transportation science: Informs. Vol. 52. - 2018. - №5 - P. 1235-1252.
14. Romanenko, V.A. Matematicheskie modeli funktsionirovaniya usloviykh aeroportov v usloviyakh so-vremennogo aviatransportnogo rynka. - Samara: As Gard, 2010. - 224 s.
15. Denisov, A.S. Sovershenstvovaniye servisa avtobusov v usloviyakh megapolisov. - Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet imeni Gagarina Yu.A., 2020. - 160 s.
16. Denisov A.S., Feklin E.V. Tsentralizatsiya tekhnicheskogo servisa avtotraktornoy tekhniki // Nauchnaya zhizn'. T. 15. - 2020. - №7(107). - S. 965-979.
17. Apatenco A.S., Sevryugina N.S. Methods of recruiting of mobile repair services and maintenance of machines performing reclamation works // IOP Conference series: Materials science and engineering: international scientific conference interstroyem. - Kazan: Institute of Physics Publishing. - 2020. - P. 012037.
18. Buraev M., Ilyin P., Ilyin S. et al. The calculation program of the technical service enterprise of transport-technological machines in agriculture // IOP Conference series: Materials science and engineering: 2019 International conference on innovations in automotive and aerospace engineering. - Irkutsk: Institute of physics publishing. - 2019. - P. 012019.
19. Magrupova Z.M., Baranova E.V. Povysheniye effektivnosti sistemy upravleniya zatratami na avto-transportnom predpriyatii // Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2010. - №4. - S. 90-94.
20. Menukhova T.A., Solodkiy A.I. Ekonomicheskaya effektivnost' ekspluatatsii avtomobilya // Zapiski Gornogo instituta. T. 219. - 2016. - S. 444-448.

Denisov Alexander Sergeevich

State Technical University

Adress: 410054 Russia, Saratov, Politechnicheskaya str., 77

Doctor of technical sciences

E-mail: denisov0307@yandex.ru

Feklin Evgeny Viktorovich

State Technical University

Adress: 410054 Russia, Saratov, Politechnicheskaya str., 77

Candidate of economic sciences,

E-mail: feklin_2013@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
- объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию;
- статья предоставляется в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе);
- в одном номере может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство;
- если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи;
- аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журнал, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

Введение

Укажите цели работы и предоставьте достаточный накопленный опыт, избегая подробного обзора литературы или обобщенных результатов.

Материал и методы

Предоставьте достаточно подробных сведений, чтобы можно было воспроизвести работу независимым исследователем. Методы, которые уже опубликованы, должны быть обобщены и указаны ссылкой. Если вы цитируете непосредственно из ранее опубликованного метода, используйте кавычки и также ссылаетесь на источник. Любые изменения существующих методов также должны быть описаны.

Теория / расчет

Раздел «Теория» должен продлить, а не повторять предысторию статьи, уже рассмотренную во введении, и заложить основу для дальнейшей работы. Напротив, раздел «Расчет» представляет собой практическое развитие с теоретической основы.

Результаты

Результаты должны быть четкими и краткими.

Обсуждение

Здесь необходимо рассмотреть значимость результатов работы, а не повторять их. Часто целесообразен комбинированный раздел «Результаты и обсуждение». Избегайте подробных цитат и обсуждений опубликованной литературы.

Выводы

Основные выводы исследования могут быть представлены в кратком разделе «Выводы», который может стоять отдельно или составлять подраздел раздела «Обсуждение» или «Результаты и обсуждение».

В тексте статьи **не рекомендуется**:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - применять произвольные словообразования;
 - применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами;
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, правое поле - 2 см, левое поле - 2 см, поля внизу и сверху - 2 см.

Обязательные элементы:

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала - должно быть точным и ёмким; слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;

- **аннотация** (на русском и английском языке) - описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем - 500 печатных знаков;

- **ключевые слова** (на русском и английском языке) - это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов;

- **список литературы** должен содержать не менее 20-ти источников. В списке литературы количество источников, принадлежащих любому автору не должно превышать 30% от общего количества.

ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ

- Индекс универсальной десятичной классификации (УДК) - сверху слева с абзацным отступом.
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (И.И. ИВАНОВ).

- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
- С пропуском одной строки - краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке. С абзацного отступа - ключевые слова на русском языке.
- Текст статьи, набранный обычным шрифтом прямого начертания 12 pt, с абзацной строки, расположенный по ширине страницы.
- Список литературы, набранный обычным шрифтом прямого начертания 10 pt, помещается в конце статьи. Заголовок «**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**» набирается полужирным шрифтом 12 pt прописными буквами с выравниванием по центру.
- После списка литературы, с абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на русском языке) в такой последовательности:
Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт)
Учреждение или организация
Адрес
Ученая степень, ученое звание, должность
Электронная почта (обычный шрифт)
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 (1 + \frac{1}{2\alpha}) / d, \quad (1)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ - коэффициент концентрации напряжений;

$d = 2a$ - размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится, например:

Рисунок 1 - Текст подписи

Пояснительные данные набираются светлым шрифтом курсивного начертания 10 pt и ставят после наименования рисунка.

Таблицы должны сопровождаться ссылками в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки - со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Текст внутри таблицы в зависимости от объема размещаемого материала может быть набран шрифтом меньшего кегля, но не менее 10 pt. Текст в столбцах располагается от левого края либо центрируют.

Слово «Таблица» размещается по левому краю, после него через тире располагается название таблицы, например: Таблица 1 - Текст названия

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, нижнюю горизонтальную линию в первой части таблицы не проводят. При переносе части таблицы на другую страницу над ней пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы. Пример: Продолжение таблицы 1

Нумерация граф таблицы арабскими цифрами необходима только в тех случаях, когда в тексте имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

Адрес издателя:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, Орловская обл., г. Орёл, ул. Комсомольская, 95
Тел.: (4862) 75-13-18
www.oreluniver.ru.
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77
Тел.+7 905 856 6556
www.oreluniver.ru.
E-mail: srmostu@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И.В. Акимочкина

Подписано в печать 30.09.2022 г.
Дата выхода в свет 21.10.2022 г.
Формат 70х108/16. Усл. печ. л. 7,4
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 171

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95