

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1-2 (80) 2023

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)
Нордин 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: Акмочкина И.В.

Адрес редколлегии:

302030, Россия, Орловская обл., г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел. +7 905 856 6556
<https://oreluniver.ru/science/journal/mtitit>
E-mail: srmostu@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.ppressa-ru.ru и www.akc.ru

© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева,
2023

Содержание

Материалы VIII международной научно-практической конференции
«Информационные технологии и инновации на транспорте»

Эксплуатация, ремонт, восстановление

- Е.А. Верительник, М.Т. Тарацанский **Определение граничных значений коэф-
фициента технической готовности автомобиля с учетом времени доставки
запасных частей на склад автопредприятия**..... 3
Е.С. Козин, А.В. Базанов **Система поддержки принятия решений по управле-
нию технической эксплуатацией автомобильного транспорта**..... 9

Технологические машины

- А.Ю. Родичев, К.К. Настепанин, И.В. Родичева, К.В. Васильев **Совершенствова-
ние процесса прототипирования деталей при техническом обслуживании и
ремонте автомобиля**..... 18

Безопасность движения и автомобильные перевозки

- Д.В. Капский, С.В. Скирковский, Лю Юйвэй **Анализ условий размещения остано-
вочных пунктов на магистральной сети крупнейшего симбиотического города** 28
А.Г. Локтионова, А.Г. Шевцова **Определение динамического показателя авто-
мобиля в транспортных потоках городской транспортной системы**..... 37
А.А. Юнг, А.Г. Шевцова, В.В. Васильева **Оценка влияния СИМ на показатели
транспортного потока при совместном движении**..... 43
Н.А. Филиппова, А.Е. Иванова, А.М. Ишков **Перспективы развития транспорт-
ной доступности арктических улусов республики Саха (Якутия)** 50
В.Е. Яркина, Е.К. Яркин **Постановка задачи оптимизации маршрутов грузовых
мультимодальных перевозок**..... 57
С.С. Семченков, Д.В. Капский, А.О. Лобашов **Секторальный метод повышения
эффективности маршрутного пассажирского транспорта**..... 64

Вопросы экологии

- В.Н. Ложкин **Теоретические основы и практика диагностики эколого-
пожароопасных аварийных режимов эксплуатации каталитических систем
автотранспорта**..... 74

Образование и кадры

- И.А. Родионова, В.И. Шалупин, Е.С. Куманцова **Влияние физических упражне-
ний, при выполнении в условиях длительного дежурства, на работоспособ-
ность специалистов организации воздушного движения**..... 81
А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.А. Конев, Н.А. Шетинин **Использование циф-
ровых и информационных технологий для повышения эффективности дея-
тельности автосервисных предприятий**..... 89
Н.А. Филиппова, Р.В. Литвиненко **Использование цифровых информационных
технологий для снижения рисков при проведении автомобильных спортив-
ных соревнований (на примере ралли)** 98

Экономика и управление

- Т.Н. Пашкова, Н.А. Филиппова **Технические факторы рисков при перевозке
крупногабаритных и тяжеловесных грузов**..... 104

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: 2.9.1. 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, 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы, 2.9.9. Логистические транспортные системы

World of transport and technological machines

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 1-2(80) 2023

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

| | |
|---|---|
| <p><i>Editor-in-Chief</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof</i></p> <p><i>Associate Editor</i> V.V. Vasileva <i>Can. Eng.</i></p> | <h2>Contents</h2> <p>Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Innovations in Transport»</p> <p><i>Operation, Repair, Restoration</i></p> <p><i>E.A. Veritel'nik, M.T. Tarashchanskiy</i> Determination of the boundary values of the coefficient of the technical readiness of the vehicle, taking into account the time of delivery of spare parts to the warehouse of the auto enterprise..... 3</p> <p><i>E.S. Kozin, A.V. Bazanov</i> Decision support system for the management of the technical operation of road transport..... 9</p> <p><i>Technological machines</i></p> <p><i>A.Yu. Rodichev, K.K. Nastepanin, I.V. Rodicheva, K.V. Vasiliev</i> Intelligent system for diagnosing the state of vehicle systems and assemblies..... 18</p> <p><i>Road safety and road transport</i></p> <p><i>D.V. Kapski, S.U. Skirkouski, lu Yuiwey</i> Analysis of the conditions for the placement of stopping points on the backbone network of the largest symbiotic city..... 28</p> <p><i>A.G. Loktionova, A.G. Shevtsova</i> Determination of the dynamic indicator of the car in the traffic flows of the urban transport system..... 37</p> <p><i>A.A. Jung, A.G. Shevtsova, V.V. Vasilyeva</i> Assessment of the influence of SIM on the indicators of the traffic stream in joint traffic..... 43</p> <p><i>N.A. Filippova, A.E. Ivanova, A.M. Ishkov</i> Prospects for the development of transport accessibility in the arctic uluses of the republic of Sakha (Yakutia)..... 50</p> <p><i>V.E. Yarkina, E.K. Yarkin</i> To the question of mathematical statement of the problem of optimization of routes of cargo multimodal transportation..... 57</p> <p><i>S.S. Semchenkov, D.V. Kapsky, A.O. Lobashov</i> Sectoral method of improving the efficiency of route passenger transport..... 64</p> <p><i>Ecological Problems</i></p> <p><i>V.N. Lozhkin</i> Theoretical foundations and practice of diagnostics of environmentally-fire hazardous emergency modes of operation of road transport catalytic systems..... 74</p> <p><i>Education and Personnel</i></p> <p><i>I.A. Rodionova, V.I. Shalupin, E.S. Kumantsova</i> Influence of physical exercises under the conditions of long duty on the efficiency of air traffic management specialists... 81</p> <p><i>A.S. Semykina, N.A. Zagorodny, A.A. Konev, N.A. Shchetinin</i> The use of digital and information technologies to improve the efficiency of car service companies..... 89</p> <p><i>N.A. Filippova, R.V. Litvinenko</i> Use of digital information technologies to reduce risks in automobile sports competitions (by the example of rally)..... 98</p> <p><i>Economics and Management</i></p> <p><i>T.N. Pashkova, N.A. Filippova</i> Technical risk factors in the transportation of over-size and heavy cargo..... 104</p> |
| <p><i>Editorial Board:</i></p> <p>E.V. Ageev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.V. Bazhinov <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.N. Baskov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> E.V. Bondarenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.M. Vlasov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.N. Glagolev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> M. Demic <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> A.S. Denisov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L. Żakowska <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i> S.V. Zhankaziev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.V. Zyryanov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.G. Martyuchenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.A. Mitusov <i>Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> V.V. Nordin <i>Can. Eng. (Russia)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L.A. Sivachenko <i>Doc. Eng., Prof. (Belarus)</i> D.A. Yungmeyster <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A. Szarata <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i></p> | |
| <p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p> | |
| <p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p> | |
| <p>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</p> | |
| <p>Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-rt.ru и www.akc/ru</p> | |
| <p>© Registration. Orel State University, 2023</p> | |

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: 2.9.1. 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, 2.9.8. Intelligent transport systems, 2.9.9. Logistic transport systems

Научная статья

УДК 629.08

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-3-8

Е.А. ВЕРИТЕЛЬНИК, М.Т. ТАРАЩАНСКИЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ АВТОМОБИЛЯ С УЧЕТОМ ВРЕМЕНИ ДОСТАВКИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА СКЛАД АВТОПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Рассматриваются способы определения такого комплексного показателя надежности как коэффициент технической готовности и влияние различных факторов на изменение его значения. Оценивается влияние простоя автомобиля в ожидании доставки запасной части от поставщика до предприятия в процессе выполнения ремонта на значение коэффициента. На примере автомобилей Volvo FH 1242 показано, что из-за такого простоя значение коэффициента может снижаться на величину более 5 %.

Ключевые слова: надежность, коэффициент технической готовности, простой в ремонте, критерий хранения на складе, время доставки

Введение

Готовность автомобильного парка предприятия к эксплуатации принято характеризовать комплексными показателями. Один из основных показателей, характеризующий техническое состояние автомобилей – коэффициент технической готовности. Способность поддерживать этот показатель на требуемом уровне и повышать его является отражением эффективности организации системы технического обслуживания и ремонта на предприятии.

Материал и методы

Вопросы повышения коэффициента технической готовности широко рассматриваются в исследованиях и затрагивают различные возможности. Среди способов, интересных с точки зрения эксплуатации, интересны такие, которые могут быть реализованы силами предприятия: снижение среднесуточных пробегов, обеспечение ремонтной зоны современным технологическим оборудованием, увеличение ресурса узлов и агрегатов после восстановления, повышение квалификации водителей, сокращение среднего пробега с начала эксплуатации по парку автомобилей, изменение графика работы ремонтной зоны [1].

Плановый коэффициент технической готовности автомобиля за цикл определяют по известной формуле [2]:

$$\alpha_{ТГ} = \frac{D_{ЭЦ}}{D_{ЭЦ} + D_{РЦ}}, \quad (1)$$

где $D_{ЭЦ}$ – число дней автомобиля в эксплуатации в исправном состоянии, дней;

$D_{РЦ}$ – число дней автомобиля в ремонте и обслуживании, дней.

Исследования надежности специализированной техники, на примере сельскохозяйственной, показывают, что для поддержания коэффициента технической готовности на высоком уровне необходимо добиться такого технического состояния машин, когда их надежность в заданном интервале совпадает со временем выполнения операции, то выигрыш предприятия будет составлять сумму потерь, связанных с восстановлением работоспособности машины [3]. Это же может относиться к автомобилям, выполняющим международные рейсы или работающие на дальних рейсах. Отмечается также положительное влияние на коэффициент технической готовности агрегатного метода ремонта [4]. В работе представлена более развернутая форма расчета:

$$\alpha_{ТГ} = \frac{AD_{Г}}{AD_{Г} + AD_{Т0} + AD_{Р} + AD_{СМ} + AD_{П1} + AD_{П2}}, \quad (2)$$

где $AD_{Г}$ – автомобиле-дни технически исправного состояния группы автомобилей за определенный промежуток времени;

$AD_{Т0}$ – автомобиле-дни простоя при производстве профилактических работ;

AD_p – автомобиле-дни простоя при ремонтах, не требующих замен узлов и агрегатов;

AD_{CM} – автомобиле-дни простоя, связанные с заменами узлов и агрегатов;

$AD_{П1}$ – автомобиле-дни простоя в ожидании ремонта, поста, рабочего, детали;

$AD_{П2}$ – автомобиле-дни простоя из-за отсутствия исправных узлов и агрегатов.

Из формулы (2) видно, что простой в ремонте увеличивается из-за отсутствия агрегатов на складе. Тут можно отметить, что проблему может составить отсутствие достаточного обменного фонда и первоначальные затраты на его создание. Во многом значение комплексных показателей эффективности эксплуатации зависит от способа организации процессов технического обслуживания и ремонта [5-8].

В работе [8] указывается, что увеличение простоев в ремонте на автопредприятиях, зачастую происходит по причине отсутствия запчастей и материалов, и является для инженерно-технической службы главным резервом увеличения коэффициента технической готовности.

Часто наблюдения показывают расхождение между значениями расчетного (планового) и реального значений коэффициента технической готовности до 10 % [9-11]. Причинами указываются превышение реальных трудозатрат над нормативными в основном из-за сопутствующего ремонта. Отмечается, что для приближения реального значения коэффициента технической готовности к плановому необходимо проведение дополнительных диагностических работ, с последующим выполнением выявленных сопутствующих неисправностей, что приводит к возрастанию трудоемкости на 11 % с соответствующими дополнительными затратами на запасные части.

Рассматривая вопросы повышения эффективной эксплуатации, авторы в исследования [12] предлагают правило комбинированных замен деталей и узлов автомобилей, когда отказавшие детали могут быть заменены либо по своему отказу, либо по отказу других деталей данной группы. Такое правило требует дополнительного внимания к формированию склада запасных частей предприятия.

При обновлении парка возможен расчет среднего коэффициента готовности для всего парка за выбранный период [13]:

$$\alpha_{T.c.p.} = \frac{A_{и}}{A_{сн}}, \quad (3)$$

где $A_{и}$ – среднее количество исправных автомобилей, ед.;

$A_{сн}$ – списочное число автомобилей, ед.

С учетом корректировки временных показателей возможно использование других временных показателей, например «автомобиле-часы» цикла, определяемое по аналогии с автомобиле-днями [14]. Расчет коэффициента аналогичен формуле (1). Это, как утверждают авторы, позволит с более высокой точностью осуществлять анализ результатов деятельности предприятия, осуществляющего эксплуатацию автотранспортных средств.

Определение нормативных значений коэффициента технической готовности, равного или выше которого подвижной состав считается надежным, возможно по формуле [15]:

$$\alpha_T^{Норм} = \frac{1 - \alpha_T^{min}}{-\ln \alpha_T^{min}}, \quad (4)$$

где $\alpha_T^{Норм}$ – нормативное значение коэффициента α_T , при котором применение автомобиля считается целесообразным;

α_T^{min} – минимальное значение коэффициента α_T .

В случае, если фактическое значение α_{Ti} меньше α_T^{min} , использование автомобиля экономически нецелесообразно.

В [16] приводятся теоретически обоснованные значения $\alpha_T^{Норм}$ и α_T^{min} , позволяющие сделать выводы об эффективности эксплуатации подвижного состава на АТП. Однако, данный способ расчета не позволяет учитывать ограниченность финансовых средств и влияние времени доставки на продолжительность простоя.

Исследования показывают, что существуют различные факторы, влияющие изменение коэффициента технической надежности [18, 19]. Отмечена немаловажная роль сокращения простоя автомобилей в ремонте. И здесь помимо технологии, оборудования и квалификации

рабочих важно обеспечить своевременное наличие необходимых запасных частей. Что в современной ситуации может стать нетривиальной задачей.

Теория / Расчет

Определим максимальное и минимальное значения коэффициента технической готовности, учитывая возможное время доставки детали.

Максимальное возможное значение коэффициента будет в идеальных условиях и определится плановым значением, основанным на нормативных значениях трудоемкостей:

$$\alpha_T = \frac{t_{\text{ирабоч}}}{t_{\text{ирабоч}} + t_{\text{иремонт}}}, \tag{5}$$

где $t_{\text{ирабоч}}$ – число дней автомобиля в эксплуатации в исправном состоянии, час;

$t_{\text{иремонт}}$ – число дней автомобиля в ремонте и обслуживании, час;

С учетом времени простоя в ожидании запасной части:

$$\alpha_T = \frac{t_{\text{ирабоч}}}{t_{\text{ирабоч}} + t_{\text{ождид}} + t_{\text{иремонт}}^*}, \tag{6}$$

где $t_{\text{ождид}}$ – время простоя автомобиля в ожидании доставки запасной части, час;

$t_{\text{иремонт}}^*$ – время простоя автомобиля в ТР и ТО, час

В [20] рассматривалась целесообразность хранения деталей путем сравнения критерия необходимости хранения с расчетным значением, полученным на основании предварительно заданного значения коэффициента технической надежности. Для оценки влияния времени доставки конкретной детали на изменение коэффициента готовности, через полученный критерий. Рассмотрим данный критерий:

$$\mu_i \leq \frac{p_i(0,14t_{\text{ирабоч}} - 0,86t_{\text{иремонт}}^*)}{0,86}. \tag{7}$$

Это выражение было получено для $\alpha_T = 0,86$.

Общее выражение для любого значения α_T имеет вид:

$$\mu_i \leq \frac{p_i((1-\alpha_T)t_{\text{ирабоч}} - \alpha_T t_{\text{иремонт}}^*)}{\alpha_T}. \tag{8}$$

Если выражение в числителе справа отрицательно, то i -ая деталь должна храниться на складе. Значит, если выполнено неравенство $(1 - \alpha) t_{\text{ирабоч}} - \alpha t_{\text{иремонт}}^* \leq 0$, эквивалентное (6).

Тогда i -ая деталь должна храниться на складе.

Тогда

$$t_{\text{ождидан}} \geq \frac{(1-\alpha)t_{\text{ирабоч}}}{\alpha} - t_{\text{иремонт}}^*. \tag{9}$$

Таким образом можно рассчитать максимально допускаемое время ожидания конкретной детали для заданного коэффициента технической готовности.

Результаты и обсуждение

Оценим время доставки на влияние коэффициента технической готовности. Для этого рассчитаем значение коэффициента сначала по формуле (5), затем по (6) для каждой из отказавших деталей. Сроки доставки большинства деталей не оказывают заметного влияния на значение коэффициента, уменьшая его величину не более чем на 0,0001. Однако, были выделены и более значимые детали. Перечень таких деталей, а также степень влияния срока их доставки на исследуемый коэффициент для автомобилей Volvo FH 1242 2006 г. выпуска представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень деталей и коэффициентов технической готовности

| Наименование детали | α_T без учета времени ожидания | α_T с учетом времени ожидания | Изменение коэф-фициента, % | Фактич. срок до-ставки де-тали, дней | Допуск. срок ожидания при $\alpha_T = 0,96$, дней |
|------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Турбина | 1,000 | 0,943 | 5,66 | 14 | 9,6 |
| Корпус КПП | 0,999 | 0,944 | 5,52 | 21 | 14,6 |
| Редуктор заднего моста | 1,000 | 0,955 | 4,42 | 21 | 18,7 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------------|-------|-------|------|----|------|
| Радиатор | 1,000 | 0,961 | 3,88 | 14 | 14,3 |
| Блок EBS | 1,000 | 0,963 | 3,69 | 14 | 15,2 |
| Топливный насос отопителя | 1,000 | 0,964 | 3,65 | 14 | 15,4 |
| Головка блока цилиндров | 0,999 | 0,966 | 3,28 | 14 | 16,6 |
| Гофра автономки | 1,000 | 0,966 | 3,38 | 14 | 16,6 |
| Элементы глушителя | 1,000 | 0,968 | 3,19 | 14 | 17,4 |
| Водяной насос отопителя | 1,000 | 0,968 | 3,17 | 14 | 17,6 |
| Ремкомплект подъемника кабины | 1,000 | 0,970 | 3,00 | 14 | 17,7 |
| Распределительный вал | 1,000 | 0,971 | 2,85 | 14 | 18,8 |
| Насос гидроусилителя | 1,000 | 0,972 | 2,80 | 14 | 19,6 |
| Суппорт тормозной | 1,000 | 0,981 | 1,88 | 14 | 20,1 |
| Клапан дозирующий (форсунка) Adblue | 1,000 | 0,982 | 1,75 | 14 | 30,4 |
| Блок управления автономки | 1,000 | 0,985 | 1,52 | 7 | 16,3 |

Выводы

Таким образом, максимальное значение коэффициента технической готовности определяется нормативными значениями трудоемкостей проведения работ для транспортного средства. В результате произведенных вычислений можно оценить влияние сроков ожидания доставки детали на изменение значения коэффициента технической готовности. Как видно для исследуемой группы автомобилей уменьшение значения коэффициента готовности может доходить до 5,66 %.

Для деталей, сроки доставки которых оказывают значительное влияние также были посчитаны предельные сроки доставки. Так, например, фактический срок доставки турбины составляет 14 дней. При заданном значении коэффициента технической готовности 0,96 – предельный допустимый срок должен быть не более девяти дней. Полученные данные необходимо обрабатывать с учетом оценки вероятности отказа данных деталей и тогда полученные данные позволят скорректировать организацию работы склада запасных частей и повысить эффективность использования подвижного состава автотранспортного предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курганов В.М., Грязнов М.В. Как повысить КТГ автопарка // Мир транспорта. – 2011. – Т. 9. – №3(36). – С. 106-117.
2. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей - М.: Транспорт, 1991. - 412 с.
3. Королев А.Е. Влияние коэффициента готовности на потребность в технике // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2014. – №3(26). – С. 80-84.
4. Тахтамышев Х.М., Этлухов О.А.Г. Аналитические связи между уровнем использования агрегатного метода ремонта и технической готовностью парка автомобилей // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 2. – №2(71). – С. 37-41.
5. Кутузов В.В. Эффективность эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом изменения их технического состояния // Технология колесных и гусеничных машин. – 2015. – №3(19). – С. 57-64.
6. Терентьев А.В. Многокритериальный показатель качества автомобиля // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – №1(48). – С. 201-204.

7. Москвичев Д.А., Виноградов О.В. Влияние технологии технического обслуживания и ремонта на коэффициент технической готовности модульных грузовых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №3(66). – С. 3-8.
8. Карамаяев А.А., Ильин А.В. Исследование взаимосвязей коэффициента технической готовности с организацией технического обслуживания и ремонта автомобилей // Инженерные исследования и проектирование: Материалы Международной конференции магистрантов инженерной школы новой индустрии УрФУ. – Екатеринбург: ООО «Эдитус». - 2019. – С. 51-57.
9. Лаврентьев Е.В. Пути оптимизации функционирования ремонтно-обслуживающего комплекса автотранспортного предприятия // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №2(37). – С. 171-175.
10. Родионов Ю.В., Обшивалкин М.Ю., Паули Н.В. Исследование влияния уровня затрат на надежность и эффективность грузовых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – №1(40). – С. 3-11.
11. Быков Д.С., Абрамов А.В. Определение планового значения коэффициента технической готовности автомобиля (парка) с учетом вариации интенсивности и условий эксплуатации / Ответственный редактор В.И. Бауэр. // Проблемы эксплуатации систем транспорта: Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию со дня основания Тюменского индустриального института им. Ленинского комсомола. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет. - 2008. – С. 59-64.
12. Пернебеков С.С., Джунусбеков А.С., Тортбаева Д.Р., Уралов Б.К. Оптимизация правила замены конструктивных элементов автотранспортных средств // Современная наука: от теории к практике: Монография. – Пенза: «Наука и Просвещение». - 2020. – С. 160-170.
13. Тахтамышев Х.М., Белов С.А. Методика прогнозирования коэффициента технической готовности при обновлении парка автомобилей АТП // Научный вестник Государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт». – 2020. – №2. – С. 9-15.
14. Менухова, Т.А. Унификация понятий «коэффициент технической готовности», «коэффициент выпуска» и «коэффициент использования автомобилей» с учетом применения новых временных показателей // Транспортное дело России. – 2013. – №1. – С. 89-94.
15. Балгабеков, Т.К. Влияние возрастной структуры автопарка на эффективность автотранспортного предприятия // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2017. – №2(198). – С. 225-231.
16. Прудовский, Б.Д. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям - М.: Транспорт. – 1990. – 239 С.
17. Прохоров С.В. Определение коэффициента технической готовности строительной техники с учетом воздействия эксплуатационных и возрастных факторов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – №3. – С. 193-195.
18. Агеева Е.В., Пикалов С.В., Емельянов И.П., Агеев Е.В. Исследование взаимосвязей коэффициента технической готовности с организацией технического обслуживания и ремонта автомобилей // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – №1(58). – С. 36-43.
19. Заяц Ю.А., Сальников А.В. Расчет коэффициента технической готовности образцов военной автомобильной техники по временным показателям // Научный резерв. – 2018. – №4(4). – С. 36-40.
20. Верительник Е.А. Повышение эффективности работы автотранспортных предприятий путем повышения эффективности работы склада запасных частей // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №3(62). – С. 137-142.

Верительник Евгений Анатольевич

Луганский государственный университет им. В. Даля
Адрес: 91034, Россия, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а
К.т.н., доцент кафедры информационных технологий и транспорта
E-mail: jenver@yandex.com

Тарашанский Марк Танкумович

Луганский государственный университет им. В. Даля
Адрес: 91034, Россия, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а
К.т.н., доцент кафедры прикладной математики
E-mail: mark.tarashchanskii@gmail.com

E.A. VERITELNIK, M.T. TARASHCHANSKIY

DETERMINATION OF THE BOUNDARY VALUES OF THE COEFFICIENT OF THE TECHNICAL READINESS OF THE VEHICLE, TAKING INTO ACCOUNT THE TIME OF DELIVERY OF SPARE PARTS TO THE WAREHOUSE OF THE AUTO ENTERPRISE

Abstract. *Methods for determining such a complex indicator of reliability as the coefficient of technical readiness and the influence of various factors on the change in its value are considered. The impact of car downtime in anticipation of the delivery of a spare part from the supplier to the enterprise in the process of performing repairs on the value of the coefficient is estimated. Using the example of Volvo FH 1242 cars, it is shown that due to such downtime, the coefficient value can decrease by more than 5 %.*

Keywords: *reliability, technical readiness factor, easy repair, storage criterion in a warehouse, delivery time*

BIBLIOGRAPHY

1. Kurganov V.M., Gryaznov M.V. Kak povysit' KTG avtoparka // Mir transporta. - 2011. - Т. 9. - №3(36). - S. 106-117.
2. Kuznetsov, E.S. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley - M.: Transport, 1991. - 412 s.
3. Korolev A.E. Vliyanie koeffitsienta gotovnosti na potrebnost' v tekhnike // Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya. - 2014. - №3(26). - S. 80-84.
4. Takhtamyshev H.M., Etlukhov O.A.G. Analiticheskie svyazi mezhdu urovnem ispol'zovaniya agregatnogo metoda remonta i tekhnicheskoy gotovnost'yu parka avtomobiley // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2013. - Т. 2. - №2(71). - S. 37-41.
5. Kutuzov V.V. Effektivnost' ekspluatatsii stroitel'nykh i dorozhnykh mashin s uchetom izmeneniya ikh tekhnicheskogo sostoyaniya // Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin. - 2015. - №3(19). - S. 57-64.
6. Terent'ev A.V. Mnogokriterial'nyy pokazatel' kachestva avtomobilya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2015. - №1(48). - S. 201-204.
7. Moskvichev D.A., Vinogradov O.V. Vliyanie tekhnologii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta na koeffitsient tekhnicheskoy gotovnosti modul'nykh gruzovykh avtomobiley // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №3(66). - S. 3-8.
8. Karamaev A.A., Il'in A.V. Issledovanie vzaimosvyazey koeffitsienta tekhnicheskoy gotovnosti s organizatsiyey tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley // Inzhenernye issledovaniya i proektirovanie: Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii magistrantov inzhenernoy shkoly novoy industrii UrFU. - Ekaterinburg: OOO «Editus». - 2019. - S. 51-57.
9. Lavrent'ev E.V. Puti optimizatsii funktsionirovaniya remontno-obsluzhivayushchego kompleksa avtotransportnogo predpriyatiya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2013. - №2(37). - S. 171-175.
10. Rodionov Yu.V., Obshivalkin M.Yu., Pauli N.V. Issledovanie vliyaniya urovnya zatrat na nadezhnost' i effektivnost' gruzovykh avtomobiley // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - №1(40). - S. 3-11.
11. Bykov D.S., Abramov A.V. Opredelenie planovogo znacheniya koeffitsienta tekhnicheskoy gotovnosti avtomobilya (parka) s uchetom variatsii intensivnosti i usloviy ekspluatatsii / Otvetstvennyy redaktor V.I. Bauer // Problemy ekspluatatsii sistem transporta: Sbornik materialov vsereossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 45-letiyu so dnya osnovaniya Tyumenskogo industrial'nogo instituta im. Leninskogo komsomola. - Tyumen': Tyumenskiy gosudarstvennyy neftegazovyy universitet. - 2008. - S. 59-64.
12. Pernebekov S.S., Dzhunusbekov A.S., Tortbaeva D.R., Uralov B.K. Optimizatsiya pravila zameny konstruktivnykh elementov avtotransportnykh sredstv // Sovremennaya nauka: ot teorii k praktike: Monografiya. - Penza: «Nauka i Prosveshchenie». - 2020. - S. 160-170.
13. Takhtamyshev H.M., Belov S.A. Metodika prognozirovaniya koeffitsienta tekhnicheskoy gotovnosti pri obnovlenii parka avtomobiley ATP // Nauchnyy vestnik Gosudarstvennogo avtonomnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Nevinnomysskiy gosudarstvennyy gumanitarno-tekhnicheskiiy institut». - 2020. - №2. - S. 9-15.
14. Menukhova, T.A. Unifikatsiya ponyatiy «koeffitsient tekhnicheskoy gotovnosti», «koeffitsient vypuska» i «koeffitsient ispol'zovaniya avtomobiley» s uchetom primeneniya novykh vremennykh pokazateley // Transportnoe delo Rossii. - 2013. - №1. - S. 89-94.
15. Balgabekov, T.K. Vliyanie vozrastnoy struktury avtoparka na effektivnost' avtotransportnogo predpriyatiya // Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaystvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyayemykh resursov. - 2017. - №2(198). - S. 225-231.
16. Prudovskiy, B.D. Upravlenie tekhnicheskoy ekspluatatsiyey avtomobiley po normativnym pokazatelyam - M.: Transport. - 1990. - 239 S.
17. Prokhorov S.V. Opredelenie koeffitsienta tekhnicheskoy gotovnosti stroitel'noy tekhniki s uchetom vozdeystviya ekspluatatsionnykh i vozrastnykh faktorov // Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya. - 2015. - №3. - S. 193-195.
18. Ageeva E.V., Pikalov S.V., Emel'yanov I.P., Ageev E.V. Issledovanie vzaimosvyazey koeffitsienta tekhnicheskoy gotovnosti s organizatsiyey tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. - 2015. - №1(58). - S. 36-43.
19. Zayats Yu.A., Sal'nikov A.V. Raschet koeffitsienta tekhnicheskoy gotovnosti obratstv voennoy avtomobil'noy tekhniki po vremennym pokazatelyam // Nauchnyy rezerv. - 2018. - №4(4). - S. 36-40.
20. Veritel'nik E.A. Povyshenie effektivnosti raboty avtotransportnykh predpriyatiy putem povysheniya effektivnosti raboty sklada zapasnykh chastey // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2018. - №3(62). - S. 137-142.

Veritel'nik Evgeny Anatolievich
Lugansk State University
Address: 91034, Russia, Lugansk, apt. Youth, 20a
Candidate of technical sciences
E-mail: jenver@yandex.com

Tarashchansky Mark Tankumovich
Lugansk State University
Address: 91034, Russia, Lugansk, apt. Youth, 20a
Candidate of technical sciences
E-mail: mark.tarashchanskii@gmail.com

Научная статья

УДК 656.07

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-9-17

Е.С. КОЗИН, А.В. БАЗАНОВ

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы внедрения и использования информационных технологий в сфере технической эксплуатации автомобильного транспорта. В статье подробно представлен блок имитационного моделирования процессов эксплуатации парка техники и зоны текущего ремонта автомобилей.*

***Ключевые слова:** парк техники, цифровой двойник, система поддержки принятия решений, оптимизация, обслуживание и ремонт автомобилей, имитационное моделирование*

Введение

Автомобильный транспорт находится на первом месте по объемам грузоперевозок среди других видов транспорта (около 70 % всех перевезенных грузов в России). Кроме того, специальная техника на базе автомобилей широко применяется для выполнения различных задач. Большое количество транспортных средств сосредоточено в автотранспортных предприятиях, оказывающих транспортные услуги населению или другим организациям. Автотранспортное предприятие, как правило, использует одну из двух стратегий обеспечения работоспособности автомобилей: обслуживание и ремонт автомобилей собственными средствами либо средствами сторонних сервисных организаций [8, 20]. При использовании первой стратегии основным структурным элементом является техническая служба предприятия по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. Она состоит из нескольких механиков (операторов), которые выполняют работы в зоне, оснащенной подъемником и необходимым оборудованием [1]. Совокупность механика, оборудования и пространства для работы назовем постом. Пост является каналом обработки поступающих в зону заявок на обслуживание и ремонт. Автотранспортные предприятия заинтересованы в снижении издержек на эксплуатацию подвижного состава и повышению его эффективности. Это может быть достигнуто путем оптимизации работы операторов [21], оптимизации периодичности технического обслуживания и ремонта автомобилей [19, 25, 26], изучения показателей надежности автомобилей, организации производства технического обслуживания и ремонта автомобилей [7] и ряда других мер. Значительным потенциалом для повышения эффективности управления автотранспортным предприятием обладает разработка цифрового двойника автотранспортного предприятия. Цифровые двойники представляют собой виртуальные прототипы реальных производственных активов, воспроизводящих форму и действия оригинала и синхронизированных с ним. Цифровые двойники начинают широко использоваться в различных сферах промышленности, например, в нефтегазовом секторе происходит оцифровка активов в целях сокращения эксплуатационных издержек, увеличения объемов добычи и эффективности переработки. В автомобильной отрасли цифровые двойники используются в основном в сфере производства автомобилей и повышения надежности их узлов и агрегатов [2, 12, 18].

С помощью цифровизации производства может быть реализована система поддержки принятия решений для руководящего состава. Системы поддержки принятия решений – компьютерные автоматизированные системы, целью которых является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях, для полного и объективного анализа предметной деятельности. В основе работы систем поддержки принятия решений лежит теория принятия решений, методологическую основу которой составляют элементы научной базы системного подхода. Указанные тематики лежат в фокусе изучения такой науки, как

системная инженерия, которая направлена на руководство созданием сложных систем [9]. Системная инженерия в настоящее время прогресса цифровых технологий тесно связана с концепцией цифрового производства.

Одним из методов, используемых в системах поддержки принятия решений, является имитационное моделирование, который имеет преимущества над аналитическими методами при моделировании сложных систем с большим количеством случайных факторов [5].

Целью работы является повышение эффективности работы автотранспортного предприятия путем разработки имитационной модели зоны технического обслуживания и ремонта автомобилей. Это является первым этапом создания системы поддержки принятия решений по управлению технической эксплуатацией автомобилей.

Материал и методы

В исследовании использовались основные положения теории технической эксплуатации автомобильного транспорта. Модель использует закономерности изменения качества автомобилей первого – шестого типа с установленной учетом системы технического обслуживания и ремонта техники. Интенсивность и условия эксплуатации задаются в качестве исходных параметров с использованием гармонических математических моделей и случайных величин. Подсистема технического обслуживания и ремонта представляет собой многоканальную систему массового обслуживания с очередью. Поток заявок в систему формируется модулем эксплуатации техники. Интенсивности потока поступления заявок, потока обслуживания представляют собой случайные величины с определяемыми пользователем законами распределения.

Технически процесс имитационного моделирования был реализован с использованием средств программирования языка *Python* в среде программирования *IPython* с использованием *Jupyter Notebook*. Модель сформирована с использованием принципов объектно-ориентированного программирования, где один автомобиль является объектом, имеющим атрибуты (например, возраст, марку и модель) и методы (находится в работе или на ремонте). С каждой итерацией модели генерируется заданное количество таких объектов, имитирующих работу парка техники. По результатам большого количества итераций модели разброс случайных значений переменных усредняется и позволяет интерпретировать результаты. Сбор статистических данных о работе модели реализован с использованием фреймворка *numpy* и *pandas*. Визуализация результатов производилась с применением пакета *Matplotlib* и *Seaborn*. Моделирование случайных величин осуществляется с применением имитационного моделирования в рамках теории исследования операций и реализовывалось с использованием библиотеки *random*.

Теория

Структура разрабатываемой цифровой модели автотранспортного предприятия состоит из нескольких блоков, представленных на рисунке 1.

Транспорт, как правило, выступает в качестве сервисной службы для того или иного производственного процесса (блок 1). Например, организации по добыче нефти и газа формируют запрос на автомобили и спецтехнику у транспортных организаций или подразделений. Таксопарк должен обслуживать все поступающие заявки на перевозку пассажиров. Для указанных предприятий основное производство выступает в качестве внешней среды. Оно формирует требования к размеру парка транспортных средств, его структуре, объемам работ техники и условиям ее эксплуатации. Автотранспортные предприятия должны бесперебойно обеспечивать выполнение этих требований, настраивая работу всех служб для этого. Блок эксплуатации техники (блок 2) формирует суточные пробеги транспортных средств и определяет их техническое состояние (блок 3) [3, 10]. Техника может находиться в исправном состоянии и выполнять возложенную на нее работу, может простаивать в ожидании заказа, может находиться в неисправном состоянии или на техническом обслуживании.

При этом заложенные изготовителем показатели надежности техники могут изменяться под воздействием условий и интенсивности ее эксплуатации [4]. Переход техники в неисправное состояние в свою очередь формирует поток заявок на техническое обслужива-

ние и ремонт для производственно-технической базы (блок 4), которая находится во взаимосвязи с другими структурными элементами технической эксплуатации: отделом снабжения (блок 5), персоналом (блок 6) и оказывает влияние на технико-экономические показатели (блок 7) и структуру парка техники (блок 8) [6, 11, 14]. Цифровая модель автотранспортного предприятия позволяет проследить направление и взаимосвязь потоков информации между рассматриваемыми блоками, а также в реальном времени формировать аналитические отчеты любой сложности и глубины (блок 9) [13].

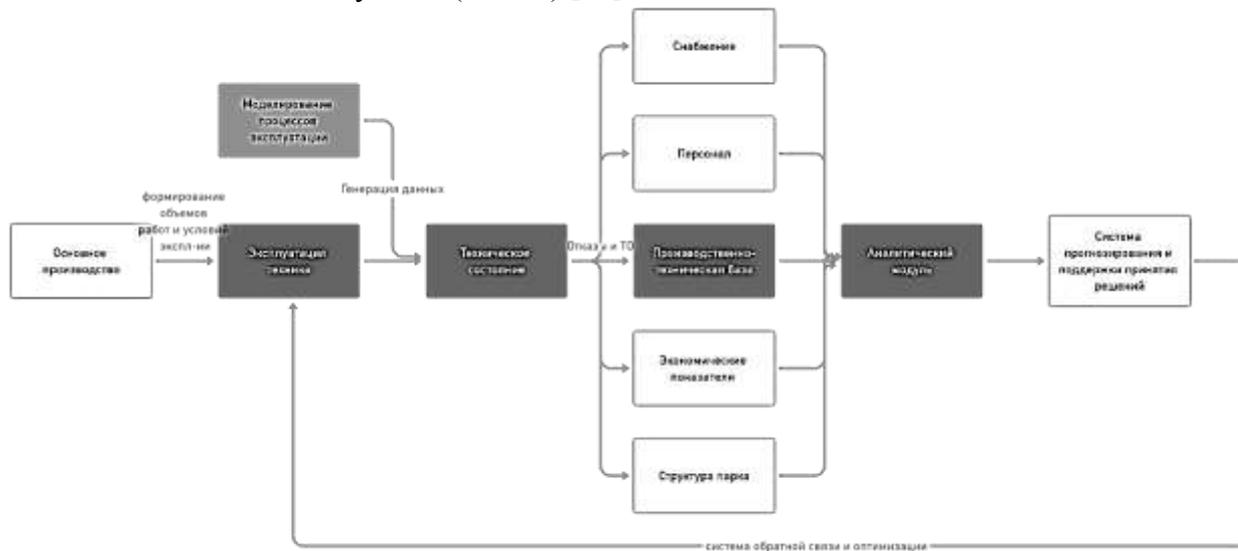


Рисунок 1 – Схема цифровой модели автотранспортного предприятия

Таким образом у лиц, принимающих решения, появляется возможность оценить эффективность производственных процессов [16]. Например, модель позволяет оценить показатели надежности конкретного транспортного средства в сравнении с другими, рассмотреть факторы, повлиявшие на те или иные отказы, определить частоту их возникновения и продолжительность простоя в зоне ремонта, охарактеризовать работу механиков и отдела логистики и т.п. [15]. На макроуровне модель позволяет определить показатели эффективности работы технической службы, определить рациональные сроки эксплуатации парка техники, его структуру, сделать выводы о соответствии его количества с потоком требований от основного производства и т.п. [23]. Кроме того, цифровая модель включает систему прогнозирования и поддержки принятия решений (блок 10), которая способна давать рекомендации и оценку действий персонала на основе искусственного интеллекта и заложенных в нее закономерностей, определенных на предыдущих блоках. Особенностью данного подхода является наличие обратной связи, которая позволяет скорректировать параметры любого блока на основе анализа текущей деятельности предприятия [24]. С помощью цифровой модели можно оценить производственные показатели предприятия при изменении стратегии обслуживания техники (например, при полном отказе от собственной производственной базы) или при реструктуризации парка (изменении модельного ряда, возраста техники и т.п.).

В рамках данной работы рассматриваются модули эксплуатации техники, изменения ее технического состояния, работы производственно-технической базы по техническому обслуживанию и ремонту, а также анализу показателей эффективности предприятия.

Перед началом моделирования создается заданное количество объектов класса «Автомобиль», обладающих следующими параметрами: порядковый номер, государственный регистрационный номер, марка, модель, год выпуска, пробег с начала эксплуатации, периодичность обслуживания, состояние (исправное, неисправное), средняя трудоемкость обслуживания, средняя трудоемкость устранения отказа. При наступлении нового дня производится проверка состояния техники. Если техника исправна и не находится в ремонте, генерируется суточный пробег, производится расчет накопленного пробега и обновление пробега с начала эксплуатации. На каждом шаге по заранее заданному закону распределения производится ге-

нерация времени наступления отказа. Сгенерированный пробег, при котором наступает отказ, сравнивается с текущим пробегом автомобиля и, если отказ не произошел, производится запись показателей в базу данных и моделируется следующий рабочий день. При наступлении отказа техника переводится в неисправное состояние, счетчик продолжительности ремонта сбрасывается на ноль. В случае, если при моделировании техника уже находилась на ремонте, то счетчик продолжительности ремонта уменьшается на единицу. Если ремонт был выполнен (счетчик продолжительности ремонта равен нулю, а состояние техники является неисправным), то техника переводится в исправное состояние, и моделирование продолжается.

Сгенерированные модулем данные являются основой для работы других модулей цифровой модели автотранспортного предприятия. Сумма ежедневного количества отказов и заявок на техническое обслуживание для всех единиц техники является исходной информацией для блока моделирования зоны ремонта автомобилей.

На входе в модель задается количество постов по ремонту заявок. Посты функционируют по принципам n-канальной немарковской системы массового обслуживания с очередью, при этом законы распределения случайных величин могут определяться пользователем. Система может находиться в нескольких состояниях, переходящих друг в друга последовательно при интенсивности потока заявок λ и интенсивности потока обслуживаний μ : S_0 – канал свободен, S_1 – канал занят (обслуживает заявку), очереди нет, S_2 – канал занят, одна заявка стоит в очереди, канал занят, S_{k-1} заявок стоят в очереди. При этом количество состояний системы ограничено общим количеством заявок на ремонт на текущем шаге моделирования и инкрементированным к нему размером очереди необработанных заявок с предыдущего шага. Существующие исследования были направлены в основном на оптимизацию графика работы постов [22]. Отличием рассматриваемой модели от известных является механизм выравнивания загрузки постов путем перераспределения заявок между ними. То есть заявка поступает каждый раз не на первый пост из n имеющихся, а на тот, средняя загрузка которого за прошедший период моделирования является минимальной. Для этого модель определяет показатель загрузки постов, после чего производит сортировку постов по степени возрастания загрузки.

Особенности реализации предложенного метода представлены на рисунке 2.

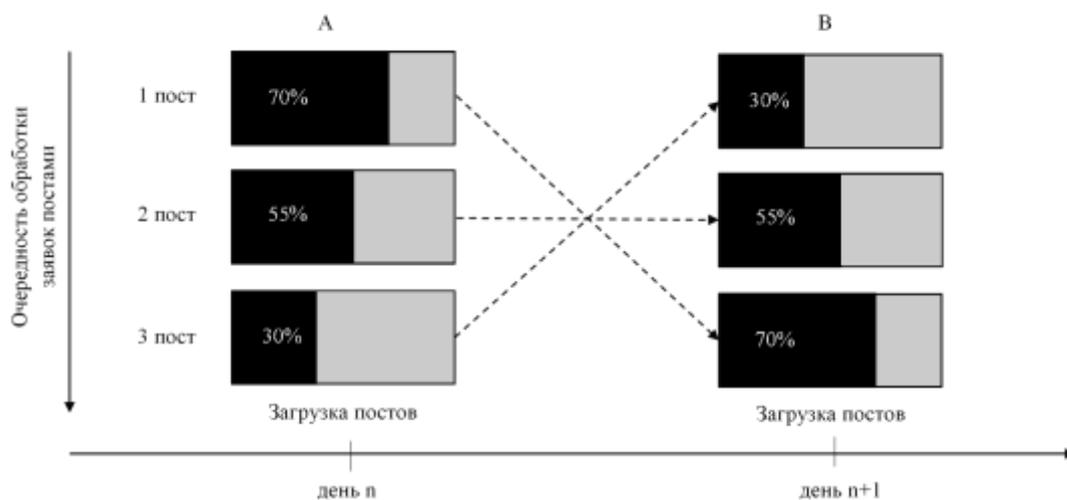


Рисунок 2 – Перераспределение постов в зависимости от их средней загрузки

На представленном примере вариант А соответствует стандартному методу очередности обработки заявок постами. При этом загрузка первого поста всегда больше загрузки последующих, так как алгоритм распределяет заявки последовательно по мере возрастания индекса поста. На практике неравномерная загрузка постов может быть неэффективной, поскольку приводит к неравномерной загрузке исполнителей, что сопряжено с последующими финансово-экономическими проблемами и недовольством персонала. Вариант В является предпочтительным, так как предполагает равномерную загрузку всех постов. Загруженному на 70 % посту 1 определяется низший приоритет поступления заявок в данной итерации модели, недо-

грузженный пост 3 ставится на 1 место, а пост 2 остается на месте. Таким образом следующая заявка будет направлена не на уже перегруженный первый пост, а на недогруженный третий.

Если на текущем шаге моделирования количество заявок больше и равно единице, то моделируется работа зоны текущего ремонта для обработки каждой из пришедших заявок. Зона ремонта состоит из заранее определенного оператором количества постов с заданным распределением их производительности. Посты уже отсортированы по представленному выше принципу выравнивания средней загрузки. В случае, если пост свободен, т.е. время его освобождения меньше текущего модельного времени, то заявка назначается данному посту. При этом статус поста изменяется на «занят», определяется новое значение времени освобождения поста, обновляется счетчик обслуженных заявок и в базе данных фиксируются статистические показатели его функционирования. Указанные шаги выполняются для всех заявок. Если в системе присутствуют необработанные заявки, а все посты заняты, то эти заявки переходят в очередь и добавляются к заявкам на следующем шаге моделирования. Статус поста меняется на «свободен», когда текущее модельное время превышает время его освобождения. Модуль возвращает информацию по ежедневной загрузке каждого поста.

Завершающим этапом моделирования является функция определения показателей загрузки зоны ремонта при переборе различных вариантов количества постов. Для обеспечения требуемой точности моделирование выполняется определенное количество циклов, после чего результаты усредняются и анализируются.

Результаты и обсуждение

По результатам моделирования формируется база данных эксплуатационных показателей парка техники, представленная в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты моделирования данных по эксплуатации парка техники за рассматриваемый период

| Техника | Госномер | Модель, марка | Год выпуска | Пробег с н.э. | День | Пробег | Пробег накоп | ТО | Отказ | Тип отказа |
|---------|-----------|---------------|-------------|---------------|------|--------|--------------|----|-------|------------|
| 37 | P474TO 72 | BMW 7 | 2013 | 124467 | 16 | 187 | 2601 | 0 | 0 | 0 |
| 37 | P474TO 72 | BMW7 | 2013 | 124654 | 17 | 162 | 2763 | 0 | 1 | Ход.часть |
| 37 | P474TO 72 | BMW7 | 2013 | 124816 | 18 | 0 | 2763 | 0 | 0 | 0 |

В таблице представлен срез данных для автомобиля BMW 7 2013 года выпуска с порядковым номером 37. 16 января автомобиль проехал 187 км., отказа не произошло. 17 января после 162 км пробега у автомобиля возникает отказ ходовой части, после которого он был направлен в зону ремонта и 18 января еще находился в ней (суточный пробег = 0, приращение пробега не моделью не регистрировалось). Информация по представленной выше форме должна регистрироваться внутренними службами автотранспортного предприятия и использоваться для оптимизации рабочих процессов. На текущий момент она генерируется моделью, однако итоговая версия цифрового двойника должна использовать данные от анализируемого предприятия.

В результате имитационного моделирования с помощью созданной цифровой модели для различного количества постов были получены данные об их загрузке, о количестве обработанных и необработанных постами заявок.

Коэффициент загрузки постов при реализации стандартного алгоритма назначения заявок постам изменяется в среднем на 20 % в пределах от 0,99 для 1 поста до 0,78 для последнего 20-го. При этом первый и посты с низким индексом были загружены до предела в течение всего срока моделирования, а посты с более высоким индексом некоторое время могли простаивать (рис. 3).

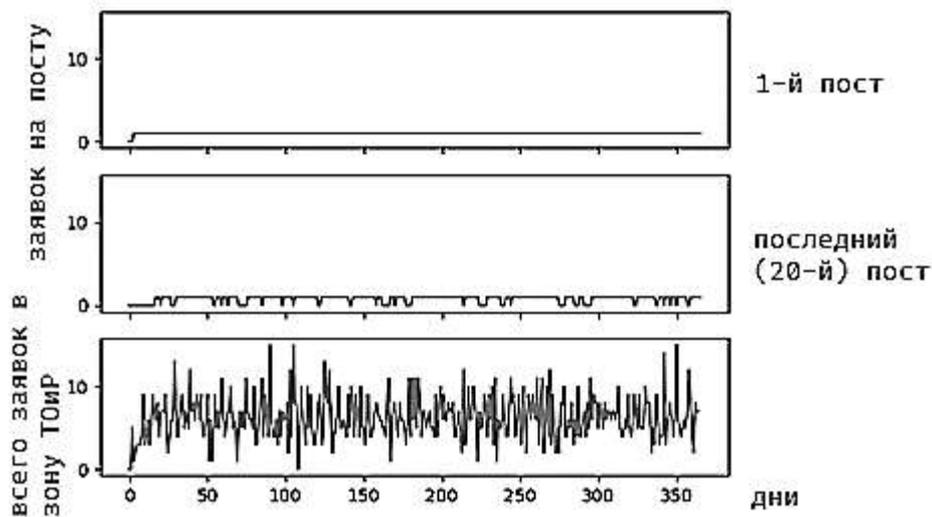


Рисунок 3 - Изменение загрузки постов при различных вариантах распределения заявок между ними

При такой схеме распределения заявок и количестве постов все заявки обрабатываются системой, но более 50 % каналов работают на пределе своих возможностей с максимальной загрузкой. Это может привести к значительной очереди и отказам в обслуживании при любом изменении интенсивности поступления заявок в систему или законов распределения случайных величин. Очевидно, данный метод представляется менее рациональным, чем метод выравнивания загрузки постов, который позволяет снизить нагрузку на систему и не допустить простоев постов, повысив тем самым предел ее прочности. При использовании алгоритма выравнивания загрузки постов каждый канал был загружен в среднем на 93 %. Таким образом у каждого поста существует запас, что позволит справиться с отклонениями входных параметров от прогнозируемых.

Задача переходит в стандартную задачу оптимизации системы массового обслуживания с целью определения оптимального количества каналов [17]. Становится очевидным, что для эффективной обработки всех поступающих заявок система должна иметь 20 постов при среднем коэффициенте их загрузки $k = 0,93$. Это подтверждается точкой перелома кривой степени загруженности постов на графике, который можно аппроксимировать двумя линейными уравнениями, каждое из которых может быть использовано в определенных пределах:

$$k_i = -0.0016 \cdot X + 0.992, \text{ при } X \text{ в промежутке } (1, 20);$$

$$k_i = -0.0293 \cdot X + 1.4913, \text{ при } X \text{ в промежутке } (1, 50),$$

где X – количество постов по ремонту автомобилей, ед.

Величина достоверности аппроксимации R^2 для обеих моделей превышает 0,95.

Практическим применением представленных выше результатов может являться поиск параметров системы для требуемого уровня загрузки постов. Так для обеспечения заданного уровня загрузки в 80 % для обслуживания всех заявок с текущими показателями λ и μ предприятию может потребоваться 24 поста. Цифровая модель позволяет подобным образом планировать работу зоны обслуживания и ремонта автомобилей и прогнозировать выходные параметры системы, не прибегая к экспериментам на реальных производственных процессах.

С использованием *Python*-фреймворка *Django* и *Bootstrap 5* был разработан прототип web-приложения «Цифровой двойник автотранспортного предприятия», которое реализует функционал рассмотренных выше модулей цифровой модели. Приложение позволяет моделировать работу автотранспортного предприятия или загружать данные по результатам работы реального предприятия согласно представленной в таблице 1 формы.

Выводы

Разработанное приложение может быть использовано руководством автотранспортных предприятий и транспортных подразделений крупных производственных компаний для

принятия решений по повышению эффективности использования техники без необходимости привлечения собственного аналитического отдела, поскольку модель на основе заложенных в нее закономерностей позволяет выявить негативные факторы и тенденции и своевременно предотвратить их.

Таким образом, в результате проведенного исследования были получены следующие результаты:

1) разработана цифровая модель работы автотранспортного предприятия, включающая в себя имитационную модель генерации статистической информации по эксплуатации парка техники с возможностью изменения входных параметров;

2) разработана имитационная модель работы зоны технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей, которая использует метод перераспределения заявок по свободным постам с учетом их равномерной загрузки;

3) разработан способ определения параметров зоны ремонта автомобилей для обеспечения заданного уровня загрузки постов;

4) для заданных входных параметров имитационной модели разработана аналитическая модель определения оптимального количества постов с учетом минимизации уровня их загрузки и количества необработанных системой заявок на ремонт;

5) разработан web-интерфейс цифровой модели автотранспортного предприятия с возможностью определения начальных параметров моделирования, интеллектуального анализа полученных результатов и прототипа системы принятия управленческих решений на их основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abu Bakar E., Isa N.S., Osman S. Application of theory of planned behavior in the motor vehicle repair and service industry // *Safety Science*. – 2017. – №98. – P. 70-76.
2. Biesinger F., Krass B., Weyrich M. A survey on the necessity for a digital twin of production in the automotive industry // *23rd International conference on mechatronics technology, Salerno, Italy*. - 2019.
3. Bouvard K., Tedié H., Lesobre R. Joint dynamic scheduling of missions and vehicle: value of on-line information vehicle // *IFAC PapersOnLine*. – 2018. - №51-24. – P. 837–842.
4. Dobromirov V., Verkhorubov V., Chernyaev I. Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety // *Transportation research procedia*. – 2018. - №36. – P. 114-121.
5. Elhüseyni M., Ünal A.T. An integrated heuristic and mathematical modelling method to optimize vehicle maintenance schedule under single dead-end track parking and service level agreement // *Computers & Operations Research*. – 2021. - №132. – P. 105261.
6. Filák M., Famfulík J., Richtář M. Ways of comparing the advantages of operating different types of vehicles in the fleet // *Transportation research procedia*. – 2021. - №55. – P. 133-140.
7. Hedvall K., Dubois A., Lind F. Analysing an activity in context: A case study of the conditions for vehicle maintenance // *Industrial marketing management*. – 2016. - №58. – P. 69-82.
8. Jbili S., Chelbi A., Radhoui M., Kessentini M. Integrated strategy of vehicle routing and maintenance // *Reliability engineering and system safety*. – 2018. – P. 202–214.
9. Kossiakoff A., Sweet W.M., Seymour S.J., Biemer S.M. *Systems engineering // Principles and practice*. - 2nd ed. John Wiley and Sons. - 2014.
10. Liu G., Chen S., Jin H., Liu S. Optimum opportunistic maintenance schedule incorporating delay time theory with imperfect maintenance // *Reliability engineering and system safety*. – 2021. - № 213. – P. 107668.
11. Lu C.C., Yan S., Li H.C., Diabat A., Wang H.T. Optimal fleet deployment for electric vehicle sharing systems with the consideration of demand uncertainty // *Computers & Operations Research*. – 2021. – 135. – P. 105437.
12. Lu Y.J., Zhao Z.C., Wei W., Kui Z. Digital twin product lifecycle system dedicated to the constant velocity joint // *Computers & Electrical Engineering*. – 2021. - №93. – P. 107264.
13. Markudova D., Mishra S., Cagliero L., Vassio L. et al. Preventive maintenance for heterogeneous industrial vehicles with incomplete usage data // *Computers in Industry*. – 2021. - №130. – P. 103468.
14. Militao A.M., Tirachini A. Optimal fleet size for a shared demand-responsive transport system with human-driven vs automated vehicles: a total cost minimization approach // *Transportation research*. - Part A. – 2021. - №151. – P. 52-80.
15. Monteiro Tavares C.M., Szpytko J. Vehicles emerging technologies from maintenance perspective // *IFAC-PapersOnLine*. – 2016. – №49-28. – P. 067-072.

16. Parameshwaran R., Srinivasan P.S.S., Punniyamoorthy M., Charunyanath S.T., Ashwin C. Integrating fuzzy analytical hierarchy process and data envelopment analysis for performance management in automobile repair shops // European journal of industrial engineering. – 2009. - №3(4). – P. 450-467.
17. Prytz R., Nowaczyk S., Rognvaldsson T., Byttner S. Predicting the need for vehicle compressor repairs using maintenance records and logged vehicle data // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2015. - №41. – P. 139-150.
18. Rajesh P.K., Manikandan N., Ramshankar C.S., Vishwanathan T., Sathishkumar C. Digital twin of an automotive brake pad for predictive maintenance // In: 2nd International conference on recent trends in advanced computing ictac - Disrup - Tiv Innovation, Chennai. – 2019. - Vol. 165. - P. 18-24.
19. Rokhforoz P., Fink O. Maintenance scheduling of manufacturing systems based on optimal price of the network // Reliability engineering and system safety. – 2022. – P. 217.
20. Semykina A., Zagorodnii N., Novikov I., Novikov A. Main directions of improving the maintenance and repair of vehicle units in the Far North // Transportation research procedia. – 2021. - №57. – P. 611-616.
21. Shivasankaran N., Senthil Kumar P., Nallakumarasamy G., Venkatesh Raja K. Repair shop scheduling with parallel operators and multiple constraints using simulated annealing // International journal of computational intelligence systems. – 2012. - №6(2). – P. 223-233.
22. Tautenhahn T. Scheduling unit-time open shops with deadlines // Operations research. – 1994. - №42(1). – P. 189-192.
23. Vujanovic D., MomciloVIC V., Bojovic N., Papic V. Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of DEMATEL and ANP // Expert Systems with Applications. – 2012. - №39. – P. 10552-10563.
24. Wang J., Lai X., Zhang S., Wang W.M., Chen J. Predicting customer absence for automobile 4S shops: a lifestyle perspective // Engineering applications of artificial intelligence. – 2020. - №89.
25. Wang Y., Limmer S., Nguyen D.V., Olhofer M., Bäck T., Emmerich M. Optimizing the maintenance schedule for a vehicle fleet: a simulation based case study // Engineering optimization. – 2021. - №53.
26. Wang Y., Limmer S., Olhofer M., Emmerich M., Bäck T. Automatic preference based multi-objective evolutionary algorithm on vehicle fleet maintenance scheduling optimization // Swarm and Evolutionary Computation. – 2021. - №65. – P. 100933.

Козин Евгений Сергеевич

Тюменский индустриальный университет

Адрес: 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса автомобилей и технологических машин

E-mail: kozines@tyuiu.ru

Базанов Артем Владимирович

Тюменский индустриальный университет

Адрес: 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса автомобилей и технологических машин

E-mail: bazanovav@tyuiu.ru

E.S. KOZIN, A.V. BAZANOV

**DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF THE
TECHNICAL OPERATION OF ROAD TRANSPORT**

***Abstract.** The article deals with the issues of introduction and use of information technologies in the field of technical operation of road transport. The article presents in detail the block of simulation modeling of the processes of operation of the fleet of vehicles and the area of car repair.*

***Keywords:** vehicle fleet, digital twin, decision support system, optimization, vehicle maintenance and repair, simulation modeling*

BIBLIOGRAPHY

1. Abu Bakar E., Isa N.S., Osman S. Application of theory of planned behavior in the motor vehicle repair and service industry // Safety Science. - 2017. - №98. - R. 70-76.
2. Biesinger F., Krass B., Weyrich M. A survey on the necessity for a digital twin of production in the automotive industry // 23rd International conference on mechatronics technology, Salerno, Italy. - 2019.
3. Bouvard K., Tedie H., Lesobre R. Joint dynamic scheduling of missions and vehicle: value of on-line information vehicle // IFAC PapersOnLine. - 2018. - №51-24. – R. 837-842.

4. Dobromirov V., Verkhorubov V., Chernyaev I. Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety // *Transportation research procedia*. - 2018. - №36. - R. 114-121.
5. Elhoseyni M., Onal A.T. An integrated heuristic and mathematical modelling method to optimize vehicle maintenance schedule under single deadend track parking and service level agreement // *Computers & Operations Research*. - 2021. - №132. - R. 105261.
6. Filok M., Famfulok J., Richtoo M. Ways of comparing the advantages of operating different types of vehicles in the fleet // *Transportation research procedia*. - 2021. - №55. - R. 133-140.
7. Hedvall K., Dubois A., Lind F. Analysing an activity in context: A case study of the conditions for vehicle maintenance // *Industrial marketing management*. - 2016. - №58. - R. 69-82.
8. Jbili S., Chelbi A., Radhoui M., Kessentini M. Integrated strategy of vehicle routing and maintenance // *Reliability engineering and system safety*. - 2018. - R. 202-214.
9. Kossiakoff A., Sweet W.M., Seymour S.J., Biemer S.M. *Systems engineering // Principles and practice*. - 2nd ed. John Wiley and Sons. - 2014.
10. Liu G., Chen S., Jin H., Liu S. Optimum opportunistic maintenance schedule incorporating delay time theory with imperfect maintenance // *Reliability engineering and system safety*. - 2021. - № 213. - R. 107668.
11. Lu C.C., Yan S., Li H.C., Diabat A., Wang H.T. Optimal fleet deployment for electric vehicle sharing systems with the consideration of demand uncertainty // *Computers & Operations Research*. - 2021. - 135. - R. 105437.
12. Lu Y.J., Zhao Z.C., Wei W., Kui Z. Digital twin product lifecycle system dedicated to the constant velocity joint // *Computers & Electrical Engineering*. - 2021. - №93. - R. 107264.
13. Markudova D., Mishra S., Cagliero L., Vassio L. et al. Preventive maintenance for heterogeneous industrial vehicles with incomplete usage data // *Computers in Industry*. - 2021. - №130. - R. 103468.
14. Militao A.M., Tirachini A. Optimal fleet size for a shared demand-responsive transport system with human-driven vs automated vehicles: a total cost minimization approach // *Transportation research*. - Part A. - 2021. - №151. - R. 52-80.
15. Monteiro Tavares C.M., Szpytko J. Vehicles emerging technologies from maintenance perspective // *IFAC-PapersOnLine*. - 2016. - №49-28. - R. 067-072.
16. Parameshwaran R., Srinivasan P.S.S., Punniyamoorthy M., Charunyanath S.T, Ashwin C. Integrating fuzzy analytical hierarchy process and data envelopment analysis for performance management in automobile repair shops // *European journal of industrial engineering*. - 2009. - №3(4). - R. 450-467.
17. Prytz R., Nowaczyk S., Rognvaldsson T., Byttner S. Predicting the need for vehicle compressor repairs using maintenance records and logged vehicle data // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. - 2015. - №41. - R. 139-150.
18. Rajesh P.K., Manikandan N., Ramshankar C.S., Vishwanathan T., Sathishkumar C. Digital twin of an automotive brake pad for predictive maintenance // In: 2nd International conference on recent trends in advanced computing ictac - Disrup - Tiv Innovation, Chennai. - 2019. - Vol.165. - R. 18-24.
19. Rokhforoz P., Fink O. Maintenance scheduling of manufacturing systems based on optimal price of the network // *Reliability engineering and system safety*. - 2022. - R. 217.
20. Semykina A., Zagorodnii N., Novikov I., Novikov A. Main directions of improving the maintenance and repair of vehicle units in the Far North // *Transportation research procedia*. - 2021. - №57. - R. 611-616.
21. Shivasankaran N., Senthil Kumar P., Nallakumarasamy G., Venkatesh Raja K. Repair shop sheduling with parallel operators and multiple constraints using simulated annealing // *International journal of computational intelligence systems*. - 2012. - №6(2). - R. 223-233.
22. Tautenhahn T. Scheduling unit-time open shops with deadlines // *Operations research*. - 1994. - №42(1). - R. 189-192.
23. Vujanovico D., Momcoilovico V., Bojovico N., Papic V. Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of DEMATEL and ANP // *Expert Systems with Applications*. - 2012. - №39. - R. 10552-10563.
24. Wang J., Lai X., Zhang S., Wang W.M., Chen J. Predicting customer absence for automobile 4S shops: a lifestyle perspective // *Engineering applications of artifical intelligence*. - 2020. - №89.
25. Wang Y., Limmer S., Nguyen D.V., Olhofer M., Bock T., Emmerich M. Optimizing the maintenance schedule for a vehicle fleet: a simulation based case study // *Engineering optimization*. - 2021. - №53.
26. Wang Y., Limmer S., Olhofer M., Emmerich M., Bock T. Automatic preference based multiobjective evolutionary algorithm on vehicle fleet maintenance scheduling optimization // *Swarm and Evolutionary Computation*. - 2021. - №65. - R. 100933.

Kozin Evgeniy Sergeevich

Tyumen Industrial University
Adress: 625000, Russia, Tyumen, Volodarsky str., 38
Candidate of technical sciences
E-mail: kozines@tyuiu.ru

Bazanov Artem Vladimirovich

Tyumen Industrial University
Adress: 625000, Russia, Tyumen, Volodarsky str., 38
Candidate of technical sciences
E-mail: bazanovav@tyuiu.ru

Научная статья

УДК 62-932.4

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-18-27

А.Ю. РОДИЧЕВ, К.К. НАСТЕПАНИН, И.В. РОДИЧЕВА, К.В. ВАСИЛЬЕВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЯ

***Аннотация.** В статье представлено исследование параметров 3D печати на точность и качество изготовленных изделий. Были проанализированы возможные способы и рассмотрены оптимальные пути их решения, в результате чего выделены два наиболее актуальных дефекта, возникшие при 3D печати. Для устранения этих дефектов была произведена модернизация аппаратной и программной части базового 3D принтера. После чего были проведены тестовые эксперименты, которые подтвердили правильность принятых решений.*

***Ключевые слова:** 3D печать, точность, аддитивные технологии, качество поверхности, параметры печати, настройки, изготовление*

Введение

Тенденция развития технологий аддитивного производства за последнее время претерпело кардинальные изменения [1, 2]. Широкий выбор устройств для 3D-печати и сопутствующих расходных материалов позволяет воспроизводить как отдельные детали, так и небольшие узлы машин и агрегатов. За рубежом внедрение данной технологии в процессы ремонта получило гораздо большее развитие, чем в настоящий момент в России. Несколько крупных иностранных компаний, специализирующихся на производстве и обслуживании техники, уже внедрили практику 3D-печати в свои производственные процессы. В России данное явление носит разрозненный характер и остается прерогативой небольших частных компаний. Услуги 3D-печати получили наибольшее распространение в области технического обслуживания и ремонта легковых и грузовых автомобилей [3, 4]. В большинстве своем такие изделия выполняются по заказу частных лиц. Номенклатура изделий, изготавливаемых методом 3D печати, достаточно широка и охватывает почти все разнообразие полимерных деталей, используемых в конструкциях различных машин и оборудования. Использование данной технологии позволяет значительно сократить время и стоимость ремонтных работ, а также частично избавиться от зависимости сервисных служб и сроков поставки запасных частей [5-7].

Наиболее часто компания сталкивается с задачами замены изношенных пластиковых зубчатых колес и шестеренок различных механизмов автомобилей. Очень распространены такие обращения клиентов с заказами на печать заглушек на колесные диски с уникальной эмблемой или на замену потерявшимся [8-10]. Также люди ищут замену изношенных шестерен в приводе стеклоподъемников, элементы салазок люка, части крепления для дворников, клипсы внутренней обшивки и наружной обшивки и многое другое. Отдельно можно выделить целое направление 3D печати – это печать декоративных элементов и элементов кузова, не несущих серьезную нагрузку [11-13].

Наибольшую доступность 3D печать в России получила в 2018 году, благодаря появлению на рынке услуг большой доступной номенклатуры 3D принтеров, изготовленных в Китае. Данные принтеры имели надёжную механическую часть и низкую стоимость. Одним из популярных принтеров того времени являлся Ender 3 производства компании Creality 3D. Невысокая цена, простота конструкции и хорошая производительность при достаточно хорошем качестве получаемых изделий, делали этот принтер очень популярным. На сегодняшний день 3D принтер является неотъемлемой частью конструкторского процесса. С его помощью можно удешевить и ускорить процесс изготовления прототипов конструкторских решений, благодаря чему конечное изделие будет иметь меньшую стоимость [14, 15].

© Родичев А.Ю., Настепанин К.К., Родичева И.В., Васильев К.В., 2023

Кинематика и механика 3D принтеров не сильно изменилась за последние 5 лет, а вот потребности в увеличении скорости и качества печати сильно поменялась [16]. Последнее время появилось множество способов и алгоритмов, разработанных энтузиастами, позволяющих увеличить, как качество печати, так и точность, при этом сохраняя ее производительность.

Материал и методы

Рассмотрим несколько наиболее простых решения для улучшения качества печати и постараемся применить их [17-20]. В качестве объекта для проведения эксперимента будем использовать принтере Ender 3, год выпуска - 2018. На данный момент Ender 3 остаётся самым доступным принтером, который на базе заводских настроек позволяет осуществлять прототипирование деталей в хорошем качестве.

Рассмотрим природу основных дефектов, возникающих при прототипировании на примере тестового кубика с размерами 20x20 мм. На рисунке 1 можем наблюдать два основных дефекта которые оказывают огромное влияние на качество 3D – печати:

- «выпирающие углы» - изменение геометрии детали;
- «рябь» - качество поверхности.



Рисунок 1 – Дефекты, возникающие при прототипирование деталей: а – выпирающие углы; б- рябь

Эффект выпирающих углов возникают из-за того, что давление внутри экструдера печатной головы принтера меняется с небольшой задержкой относительно движения печатной головы (рис. 2). Для устранения данного дефекта необходимо уменьшить скорость печати в несколько раз, но это значительно скажется на ее производительности.

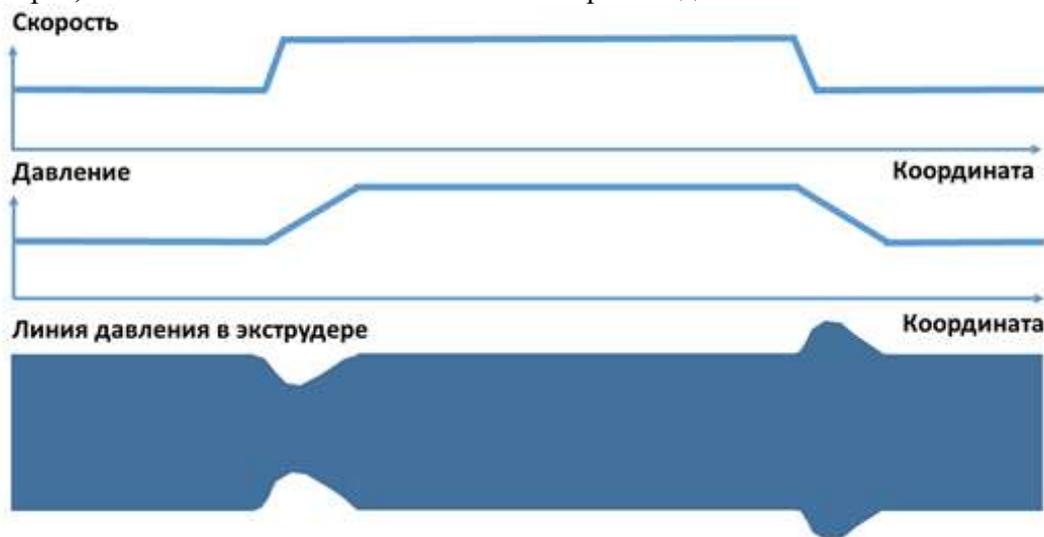


Рисунок 2 – Диаграмма движения экструдера

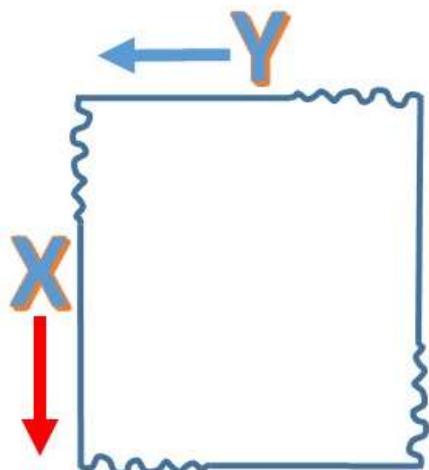


Рисунок 3 – Схема возникновения дефекта «рябь»

Проблемы с «рябью» на деталях возникают из-за большой инерции печатной головки принтера. На рисунке 3 продемонстрировано наглядная схема возникновения дефекта «ряби» при печати детали параллелепипеда.

Факторов, влияющих на данный дефект много: ремни приводов, их натяжка, длина, ширина, крепление моторов, жёсткость рамы, но самыми важными является - настройка электроники и вес печатной головы.

Теория

Возникающие проблемы при прототипировании деталей можно решить двумя способами: конструктивным, который заключается в изменении конструкции печатной головки, и с помощью «прошивки», который заключается в изменении настройки электронных компонентов устройства

[21, 22]. Так как конструктивный способ является наиболее трудоемким, то остановимся на модификации 3D принтера с помощью «прошивки» [23-25].

В нашем случае для решения проблемы, связанной с дефектом печати мы использовали прошивку Klipper, для реализации которой необходимо дополнительное оборудование, такое как – одноплатник Raspberry Pi4, micro SD карта для него и кабель, соединяющий 3D принтер с Raspberry Pi4 (рис. 4).

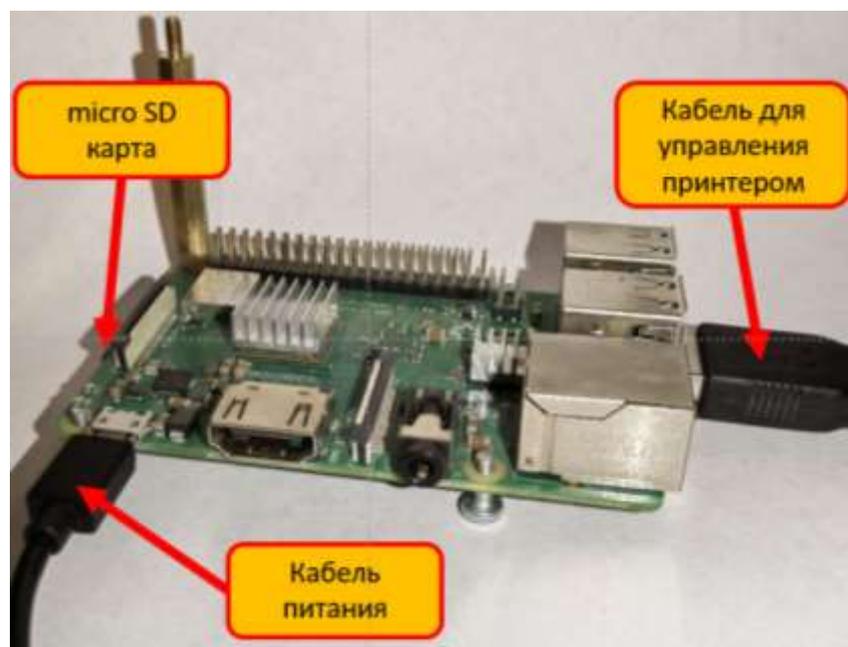


Рисунок 4 – Дополнительное оборудование

На одноплатник Raspberry Pi4 загружается веб интерфейс Mainsail, позволяющий удалённо подключаться к 3D принтеру и загружать на него модели для печати, а также менять настройки конфигурации принтера. При этом плата принтера будет только выполнять команды, полученные с Raspberry Pi4. Для устранения дефекта выпирающих углов мы использовали алгоритм PRESSURE_ADVANCE (далее PA), который позволяет заранее начать менять давление в экструдере для сглаживания пиковых значений при выдавливании пластика (рис. 5).

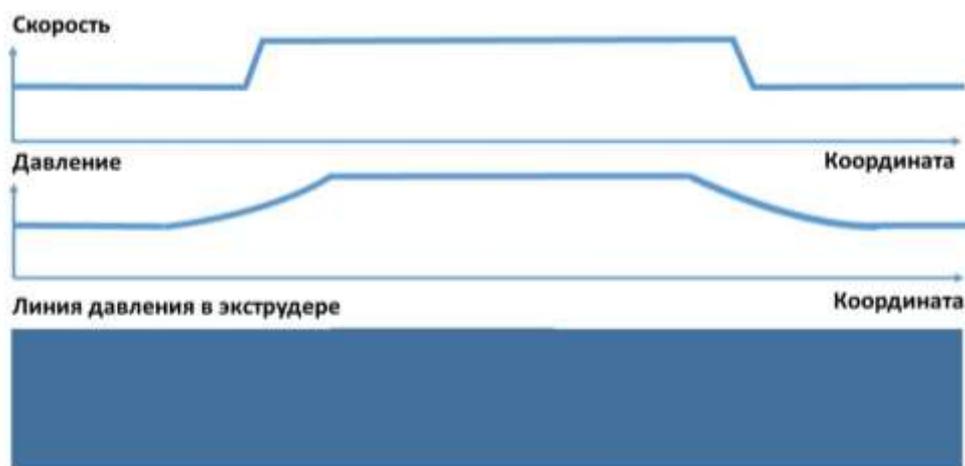


Рисунок 5 – Измененная диаграмма движения экструдера

Результаты и обсуждение

Запускаем алгоритм подбора параметра `PRESSURE_ADVANCE`, позволяющего избавиться от дефекта выпирающих углов, который заключается в использовании специального калибровщика [26], с помощью которого генерируется G-код для подбора коэффициента PA, с последующей печатью тестовой модели. В данной модели коэффициент PA изменяется каждые 3 мм. На основе полученной модели мы производим подбор необходимого коэффициента (рис. 6).

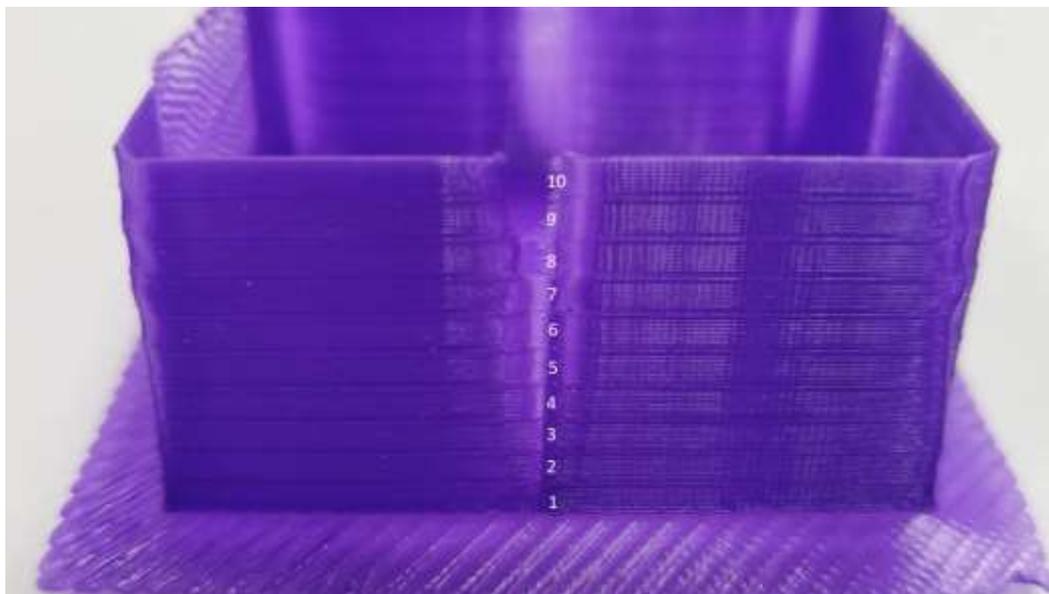


Рисунок 6 – Тестовая модель дефекта выпирающих углов

В нашем случае тесты проходили с материалом пластика PLA от компании Bestfilament, при следующих параметрах:

- температура экструдера – 220° C;
- температура стола – 50° C;
- скорость 50 мм/с;
- ускорения 3000 мм²/с

Анализ тестовой модели показал, что на слое 1 не наблюдается переэкструзии и недоэкструзии. На слоях с 2-го по 3-ий наблюдается небольшая недоэкструзия. С 4 по 10 очень сильная недоэкструзия (слишком мало пластика выдавливается). Из этого можем сделать вывод о том, что коэффициент PA на первом напечатанном слое подобран наиболее пра-

вильно. Числовое значение полученного коэффициента PA можем посмотреть в файле G-кода (рис. 7).

```

1 ; generated by K3D LA calibration v1.0; Written by Dmitry Sorokin @ http://k3d.tech/
2 and Kekht
3 Bedsize: 400:250
4 Temperature H:250 B:60 °C
5 Line width: 0.4-0.6 mm
6 Layer height: 0.25 mm
7 Segments: 11x3 mm
8 Print speed: 30, 20, 100 mm/s
9 Retractions: 1mm @ 25 mm/s
10 ;Segment:11 K-Factor:0.1
11 ;Segment:10 K-Factor:0.09
12 ;Segment:9 K-Factor:0.88
13 ;Segment:8 K-Factor:0.87
14 ;Segment:7 K-Factor:0.66
15 ;Segment:6 K-Factor:0.85
16 ;Segment:5 K-Factor:0.84
17 ;Segment:4 K-Factor:0.83
18 ;Segment:3 K-Factor:0.02
19 ;Segment:2 K-Factor:0.01
20 ;Segment:1 K-Factor:0
21 M184 S150
22 M190 S60
23 M109 S210
24 SET_PRESSURE_ADVANCE ADVANCE=0
25 G20
26 G92 E0
27 G90
28 M82
29 M106 S0
30 M300 S400
    
```

Рисунок 7 – Числовое значение полученного коэффициента PA

Для сохранения выбранного параметра коэффициента PA необходимо ввести следующую команду в Веб интерфейсе Mainsail `SET_PRESSURE_ADVANCE ADVANCE={}`, где в квадратных скобках указать подобранный коэффициент.

Используя алгоритм `PRESSURE_ADVANCE` и проведя тестовую печать, мы получаем образец с более высоким качеством печати. (рис. 8 и 9).

Для устранения дефекта выпирающий ряби мы использовали алгоритм `Input Shaping` (далее IS), который позволяет избавиться от инерции печатной головы, влияющей на качество стенок модели. Для подбора параметра IS существует два алгоритма: автоматический и ручной. Рассмотрим действие ручного алгоритма, как менее ресурсозатратного [27].

Для ручного подбора параметров необходимо внести некоторые изменения в настройки конфигурации принтера. Необходимо увеличить максимальное ускорение печатной головы до $7000 \text{ мм}^2/\text{с}$ и добавить раздел `[input_shaper]`, в котором будет находиться алгоритм с возможностью его настройки. Для проверки действия алгоритма IS, необходимо напечатать тестовую модель (рис. 10).

Подбор параметров печати при использовании алгоритма `Input Shaping`:

1) Подбор IS по оси Y

- в консоль Mainsail вводим команду `SET_INPUT_SHAPER SHAPER_TYPE_X=mzv SHAPER_TYPE_Y=mzv SHAPER_FREQ_X=0`, она предназначена для включения алгоритма IS и указания типа колебаний на оси Y 3D принтера.

- вводим команду `TUNING_TOWER COMMAND = SET_INPUT_SHAPER PARAMETER=SHAPER_FREQ_Y START=30 STEP_DELTA=5 STEP_HEIGHT=5`. Данная команда задаёт параметры частоты колебаний, которая будет меняться по мере печати модели.

- печать тестовой модели для определения алгоритма IS по оси Y (рисунок 11).

2) Подбор IS по оси X

- в консоль Mainsail вводим команду `SET_INPUT_SHAPER SHAPER_TYPE_X=mzv SHAPER_TYPE_Y=mzv SHAPER_FREQ_Y={значение из предыдущей калибровки}`

- введите команду `TUNING_TOWER COMMAND=SET_INPUT_SHAPER PARAMETER=SHAPER_FREQ_X START=40 STEP_DELTA=10 STEP_HEIGHT=5`

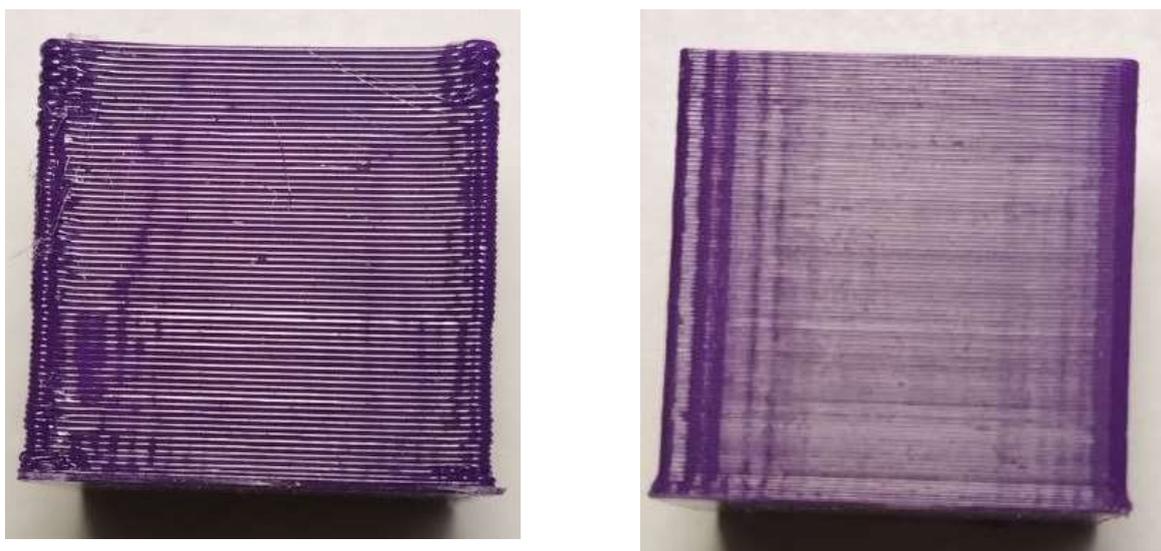
- печать тестовой модели для определения алгоритма IS по оси X.



a

б

Рисунок 8 – Тестовая печать с вырезом:
a – до применения алгоритма; *б* – после применения алгоритма



a

б

Рисунок 9 – Тестовая печать ровной стенки:
a – до применения алгоритма; *б* – после применения алгоритма

Печатаем ранее подготовленную модель. После окончания печати необходимо посмотреть модель на наличие дефекта «ряби» рисунка (рис. 11).

Рассмотрим напечатанные тестовые модели и проанализируем состояние одной из них. На рисунке мы видим, что на первом слое дефект «рябь» очень сильно проявляется, на слоях с 4 по 12 дефект «рябь» сильно уменьшилась, а на слое 3 дефект «рябь» пропала и качество модели не ухудшилось, в отличие от слоёв с 1-го по 2-й. Из этого можем сделать вывод о том, что качество печати по оси Y на 3-ем слое нас полностью удовлетворяет. Слой номер 3 соответствует частоте 40 ГЦ, полученной следующим образом – к начальной частоте 30ГЦ (PARAMETER=SHAPER_FREQ_Y START=30) мы прибавляем 5+5, так как частота менялась с каждым слоем на 5 ГЦ (STEP_HEIGHT=5).

Для печати реальной детали вводим в настройки конфигурации принтера, подобранные нами ранее параметры, при этом для дальнейшего сохранения параметров IS по двум осям нужно внести изменения в конфигурацию принтера, добавив следующие строчки в раздел [input_shaper]:

```
shaper_type_x = mzv
shaper_freq_x = {значение для оси X}
shaper_type_y = mzv
```

shaper_freq_y = {значение для оси Y}

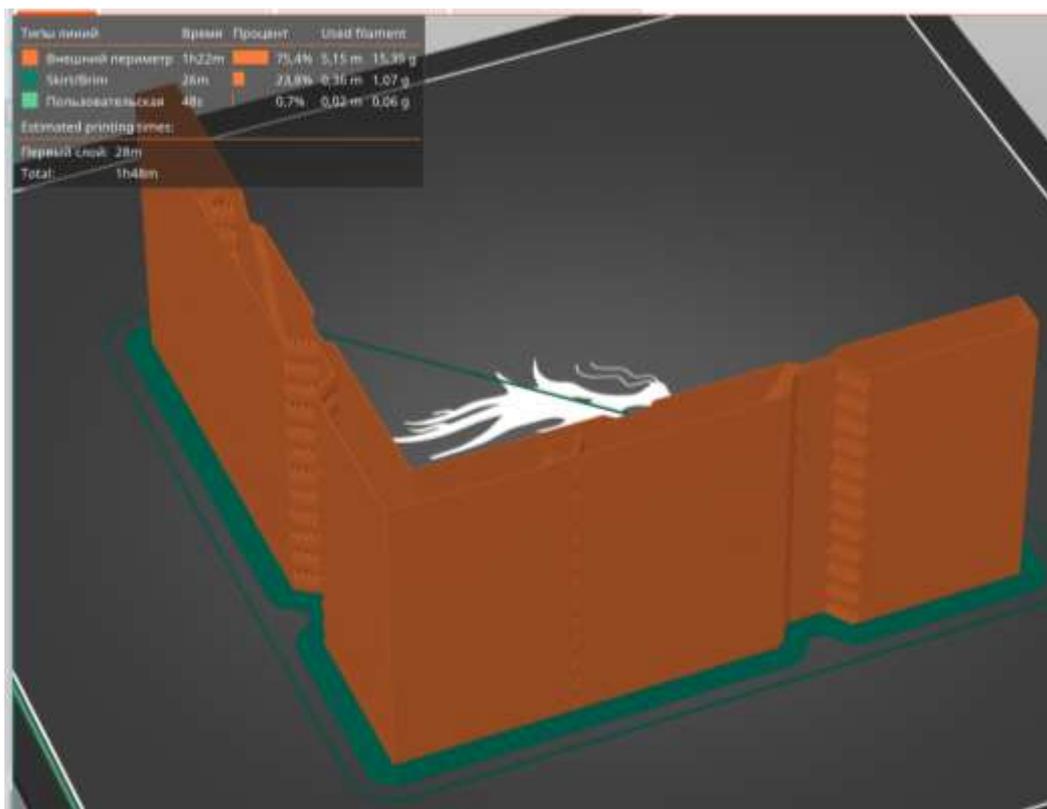
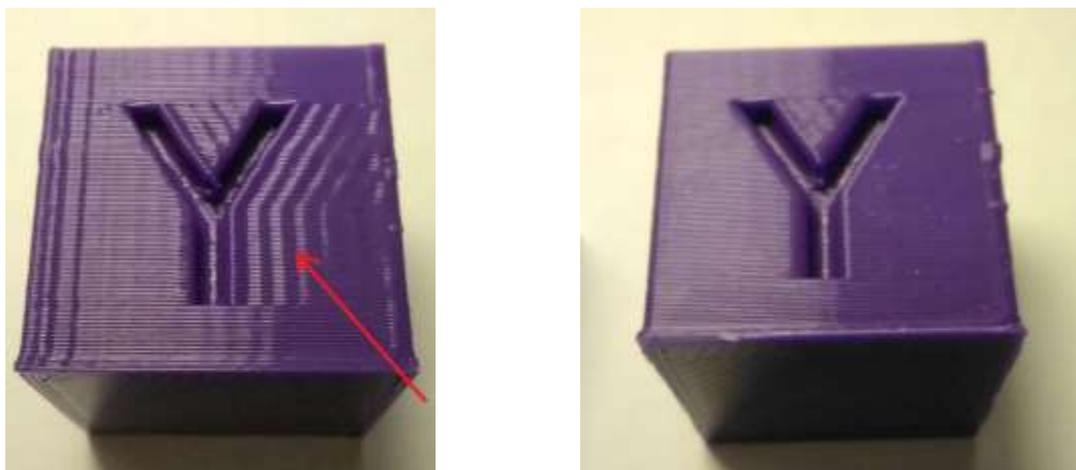


Рисунок 10 – Печать тестовой модели



Рисунок 11 – Тестовая модель дефекта «ряби»

Образцы детали до изменения настроек конфигурации принтера и после нее представлены на рисунке 12



а

б

Рисунок 12 – Использование алгоритма Input Shaping:
а – до применения алгоритма; б – после применения алгоритма

Выводы

Проведенное исследование параметров 3D печати на точность и качество, получаемых изделий на основе базового 3D принтера позволяет сделать следующие выводы:

- 1) проведенные эксперименты доказывают, что при модернизации аппаратной и программной части старого 3D принтера, возможно изготовление изделий, которые будут удовлетворять современным требованиям;
- 2) полученные наборы экспериментальных данных могут быть использованы при разработке прикладного приложения, позволяющего автоматизировать выбор настроек принтера в зависимости от заданных условий с учетом анализа геометрии 3D модели;
- 3) полученные результаты могут быть полезными при обоснованном выборе оптимальных значений настроек, с целью повышения качества распечатанных деталей, для соответствующих моделей принтеров и материалов изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зленко М.А. Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров. - М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. - 220 с.
2. Кушнир Н.В., Кушнир А.В., Геращенко А.М., Тыртышный А.В. История и технологии трехмерной печати // Научные труды КубГТУ. – Краснодар. - №5. - 2015.
3. Лысыч М.Н., Белинченко Р.А., Шкильный А.А. Технологии 3D печати // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. –Т. 2. - №4-3(9-3). - С. 215-219.
4. Что такое технология FDM? [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://3dp.su/chto-takoe-technologieya-fdm>
5. Layer Object Manufacturing, LOM [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://3dp.su/layer-object-manufacturing-lom>
6. Новости 3D-печати и 3D-сканирования [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://3ddaily.ru>
7. Применение 3D-принтеров в машиностроении [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.printcad.ru/primeneniya-3d-printerov/mashinostroenie.html>.
8. Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.proceedings.spiras.nw.ru/data/src/2010/15/00/spy>.
9. Технологии 3D-печати. Принципы, возможности, расходные материалы, цены [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml.
10. Энциклопедия 3D-печати [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://3dtoday.ru/wiki>.
11. 3D-печать, литьё, мехобработка ЧПУ, лазерная резка [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.3dprints.spb.com>.
12. 3D-принтеры [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/peripheral/3d-print/print>.
13. Barnatt C. 3D-Printing: Second Edition // CreateSpace Independent Publishing Platform. - 2014. - 306 p.
14. Barnatt C. 3D-Printing: The Next Industrial Revolution [Электронный ресурс] / Режим доступа: ExplainingTheFuture.com. - 2013. - 276 p.
15. Evans B. Practical 3D-Printers: The Science and Art of 3DPrinting/ Evans B. – Apress, 2013. - 332 p.
16. Библиотека анализа моделей для 3D-печати, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edu.ascon.ru/main/competition/gallery/items/?bm_id=65174
17. Козлов А.С., Файн Е.Л. Методика улучшения качества печати 3d принтеров // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК). – 2017. – №2. – С. 274-276.

18. Козлов А.С., Файн Е.Л. Методика улучшения качества печати 3д принтеров путем настройки параметров программ слайсеров // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2018. – №1. – С. 145-146.

19. Колесников А.А. Ситуационное управление обеспечением качества изготовления изделий по технологии печати на 3д принтере на основе технологии FDM // Техника и технология: новые перспективы развития. – 2014. – № XII. – С. 77-79.

20. Елисейкин Е.И. Разработка специального адгезивного покрытия рабочего стола FDM 3D-принтера для повышения качества печати изделий // Гагаринские чтения - 2018: Сборник тезисов докладов XLIV Международной молодежной научной конференции. - Том 3. – Москва-Байконур-Ахтубинск: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). - 2018. – С. 173-174.

21. Блохин А.В., Сапилова А.А., Приемко А.А. и др. Метод настройки 3D-принтера и выбор оптимальных параметров для улучшения качества 3D-печати // Информационные технологии в науке и производстве: Материалы VI Всероссийской молодежной научно-технической конференции. - Омск: Омский государственный технический университет. - 2019. – С. 8-16.

22. Варнавский А.Н., Гадельшин А.Р., Салин Д.С. Исследование влияния показателей печати на качество и соотношение цена/качество результата изготовления изделий на бюджетном 3D-принтере // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – №12. – С. 124-131. – DOI: 10.12737/article_5c1c9969a10128.83957539.

23. Блохин А.В., Шабунин С.В., Абашкина П.Н. Метод поиска оптимальных параметров печати 3D-модели // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики. - В 2-х томах. - Том I. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет. - 2019. – С. 12-14.

24. Савицкий В.В., Голубев А.Н., Быковский Д.И. Исследование влияния параметров 3D-печати на размерную точность изделий // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2018. – №2(35). – С. 52-61. – DOI: 10.24411/2079-7958-2018-13506.

25. Швец А.А., Авдеев А.Р., Гушин И.А., Плотноков А.Л. Программно-аппаратный комплекс 3D печати с повышенной производительностью и качеством // Сборник тезисов участников форума «Наука будущего - наука молодых». - Том 2. – Нижний Новгород: ООО «Инконсалт К». - 2017. – С. 330-332.

26. K3D калибровщик Pressure Advance / K3D. – Режим доступа: <https://k3d.tech/calibrations/la/>
27. Ручной подбор частоты Input Shaping / K3D. – Режим доступа: https://k3d.tech/calibrations/manual_is_calibration/

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

Родичева Ирина Владимировна

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

Настепанин Кирилл Константинович

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Студент
E-mail: nastepanin02@mail.ru

Васильев Кирилл Владимирович

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Студент
E-mail: gm.vasiljev485@gmail.com

A.Yu. RODICHEV, K.K. NASTEPANIN, I.V. RODICHEVA, K.V. VASILIEV

INTELLIGENT SYSTEM FOR DIAGNOSING THE STATE OF VEHICLE SYSTEMS AND ASSEMBLIES

Abstract. The article presents a study of 3D printing parameters for the accuracy and quality of manufactured products. Possible methods were analyzed and the best ways to solve them were considered, as a result of which the two most relevant defects that arose during 3D printing were identified. To eliminate these defects, the hardware and software of the base 3D printer were upgraded. After that, test experiments were carried out, which confirmed the correctness of the accepted ruffles.

Keywords: 3D printing, precision, additive technologies, surface quality, print parameters, settings, fabrication

BIBLIOGRAPHY

1. Zlenko M.A. Nagaytsev M.V., Dovbysh V.M. Additivnye tekhnologii v mashinostroenii: posobie dlya inzhenerov. - M.: GNTS RF FGUP «NAMI», 2015. - 220 s.
2. Kushnir N.V., Kushnir A.V., Gerashchenko A.M., Tyrtshnyy A.V. Istoriya i tekhnologii trekhmernoj pechati // Nauchnye trudy KubGTU. - Krasnodar. - №5. - 2015.

3. Lysych M.N., Belinchenko R.A., SHkil`nyy A.A. Tekhnologii 3D pechati // Aktual`nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. - 2014. -T. 2. - №4-3(9-3). - S. 215-219.
4. Chto takoe tekhnologiya FDM? [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://3dp.su/chto-takoe-tekhnologiya-fdm>
5. Layer Object Manufacturing, LOM [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://3dp.su/layer-object-manufacturing-lom>
6. Novosti 3D-pechati i 3D-skanirovaniya [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://3ddaily.ru>
7. Primenenie 3D-printerov v mashinostroenii [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.printcad.ru/primeneniya-3d-printerov/mashinostroenie.html>.
8. Cankt-Peterburgskiy institut informatiki i avtomatizatsii Rossiyskoy akademii nauk [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.proceedings.spiras.nw.ru/data/src/2010/15/00/spy>.
9. Tekhnologii 3D-pechati. Printsipy, vozmozhnosti, raskhodnye materialy, tseny [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml.
10. Entsiklopediya 3D-pechati [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://3dtoday.ru/wiki>.
11. 3D-pechat`, lit`, mekhobrabotka CHPU, lazernaya rezka [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.3dprintspb.com>.
12. 3D-printery [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.3dnews.ru/peripheral/3d-print/print>.
13. Barnatt C. 3D-Printing: Second Edition // CreateSpace Independent Publishing Platform. - 2014. - 306 p.
14. Barnatt C. 3D-Printing: The Next Industrial Revolutio [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: ExplainingTheFuture.com. - 2013. - 276 p.
15. Evans B. Practical 3D-Printers: The Science and Art of 3DPrinting/ Evans B. - Apress, 2013. - 332 p.
16. Biblioteka analiza modeley dlya 3D-pechati, [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: http://edu.ascon.ru/main/competition/gallery/items/?bm_id=65174
17. Kozlov A.S., Fayn E.L. Metodika uluchsheniya kachestva pechati 3d printerov // Molodye uchenye - razvitiyu tekstil no-promyshlennogo klastera (POISK). - 2017. - №2. - S. 274-276.
18. Kozlov A.S., Fayn E.L. Metodika uluchsheniya kachestva pechati 3d printerov putem nastroyki parametrov programm slayserov // Molodye uchenye - razvitiyu Natsional`noy tekhnologicheskoy initsiativy (POISK). - 2018. - №1. - S. 145-146.
19. Kolesnikov A.A. Situatsionnoe upravlenie obespecheniem kachestva izgotovleniya izdeliy po tekhnologii pechati na 3d printere na osnove tekhnologii FDM // Tekhnika i tekhnologiya: novye perspektivy razvitiya. - 2014. - №XII. - S. 77-79.
20. Eliseykin E.I. Razrabotka spetsial`nogo adgezivnogo pokrytiya rabocheho stola FDM 3D-printera dlya povysheniya kachestva pechati izdeliy // Gagarinskie chteniya - 2018: Sbornik tezisov dokladov XLIV Mezhdunarodnoy molodiozhnoy nauchnoy konferentsii. - Tom 3. - Moskva-Baykonur-Akhtubinsk: Moskovskiy aviatsionnyy institut (natsional`nyy issledovatel`skiy universitet). - 2018. - S. 173-174.
21. Blokhin A.V., Sapilova A.A., Priemko A.A. i dr. Metod nastroyki 3D-printera i vybor optimal`nykh parametrov dlya uluchsheniya kachestva 3D-pechati // Informatsionnye tekhnologii v nauke i proizvodstve: Materialy VI Vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Omsk: Omskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. - 2019. - S. 8-16.
22. Varnavskiy A.N., Gadel`shin A.R., Salin D.S. Issledovanie vliyaniya pokazateley pechati na kachestvo i sootnoshenie tsena/kachestvo rezul`tata izgotovleniya izdeliy na byudzhetnom 3D-printere // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. - 2018. - №12. - S. 124-131. – DOI: 10.12737/article_5c1c9969a10128.83957539.
23. Blokhin A.V., Shabunin S.V., Abashkina P.N. Metod poiska optimal`nykh parametrov pechati 3D-modeli // Energoberezhenie i innovatsionnye tekhnologii v toplivno-energeticheskom komplekse: Materialy Natsional`noy s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov, uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 20-letiyu sozdaniya kafedry elektroenergetiki. - V 2-kh tomakh. - Tom I. - Tyumen`: Tyumenskiy industrial`nyy universitet. - 2019. - S. 12-14.
24. Savitskiy V.V., Golubev A.N., Bykovskiy D.I. Issledovanie vliyaniya parametrov 3D-pechati na razmernuyu tochnost` izdeliy // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. - 2018. - №2(35). - S. 52-61. – DOI: 10.24411/2079-7958-2018-13506.
25. Shvets A.A., Avdeev A.R., Gushchin I.A., Plotnikov A.L. Programmno-apparatnyy kompleks 3D pechati s povyshennoy proizvoditel`nost`yu i kachestvom // Sbornik tezisov uchastnikov foruma «Nauka budushchego - nauka molodykh». - Tom 2. - Nizhniy Novgorod: OOO «Inkonsalt K». - 2017. - S. 330-332.
26. K3D kalibrovshchik Pressure Advance / K3D . - Rezhim dostupa: <https://k3d.tech/calibrations/la/>
27. Ruchnoy podbor chastoty Input Shaping / K3D. - Rezhim dostupa: https://k3d.tech/calibrations/manual_is_calibration/

Rodichev Alekse Yrievich

Orel State University
Adress: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: rodfox@yandex.ru

Nastepanin Kirill Konstantinovich

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Student
E-mail: nastepanin02@mail.ru

Rodicheva Irina Vladimirovna

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

Vasiliev Kirill Vladimirovich

Orel State University
Adress: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Student
E-mail: gm.vasiljev485@gmail.com

Научная статья

УДК 656.13.08

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-28-36

Д.В. КАПСКИЙ, С.В. СКИРКОВСКИЙ, ЛЮ ЮЙВЭЙ

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ НА МАГИСТРАЛЬНОЙ СЕТИ КРУПНЕЙШЕГО СИМБИОТИЧЕСКОГО ГОРОДА

***Аннотация.** В статье рассмотрены размещения остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта и аварийности, что позволяет оценить вопросы трансформации подходов к транспортному планированию сети маршрутного пассажирского транспорта и организации городского движения. Даны соответствующие предложения по выбору расположения остановочных пунктов, а также их обустройства в зонах перекрестков.*

***Ключевые слова.** Остановочный пункт, аварийность, маршрутный пассажирский транспорт, перекресток, транспортное планирование*

Введение

Как известно, в течение последних 100 лет мир пережил быструю урбанизацию [1]. Согласно докладу ООН, посвященному изучению перспектив урбанизации, к 2050 году около 70 % жителей нашей планеты будут проживать в городах. Это создает новые вызовы в вопросах планирования городского пространства и стратегий бизнес-сообщества в плане обслуживания конечных потребителей (распределения товаров в розничных точках и обеспечение интернет-продаж), обеспечения рабочей силой предприятий, планирования развития маршрутного пассажирского транспорта [2-3]. И поскольку современный город, со своими проблемами и достижениями, представляет собой чрезвычайно сложный, саморазвивающийся организм, необходимо сделать его транспортную систему более устойчивой, способной к дальнейшим вызовам и обеспечению развития [4-5]. Это невозможно без планирования безопасной и комфортной сети маршрутного пассажирского транспорта с ее обустройством, устройством заездных карманов или выделения специализированных мест для остановочных пунктов, выделения специальных полос для движения маршрутного пассажирского транспорта (МПТ), методов обеспечения приоритетного пропускa МПТ и прочих аспектов, позволяющих повысить совокупное качество движения МПТ и комфортность пассажиров [6-9]. Особое внимание уделяется преимуществам в безопасности дорожного движения от мероприятий по развитию маршрутного пассажирского транспорта [10-11]. Размещение остановочных пунктов часто является важным фактором при проектировании сети маршрутного пассажирского транспорта, но тем не менее, исследования ограничены и предполагают смешанные результаты в зависимости от размещения остановочных пунктов, обеспечивающих различный уровень приоритета для МПТ [12-18].

Материал и методы

Проведены исследования влияния размещения остановочных пунктов и обустройства на безопасность дорожного движения. В качестве объекта исследования выбраны остановочные пункты МПТ. Предметом исследования является безопасность в зонах остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта. Выполнен эмпирический анализ данных об авариях на магистральной маршрутной сети симбиотического города – Минска.

Проведено обследование каждого «проблемного» остановочного пункта с целью определить взаимосвязь безопасности в зонах остановочных пунктов МПТ с параметрами улично-дорожной сети, параметрами дорожного движения и работой МПТ, а также предложить мероприятия по обустройству и размещению остановочных пунктов МПТ относительно перекрестка.

Теория / Расчет

Для определения конкретных факторов, влияющих на безопасность движения в зоне остановочных пунктов МПТ, использовались данные об аварийности (карточки учетных и неучетных аварий, топографический анализ, проводимый работниками районных отделов госавтоинспекции). Первоначально были собраны данные по 9-и районам г. Минска. Данные касались аварий в зонах остановочных пунктов за три года. На основании данных об аварийности отбирались остановочные пункты, в которых было совершено более 3 аварий за 3 года либо 2 аварии за последний год.

Как правило, в месте концентрации аварий находится не один остановочный пункт, а группа (два, если это перегон, три - четыре, если это перекресток). Место концентрации, в котором расположены выбранные остановочные пункты, назовем объектом. Всего было обследовано 116 объектов, на которых расположен 281 остановочный пункт (из существующих 1600 остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта в г. Минске, рис. 1).

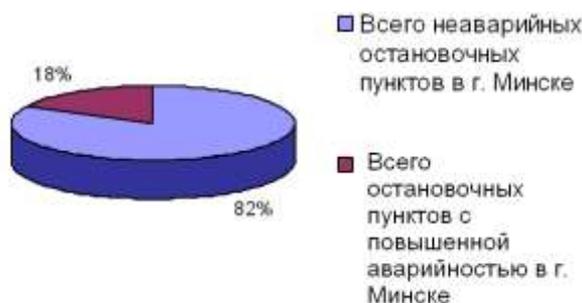


Рисунок 1 – Доля аварийных остановочных пунктов

Для первоначального анализа собранных данных определили, какая доля учетных аварий на остановочных пунктах в сравнении с неучетными (табл. 1).

Таблица 1 – Анализ доли учетных аварий

| Остановочный пункт | Учетные, % | Неучетные, % |
|--|------------|--------------|
| «Медучилище» (Октябрьский р-н) | 50 | 50 |
| «Автоваз» (Октябрьский р-н) | 40 | 60 |
| «Брестская» (Октябрьский р-н) | 50 | 50 |
| «Могилевская» (Октябрьский р-н) | 50 | 50 |
| «Куйбышева, 48» (Советский р-н) | 50 | 50 |
| «Мирошниченко» (Советский р-н) | 50 | 50 |
| «ДС Зеленый Луг-7» (Советский р-н) | 28,6 | 71,4 |
| «У-м Северный» (Советский р-н) | 28,6 | 71,4 |
| «Гинтовта, 30» (Первомайский р-н) | 50 | 50 |
| «Национальная библиотека» (Первомайский р-н) | 50 | 50 |

Как видно из таблицы, количество неучетных и учетных аварий почти совпадает. Превышение (в общем) неучетных над учетными составляет 10 %.

В таблице 2 приведен анализ тяжести последствий за 2007 г по Советскому и Первомайскому районам.

Таблица 2 – Анализ тяжести последствий

| Учет | Всего аварий | В зоне ОПМПТ | Доля аварий в зоне ОПМПТ от общего количества | Всего пострадавших, чел | Ранено, чел | Погибло, чел |
|------------|--------------|--------------|---|-------------------------|-------------|--------------|
| отчетные | 111 | 18 | 0,16 | 19 | 18 | 1 |
| неотчетные | 853 | 20 | 0,02 | | | |
| итого | 964 | 38 | 0,04 | 19 | 18 | 1 |
| отчетные | 114 | 24 | 0,21 | 21 | 20 | 1 |
| неотчетные | 1339 | 28 | 0,02 | | | |
| итого | 1454 | 52 | 0,04 | 21 | 20 | 1 |

На основании табличных данных определено, что вероятность того, что авария будет с пострадавшими – 0,45. Вероятность того, что пострадавший погибнет – 0,05.

Анализ позволил разделить все остановочные пункты на следующие группы (рис. 2)

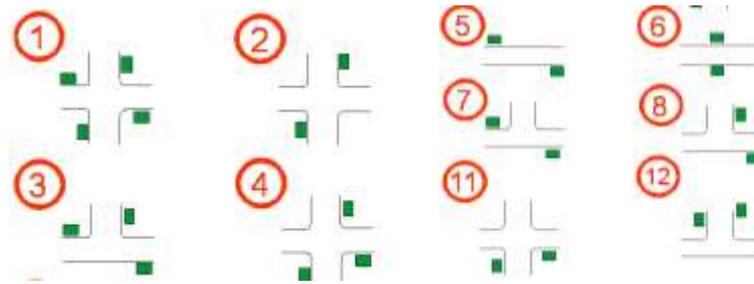


Рисунок 2 – Виды остановочных пунктов

Зеленым прямоугольником обозначено расположение остановочного пункта на участке дороги. Данные схемы следует рассматривать только в совокупности с остальными данными по остановочному пункту. Так, например, в случае 1 остановочный пункт может располагаться не за перекрестком, как это показано, а перед перекрестком. Этого уточнения достаточно, чтобы иметь представление о том, как на самом деле расположен остановочный пункт при минимальном количестве вариантов расположения.

Результаты

Все исследованные остановочные пункты маршрутного пассажирского транспорта были разделены в зависимости от того, в какой зоне они находятся. Деление по зонам условное, так как учитывалось только влияние зон на аварийность. Так, выделены: селитебная (где основной поток пассажиров проживает в данной местности), административная (где основной поток пассажиров направляется в (из) административные здания), частный сектор (данный вид местности выделен в особую зону в связи с большим количеством нарушений, совершаемых пешеходами), промышленная (где основной поток пассажиров движется в (из) производственных зданий по служебным делам), торговая (где основной поток пассажиров перемещается с целью посещения торговых центров, рынков), учебная (где основной поток пассажиров – студенты.) Проведенный анализ позволил получить следующие данные, которые сведены в диаграммы ниже (рис. 3 а-и)

Для дополнения данного анализа сравним параметры остановочных пунктов с повышенной аварийностью и неаварийных остановочных пунктов.

Таблица 3 – Количество ОП МПТ по районам

| Район | Фрунзенский | Московский | Октябрьский | Центральный | Ленинский | Заводской | Партизанский | Первомайский | Советский | Итого |
|-------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------|-----------|--------------|--------------|-----------|-------|
| Количество ОП МПТ | 243 | 239 | 128 | 177 | 141 | 220 | 141 | 193 | 118 | 1600 |

Для сравнения выбирали 2 района – Советский и Октябрьский, в которых провели обследование всех неаварийных ОП МПТ. Результаты обследования приведены ниже в сравнительных диаграммах (рис. 4 а-е).

Данные, приведенные выше, показательны для анализа, но недостаточны. Поэтому из этих диаграмм выбираем случаи, когда процент аварийных остановочных пунктов с определенными параметрами достаточно высок. Проанализируем выбранные данные в отношении к общему числу исследованных остановочных пунктов в выбранных районах (рис. 5 а, б).

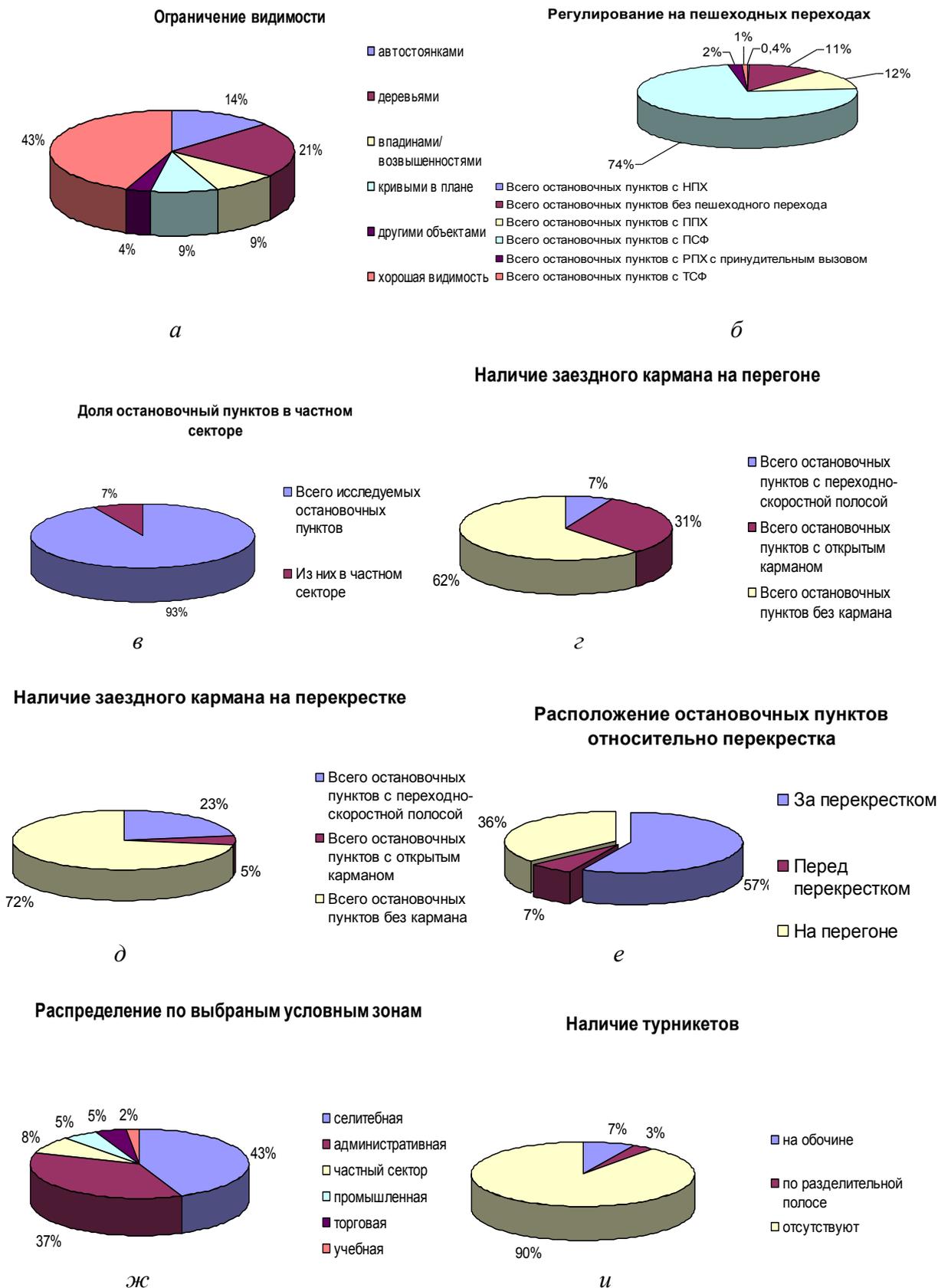
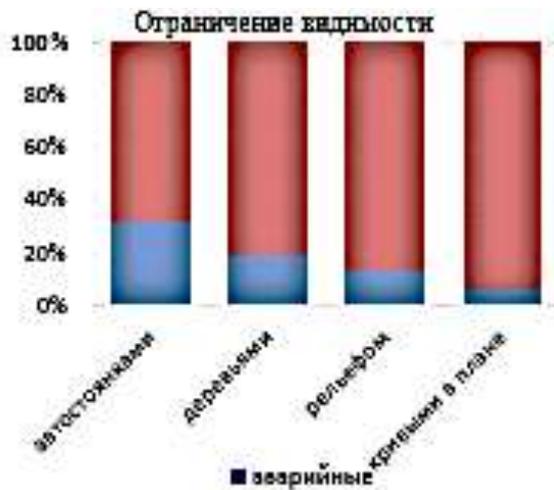
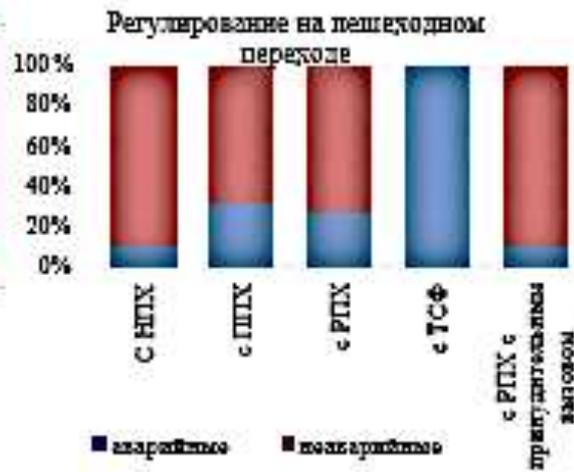


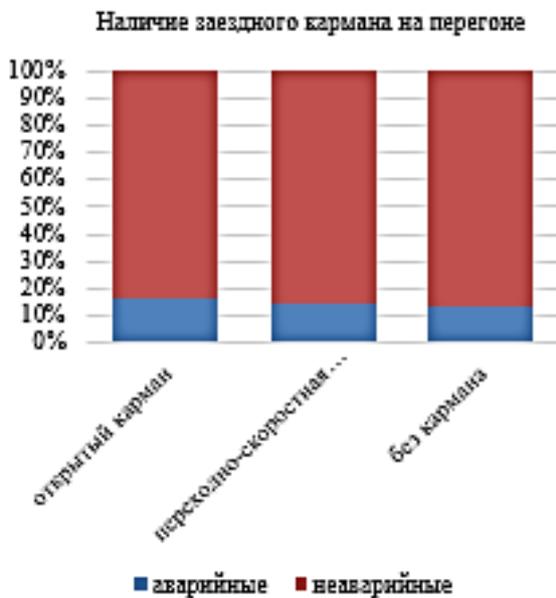
Рисунок 3 – Анализ параметров остановочных пунктов



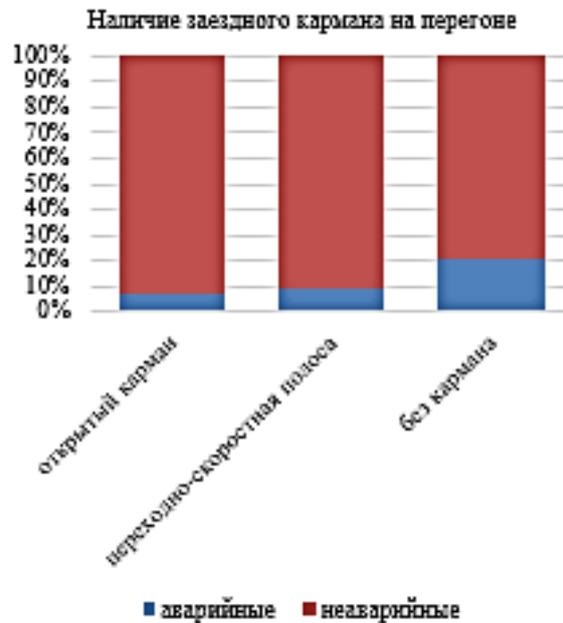
а



б



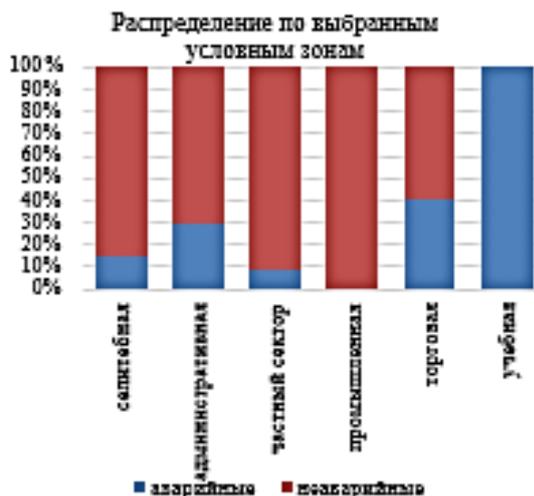
в



г



д



е

Рисунок 4 – Распределение аварийных и неаварийных остановочных пунктов

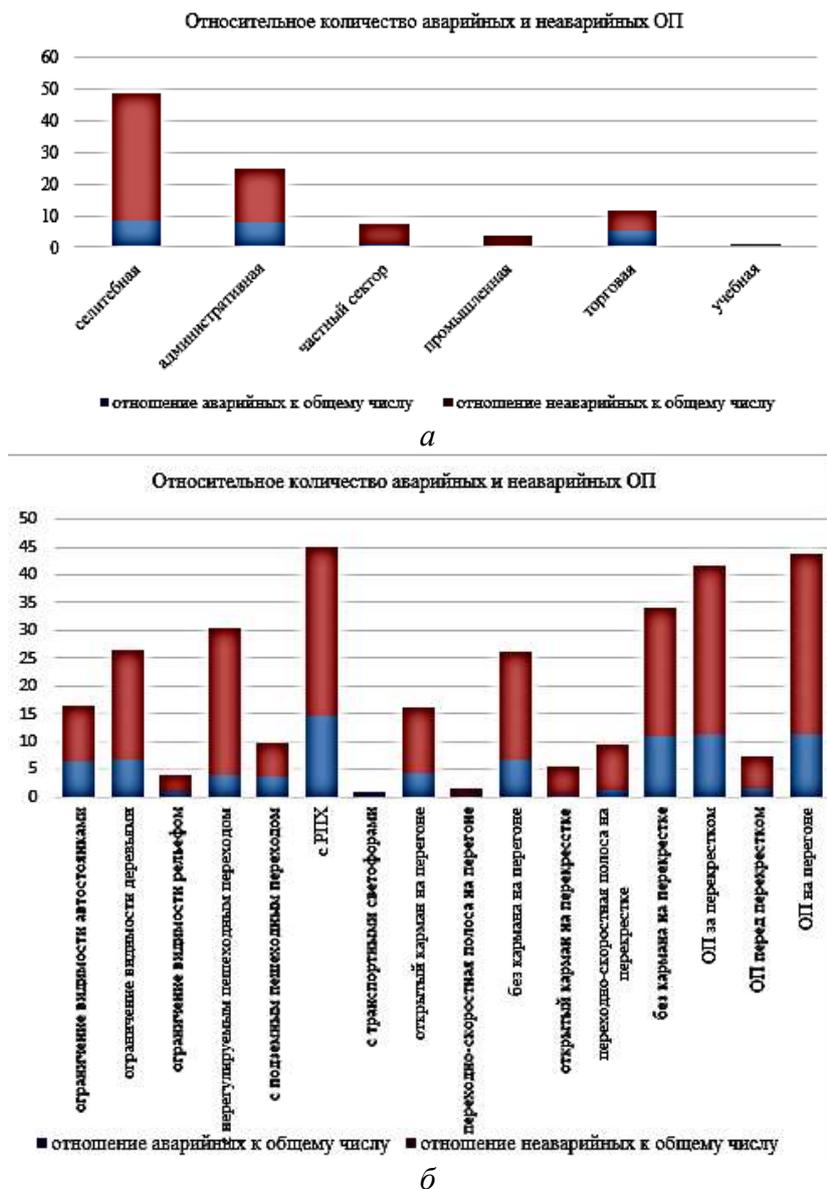


Рисунок 5 – Относительные данные по аварийным и неаварийным остановочным пунктам

Обсуждение

ДТП в зоне остановки МПТ выделяют в общей классификации ДТП. На основании выполненного топографического анализа аварийности города выделили те аварии, которые произошли в зоне остановочных пунктов МПТ, а затем произвели очаговый анализ аварийности отобранных остановочных пунктов, который позволил выявить причины возникновения аварий.

Статистика распределения пешеходов, пассажиров и травматизма на основных магистралях городов показывает, что конфликтные точки «пешеход-транспорт» (П-Т) возникают в местах концентрации пешеходов [7, 16]. ОП МПТ – это один из основных источников формирования пешеходных потоков. Так как наличие ОП на УДС влияет на безопасность пешеходных переходов, на которые направляются пассажиры, то эти пешеходные переходы включаются в зону ОП МПТ.

Типичные конфликты П-Т в зоне ОП МПТ: выход из-за стоящего транспорта; ограниченная видимость (обзорность); неподчиняемость водителей и пешеходов сигналам светофора; ошибка в оценке возможности перехода улицы или в преднамеренное принятие излишнего риска; ошибка в оценке возможности проезда пешеходного перехода или в преднамерен-

ное принятие излишнего риска (в том числе при учете погодных условий и состояния проезжей части); переход в неустановленном месте. К типичным конфликтам «транспорт-транспорт» в зоне ОП МПТ можно отнести следующие: игнорирование приоритета МПТС при выезде с ОП; резкий выезд с ОП водителем МПТС (отсутствие сигналов поворота при начале движения или слишком кратковременный сигнал); наличие стоящих у обочины автомобилей в зоне ОП МПТ; занос транспорта в связи с состоянием проезжей части.

Аварийность повышается при наличии следующих факторов в зоне ОП: наличие автостоянок; наличие деревьев; наличие подземных пешеходных переходов; наличие регулируемых пешеходных переходов; отсутствие карманов на перегоне; отсутствие карманов на перекрестке; расположение ОП МПТ за перекрестком; расположение ОПМПТ в административной, торговой и учебной зоне; на ОП МПТ видов 1,4,6 (рис. 5). Снижение аварийности происходит при наличии следующих факторов в зоне ОП МПТ: наличие пешеходного вызывного устройства; наличие кармана на перекрестке или перегоне; наличие турникета; на ОП МПТ типов 2, 5, 8 (рис. 5).

Вывод

На основании анализа полученных данных определили коэффициент вероятности возникновения аварии. Определение коэффициента проводилось следующим образом: при наличии аварии (любой тяжести) сумма коэффициентов вероятностей всех факторов принималась за количество аварий в рассматриваемый год (1-3, в основном 1), при отсутствии аварии сумма коэффициентов вероятностей всех факторов равна 0. Для упрощения интерпретации информации с помощью программы SPSS Statistic 19 определялись коэффициенты линейной регрессии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. United Nations, Department of economic and social affairs, population division. World urbanization prospects: The 2014 revision, (ST/ESA/SER.A/366). New York: Author, 2015.
2. Smith H.R., Hemily B., Ivanovic M. Transit signal priority (TSP): A Planning and Implementation Handbook. ITS America, Washington, D.C., 2005.
3. Hauer E. Observational Before-and-After Studies in Road Safety. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom, 1997.
4. Hadayeghi A., Shalaby A.S., Persaud B.N. Macrolevel accident prediction models for evaluating safety of urban transportation systems // In transportation research record: Journal of the transportation research board. - №1840. - 2003. - P. 87-95.
5. Miaou S.P., Lum H. Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationships. Accident analysis and prevention. - Vol. 25. - 1993. - P. 689-709.
6. Wonho Kim. An improved bus signal priority system for networks with nearside bus stops: A dissertation by Doctor of philosophy, 2004. - Major Subject: Civil Engineering.
7. Balke K., Dudek C., Urbanik T. Development and Evaluation of Intelligent bus priority concept // In transportation research record 1727, TRB, National Research Council, Washington, D.C. - 2000. - P. 12-19.
8. Adamski A., Probabilistic model of passenger service processes at bus stops // Transportation research. - Vol. 26B. - №4. - 1992. - P. 253-259.
9. Optimization model of transit signal priority control for intersection and downstream bus stop Rui Li, Changjiang Zheng, Wenquan Li Hindawi Publishing Corporation [Электронный ресурс] / Mathematical Problems in Engineering. - Volume 2016. - 8 p. - Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9487190>
10. Dadashzadeh, N. Ergun, M. Spatial Bus Priority Schemes, their implementation challenges and needs [Электронный ресурс] / Public Transport. - №10(3). - 2018. - P. 545-570. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s12469-018-0191-5>
11. Nicolae Duduta, Claudia Adriaola, Carsten Wass, Dario Hidalgo, Luis Antonio Lindau. Traffic safety on bus corridors // Guidelines for integrating pedestrian and traffic safety into the planning, design, and operation of BRT, Busways and bus lanes. - Pilot Version - Road Tes.
12. Nicolae Duduta, Carsten Wass, Dario Hidalgo, Luis Antonio Lindau, Vineet Sam John. Traffic safety on bus priority systems // Recommendations for integrating safety into the planning, design, and operation of major bus routes. - World Resources Institute. - ISBN: 978-1-56973-830-6. - 2014. - 114 p.
13. Hyder A. Quantifying the underestimated burden of road traffic mortality in Mexico // A comparison of three approaches // Traffic Injury Prevention. - №13. - 2011. - suppl. 1. - P. 5-10.
14. Dumbaugh, Eric, Rae R. Safe urban form: revisiting the relationship between community design and traffic safety / Journal of the American Planning Association 75. - 2009. - №3. - P. 309-329.
15. Duduta N., Adriaola-Steil C., Hidalgo D., Lindau L.A., Jaffe R. Understanding the road safety impact of

high performance brt and busway design characteristics // Transportation research record 2317. – 2012. – P. 8-16.

16. Маршрутный транспорт городов Полоцка и Новополоцка: эффективность и тенденции развития: Монография / Д.В. Капский, В.П. Иванов, Т.В. Вигерина и др. - Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2021. – 308 с.

17. Развитие городского транспорта в городах Полоцке и Новополоцке / Д.В. Капский, А.К. Головнич, Т.В. Вигерина и др. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. прикладные науки. - Новополоцк: ПГУ, 2020. - С. 85-97.

18. Оценка состояния транспортной системы городов Полоцка и Новополоцка / Д.В. Капский, В.П. Иванов, А.К. Головнич и др. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. прикладные науки. - Новополоцк: ПГУ, 2020. - С. 98-102.

19. PIARC: Priority for public transport and other high occupancy vehicles (HOV) on urban roads. Reference: 10.07.B Routes/ Roads special issue II-1995. - P. 1-51.

20. PIARC: The urban road network design / Reference: 10.04.B, Routes/ Roads 1991. - P. 45-84.

21. PIARC: Urban road design and architecture / Reference: 10.08.B, Routes/Roads special issue II-1995. – P. 51-126.

22. Liveable Neighbourhoods. Street Layout, Design and Traffic Management Guidelines. Western Australian Planning Commission [Электронный ресурс] / JUNE 2000 – 59 p. – Режим доступа: <http://www.planning.wa.gov.au/publications/liveable/LNTMG.pdf>.

23. Блинкин М.Я., Гуревич Г.А., Михайлов А.А. Качество обслуживания на маршруте // Автомобильный транспорт. – 1982. - №3. – С. 19-23.

Капский Денис Васильевич

Белорусский национальный технический университет

Адрес: 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр-кт Независимости, 65

Д.т.н., доцент, декан АТФ

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Скиркоцкий Сергей Владимирович

Белорусский государственный университет транспорта

246653, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова 34

К.т.н., доцент, доцент кафедры «ОТиСД»

E-mail: Sergej-ski3359@yandex.ru

Лю Юйвей

Белорусский национальный технический университет

Адрес: 220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр-кт Независимости, 65

Аспирант

E-mail: 1277794415@qq.com

D.V. KAPSKI, S.U. SKIRKOUSKI, LU YUIWEY

ANALYSIS OF THE CONDITIONS FOR THE PLACEMENT OF STOPPING POINTS ON THE BACKBONE NETWORK OF THE LARGEST SYMBIOTIC CITY

Abstract. A modern city is an extremely complex, self-developing organism trying to make its transport system more sustainable, in particular, by developing plans for sustainable urban mobility, improving transport and logistics, and many other aspects. The article deals with the placement of stopping points of route passenger transport and accidents, which allows us to assess the issues of transformation of approaches to transport planning of the route passenger transport network and the organization of urban traffic. The corresponding proposals on the choice of the location of stopping points, as well as their arrangement in the intersection zones are given.

Keywords: stopping point, accident rate, route passenger transport, intersection, transport planning

BIBLIOGRAPHY

1. United Nations, Department of economic and social affairs, population division. World urbanization prospects: The 2014 revision, (ST/ESA/SER.A/366). New York: Author, 2015.

2. Smith H.R., Hemily B., Ivanovic M. Transit signal priority (TSP): A Planning and Implementation Handbook. ITS America, Washington, D.C., 2005.

3. Hauer E. Observational Before-and-After Studies in Road Safety. Pergamon Press, Oxford, United King-

dom, 1997.

4. Hadayeghi A., Shalaby A.S., Persaud B.N. Macrolevel accident prediction models for evaluating safety of urban transportation systems // In transportation research record: Journal of the transportation research board. - №1840. - 2003. - R. 87-95.

5. Miaou S.P., Lum H. Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationships. Accident analysis and prevention. - Vol. 25. - 1993. - R. 689-709.

6. Wonho Kim. An improved bus signal priority system for networks with nearside bus stops: A dissertation by Doctor of philosophy, 2004. - Major Subject: Civil Engineering.

7. Balke K., Dudek C., Urbanik T. Development and Evaluation of Intelligent bus priority concept // In transportation research record 1727, TRB, National Research Council, Washington, D.C. - 2000. - R. 12-19.

8. Adamski A., Probabilistic model of passenger service processes at bus stops // Transportation research. - Vol. 26B. - №4. - 1992. - R. 253-259.

9. Optimization model of transit signal priority control for intersection and downstream bus stop Rui Li,1 Changjiang Zheng,1 and Wenquan Li2 Hindawi Publishing Corporation [Elektronnyy resurs] / Mathematical Problems in Engineering. - Volume 2016. - 8 p. - Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9487190>

10. Dadashzadeh, N. Ergun, M. Spatial Bus Priority Schemes, their implementation challenges and needs [Elektronnyy resurs] / Public Transport. - №10(3). - 2018. - R. 545-570. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1007/s12469-018-0191-5>

11. Nicolae Duduta, Claudia Adiazola, Carsten Wass, Dario Hidalgo, Luis Antonio Lindau. Traffic safety on bus corridors // Guidelines for integrating pedestrian and traffic safety into the planning, design, and operation of BRT, Busways and bus lanes. - Pilot Version - Road Tes.

12. Nicolae Duduta, Carsten Wass, Dario Hidalgo, Luis Antonio Lindau, Vineet Sam John. Traffic safety on bus priority systems // Recommendations for integrating safety into the planning, design, and operation of major bus routes. - World Resources Institute. - ISBN: 978-1-56973-830-6. - 2014. - 114 r.

13. Hyder A. Quantifying the underestimated burden of road traffic mortality in Mexico // A comparison of three approaches // Traffic Injury Prevention. - №13. - 2011. - suppl. 1. - R. 5-10.

14. Dumbaugh, Eric, Rae R. Safe urban form: revisiting the relationship between community design and traffic safety / Journal of the American Planning Association 75. - 2009. - №3. - R. 309-329.

15. Duduta N., Adiazola-Steil C., Hidalgo D., Lindau L.A., Jaffe R. Understanding the road safety impact of high performance brt and busway design characteristics // Transportation research record 2317. - 2012. - R. 8-16.

16. Marshrutnyy transport gorodov Polotska i Novopolotska: effektivnost` i tendentsii razvitiya: Monografiya / D.V. Kapskiy, V.P. Ivanov, T.V. Vigerina i dr. - Novopolotsk: Polotskiy gosudarstvennyy universitet, 2021. - 308 s.

17. Razvitie gorodskogo transporta v gorodakh Polotske i Novopolotske / D.V. Kapskiy, A.K. Golovnich, T.V. Vigerina i dr. // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V. Promyshlennost`. prikladnye nauki. - Novopolotsk: PGU, 2020. - S. 85-97.

18. Otsenka sostoyaniya transportnoy sistemy gorodov Polotska i Novopolotska / D.V. Kapskiy, V.P. Ivanov, A.K. Golovnich i dr. // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V. Promyshlennost`. prikladnye nauki. - Novopolotsk : PGU, 2020. - S. 98-102.

19. PIARC: Priority for public transport and other high occupancy vehicles (HOV) on urban roads. Reference: 10.07.B Routes/ Roads special issue II-1995. - P. 1-51.

20. PIARC: The urban road network design / Reference: 10.04.B, Routes/ Roads 1991. - P. 45-84.

21. PIARC: Urban road design and architecture / Reference: 10.08.B, Routes/Roads special issue II-1995. - P. 51-126.

22. Liveable Neighbourhoods. Street Layout, Design and Traffic Management Guidelines. Western Australian Planning Commission [Elektronnyy resurs] / JUNE 2000 - 59 p. - Rezhim dostupa: <http://www.planning.wa.gov.au/publications/liveable/LNTMG.pdf>.

23. Blinkin M.Ya., Gurevich G.A., Mikhaylov A.A. Kachestvo obsluzhivaniya na marshrute // Avtomobil`-nyy transport. - 1982. - №3. - S. 19-23.

Kapsky Denis Vasilyevich

Belarusian National Technical University
Adress: 220013, Republic of Belarus, Minsk
Doctor of technical sciences
E-mail: d.kapsky@gmail.com

Lu Yuiwey

Belarusian National Technical University
Adress: 220013, Republic of Belarus, Minsk
Graduate student
E-mail: 1277794415@qq.com

Skirkousky Sergey Uladzimirovich

Belarusian State University of Transport
Adress: 246653, Republic of Belarus, Gomel
Candidate of technical sciences
E-mail: Sergej-ski3359@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-37-42

А.Г. ЛОКТИОНОВА, А.Г. ШЕВЦОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ В ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКАХ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В статье определен динамический показатель, а именно ускорение автомобиля, для усовершенствованного расчетного - калиброванного автомобиля на основании исследования, технических и геометрических параметров часто встречающихся легковых транспортных средств в городском транспортном потоке.

Ключевые слова: транспортный поток, легковой автомобиль, расчетный автомобиль, динамическая характеристика, ускорение

Введение

На протяжении большого количества лет в научной практике ведутся исследования, связанные с влиянием состава транспортного потока на различные показатели дорожного движения, так отечественными учеными установлено влияние разнообразия парка транспортных средств при определении потоков насыщения – пропускной способности при использовании светофорного регулирования [1-5]. Если ранее транспортные потоки имели ненасыщенный характер, то за последние десятилетия автомобильный рынок очень изменился. На дорогах Российской Федерации преобладает большое число разнообразных марок и моделей как отечественных, так и зарубежных автомобилей. Данные транспортные средства постоянно модифицируются: изменяются их технические и динамические параметры (длина, ширина, высота, мощность, крутящий момент и др. В результате настоящих изменений автотранспортных средств необходимым является актуализация и дополнительные расчеты по определению параметров расчетного автомобиля с целью уточнения метода управления изолированным участком в городской транспортной системе.

В рамках исследования рассмотрим влияние динамической характеристики легковых транспортных средств на транспортный поток городской транспортной системы г. Белгород.

Материал и методы

В ходе исследований на основании анализа статистики продаж легковых транспортных средств в Белгородской области и г. Белгород (рис. 1), натурном обследовании изолированного участка пр-т Б.Хмельницкого – пр-т Белгородский в г. Белгород, определены наиболее часто встречающиеся автомобили в транспортном потоке и проведены математические расчеты по определению их динамической характеристики [6]. Динамическую характеристику определяют такие динамические параметры как: скорость движения транспортного средства и быстрота его разгона, касательная сила тяги, динамический фактор [7]. Эти параметры составляют техническую основу транспортных средств и позволяют оценивать не только его конструкцию, но и некоторые особенности движения [8].

В рамках исследования выполнен анализ продаж легковых автомобилей за различные годы – 2005, 2010, 2015, 2020 и 2022 (рис. 1).

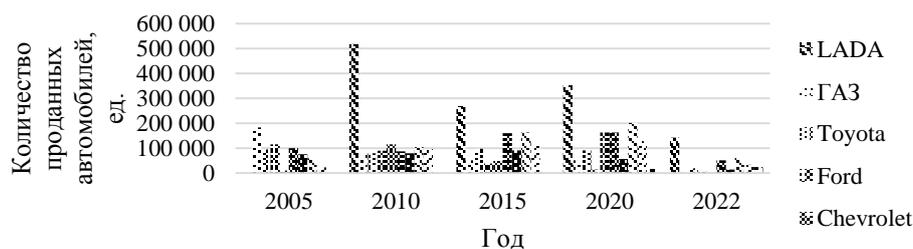


Рисунок 1 - Анализ продаж легковых транспортных средств (модели ТС) в Белгородской обл. и г. Белгород за 2005, 2010, 2015, 2020 и 2022 гг.

Теория / Расчет

Выполненный анализ позволил определить самые популярные марки легковых автомобилей в Белгородской области и, в частности, в г. Белгород. Натурные исследования регу-

лируемого участка городской сети г. Белгорода, подтвердили, что самые популярные марки легковых автомобилей довольно часто встречаются в транспортном потоке и позволили установить их модификации – Lada Granta, Geely Angrand, Kia Rio. На основании полученных результатов возможно установить основные технические характеристики автомобилей – объем двигателя (см³), мощность (л.с.), время разгона до 100 км/ч (с), максимально развиваемую скорость (км/ч), габаритные параметры (мм), колесную базу (мм), полную массу (кг) и размер колес (табл. 1) [9].

Таблица 1 – Технические характеристики легковых ТС в городском ТП

| Модификация ТС | Объем двигателя, см ³ | Мощность, л.с. | Время разгона до 100 км/ч за сек. | Максимальная скорость, км/ч | Длина x ширина x высота, мм | Колесная база, мм | Полная масса, кг | Размер колес |
|----------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Lada Granta | 1596 | 106 | 11,5 | 172 | 4400x1680x1420 | 2492 | 1570 | 185/60/R14 |
| Geely Emgrand | 1792 | 126 | 12,8 | 180 | 4635x1789x1470 | 2650 | 1855 | 215/55/R16 |
| Kia Rio | 1591 | 123 | 10,3 | 193 | 4200x1740x1470 | 2600 | 1580 | 185/65/R15 |

Анализ технических характеристик подтвердил разнородность транспортных средств в потоке по геометрическому показателю (размера кузова), а также различии динамического показателя (мощностные и скоростные характеристики). В ранее выполненных исследованиях было установлено, что габаритные параметры оказывают определенное влияние на управляющие параметры, применительно к транспортному потоку [10, 11], в рамках данного исследования выполнен анализ динамических показателей, который показал наличие определенной разницы для каждого из рассматриваемых легковых автомобилей, что также будет оказывать влияние при расчете управляющих параметров.

Результаты и обсуждение

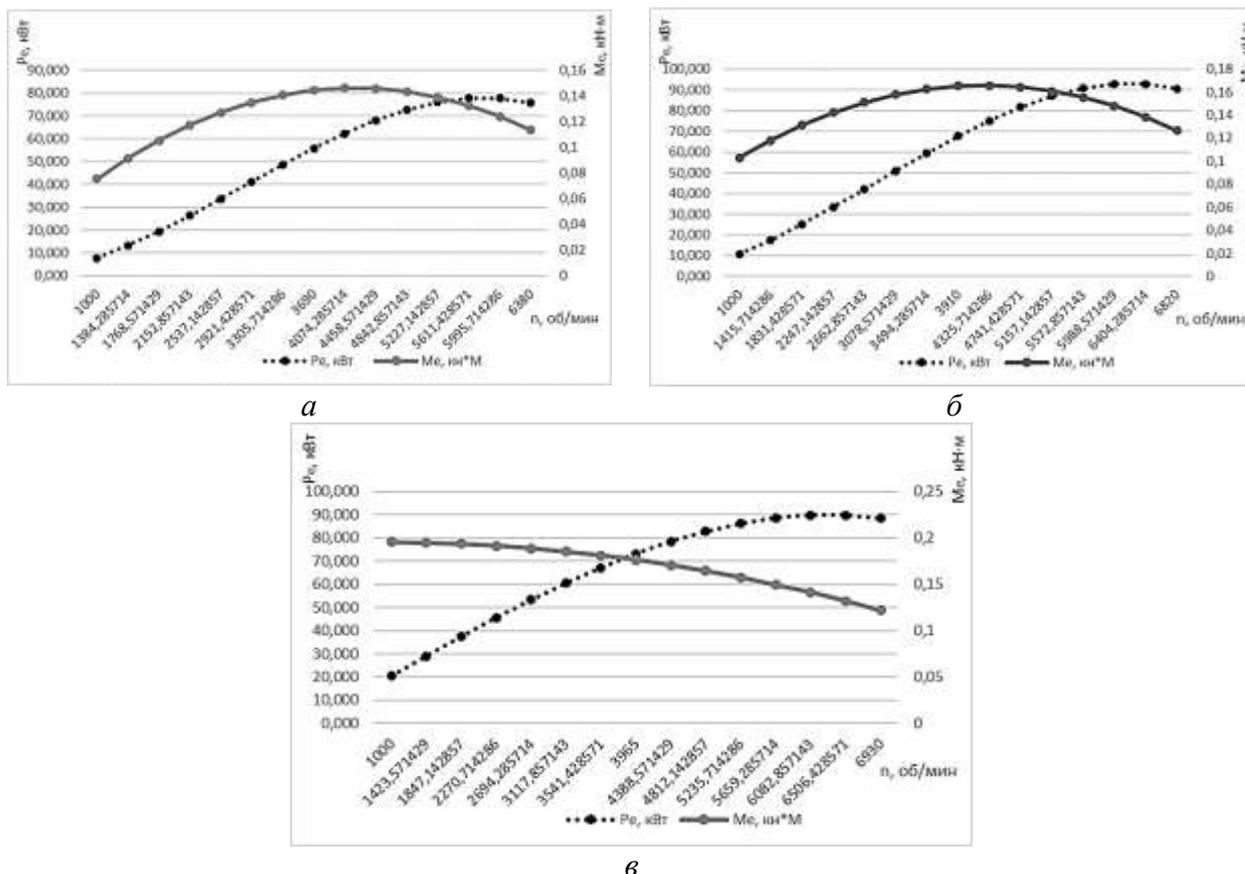


Рисунок 2 – Эффективность крутящего момента для: а - Lada Granta, б - Geely Emgrand, в - Kia Rio

Ускорение является основополагающим динамическим показателем тягово-скоростных свойств автомобиля и безусловно оказывает влияние на движение транспортных средств в потоке. Для исследуемых транспортных средств выполнен математический расчет и получена характеристика ускорения каждого автомобиля.

Для определения характеристики ускорения для отдельно каждого автомобиля необходимо выполнить расчет специализированных показателей [12, 13], которые условно подразделены на три этапа:

1. Определение значений эффективного крутящего момента (M_e). Эффективный крутящий момент для каждого значения частоты вращения коленчатого вала ДВС на всём интервале изменений рассчитывается по формуле [12]:

$$M_e = \frac{30 \cdot P_e}{\pi \cdot n}, \quad (1)$$

где P_e – эффективная мощность двигателя;

n – число оборотов.

На основании паспортных данных автомобилей Lada Granta, Geely Emgrand, Kia Rio [9] определены их: максимальный крутящий момент двигателя (M_{max}), Н·м – соответствующая ему частота вращения коленчатого вала двигателя (n_M), об./мин., максимальная мощность двигателя (P_{max}), Вт - соответствующая ей частота вращения коленчатого вала двигателя (n_P), об./мин. При помощи формулы 1 выявлена эффективность крутящего момента (M_e) (рис. 2).

2. Определение силы тяги (F_T) при движении и скорости движения (v_a) на каждой передаче:

$$F_T = \frac{M_T}{r} = \frac{M_e \cdot i_{TP} \cdot \eta}{r}, \quad (2)$$

$$v_a = \frac{3,6 \cdot \pi \cdot n \cdot r}{30 \cdot i_{TP}} = 0,377 \cdot \frac{n \cdot r}{i_{TP}}, \quad (3)$$

где i_{TP} – передаточное число трансмиссии;

η – коэффициент полезного действия трансмиссии;

r – радиус колеса.

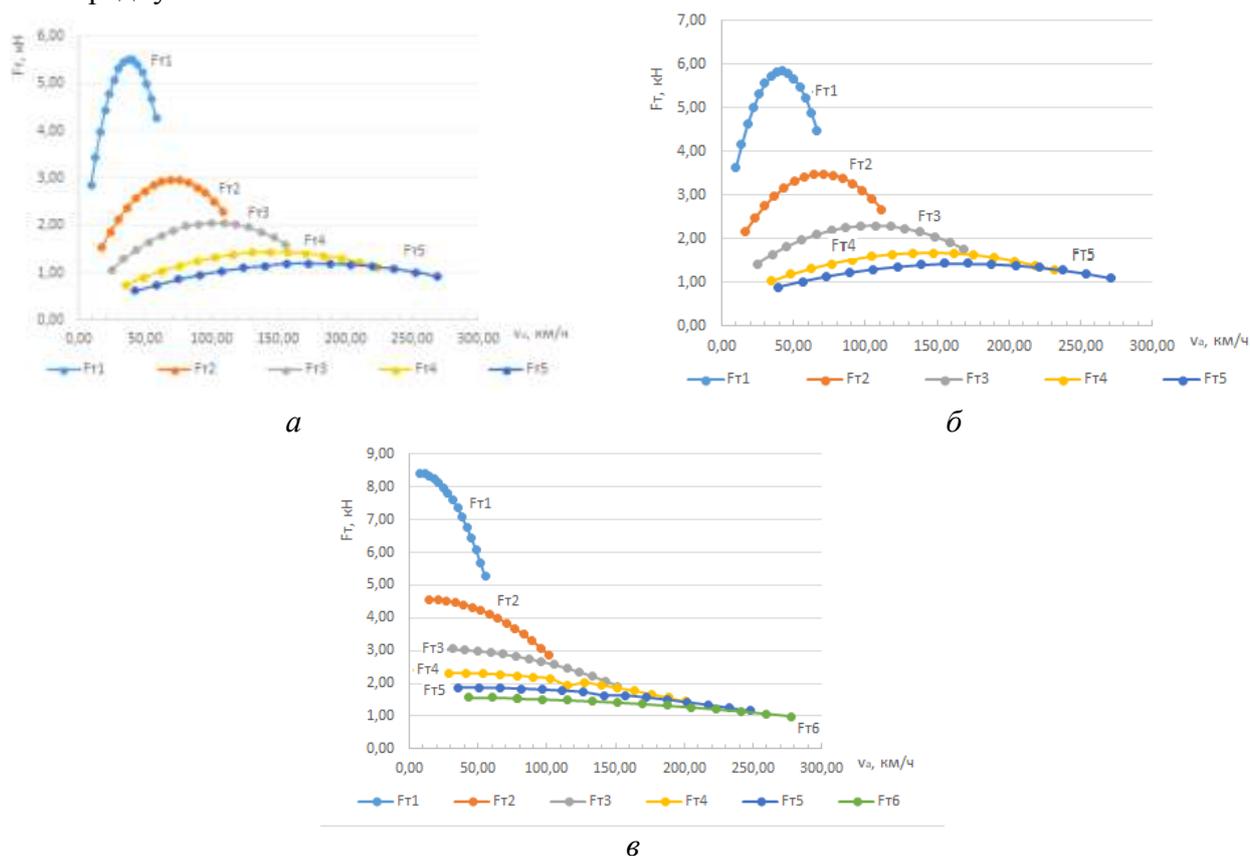


Рисунок 3 – Тяговый баланс: а - Lada Granta, б - Geely Emgrand, в - Kia Rio

3. Расчет динамического фактора (D). Динамический фактор автомобиля определяется по формуле:

$$D = \frac{F_{св}}{m \cdot g}, \quad (4)$$

где $F_{св}$ – свободная тяговая сила, зависящая от силы сопротивления воздуха. Расчет проводится для каждой передачи последовательно перебирая значения силы тяги F_T и силы сопротивления воздуха F_B .

Определение ускорения движения (j_a). Изменение ускорений автомобиля определяется на каждой передаче по формуле:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{вр}} \cdot g, \quad (5)$$

где $\delta_{вр}$ – коэффициент учёта вращающихся масс, ψ – коэффициент сопротивления дороги.

Анализируя график ускорения движения (рис. 4) получена характеристика ускорения для исследуемых автомобилей. Оптимальное ускорение (j_a) для автомобиля Lada Granta составляет $1,2 \text{ м/с}^2$ при средней скорости движения $v_a=35 \text{ км/ч}$, (j_a) для автомобиля Gelly Emgrand $j_a=1,8 \text{ м/с}^2$ при $v_a=48,9 \text{ км/ч}$, (j_a) для автомобиля Kia Rio – $j_a=5,4 \text{ м/с}^2$ при $v_a=61 \text{ км/ч}$. На основании проведенного исследования динамических параметров легковых транспортных средств в городском потоке получена оптимальная динамическая характеристика для введенного ранее калиброванного автомобиля [10] – у которого, согласно выполненным расчетам $j_a=2,8 \text{ м/с}^2$ при $v_a=35 \text{ км/ч}$.

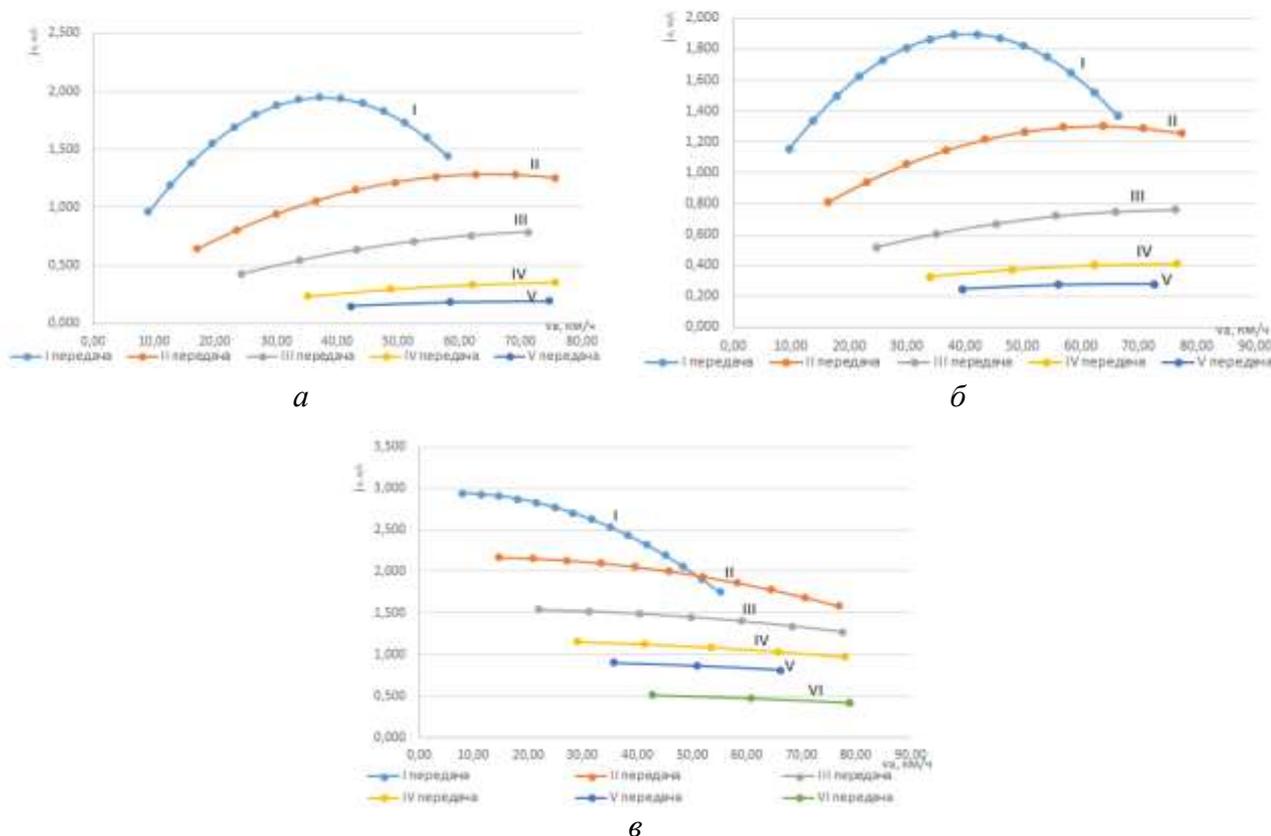


Рисунок 4 – Ускорение движения автомобилей: а - Lada Granta, б - Geely Emgrand, в - Kia Rio

Выводы

В результате выполненного исследования было установлено, что транспортные потоки разнородны и требуют всестороннего исследования, а технические параметры автотранспортных средств в потоке несут неотъемлемую часть при реализации проектирования и строительства автомобильных дорог, организации и управления движением. С развитием автомобилестроения и постоянной модернизацией автотранспортных средств необходима актуализация технических параметров, в частности динамического показателя расчетного автомобиля, который утвержден нормативными документами и используется в расчетах по управлению движением. Представленные расчетные методы позволяют определить динамическую характеристику калиброванного автомобиля и реализовать эффективное управление

дорожным движением в городской транспортной системе, что позволит также повысить безопасность дорожного движения, особенно при применении технических средств организации дорожного движения [14-20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Исследование степени насыщения пересечения при учете классификации легковых автомобилей // 2014. – №5. – С. 51-53.
2. Катеринин К.В., Санжапов Б.Х., Бондарев Б.А., Дятлов М.Н. Применение графоаналитического подхода при проектировании схем светофорного регулирования на участках городских автодорог // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2022. – №2(66). – С. 94-103. – DOI 10.36622/VSTU.2022.66.2.009.
3. Новиков А.Н., Еремин С.В., Шевцова А.Г. Основные принципы расчета программы светофорного регулирования на основе управляемых сетей и потока насыщения // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – Т. 16. - №6(70). – С. 680-691. – DOI 10.26518/2071-7296-2019-6-680-691.
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. – DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
5. Левашев А.Г., Михайлов А.Ю., Шаров М.И. К вопросу об оценке качества транспортного обслуживания в городах // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – Т. 3. - №1. – С. 16-23.
6. Локтионова А.Г., Шевцова А.Г., Новописный Е.А. Оценка изменений технических параметров современных транспортных средств // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – №3(92). – С. 146-153.
7. Ключников Д.А., Беседин Л.Н. Анализ факторов, влияющих на ускорение и время разгона автомобиля // Ползуновский альманах. – 2009. – №3-2. – С. 159.
8. Локтионова А.Г., Шевцова А.Г. Оценка технических параметров автомобилей в транспортном потоке // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №4-2(79). – С. 75-80. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(79)-4-75-80.
9. Технические характеристики автомобилей [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.autowe.ru/>
10. Локтионова А.Г., Шевцова А.Г. Разработка подхода к определению параметров калиброванного автомобиля // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). - 2021. – С. 210-214.
11. Шевцова А.Г., Локтионова А.Г. Оценка методов применения технических и динамических параметров автомобилей в мировой практике // Воронежский научно-технический Вестник. – 2022. – Т. 2. - №2(40). – С. 74-81. – DOI 10.34220/2311-8873-2022-74-81.
12. Новописный Е.А. Безопасность транспортных средств. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – 90 с.
13. Лебедев А.Е., Лебедев Д.В., Сибрина Т.М., Иродов В.В. Экспресс-метод расчета ускорения автомобиля с использованием общего уравнения динамики // Автомобильная промышленность. – 2020. – №8. – С. 6-7.
14. Shevtsova A., Novikov A., Loktionova A. Methodology for determining parameters of desing vehicle, taking into account conditions of arctic zone of the russian federation // Journal of applied engineering science. – 2023. – Vol. 21. - №1. – P. 136-142. – DOI: 10.5937/jaes0-39696
15. Сильянов В.В., Петросян С.С., Кукушкин А.А. Новые стандарты для повышения безопасности дорожного движения // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2010. – №3(54). – С. 4а-6.
16. Шевцова А.Г., Мочалина Ю.А. Обзор новых технических средств организации дорожного движения // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Т. 2. - №2(3). – С. 672-677. – DOI 10.12737/19521.
17. Dobromirov V., Evtiukov S., Duncheva E., Repin S. Methodology and results of the traffic safety evaluation on the saint petersburg ring road // Transportation research procedia : 12th International Conference «Organization and traffic safety management in large cities». – Saint-Petersburg: Elsevier B.V. - 2017. - Vol. 20. – P. 151-158. – DOI 10.1016/j.trpro.2017.01.039.
18. Кравченко П.А., Олещенко Е.М. Системный подход в управлении безопасностью дорожного движения в Российской Федерации // 2018. – №2(75). – С. 14-18.
19. Кравченко П.А. Организация и безопасность дорожного движения в больших городах // 2013. – №1(64). – С. 1-2.
20. Басков В.Н., Кожуховская Л.Я. Критериальная база обеспечения качества и безопасности транспортных процессов // Научное обозрение. – 2013. – №12. – С. 387-392.

Локтионова Алина Геннадьевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Аспирант
E-mail: alinbur1995@mail.ru

Шевцова Анастасия Геннадьевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент каф. «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

A.G. LOKTIONOVA, A.G. SHEVTSOVA

DETERMINATION OF THE DYNAMIC INDICATOR OF THE CAR IN THE TRAFFIC FLOWS OF THE URBAN TRANSPORT SYSTEM

Abstract. This article defines a dynamic indicator, namely the acceleration of a car, for an improved calculated - calibrated car based on research, technical and geometric parameters of frequently encountered passenger vehicles in urban traffic.

Keywords: traffic flow, passenger car, design car, dynamic characteristics, acceleration

BIBLIOGRAPHY

1. Borovskoy A.E., Shevtsova A.G. Issledovanie stepeni nasyshcheniya peresecheniya pri uchete klassifikatsii legkovykh avtomobiley // 2014. - №5. - S. 51-53.
2. Katerinin K.V., Sanzhapov B.H., Bondarev B.A., Dyatlov M.N. Primenenie grafoanaliticheskogo podkhoda pri proektirovani skhem svetofornogo regulirovaniya na uchastkakh gorodskikh avtodorog // Nauchny zhurnal stroitel'stva i arkhitektury. - 2022. - №2(66). - S. 94-103. - DOI 10.36622/VSTU.2022.66.2.009.
3. Novikov A.N., Eremin S.V., Shevtsova A.G. Osnovnye printsipy rascheta programmy svetofornogo regulirovaniya na osnove upravlyaemykh setey i potoka nasyshcheniya // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. - 2019. - T. 16. - №6(70). - S. 680-691. - DOI 10.26518/2071-7296-2019-6-680-691.
4. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Yung A.A. Otsenka vliyaniya parametrov avtomobiley na znachenie potoka nasyshcheniya // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. - 2022. - №1. - S. 126-134. - DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
5. Levashev A.G., Mikhaylov A.Yu., Sharov M.I. K voprosu ob otsenke kachestva transportnogo obsluzhivaniya v gorodakh // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. - 2013. - T. 3. - №1. - S. 16-23.
6. Loktionova A.G., Shevtsova A.G., Novopisnyy E.A. Otsenka izmeneniy tekhnicheskikh parametrov sovremennykh transportnykh sredstv // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2022. - №3(92). - S. 146-153.
7. Klyuchnikov D.A., Besedin L.N. Analiz faktorov, vliyayushchikh na uskorenie i vremya razgona avtomobilya // Polzunovskiy al'manakh. - 2009. - №3-2. - S. 159.
8. Loktionova A.G., Shevtsova A.G. Otsenka tekhnicheskikh parametrov avtomobiley v transportnom potoke // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №4-2(79). - S. 75-80. - DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(79)-4-75-80.
9. Tekhnicheskie kharakteristiki avtomobiley [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.autowe.ru/>
10. Loktionova A.G., Shevtsova A.G. Razrabotka podkhoda k opredeleniyu parametrov kalibrovannogo avtomobilya // Arkhitekturno-stroitel'nyy i dorozhno-transportnyy kompleksy: problemy, perspektivy, innovatsii: Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Omsk: Sibirskiy gosudarstvennyy avtomobil'no-dorozhnyy universitet (SibADI). - 2021. - S. 210-214.
11. Shevtsova A.G., Loktionova A.G. Otsenka metodov primeneniya tekhnicheskikh i dinamicheskikh parametrov avtomobiley v mirovoy praktike // Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskyy Vestnik. - 2022. - T. 2. - №2(40). - S. 74-81. - DOI 10.34220/2311-8873-2022-74-81.
12. Novopisnyy E.A. Bezopasnost' transportnykh sredstv. - Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskyy universitet im. V.G. Shukhova, 2019. - 90 s.
13. Lebedev A.E., Lebedev D.V., Sibrina T.M., Irodov V.V. Ekspres-metod rascheta uskoreniya avtomobilya s ispol'zovaniem obshchego uravneniya dinamiki // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 2020. - №8. - S. 6-7.
14. Shevtsova A., Novikov A., Loktionova A. Methodology for determining parameters of desing vehicle, taking into account conditions of arctic zone of the russian federation // Journal of applied engineering science. - 2023. - Vol. 21. - №1. - P. 136-142. - DOI: 10.5937/jaes0-39696
15. Sil'yanov V.V., Petrosyan S.S., Kukushkin A.A. Novye standarty dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2010. - №3(54). - S. 4a-6.
16. Shevtsova A.G., Mochalina Yu.A. Obzor novykh tekhnicheskikh sredstv organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Alternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - 2015. - T. 2. - №2(3). - S. 672-677. - DOI 10.12737/19521.
17. Dobromirov V., Evtiukov S., Duncheva E., Repin S. Methodology and results of the traffic safety evaluation on the saint petersburg ring road // Transportation research procedia : 12th International Conference «Organization and traffic safety management in large cities». - Saint-Petersburg: Elsevier B.V. - 2017. - Vol. 20. - P. 151-158. - DOI 10.1016/j.trpro.2017.01.039.
18. Kravchenko P.A., Oleshchenko E.M. Sistemnyy podkhod v upravlenii bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii // 2018. - №2(75). - S. 14-18.
19. Kravchenko P.A. Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v bol'shikh gorodakh // 2013. - №1(64). - S. 1-2.
20. Baskov V.N., Kozhukhovskaya L.Ya. Kriterial'naya baza obespecheniya kachestva i bezopasnosti transportnykh protsessov // Nauchnoe obozrenie. - 2013. - №12. - S. 387-392.

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

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

Научная статья

УДК 62-68

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-43-49

А.А. ЮНГ, А.Г. ШЕВЦОВА, В.В. ВАСИЛЬЕВА

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИМ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПРИ СОВМЕСТНОМ ДВИЖЕНИИ

***Аннотация.** Появление средств индивидуальной мобильности (СИМ) в транспортном потоке создает определенную нагрузку, связанную в первую очередь с изменением средней скорости движения, задержками. С целью оценки изменения отраженных показателей в работе выполнен анализ их изменения с учетом различной доли СИМ в общем транспортном потоке на определенном объекте исследования. С использованием продукта имитационного моделирования Aimsun выполнен ряд экспериментов, на основании чего получены числовые показатели исследуемых характеристик и осуществлена экономическая оценка их изменения.*

***Ключевые слова:** средства индивидуальной мобильности, имитационное моделирование, характеристики транспортного потока*

Введение

Поколения автотранспорта сменяются друг за другом в стремительном темпе, так за последние десятилетия автомобильный транспорт претерпел значительные изменения, связанные в первую очередь с его модификацией, габаритными и динамическими показателями [1]. Следует отметить, что рынок потребительского спроса с каждым годом пополняется новыми видами транспортных средств, которые регулярно изменяются и совершенствуют свою форму и возможность использования. Так в ходе научно-технического прогресса в нашу жизнь вошли устройства, служащие для движения человека с помощью электродвигателя или мускульной энергии человека, называемые средствами индивидуальной мобильности (СИМ) [2].

Начиная с 2017 года в Российской Федерации, особенно в крупнейших агломерациях начинают активно появляться новые средства передвижения – СИМ, в сравнении с легковыми автомобилями, данные средства передвижения обладают рядом преимуществ, такими как высокая маневренность, экологичность, с учетом ограниченного городского пространства для хранения (парковки), связанного с высоким уровнем автомобилизации, для СИМ такая проблема показа не актуальна. Несмотря на перечисленные преимущества, с связи с их активным появлением на дорогах, появляется и основная проблема, связанная в первую очередь с аварийностью [3]. Помимо этого, СИМ создают определённую нагрузку на улично-дорожную сеть (УДС) особенно при движении в городском транспортном потоке, связанную с изменением скорости движения, задержками. В целом, перечисленные изменяющиеся характеристики оказывают влияние и на экономическую составляющую. С целью оценки данных изменения в рамках исследования выполнен эксперимент с использованием продукта имитационного моделирования Aimsun [4] и осуществлена оценка изменения экономических показателей.

Материал и методы

Использование продуктов имитационного моделирования особенно в сфере организации дорожного движения, сегодня довольно востребовано [5-9], что объясняется возможностью оценки изменения исследуемых дорожных показателей на стадии до непосредственного внедрения. Программа имитационного моделирования «Aimsun» служит для получения данных характеристик транспортного потока. С её помощью есть возможность выяснить как передвижение СИМ влияет на транспортный поток [10]. В качестве моделируемого объекта определен регулируемый перекресток, расположенный в г. Белгород (рис. 1), вблизи которого находится центральная площадь города и располагаются станции арендных самокатов, что объясняет повышенное количество СИМ вблизи данного участка.



Рисунок 1 – Модель движения ул. Попова - Гражданский проспект, имитирующая движение СИМ с выделением специализированной инфраструктуры, программа «Aimsun»

Для выполнения эксперимент определено три типа дорожных ситуаций с варьируемым параметром – доля наличия СИМ в транспортном потоке, именуемые как модели В связи с тем, что СИМ могут передвигаться как по выделенной инфраструктуре – велодорожкам, так и по краю проезжей части, в рамках выполненных экспериментов установлены определенные ограничения:

- 1) модель 1 – модель без движения СИМ на перекрестке (исходная);
- 2) модель 2 – отсутствие специализированной инфраструктуры для движения СИМ, с внедрением в транспортный поток 15% данных средств по каждому направлению;
- 3) модель 3 – выделение специализированной инфраструктуры для передвижения - – велосипедных дорожек шириной 2 м, с внедрением в транспортный поток 15 % данных средств по каждому направлению.

Выполненный ранее анализа рынка продаж СИМ [2] определен наиболее популярная модель электросамоката - электросамокат Mi Electric Scooter и установлены его технические характеристики (табл. 1).

Таблица 1 – Технические характеристики электросамоката Mi Electric Scooter

| Характеристики | Электросамокат Mi Electric Scooter |
|------------------------------|------------------------------------|
| Максимальная скорость, км/ч | 25 |
| Максимальная нагрузка, кг | 100 |
| Колеса, мм | 180 |
| Длина в разложенном виде, см | 98 |
| Масса, кг | 12,2 |

Несмотря на имеющееся разнообразие показателей транспортно потока, связанных как с экологическими, экономическими, транспортными, виброакустическими, шумовыми и др. [11-15], основными показателями транспортного потока, позволяющими оценить эффективность организации дорожного движения [16] и применения различных технических средств организации дорожного движения [17] - являются скорость, величина задержки и время в пути [16-20].

Теория / Расчет

Моделирование процесса движения было выполнено для утреннего пикового периода, который наблюдается на объекте исследования с 08:00 до 09:00, в результате выполненного эксперимента были определены показатели транспортного потока с учетом принятых условий, которые были подробно описаны в ранее выполненном исследовании [10]. В ранее выполненном исследовании было установлено что скорость движения транспортного потока с появлением СИМ на дорогах общего пользования падает на 14 %, при передвижение данных средств на велосипедных дорожках скорость потока также снижается на 9 %, что объясняется определенной психологией водителя [21]. В свою очередь, задержки транспортного пото-

ка с появлением СИМ на дорогах общего пользования увеличиваются на 22 %. В рамках данного исследования был подробно рассмотрен случай движения СИМ в общем транспортном потоке с использованием края проезжей части с учетом увеличения доли СИМ на 15 %, 30 % и 45 % (рис. 2).

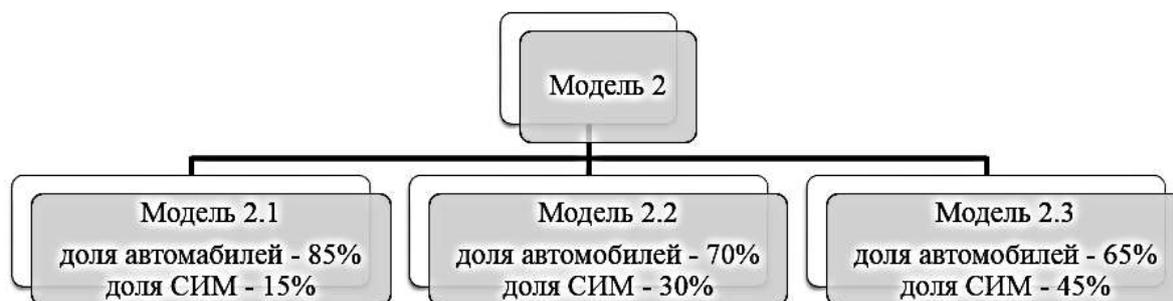


Рисунок 2 – Классификация модели 2 с учетом увеличения доли СИМ в транспортном потоке на объекте исследования

С учетом технической возможности СИМ развивать довольно высокую скорость для каждой из представленных подмоделей (рис. 2) определено 2 условия, согласно которым СИМ движутся со скоростью 20 км/ч и со скоростью равной скорости транспортного потока. В результате моделирования были получены данные по изменению величины задержки в различные периоды времени:

- утреннее – 08:00-09:00 (рис. 3);
- обеденное – 13:00-14:00 (рис. 4);
- вечернее – 18:00-19:00 (рис. 5).

Результаты

Процедура моделирования процесса движения на анализируемом объекте исследования – регулируемом перекрестке пр. Гражданский – ул. Попова (рис. 1), позволили получить данные по изменению величины задержки в определенное время суток – утреннее, обеденное и вечернее. С учетом разницы скоростей движения СИМ и автомобилей, выполнен анализ рассматриваемого показателя. Рассмотрим изменение задержек в транспортном потоке на примере каждой модели (рис. 3-5).

В утреннее время (рис. 3), среднее значение задержки находится в пределах от 40 до 50 с, с учетом различных вариаций присутствия доли СИМ в общем транспортном потоке. В обеденное время (рис. 4), исследуемый показатель изменяется уже в более широком диапазоне, для которого характерны низкие значения – 34 с и высокие 48 с, с учетом идентичных показателей интенсивности. В вечернее время (рис. 5) при увеличении доли присутствия СИМ, увеличивается и значение задержки, которое при движении со скоростью 50 км/ч составляет 50 с.

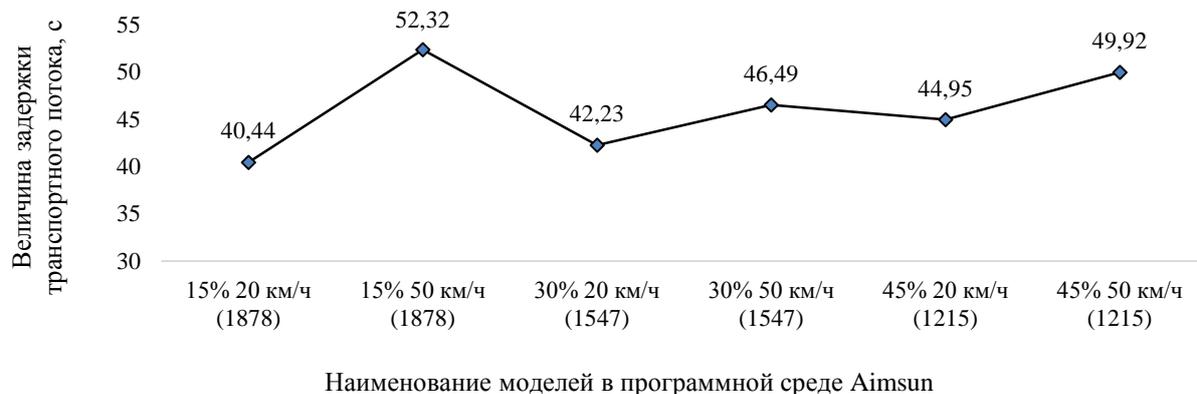


Рисунок 3 – Линейный график изменения величины задержки в утреннее время с учетом принятых условий

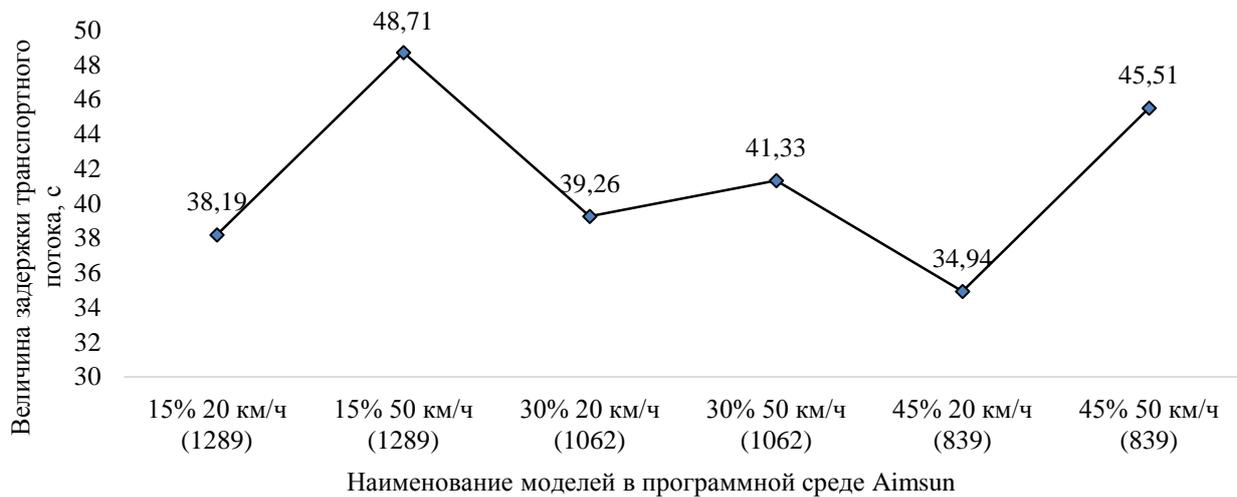


Рисунок 4 – Линейный график изменения величины задержки в обеденное время с учетом принятых условий

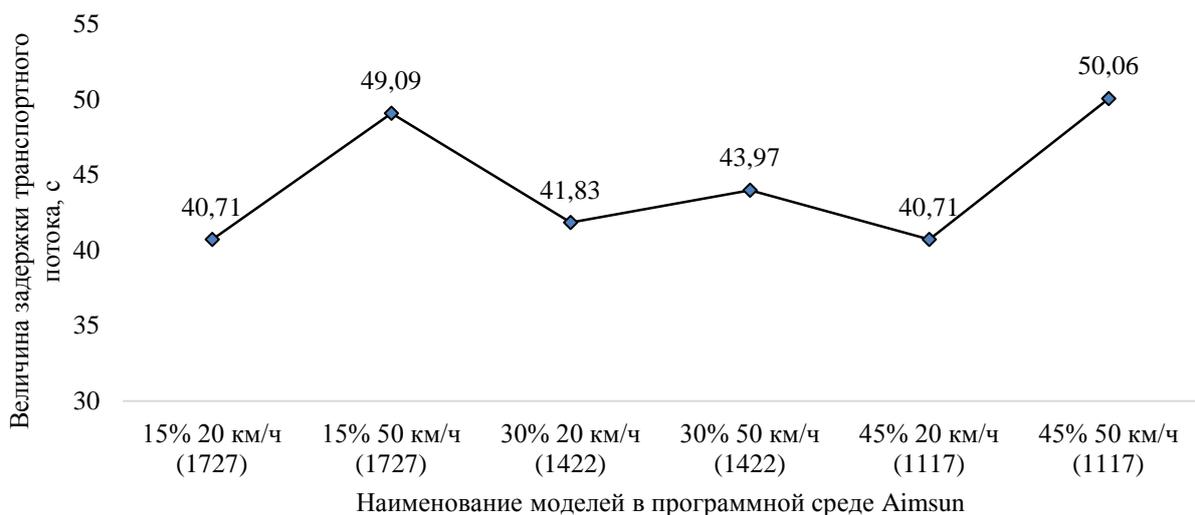


Рисунок 5 – Линейный график изменения величины задержки в вечернее время с учетом принятых условий

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наличие СИМ в общем транспортном потоке оказывают негативное влияние с точки зрения изменения задержек.

Обсуждения

Следует отметить что для каждого рассматриваемого временного периода были характерны определенные значения интенсивности по направлениям исследуемого перекрестка, так в утреннее и вечернее время, средняя величина интенсивности составила около 5000 ед./час, что в свою очередь также оказало влияние на значение величины задержки. Тем не менее, с учетом доли присутствия в общем транспортном потоке СИМ – 15 % при движении со скоростью равной средней скорости потока, максимальное среднее значение задержки в утреннее время составило 52 с, что является самым высоким показателем по результату выполненных итераций. Данное явление – высокое значение величины задержки, подтверждает о наличии определенного влияния новых средств передвижения на показатели транспортного потока. Аналогично, самый высокий показатель наблюдался и в вечернее время, но для иных условий, тогда, когда доля присутствия СИМ составляла 45 %, почти половину состава транспортного потока, в таком случае величина средней задержки составила 50 с., что также является достаточно высоким показателем, который подтверждает высокую степень влияния, особенно в условиях высокой загрузки УДС.

Выводы

В результате выполненных исследований установлено что СИМ вносят определенные корректировки при движении в общем транспортном потоке, так при использовании разрешенного для движения края проезжей части, в случае отсутствия иных участков для движения, данные средства передвижения снижают показатели работы транспортного потока. Так, в ходе моделирования с учетом варьирования доли присутствия СИМ и скорости их движения было установлено что величина задержки транспортного потока увеличивается при движении как с минимально принятой скоростью 20 км/ч, так и при скорости 50 км/ч. Полученные результаты показывают, что в таком случае – случае совмещенного движения необходимо осуществлять учет новых средств передвижения при организации дорожного движения, в частности при осуществлении управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Локтионова А.Г., Шевцова А.Г., Новописный Е.А. Оценка изменений технических параметров современных транспортных средств // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – №3(92). – С. 146-153. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-3-146-153.
2. Юнг А.А., Шевцова А.Г., Новописный Е.А. Анализ рынка распространенных моделей средств индивидуальной мобильности // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет. - 2021. – С. 84-88.
3. Юнг А.А., Мурзина И.С., Шевцова А.Г. Анализ аварийности с участием средств индивидуальной мобильности // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: Сборник научных трудов по материалам XVI Международной научно-технической конференции. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. - 2021. – С. 23-28.
4. Юнг А.А., Шевцова А.Г. Моделирование процесса движения средств индивидуальной мобильности в городской среде // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2022. – №1(31).
5. Артемов А.Ю., Дорохин С.В. Моделирование транспортных потоков: аналитический обзор / Отв. редактор В.А. Зеликов // Технология транспортных процессов - настоящее и будущее: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. - 2021. – С. 20-26. – DOI 10.34220/ТРТРФ2021_20-26.
6. Холодов Я.А., Холодов А.С., Гасников А.В. и др. Моделирование транспортных потоков - актуальные проблемы и перспективы их решения // Труды Московского физико-технического института (национально-исследовательского университета). – 2010. – Т. 2. - №4(8). – С. 152-162.
7. Бояршинов К.Н., Пендер Е.А. Моделирование транспортных потоков на микроуровне // Динамика систем, механизмов и машин. – 2012. – №1. – С. 225-228.
8. Рогов И.Е. Моделирование транспортных потоков // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – Т. 3. - №3(11). – С. 26-38.
9. Митюгин В.А., Фролов Н.А. Развитие теорий моделирования транспортных потоков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – №6-1. – С. 68-76.
10. Юнг А.А., Шевцова А.Г. Результат оценки характеристик транспортного потока с учетом движения средств индивидуальной мобильности с помощью моделирования участка дорожного движения // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19. - №5(87). – С. 716-726. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-5-716-726.
11. Басков В.Н., Исаева Е.И. Оценка дорожно-уличной сети с учетом риска возникновения затора // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4. - №5-3(25-3). – С. 8-14.
12. Новиков А.Н., Васильева В.В. Оценка акустической эффективности шумозащитных сооружений на автомобильных дорогах города // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – №1(52). – С. 124-131.
13. Лагерев Р.Ю., Зедгенизов А.В., Левашев А.Г. Оценка организации дорожного движения в городах с применением спутниковой навигации // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – №6(65). – С. 96-100.
14. Васильева В.В. Оценка техногенного воздействия автотранспорта на акустическую среду города // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – №3(34).
15. Васильева В.В. Анализ шумового воздействия транспорта на городскую среду и население // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс». - 2012. – С. 118-121.

16. Некрасова Е.Е., Шевцова А.Г. Основные критерии оценки эффективности функционирования перекрестков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. - №4-1(15-1). – С. 363-366. – DOI 10.12737/13967.

17. Шевцова А.Г., Мочалина Ю.А. Обзор новых технических средств организации дорожного движения // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Т. 2. - №2(3). – С. 672-677. – DOI 10.12737/19521.

18. Novikov A., Zyryanov V., Feofilova A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements // 2018. – Vol. 16. - №1. – P. 70-74. – DOI 10.5937/jaes16-15289.

19. Зырянов В.В., Сорокин-Урманов С.Е. Особенности мониторинга дорожного движения // Строительство и архитектура-2017. Дорожно-транспортный факультет: Материалы научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет. - 2017. – С. 236-240.

20. Басков В.Н., Видманова Е.И. Оценка условий движения транспортных потоков // Научное обозрение. – 2011. – №1. – С. 40-44.

21. Подопригора Н.В., Пегин П.А., Доценко С.Н. Водитель в системе «участник дорожного движения - транспортное средство - дорога - внешняя среда» // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2021: Материалы Международной-научно-практической конференции. - Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. - 2021. – С. 220-223.

Юнг Анастасия Алексеевна

ООО «IDIM»

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Директор

E-mail: yungnastena33@gmail.com

Шевцова Анастасия Геннадьевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

К.т.н., доцент

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Васильева Виктория Владимировна

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

К.т.н., доцент, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: vivaorel57@gmail.com

A.A. JUNG, A.G. SHEVTSOVA, V.V. VASILYEVA

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SIM ON THE INDICATORS OF THE TRAFFIC STREAM IN JOINT TRAFFIC

***Abstract.** The appearance of individual mobility aids (IM) in the traffic flow creates a certain load, primarily associated with a change in the average speed of movement, delays. In order to assess the change in the reflected indicators, the paper analyzes their change, taking into account the different share of SIM in the total traffic flow at a particular object of study. Using the Aimsun simulation product, a number of experiments were performed, on the basis of which numerical indicators of the studied characteristics were obtained and an economic assessment of their change was carried out.*

***Keywords:** accident rate, individuality, danger, models, transport, driver, pedestrian*

BIBLIOGRAPHY

1. Loktionova A.G., Shevtsova A.G., Novopisnyy E.A. Otsenka izmeneniy tekhnicheskikh parametrov sovremennykh transportnykh sredstv // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2022. - №3(92). - S. 146-153. - DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-3-146-153.

2. Yung A.A., Shevtsova A.G., Novopisnyy E.A. Analiz rynka rasprostranennykh modeley sredstv individual'noy mobil'nosti // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: Materialy HIV Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. - Tyumen': Tyumenskiy industrial'nyy universitet. - 2021. - S. 84-88.

3. Yung A.A., Murzina I.S., Shevtsova A.G. Analiz avariynosti s uchastiem sredstv individual'noy mobil'nosti // Aktual'nye voprosy organizatsii avtomobil'nykh perevozok, bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii

- transportnykh sredstv: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XVI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskoy universitet imeni Gagarina Yu.A. - 2021. - S. 23-28.
4. Yung A.A., Shevtsova A.G. Modelirovaniye protsessa dvizheniya sredstv individual'noy mobil'nosti v gorodskoy srede // *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura.* - 2022. - №1(31).
5. Artemov A.Yu., Dorokhin S.V. Modelirovaniye transportnykh potokov: analiticheskiy obzor / Otv. redaktor V.A. Zelikov // *Tekhnologiya transportnykh protsessov - nastoyashchee i budushchee: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* - Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskoy universitet im. G.F. Morozova. - 2021. - S. 20-26. - DOI 10.34220/TPTPF2021_20-26.
6. Holodov Ya.A., Holodov A.S., Gasnikov A.V. i dr. Modelirovaniye transportnykh potokov - aktual'nye problemy i perspektivy ikh resheniya // *Trudy Moskovskogo fiziko-tekhnicheskogo instituta (natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta).* - 2010. - T. 2. - №4(8). - S. 152-162.
7. Boyarshinov K.N., Pender E.A. Modelirovaniye transportnykh potokov na mikrourovne // *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin.* - 2012. - №1. - S. 225-228.
8. Rogov I.E. Modelirovaniye transportnykh potokov // *Nauka i tekhnologii zheleznykh dorog.* - 2019. - T. 3. - №3(11). - S. 26-38.
9. Mityugin V.A., Frolov N.A. Razvitiye teorii modelirovaniya transportnykh potokov // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki.* - 2015. - №6-1. - S. 68-76.
10. Yung A.A., Shevtsova A.G. Rezul'tat otsenki kharakteristik transportnogo potoka s uchedom dvizheniya sredstv individual'noy mobil'nosti s pomoshch'yu modelirovaniya uchastka dorozhnogo dvizheniya // *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta.* - 2022. - T. 19. - №5(87). - S. 716-726. - DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-5-716-726.
11. Baskov V.N., Isaeva E.I. Otsenka dorozhno-ulichnoy seti s uchedom riska vozniknoveniya zatora // *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika.* - 2016. - T. 4. - №5-3(25-3). - S. 8-14.
12. Novikov A.N., Vasil'eva V.V. Otsenka akusticheskoy effektivnosti shumozashchitnykh sooruzheniy na avtomobil'nykh dorogakh goroda // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2016. - №1(52). - S. 124-131.
13. Lagerev R.Yu., Zedgenizov A.V., Levashev A.G. Otsenka organizatsii dorozhnogo dvizheniya v gorodakh s primeneniem sputnikovoy navigatsii // *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* - 2012. - №6(65). - S. 96-100.
14. Vasil'eva V.V. Otsenka tekhnogennoy vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredyu goroda // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2011. - №3(34).
15. Vasil'eva V.V. Analiz shumovogo vozdeystviya transporta na gorodskuyu sredyu i naseleniye // *Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: Materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* - Orel: FGBOU VPO «Gosudarstvennyy universitet - uchebno-nauchno-proizvodstvennyy kompleks». - 2012. - S. 118-121.
16. Nekrasova E.E., Shevtsova A.G. Osnovnye kriterii otsenki effektivnosti funktsionirovaniya perekrestkov // *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika.* - 2015. - T. 3. - №4-1(15-1). - S. 363-366. - DOI 10.12737/13967.
17. Shevtsova A.G., Mochalina Yu.A. Obzor novykh tekhnicheskikh sredstv organizatsii dorozhnogo dvizheniya // *Alternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya.* - 2015. - T. 2. - №2(3). - S. 672-677. - DOI 10.12737/19521.
18. Novikov A., Zyryanov V., Feofilova A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements // 2018. - Vol. 16. - №1. - P. 70-74. - DOI 10.5937/jaes16-15289.
19. Zyryanov V.V., Sorokin-Urmanov S.E. Osobennosti monitoringa dorozhnogo dvizheniya // *Stroitel'stvo i arkhitektura-2017. Dorozhno-transportnyy fakul'tet: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* - Rostov-na-Donu: Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskoy universitet. - 2017. - S. 236-240.
20. Baskov V.N., Vidmanova E.I. Otsenka usloviy dvizheniya transportnykh potokov // *Nauchnoe obozrenie.* - 2011. - №1. - S. 40-44.
21. Podoprigora N.V., Pegin P.A., Dotsenko S.N. Voditel' v sisteme «uchastnik dorozhnogo dvizheniya - transportnoye sredstvo - doroga - vneshnyaya sreda» // *Transport Rossii: problemy i perspektivy - 2021: Materialy Mezhdunarodnoy-nauchno prakticheskoy konferentsii.* - Sankt-Peterburg: Institut problem transporta im. N.S. Solomenko RAN. - 2021. - S. 220-223.

Jung Anastasia Alekseevna

IDIM LLC

Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46

Director

E-mail: yungnastena33@gmail.com

Vasilyeva Victoria Vladimirovna

Orel State University

Address: 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya str., 95

Candidate of technical sciences

E-mail: vivaorel57@gmail.com

Shevtsova Anastasia Gennadievna

Belgorod State Technological University

Candidate of technical sciences

Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025.4

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-50-56

Н.А. ФИЛИППОВА, А.Е. ИВАНОВА, А.М. ИШКОВ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ АРКТИЧЕСКИХ УЛУСОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Аннотация. Рассмотрены перспективы развития транспортной доступности Арктических улусов Республики Саха (Якутия). Приведены основные характеристики мостового перехода через реку Лена и описаны улучшаемые показатели при вводе его в эксплуатацию.

Ключевые слова: Арктическая зона, мостовой переход, криолитозона, доставка грузов, пассажиропоток, грузопоток

Введение

В соответствии со Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации предусмотрено комплексное социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации, которое предусматривает совершенствование системы государственного управления социально-экономическим развитием Арктической зоны, улучшение качества жизни коренного населения и социальных условий хозяйственной деятельности в Арктике, развитие ресурсной базы Арктической зоны за счет использования перспективных технологий, модернизации и развития инфраструктуры арктической транспортной системы, современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры и рыбохозяйственного комплекса.

Устойчивое развитие Арктической зоны Республики Саха (Якутия) опирается на:

- развитие традиционных отраслей экономики Севера: оленеводства и рыболовства с созданием на их основе перерабатывающих производств, охотничьего промысла;
- продуманную и экономически обоснованную схему расселения;
- внедрение новых технологий строительства, связи, коммунальной, энергетической и транспортной инфраструктур, позволяющих в перспективе сократить издержки как частного, так и бюджетного сектора;
- государственной поддержке, обеспечивающей транспортную доступность, энергетическую безопасность, оптимальные жилищные условия и региональные социальные стандарты в здравоохранении и образовании;
- в перспективе на создание инфраструктуры Северного морского пути и освоение крупных месторождений полезных ископаемых.

Арктическая зона Республики Саха (Якутия) неотъемлемо связана с перспективами развития Арктической зоны Российской Федерации. В свете активизации Арктического вектора развития страны, развитию Республики Саха (Якутия) и смежных территорий будет уделяться повышенное внимание путем реализации политики особого хозяйственного освоения территорий. [1].

Транспортные коммуникации объединяют все районы страны, что является необходимым условием ее территориальной целостности, единства ее экономического пространства. Они связывают страну с мировым сообществом, являясь материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и ее интеграции в глобальную экономическую систему.

Выгодное географическое положение позволяет России получать значительные доходы от экспорта транспортных услуг, в том числе от осуществления транзитных перевозок по своим коммуникациям [2].

Транспортные системы Северного региона участвуют в процессе местного производства, обеспечивая доставку сырья и готовой продукции внутри региона и за его пределы, с участием взаимодействия разных видов транспорта (автомобильного, речного, морского, железнодорожного, авиационного и трубопроводного) [3-6].

На территории Крайнего Севера России транспортная сеть в основном остаётся сезонной (водные пути, автозимники). Доступность данных транспортных путей в значительной степени зависит от природно-климатических условий [7].

Материал и методы

Север России занимает около 70 % территории России, и на ней проживает 8 % населения страны (рис. 1). К этой экономико-географической зоне относятся полностью или частично 25 субъектов Российской Федерации [3].



Рисунок 1 – Территории Севера России и приравненных к ним местностей

Современное распространение многолетнемерзлых пород на Земле суммарная площадь криолитозоны (включая Гренландию и Антарктиду) составляет около 30 % поверхности Земли, 65 % территории России, 97 % территории РС(Я) (рис. 2, 3).



Рисунок 2 - Распространение вечной мерзлоты в мире



Рисунок 3 - Распространение вечной мерзлоты в России

Инвестиционные проекты автодорожной отрасли региона направлены на дальнейшее увеличение протяженности автомобильных дорог с твердым покрытием, соединение круглогодичным наземным транспортом промышленно развитых зон арктических улусов.

Согласно Транспортной стратегии Республики Саха (Якутия), опорная сеть будет формироваться в контексте создания российских и транснациональных транспортных коридоров [8].

В процессе формирования всепогодной опорной сети путей сообщений происходит изменение распределения направлений грузопотоков и объемов перевозок с увеличением доли наземных видов транспорта. Учитывая ввод в действие наметившихся проектов Схемы комплексного развития производительных сил [9], рассчитаны перспективные объемы перевозок грузов и пассажиров автомобильным транспортом региона (табл. 1).

Формирование региональной транспортной системы, имеющей потенциал мультимодального полюса развития, требует форсирования организации интегрированных логистических транспортно-распределительных систем.

Таблица 1 - Расчетные объемы перевозок грузов и пассажиров автомобильным транспортом на территории РС (Я) на период до 2025 г. [10, 11]

| Показатель | Единица измерения | 2007 г. | 2010 г. | 2015 г. | 2020 г. * | 2025 г. |
|---|-------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| Объемы перевозок грузов отраслей экономики, всего | млн. т | 34,97 | 36,4 | 50,7 | 61,4-78,2 | 71,8-90 |
| Перевозки пассажиров транспорта общего пользования | млн. чел. | 93,58 | 103,6 | 118 | 130-150 | 145-200 |
| Грузооборот автомобильного транспорта отраслей экономики, всего | млрд. т-км. | 1,692 | 1,75 | 2,2 | 1,8-2,1 | 1,9-2,07 |
| Пассажирооборот автомобильного транспорта общего пользования | млн. пасс-км | 455 | 725 | 770 | 645-900 | 870-1 200 |

* Первое число соответствует инерционному сценарию, второе - инновационному

Теория

Север России и Арктическая зона являются важным поставщиком стратегических материалов для нужд промышленности страны и всего мира. Результаты проведенных исследований существующей мультимодальной транспортной системы для доставки грузов первой необходимости для населения позволили определить, что этому району присущи следующие особенности: обширная территория, удалённая от экономически развитых районов страны; слабое развитие или полное отсутствие железнодорожного, авиационного и трубопроводного транспорта; слабо прогнозируемое по времени состояние участков транспортной сети, зависящее от природно-климатических условий; обязательный предварительный завоз грузов на накопительные склады железнодорожным транспортом или по СМП; доставка грузов конечному потребителю автомобильным и речным транспортом; использование перевалочных баз, где задействованы несколько видов транспорта; использование постоянных и временных путей доставки грузов; доставка грузов первой необходимости речным транспортом в условиях жестких ограничений по срокам навигации и неопределенности начала и окончания ледовых явлений на судоходных участках рек.

В связи с этим актуальным является повышение эффективности работы всей транспортно-технологической системы севера России и её Арктической зоны для обеспечения нормальной жизни и трудовой деятельности населения этого региона России. С этой целью необходимо увеличить эффективность перевозки грузов и надёжность транспортно-технологических процессов перемещения грузов первой необходимости от поставщика до конечного потребителя, это возможно на основе применения новых технологий управления транспортно-логистическими комплексами, обеспечивающими такие перемещения с использованием телематических систем, и управления значимыми рисками [12].

Результаты и обсуждение

Эффективность выполнения плана доставки груза надо рассматривать в рамках мультимодальной транспортно-технологической системы не на ограниченный срок, а на весь год. Планирование объемов доставки грузов первой необходимости, завозимых в летний и зимний периоды, предусматривает оценку максимальной пропускной способности существующих элементов транспортной сети. Важным поворотным моментом в развитии станет строительство мостового перехода через реку Лена, и крупного транспортно-логистического терминала в пгт. Нижний Бестях, где в перспективе резко возрастёт численность населения. После этого оба берега реки Лена получат устойчивую круглогодичную связь между собой и смогут функционировать как единое планировочное образование. При этом влияние будет распространяться на оба берега реки. Проектируемый мостовой переход, объединяющий федеральную автомобильную дорогу «Виллюй» с автодорогами «Лена» и «Колыма». Мост кратчайшим путём свяжет Восточную Сибирь с портами Охотского моря через транспортный коридор от Иркутска до Магадана, образуя Северный широтный экономический пояс РФ. Россия получит выход на Охотское море, на берега своих восточных морей не только через южные границы, Транссиб и БАМ в районе Владивостока и Хабаровска, а гораздо севернее. Возведение моста через реку Лену обеспечит транспортную связанность на 18 % территории Российской Федерации. В зону круглогодичного транспортного сообщения попадут 83 % жителей Якутии. Уникальный транспортный объект – вантовый мост через реку Лена – представляет собой трёхпилонную вантовую систему. Научно-техническим советом Федерального дорожного агентства Росавтодор поддержана выбранная трассировка створа и автомобильных подходов к мостовому переходу общей протяжённостью 14,9 км, в том числе мост длиной 3,1 км с максимальной длиной пролетов до 840 м [13, 14].

После строительства мостового перехода ожидается рост круглогодичной транспортной доступности населения с 20,9 % в 2018 году до 70 % в 2025 году, с учётом обеспечения круглогодичного проезда по ФАД «Виллюй» и ФАД «Колыма» - до 83 %. Данный эффект прогнозируется из-за отсутствия простоя в весеннее и зимнее время на период распутицы.

Увеличится количество пассажиро- и грузоперевозок, отпадет опасность провалов под лед несанкционированно выехавших автомобилей в период весеннего и осеннего ледостава.

В настоящий момент переправа через реку Лена осуществляется в летнее время на пароме, в зимнее время – по автозимнику. Сроки работы переправы ограничены периодом навигации, продолжающейся с 25 мая по 20 октября (в соответствии с Программой гаранти-

рованных габаритов судоходного хода по Ленскому бассейну внутренних водных путей) и составляют от 140 до 155 дней, но могут быть изменены в зависимости от природно-гидрологической обстановки реки Лена. Организация ледовых переправ на территории Республики Саха (Якутия) регламентируется распоряжением Правительства Республики Саха (Якутия) от 28 декабря 2006 года №1595-Р «Об утверждении временного порядка по проектированию, устройству и эксплуатации ледовых переправ на зимних автомобильных дорогах в Республике Саха (Якутия)». Период работы ледовых переправ ограничен и регламентируется управляющей дорожной организацией. Исходя из фактического состояния толщины льда могут вводиться ограничения полной массы транспортных средств от 3 до 40 тонн.

Формирование Якутского транспортного узла, включающего возведение автомобильного мостового перехода через р. Лена, будет способствовать развитию промышленности. Формирование опорной сети автомобильных дорог с мостовым переходом через реку Лена в районе города Якутска значительно повысит качество и уровень жизни населения в зоне тяготения моста в следующие населённые пункты: г. Якутск и пгт. Жатай, г. Алдан и пгт. Лебединный, г. Томмот, пгт. Чульман, пгт. Витим, пгт. Пеледуй, пгт. Нижний Бестях. Строительство моста даст толчок развитию территорий в зоне тяготения проектируемого мостового перехода и города Якутска, как зоне перспективного развития промышленности, транспорта и сферы услуг. Именно здесь в перспективе будет концентрироваться население, а все процессы развития системы расселения будут идти наиболее активно [13].

Выводы

Учитывая суровые условия эксплуатации и особое значение случайных факторов в функционировании транспорта, надежность и безопасность доставки грузов автомобильным транспортом является приоритетной задачей для выживания и работы людей в условиях Севера. Необходимой базой реализации задач для развития транспортной системы Арктики и вхождения в цифровую экономику является повышение эффективности системы планирования и прогнозирования в условиях нестабильной транспортной сети и резких изменений метеорологической обстановки. В этих условиях насущной необходимостью является развитие новых научных подходов к методам математического моделирования, описывающих изменения в текущей ситуации функционирования региональных транспортных сетей. Указанные мероприятия позволят обеспечить предоставление государственным и коммерческим структурам достоверные прогнозные данные для планирования и последующего контроля выполнения графиков доставки грузов.

Доставка грузов конечному потребителю в районы севера России и Арктики является сложной жизнеобеспечивающей задачей для населения этих районов, решаемой, в большинстве случаев, на основе мультимодального перевозочного процесса, конечный этап которого обеспечивается автомобильным транспортом. Особенностью перевозочного процесса является разнообразие грузов первой необходимости, которые требуется доставить конечному потребителю, но основными являются топливо и продукты питания. Сложность доставки определяется чрезвычайно суровым, экстремальным климатом севера России. Видится перспективным развитие исследований в области использования разработанных теоретико-методологических положений и научных методов, имеющих универсальный характер, для решения важных вопросов доставки грузов потребителям всеми видами транспорта и повышения надёжности перевозок за счёт снижения рисков в условиях севера России, что соответствует принятой правительством России научно-практической программе «Арктика». Разработанные научно-технологические решения, оказывающие влияние на выживание населения, проживающего на этих территориях, должны получить дальнейшее развитие в их практическом применении при адаптации технологий планирования и диспетчерского управления с включением методов построения цифровых моделей транспортных сетей и интерактивных карт объектов транспортной инфраструктуры с учётом специфики природно-климатических условий северных территорий [15-20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О проекте стратегии социально-экономического развития Республики Саха на период до 2030 года с определением целевого видения до 2050 года: Постановление от 26 декабря 2016 года №455.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года / Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. №1734-р (в редакции распоряжения Прави-

тельства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. №1032-р).

3. Филиппова, Н.А. Методология организации и функционирования систем доставки грузов в Северные регионы: монография / под ред. В. М. Беляева – Москва: Техполиграфцентр, 2015. –208 с.

4. Филиппова, Н.А. Обеспечение оперативной и надежной доставки грузов в районы Крайнего Севера и Арктической зоны России: Монография – М.: Техполиграфцентр, - 2019. – С. 224.

5. Ишков А.М., Решетников А.П., Бояршинов А.Л. Эксплуатационная надежность транспорта, влияние ее на ДТП в условиях Севера // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. - №7(126). – С. 164-170.

6. Филиппова, Н.А. Принятие управленческих решений в цифровой среде обеспечения безопасного процесса перевозки пассажиров и грузов в северных регионах России: Монография – Санкт-Петербург: Петрополис, 2019. –88 с.

7. Куликов А.В., Фирсова С.Ю., Дорохина В.С. Повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – №3(79). – С. 286-305.

8. Транспортная стратегия Республики Саха: постановление Правительства Республики Саха от 31.05.2004 №258.

9. Схема комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха до 2020 года. - Утверждена постановлением Правительства Республики Саха (Якутия) от 06.09.2006 №411 и Правительством РФ 08.02.2007 (Протокол №5 от 08.02.2007).

10. Транспорт в РС (Я): статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). — Якутск. - 2008. — С. 104.

11. Официальный информационный портал Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.sakha.gov.ru/>

12. Филиппова Н.А., Иванова А.Е. Перспективы развития транспортной инфраструктуры в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: Сборник статей международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 195-198.

13. Ленский мост [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82

14. Разработка схемы расположения интеллектуальной транспортной системы для города Якутска / А.Е. Иванова - БСТ: Бюллетень строительной техники – 2019. – №11(1023). – С. 15-17.

15. Филиппова Н.А., Власов В.М. Методология повышения эффективности и надежности транспортно-технологической мультимодальной системы севера России // Научный Вестник МГТУ ГА. – Т. 22. - №6. - 2019. – С. 55-65.

16. Агеев, Е.В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей: учебное пособие – Курск: Юго-Зап. Гос. Ун-т, 2015. – 212 с.

17. Терентьев А.В., Ефименко Д.Б., Карелина М.Ю. Методы районирования, как методы оптимизации автотранспортных процессов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – №6(65). – С. 291-294.

18. Ишков А.М., Бояршинов А.Л., Решетников А.П. Статистический анализ безопасности дорожного движения (на примере города Якутска) // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения): Сборник статей V Международной научно-практической конференции. - 2018. - С. 26-31.

19. О схеме и программе развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2022-2026 годы: Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 29.04.2022 №2424.

20. Фирсова С.Ю., Куликов А.В., Советбеков Б. Роль транспортной логистики в обеспечении экзистенциальной безопасности человека // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета (Бишкек). - 2019. - Т. 19. - №8. - С. 97-101.

Филиппова Надежда Анатольевна

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский пр-т., 64

Профессор кафедры транспортной телематики и «Автомобильные перевозки»

E-mail: umen@bk.ru

Иванова Анна Егоровна

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

Адрес: 677007, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 42

Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»

E-mail: anuyaroh@mail.ru

Ишков Александр Михайлович

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

Адрес: 677007, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 42

Д.т.н., профессор кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»

E-mail: ishkovalexander81@gmail.com

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT ACCESSIBILITY IN THE ARCTIC ULUSES OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Abstract. *The article discusses the prospects for the development of transport accessibility of the Arctic uluses of the Republic of Sakha (Yakutia). The main characteristics of the bridge crossing over the Lena River are given and the improved indicators are described when it is put into operation.*

Keywords: *Arctic zone, bridge crossing, permafrost zone, cargo delivery, passenger traffic, cargo traffic*

BIBLIOGRAPHY

1. O proekte strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Respubliki Sakha na period do 2030 goda s opredeleniem tselevogo videniya do 2050 goda: Postanovlenie ot 26 dekabrya 2016 goda №455.
2. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda / Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyabrya 2008 g. №1734-r (v redaktsii rasporyazheniya Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 11 iyunya 2014 g. №1032-r).
3. Filippova, N.A. Metodologiya organizatsii i funktsionirovaniya sistem dostavki грузов v Severnye regiony: monografiya / pod red. V. M. Belyaeva - Moskva: Tekhpolygraftsentr, 2015. -208 s.
4. Filippova, N.A. Obespechenie operativnoy i nadezhnoy dostavki грузов v rayony Kraynego Severa i Arkticheskoy zony Rossii: Monografiya - M.: Tekhpolygraftsentr, - 2019. - S. 224.
5. Ishkov A.M., Reshetnikov A.P., Boyarshinov A.L. Ekspluatatsionnaya nadezhnost' transporta, vliyanie ee na DTP v usloviyakh Severa // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2017. - T. 21. - №7(126). - S. 164-170.
6. Filippova, N.A. Prinyatie upravlencheskikh resheniy v tsifrovoy srede obespecheniya bezopasnogo protsessa perevozki passazhirov i грузов v severnykh regionakh Rossii: Monografiya - Sankt-Peterburg: Petro-polis, 2019. -88 s.
7. Kulikov A.V., Firsova S.Yu., Dorokhina V.S. Povyshenie effektivnosti avtomobil'nykh perevozk v usloviyakh Kraynego Severa Rossiyskoy Federatsii // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. - 2021. - T. 18. - №3(79). - S. 286-305.
8. Transportnaya strategiya Respubliki Sakha: postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Sakha ot 31.05.2004 №258.
9. Skhema kompleksnogo razvitiya proizvoditel'nykh sil, transporta i energetiki Respubliki Sakha do 2020 goda. - Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Sakha (Yakutiya) ot 06.09.2006 №411 i Pravitel'stvom RF 08.02.2007 (Protokol №5 ot 08.02.2007).
10. Transport v RS (YA): statisticheskiy sbornik / Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Sakha (Yakutiya). - Yakutsk. - 2008. - S. 104.
11. Ofitsial'nyy informatsionnyy portal Respubliki Sakha (Yakutiya) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.sakha.gov.ru/>
12. Filippova N.A., Ivanova A.E. Perspektivy razvitiya transportnoy infrastruktury v Arkticheskoy zone Respubliki Sakha (Yakutiya) // Infokommunikatsionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte: Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2022. - S. 195-198.
13. Lenskiy most [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82
14. Razrabotka skhemy raspolozheniya intellektual'noy transportnoy sistemy dlya goroda Yakutska / A.E. Ivanova - BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki - 2019. - №11(1023). - S. 15-17.
15. Filippova N.A., Vlasov V.M. Metodologiya povysheniya effektivnosti i nadezhnosti transportno-tekhnologicheskoy mul'timodal'noy sistemy severa Rossii // Nauchnyy Vestnik MGTU GA. - T. 22. - №6. - 2019. - S. 55-65.
16. Ageev, E.V. Osobyie usloviya tekhnicheskoy ekspluatatsii i ekologicheskaya bezopasnost' avtomobiley: uchebnoe posobie - Kursk: YUgo-Zap. Gos. Un-t, 2015. - 212 s.
17. Terent'ev A.V., Efimenko D.B., Karelina M.YU. Metody rayonirovaniya, kak metody optimizatsii avtotransportnykh protsessov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2017. - №6(65). - S. 291-294.
18. Ishkov A.M., Boyarshinov A.L., Reshetnikov A.P. Statisticheskiy analiz bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (na primere goroda Yakutska) // Transport. Ekonomika. Sotsial'naya sfera (Aktual'nye problemy i ikh resheniya): Sbornik statey V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2018. - S. 26-31.
19. O skheme i programme razvitiya elektroenergetiki Respubliki Sakha (Yakutiya) na 2022-2026 gody: Ukaz Glavy Respubliki Sakha (Yakutiya) ot 29.04.2022 №2424.
20. Firsova S.Yu., Kulikov A.V., Sovetbekov B. Rol' transportnoy logistiki v obespechenii ekzisten-tsional'noy bezopasnosti cheloveka // Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo slavyanskogo universiteta (Bishkek). - 2019. - T. 19. - №8. - S. 97-101.

Filippova Nadezhda Anatolievna
Moscow Automobile and Road Construction State
Technical University
Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky pr-t, 64
Professor
E-mail: umen@bk.ru

Ishkov Alexander Mikhailovich
North-Eastern Federal University
Adress: 677007, Russia, Yakutsk, Kulakovskiy str., 42
Doctor of technical sciences
E-mail: ishkovalexander81@gmail.com

Ivanova Anna Egorovna
North-Eastern Federal University
Adress: 677007, Russia, Yakutsk, Kulakovskiy str., 42
Senior lecturer
E-mail: anyaproh@mail.ru

Научная статья

УДК 656.073:519.178

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-57-63

В.Е. ЯРКИНА, Е.К. ЯРКИН

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ГРУЗОВЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. В статье рассматривается актуальная задача повышения эффективности мультимодальных перевозок грузов на основе оптимизации маршрутов доставки. Задача сформулирована в терминах предметной области, интересующих заказчика перевозок. Математическая постановка задачи представлена в виде граф-модели, учитывающей динамические изменения требований, как грузоотправителя, так и грузополучателя. По мнению авторов, такой подход к решению логистической задачи позволяет мультимодальному оператору своевременно реагировать на изменения и дает некоторые преимущества при выборе эффективного маршрута в условиях санкционного давления и закрытия границы.

Ключевые слова: мультимодальные грузовые перевозки; математическая постановка задачи; оптимизация маршрута доставки; критерии оптимизации

Введение

Начнем с того, что роль транспорта и транспортно-экспедиторской деятельности трудно переоценить. Особенная роль отведена транспорту в России с ее огромной территорией и необходимостью больших объемов перевозок грузов. Как не старается «коллективный запад» но стереть Россию с карты мира не удастся. Россия была и остается связующим логистическим звеном между западом и востоком, между Азией и Европой. Особенно ярко это проявляется сейчас во время беспрецедентного давления запада, пытающегося ограничить транзитные возможности России.

В связи с необходимостью адаптации и развития экономики России в условиях санкций и ограничений, её выгодным геополитическим расположением, целесообразно использовать мультимодальные перевозки, как рычаг подъема транспортной инфраструктуры, а вместе с ней и всей экономики страны.

Грузовые мультимодальные перевозки (ГММП) мы рассматриваем, прежде всего, как «транспортировку различных грузов, осуществляемую одной транспортной компанией с применением нескольких видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, водного, авиационного) с заключением единого договора на предоставление услуг» [1-5].

Говоря о необходимости включения в цепочку поставок второго или даже третьего вида транспорта мы имеем ввиду, прежде всего, наличие на рассматриваемой территории соответствующей транспортно-логистической инфраструктуры (ТЛИН), а также степени её развития и доступности для грузоотправителей (ГО) и грузополучателей (ГП). Т.е. наличие соответствующих объектов ТЛИН (грузовых станций, портов и т.п.) и связующих их автомобильных, железных дорог, авиационных и водных путей. При этом берется во внимание прежде всего снижение затрат на перевозку/перевалку, сокращение времени доставки и высокий уровень логистического сервиса.

И наконец, говоря о мультимодальных перевозках, необходимо вспомнить о важнейшем звене – транспортно-экспедиторской компании, которая полностью отвечает за организацию и осуществление технологического процесса доставки груза «от двери к двери» и называется мультимодальным транспортным оператором (МТО) [6]. Ответственность перед заказчиком перевозки оформляется соответствующим договором, а сам грузовладелец в процессе перевозки участия не принимает и лишь осуществляет контроль за движением груза через мультимодального оператора.

В качестве оператора смешанной (мультимодальной) перевозки может быть любое юридическое лицо, способное само или от своего имени через другое лицо, действующее по доверенности, заключить договор смешанной перевозки и действовать как сторона договора от имени грузоотправителя или перевозчиков участвуя в операциях смешанной перевозки и неся полную ответственность за исполнение договора [7].

Различают внутренние (на территории одной страны) и интермодальные (межконтинентальные) мультимодальные перевозки, которые по своей сути остаются смешанными [8, 9]. Также можно сказать, что любая перевозка может быть смешанной (мультимодальной). Например, если осуществляется перевозка железнодорожным транспортом, то груз необходимо доставить на станцию с помощью автотранспорта. Аналогично при авиaperевозке груз сначала доставляется в аэропорт автотранспортом, а затем перегружается на самолет. Более типичная железнодорожно-водная грузоперевозка, осуществляемая с помощью железнодорожного транспорта до порта, затем перегрузка на судно и т.д.

Материал и методы

В большинстве случаев ГММП используются для экономии времени и ресурсов, а иногда из-за отсутствия другого способа доставки, просто для осуществления самой доставки, как таковой, даже при увеличении затрат. Например, быстрая доставка скоропортящихся грузов авиатранспортом или наоборот увеличения длины маршрута в обход логистических пунктов недружественных стран. Но в любом случае всегда возникает необходимость, как минимум одной перегрузки с одного вида транспорта на другой, что является большим недостатком мультимодальных перевозок [10, 11].

Большая часть издержек при реализации продукции составляют расходы на логистику. Для того чтобы сократить издержки предприятия поставщики продукции заключают договора с транспортно-экспедиционными компаниями, которые, в свою очередь, за счет оптимизации транспортных маршрутов в мультимодальных перевозках грузов, позволяют это сделать [12, 13].

Именно МТО составляет эффективные транспортные маршруты доставки грузов от грузоотправителя (ГО) к грузополучателю (ГП) и оценивает их по критериям время, расстояние и стоимость. Кроме того, и ГО и ГП могут выдвигать различные дополнительные требования или пожелания, например, такие как сокращение сроков доставки даже за счет увеличения общей стоимости доставки.

Также могут возникнуть ряд непредвиденных обстоятельств: погодные условия, состояние дорожного полотна, дорожно-транспортные происшествия, военные действия и т.п. В любом случае возникает необходимость быстрой корректировки маршрутов доставки для избегания увеличения общих логистических издержек [14].

Еще одним «узким» местом ГММП является, как уже говорилось выше, перевалка груза с одного вида транспорта на другой. Перевалка происходит в так называемых транспортных узлах (логистических центрах, портах, ж/д станциях). Поэтому одной из основных обязанностей МТО является такая организация перегрузки транзитных грузов с одного вида транспорта на другой при которой уменьшаются издержки на перевалку и уменьшается время пребывания груза в транспортном узле [15, 16].

В настоящее время стоимость доставки иногда сопоставима со стоимостью груза (товара), а скорость доставки является приоритетом для перевозчиков, поэтому задача оптимизации маршрутов перевозки приобретает особую актуальность.

Перед МТО всегда стоит актуальная задача выбора мультимодального маршрута, удовлетворяющего дополнительным требованиям ГО и ГП, но при этом обеспечивающая экономическую целесообразность, эффективность ГММП [17]. Одним из методов решения такой задачи является оптимизация маршрутов по различным критериям [18, 19].

Теория / Расчет

Рассмотрим организацию ГММП в рамках региона или территории, обладающей набором M унимодальных транспортных сетей, которые можно выделить из всей транспортно-логистической инфраструктуры (ТЛИН) и представить в формализованном виде. Например, магистральная автодорога, железнодорожная станция или судоходная река, морской порт и т.п.

Поскольку любая логистическая система может быть представлена в виде графа, то определим модель ТЛИН неким ориентированным графом $G = (N, M, A, P)$, в кото-

ром $N = \{n_1, n_2, \dots, n_j\}$ - множество коммуникационных узлов, $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$ - набор транспортных сетей разных видов транспорта (например, железнодорожного, автомобильного, водного, авиационного) и $A = \{a_1, a_2, \dots, a_l\}$ - это множество дуг графа G .

Каждая из дуг a_i , представляет собой некоторое множество $p_{ai} \in P$, где $P = \{p_{a1}, \dots, p_{az}\}$, определяющее вес (стоимость) включения дуги в решение (например, время доставки, стоимость перегрузки или перевозки).

Далее, используя прием абстракции, называемый графом переноса и изложенный в [20], представим ТЛИН в виде граф-модели

$$T = (N, A, C, T_r), \quad (1)$$

где $N = \{n_1, n_2, \dots, n_j\}$ - множество существующих транспортных узлов ТЛИН (узлов перевалки/перегрузки);

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_i\} \subseteq N \times N \times M$ - множество дуг, означающих возможность перехода из узла n_i к узлу n_j путем смены вида транспорта m_k (дуга $a_i \in A$ может быть идентифицирована как $(n_i, n_j, m_k)_i$, где $n_i, n_j \in N \wedge m_k \in M$);

$C = \{C_1, \dots, C_m\}$ - набор отдельных транспортных сетей, называемых компонентами, где каждый компонент, $C_g = (N_g, A_g, P_g)$, $N_g \subseteq N$, $A_g \subseteq A$ и $P_g \subseteq P$. При этом C определяется так, что $N = \bigcup_{\forall g} N_g$, $A = \bigcup_{\forall g} A_g$ и $P = \bigcup_{\forall g} P_g$ для всех $g = 1, \dots, m$, $C_g = (C_g, A_g, P_g) \wedge C_g \in C$;

$T_r = \{t_r \mid t_r = (n_i, n_j), n_i \in N_g \wedge n_j \in N_{g'} \wedge n_i = n_j \wedge g \neq g'\}$ - множество дуг, определяющих стоимостную оценку перевалки груза между двумя видами транспорта и возможность включения их в решение.

Определим адреса ГО и ГП, задав некоторые вершины $s, d \in N$ на множестве N , которые будут соответствовать адресам грузоотправителя и грузополучателя.

Необходимо так же отметить, что для графа (1), две его различные компоненты C_g и $C_{g'}$, имеющие $N_g \cap N_{g'} = \emptyset$ не являются обязательными, однако принятое условие $A_g \cap A_{g'} = \emptyset$ должно всегда сохраняться.

Считаем, что узел n является точкой передачи (перевалки), когда $n \in N_g \cap N_{g'}$, то есть любой узел, который принадлежит более чем одному компоненту (передача может быть связана с компонентами графа переноса).

В предлагаемой модели множество Tr задается весом стоимости и времени перегрузки в соответствующих $t_r \in Tr$ в отличие от [20].

Рассмотрим пример, представленный на рисунке 1, где C_1 (железнодорожный транспорт), C_2 (водный транспорт) и C_3 (автотранспорт) являются компонентами, соединенными тремя переносами - дугами t_{r1}, t_{r2}, t_{r3} , а узлы a, b и c являются точками переноса (для ГММП это пункты перегрузки или перевалки грузов с одного вида транспорта на другой). Также из рисунка видно, что узлы s и узлы d могут входить в состав более чем одного компонента, потому что они могут быть точками передачи (перевалки). Абстракция представленного на рисунке 1 графа разделяет виды транспорта в унимодальных сетях.

Когда возникает инцидент (например, пробка на дороге, закрытие пункта пропуска и т.д.) для соответствующего вида транспорта, то он не влияет глобально на общее представление модели, но влияет локально. Тогда необходимо обновить только те компоненты, которые связаны с инцидентом, т.е. изменить мультимодальный маршрут.

Для решения этой задачи каждому компоненту C_1, C_2, C_3 необходимо определить собственное подмножество стоимостных оценок его дуг соответственно

$$P^{c1} = \{p_{a1}^{c1}, p_{a2}^{c1}, p_{a3}^{c1}, p_{a4}^{c1}\}, P^{c2} = \{p_{a1}^{c2}, p_{a2}^{c2}, p_{a3}^{c2}\}, P^{c3} = \{p_{a1}^{c3}, p_{a2}^{c3}, p_{a3}^{c3}, p_{a4}^{c3}, p_{a5}^{c3}\},$$

что учитывается при $P = \bigcup_{\forall P} P^{ci}$.

Тогда, очевидно, что в данном случае множество стоимостных оценок перевалки/перегрузки может быть определено как $T_r = \{t_{r1}, t_{r2}, t_{r3}\}$.

На основании совокупности принятых выше определений и допущений, опишем значения стоимостных оценок $p_{ai} \in P$ и $t_{rj} \in T_r$ кортежами следующего вида

$$(t, p, l), \tag{2}$$

где t – время необходимое для перегрузки/перевалки;

p – возможные затраты на перегрузку/перевалку;

l – протяженность маршрута (для t_{rj} не задается или равна нулю).

В этом случае вес каждого ребра (дуги), определим как $p_{a1} = (t_1, p_1, l_1)$, $p_{a2} = (t_2, p_2, l_2)$ и $p_{a3} = (t_3, p_3, l_3)$, а вес стоимостных оценок перевалки груза будет соответственно - $t_{r1} = (t'_1, p'_1, 0)$, $t_{r2} = (t'_2, p'_2, 0)$, $t_{r3} = (t'_3, p'_3, 0)$.

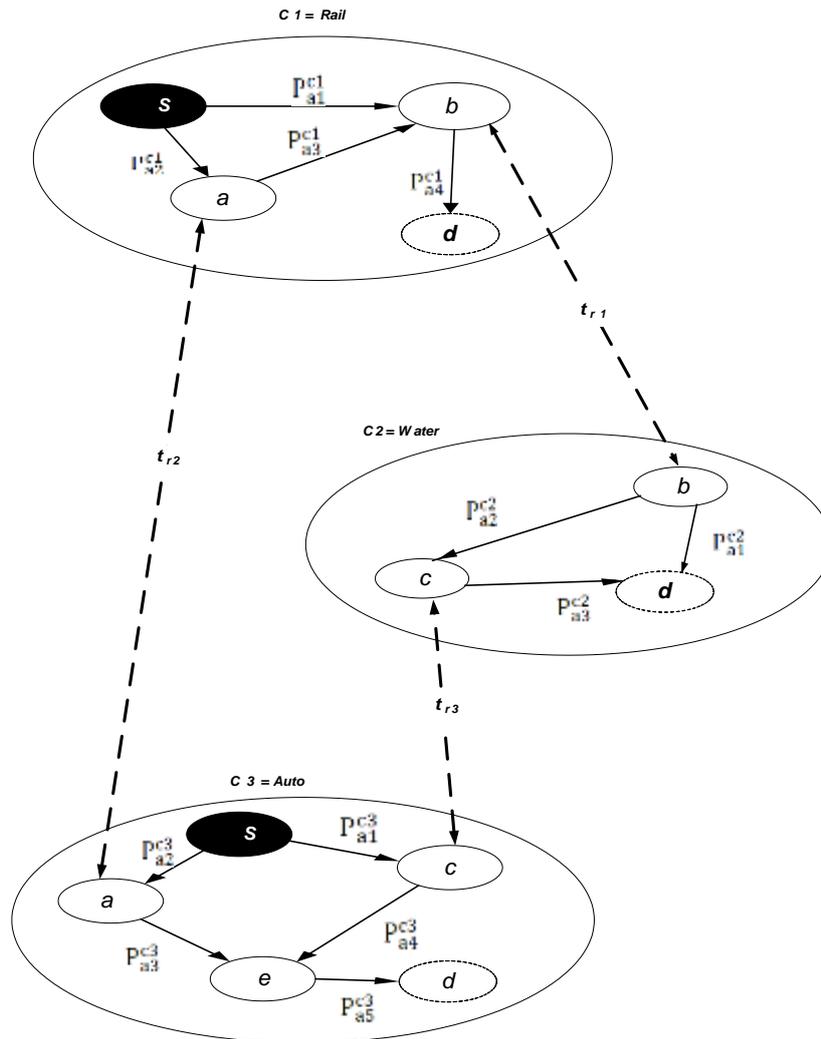


Рисунок 1 - Иллюстрация графа переноса в интерпретации авторов [21]

Задачу оптимизации маршрутов мультимодальных грузовых перевозок можно описать следующим образом. На рассматриваемой территории (в регионе) имеется сложившаяся транспортная инфраструктура с несколькими видами транспорта. Необходимо составить маршрут передвижения груза по существующим линиям разными видами транспорта, чтобы обеспечить минимум затрат на перевозку/перевалку грузов и сократить суммарное время доставки грузов.

Теперь, используя граф-модель (1) и множества стоимостных оценок P и T_r , выраженных с помощью (2), целевую функцию, определяющую эффективность (оптимальность) того

или иного маршрута ГММП, представим в следующем виде:

$$F = a_1 \cdot f_1 + a_2 \cdot f_2 + a_3 \cdot f_3, \quad (3)$$

где a_1, a_2, a_3 – весовые коэффициенты критериев целевой функции;

f_1 – обобщенный критерий, учитывающий время доставки: $f_1 = \sum t_i$;

f_2 – обобщенный критерий, учитывающий затраты на перевозку и перевалку груза:
 $f_2 = \sum p_i$;

f_3 – обобщенный критерий, учитывающий общую, длину маршрута ГММП: $f_3 = \sum l_i$.

Здесь необходимо отметить, что для практического использования критериев f_1, f_2, f_3 они должны быть четко определены и нормированы.

Что касается значения весовых коэффициентов a_1, a_2 и a_3 то они задаются мультимодальным оператором с учетом требований (пожеланий) ГО и ГП, описанных выше.

Следует также отметить, что значения стоимостных оценок t, p и l для всех p_{ai} и t_{ij} могут меняться во времени (например, изменение тарифов перегрузки в дневное и ночное время) поэтому граф (1) можно считать темпоральным, а задачу $F(f_1, f_2, f_3) \rightarrow \min$ – динамической, а ее решение – вариативным.

Результаты и обсуждение

Предлагаемая граф-модель ГММП основана на интерпретации графа переноса. Современный подход при решении логистических задач, в том числе и выбора маршрутов доставки грузов, предполагает использование нескольких видов транспорта и существующих на рассматриваемой территории транспортных сетей. Оптимизация таких мультимодальных маршрутов может быть осуществлена по следующему алгоритму:

- выделяем на карте территории s (ГО), d (ГП) и точки перевалки груза;
- определяем и прокладываем маршруты перевозки отдельными видами транспорта;
- формируем составной маршрут с учетом точек перевалки груза;
- оцениваем полученный маршрут с помощью (3).

Вполне уместным является вопрос о правомерности использования известного представления логистической цепи в виде графа переноса. На этот вопрос можно ответить так: использование известных решений в новой или дополненной интерпретации тоже можно считать новым. Например, давно известная пресловутая «транспортная задача» обладает десятками интерпретаций ее постановки и решения. А выбор кратчайшего пути по алгоритму Дейкстры присутствует практически в каждой задаче выбора логистических маршрутов, но в разных вариантах с дополнениями и изменениями [22]. По мнению авторов, интерпретация графа переноса, предложенного в [20], позволяет по новому взглянуть на задачу выбора маршрутов доставки грузов. Новое заключается в применении граф-модели с вершинами в точках перевалки и ребрами (дугами) графа, учитывающими потери не только на перевозку, но и затраты на перевалку грузов.

Выводы

Подводя итог вышеизложенных предложений и рассуждений можно сделать следующие заключения.

1. Задача оптимизации маршрутов мультимодальных перевозок грузов является актуальной, прежде всего в практическом плане, что подтверждается многочисленными публикациями, в том числе и приведенными выше.
2. Обсуждаемая задача актуальна и в теоретическом плане, поскольку принадлежит к классу задач многокритериальной оптимизации, которые ставятся и решаются исследователями комплексных транспортных проблем.
3. При постановке обсуждаемой задачи главным является выбор средств и методов описания. Предлагаемая в статье граф-модель позволяет учесть различные, изменяющиеся во времени, внешние условия перевозки, что, по мнению авторов, дает приоритет при выборе эффективного логистического маршрута доставки грузов.

Конечно, попытка авторов решить задачу в рамках единой (глобальной) модели может привести к успеху лишь в частном случае, когда априори известны все возможные элементы

ТЛИН и стоимостные оценки их использования. Кроме того, важно определить единые критерии оптимальности. Однако, в современных условиях всегда возникает необходимость в альтернативной постановке и решении логистической задачи, что, в свою очередь, предопределяет предмет следующего этапа ее исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев Д. Мультимодальная перевозка: определение, виды, схема [Электронный ресурс] / 2015. – Режим доступа: https://www.syl.ru/article/212195/new_multimodalnaya-perevozka-opredelenie-vidyi-shema.
2. Плужников К.И., Милославская С.В. Мультимодальные и интермодальные перевозки. - М.: РосКонсульт, 2001. - 368 с.
3. Левкин Г.Г. Организация интермодальных перевозок: конспект лекций. - М. - Берлин: Директ-Медиа, 2014. - 178 с.
4. Сханова С.Э. Транспортно-экспедиционное обслуживание. - М.: Академия, 2005. - 432 с.
5. Кириллов Ю.И., Кириллова Е.В. Смешанные перевозки в условиях интеграции транспортных коммуникаций. Проблемы терминологии [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.nbuvi.gov.ua/portal/Soc_Gum/Mzurts/2011_17/files/tl705.pdf.
6. Передерий М.В., Боровая Л.В. Перспектива развития транспортного обеспечения промышленности России // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). - 2011. - №4. - С. 58-63.
7. Шарапов Д. Мультимодальная перевозка. Особенности и преимущества [Электронный ресурс] / 2013. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/108065/multimodalnaya-perevozka-osobennosti-i-preimuschestva>.
8. Землянский П.Л. Сущность и классификация смешанных перевозок // Транспортное право. - №3. – 2004.
9. Левиков Г.А., Тарабанько В.В. Смешанные перевозки (состояние, проблемы, тенденции). - 2-е изд., испр. и доп. – М.: РосКонсульт, 2006. – 224 с.
10. Ларин О.Н., Альметова З.В., Шарапов Д.К. Обоснование рациональных параметров погрузочно-разгрузочных комплексов в мультимодальных транспортно-логистических центрах // Инновационный транспорт. – 2014. – №1. – С. 6-12.
11. Василёнок В.Л., Негреева В.В., Шевченко Я.В. Организация интермодальных перевозок: международный и российский опыт // Экономика и экологический менеджмент. - 2015. - №4.
12. Дмитриев А.В. Интермодальные технологии в логистике транспортно-экспедиторских услуг // Российское предпринимательство. – 2015. – Т. 16. – №5.
13. Woo S. H. et al. Multimodal route choice in maritime transportation: the case of Korean auto-parts exporters // Maritime Policy & Management. – 2018. – Т. 45. – №1. – С. 19-33.
14. Hao C., Yue Y. Optimization on combination of transport routes and modes on dynamic programming for a container multimodal transport system // Procedia engineering. – 2016. – Т. 137. – С. 382-390.
15. Столяр Е. Система управления транспортировкой: Управление транспортировкой в цепях поставок // Логистика и управление цепями поставок. - 2012. – 01(48) – С. 66.
16. Тимофеев Ю.С., Земцова Е.М. Совершенствование организации мультимодальных перевозок в России // Редакционная коллегия. – 2016. – Т. 1. – С. 316.
17. Zeng T., Hu D., Huang G. The transportation mode distribution of multimodal transportation in automotive logistics // Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2013. – Т. 96. – С. 405-417.
18. Galvez-Fernandez C. et al. Distributed approach for solving time-dependent problems in multimodal transport networks // Advances in operations research. – 2009. – Т. 2009.
19. Bauer R., Delling D., Wagner D. Experimental study of speed up techniques for timetable information systems // Networks 57. – 2011. – P. 38-52. - doi: 10.1002/net.20382.
20. Aved H., Galvez-Fernandez C., Habbas Z., Khadraoui D. Solving timedependent multimodal transport problems using a transfer graph model // Comput. Ind. Eng. - 2011. - №61. – P. 391-401.
21. Яркин Е.К., Романенко В.Е., Мохов В.А. Оптимизация маршрутов грузовых мультимодальных перевозок // Тенденции развития науки и образования. – 2020. - №66-1. - С. 55-59. - doi: 10.18411/lj-10-2020-15, idsp: ljjournal-10-2020-15.
22. Вичугова А. Для логистики и не только: алгоритм Дейкстры в Neo4j-библиотеке Graph Data Science [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://neo4j.com/docs/graph-data-science/current/algorithms/dijkstra-source-target/>.

Яркина Валерия Евгеньевна

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: 346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Аспирант
E-mail: valer.rom@mail.ru

Яркин Евгений Квзьмич

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: 346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Доцент кафедры Международных логистических систем и комплексов
E-mail: yarkin_e@mail.ru

V.E. YARKINA, E.K. YARKIN

TO THE QUESTION OF MATHEMATICAL STATEMENT OF THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF ROUTES OF CARGO MULTIMODAL TRANSPORTATION

Abstract. The article deals with the urgent task of increasing the efficiency of multimodal transportation of goods based on the optimization of delivery routes. The task is formulated in terms of the subject area of interest to the transportation customer. The mathematical statement of the problem is presented in the form of a graph model that takes into account dynamic changes in the requirements of both the consignor and the consignee. According to the authors, this approach to solving the logistics problem allows the multimodal operator to respond to changes in a timely manner and gives some advantages when choosing an effective route in the face of sanctions pressure and border closures.

Key words: multimodal freight transportation; mathematical formulation of the problem; delivery route optimization; optimization criteria

BIBLIOGRAPHY

1. Avdeev D. Mul'timodal'naya perevozka: opredelenie, vidy, skhema [Elektronnyy resurs] / 2015. - Rezhim dostupa: https://www.svl.ru/article/212195/new_multimodalnaya-perevozka-opredelenie-vidyi-shema.
2. Pluzhnikov K.I., Miloslavskaya S.V. Mul'timodal'nye i intermodal'nye perevozki. - M.: RosKonsul't, 2001. - 368 s.
3. Levkin G.G. Organizatsiya intermodal'nykh perevozok: konspekt lektsiy. - M. - Berlin: Direkt-Media, 2014. - 178 s.
4. Skhanova S.E. Transportno-ekspeditsionnoe obsluzhivanie. - M.: Akademiya, 2005. - 432 s.
5. Kirillov Yu.I., Kirillova E.V. Smeshannye perevozki v usloviyakh integratsii transportnykh kommunikatsiy. Problemy terminologii [Elektronnyy resurs] / Pezhim dostupa: http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Mzurts/2011_17/files/tl705.pdf.
6. Perederiy M.V., Borovaya L.V. Perspektiva razvitiya transportnogo obespecheniya promyshlennosti Rossii // Vestnik Yuzhno-Rossiyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (NPI). - 2011. - №4. - S. 58-63.
7. Sharapov D. Mul'timodal'naya perevozka. Osobennosti i preimushchestva [Elektronnyy resurs] / 2013. - Rezhim dostupa: <http://fb.ru/article/108065/multimodalnaya-perevozka-osobennosti-i-preimushchestva>.
8. Zemlyanskiy P.L. Sushchnost' i klassifikatsiya smeshannykh perevozok // Transportnoe pravo. - №3. - 2004.
9. Levikov G.A., Taraban'ko V.V. Smeshannye perevozki (sostoyanie, problemy, tendentsii). - 2-e izd., ispr. i dop. - M.: RosKonsul't, 2006. - 224 s.
10. Larin O.N., Al'metova Z.V., Sharapov D.K. Obosnovanie ratsional'nykh parametrov pogruzochno-razgruzochnykh kompleksov v mul'timodal'nykh transportno-logisticheskikh tsentrakh // Innovatsionnyy transport. - 2014. - №1. - S. 6-12.
11. Vasilionok V.L., Negreeva V.V., Shevchenko Ya.V. Organizatsiya intermodal'nykh perevozok: mezhdunarodnyy i rossiyskiy opyt // Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment. - 2015. - №4.
12. Dmitriev A.V. Intermodal'nye tekhnologii v logistike transportno-ekspeditorskikh uslug // Rossiyskoe predprinimatel'stvo. - 2015. - T. 16. - №5.
13. Woo S. H. et al. Multimodal route choice in maritime transportation: the case of Korean autoparts exporters // Maritime Policy & Management. - 2018. - T. 45. - №1. - S. 19-33.
14. Hao C., Yue Y. Optimization on combination of transport routes and modes on dynamic programming for a container multimodal transport system // Procedia engineering. - 2016. - T. 137. - S. 382-390.
15. Stolyar E. Sistema upravleniya transportirovkoy: Upravlenie transportirovkoy v tsepyakh postavok // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. - 2012. - 01(48) - S. 66.
16. Timofeev Yu.S., Zemtsova E.M. Sovershenstvovanie organizatsii mul'timodal'nykh perevozok v Rossii // Redaktsionnaya kollegiya. - 2016. - T. 1. - S. 316.
17. Zeng T., Hu D., Huang G. The transportation mode distribution of multimodal transportation in automotive logistics // Procedia-Social and Behavioral Sciences. - 2013. - T. 96. - S. 405-417.
18. Galvez-Fernandez C. et al. Distributed approach for solving time-dependent problems in multimodal transport networks // Advances in operations research. - 2009. - T. 2009.
19. Bauer R., Delling D., Wagner D. Experimental study of speed up techniques for timetable information systems // Networks 57. - 2011. - R. 38-52. - doi: 10.1002/net.20382.
20. Aved H., Galvez-Fernandez C., Habbas Z., Khadraoui D. Solving time-dependent multimodal transport problems using a transfer graph model // Comput. Ind. Eng. - 2011. - №61. - R. 391-401.
21. Yarkin E.K., Romanenko V.E., Mokhov V.A. Optimizatsiya marshrutov gruzovykh mul'timodal'nykh perevozok // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. - 2020. - №66-1. - S. 55-59. - doi: 10.18411/lj-10-2020-15, idsp: ljjournal-10-2020-15.
22. Vichugova A. Dlya logistiki i ne tol'ko: algoritm Devkstry v Neo4j-biblioteke Graph Data Science [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://neo4j.com/docs/graph-data-science/current/algorithms/dijkstra-source-target/>.

Yarkina Valeria Evgenjevna
South-Russian State Polytechnic University
Address: 346428, Russia, Novocherkassk
Postgraduate student
E-mail: valer.rom@mail.ru

Yarkin Evgeny Kuzmich
South-Russian State Polytechnic University
Address: 346428, Russia, Novocherkassk
Associate Professor
E-mail: yarkin_e@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13.05

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-64-73

С.С. СЕМЧЕНКОВ, Д.В. КАПСКИЙ, А.О. ЛОБАШОВ

СЕКТОРАЛЬНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

***Аннотация.** Залогом успеха в обеспечении устойчивой мобильности населения является надёжная работа маршрутного пассажирского транспорта (МПТ). Одним из показателей эффективности МПТ является размер затрат на перевозку пассажира. Наибольший вклад в эти затраты вносит заработная плата водителей, что формирует интерес к повышению эффективности использования режима их рабочего времени. Для снижения уровня непродуктивных затрат на основе предложенной модели разработан секторальный метод, представленный в статье.*

***Ключевые слова:** устойчивая мобильность, маршрутный пассажирский транспорт, режим использования рабочего времени, непродуктивные затраты, секторальный метод*

Введение

Обеспечивая основные передвижения населения в городах, МПТ играет неопределимую роль в устойчивом развитии (социальном, экономическом, экологическом) городской среды и обеспечении устойчивой мобильности населения [1]. В современных условиях перевозки пассажиров МПТ в Республике Беларусь становятся как никогда востребованными. Так в 2021 г. транспортными средствами (ТС) МПТ было перевезено 1 304,9 млн. пасс. [2]. Значимость МПТ и дальнейшее его развитие вызывают определённый научный интерес в области проработки вопросов повышения эффективности МПТ (далее - ЭМПТ) с точки зрения совершенствования процессов организации работы предприятий МПТ. Рассмотрению вопроса ЭМПТ в данном направлении в различное время посвящались работы Веклича В.Ф., Вельможина А.В., Гудкова В.А., Доли В.К., Ефремова И.С., Зильберталя А.Х., Ларина О.Н., Правдина Н.В., Седюкевича В.Н., Спирина И.В. [3-6]. Так, в исследованиях Седюкевича В.Н. показано, что затраты на перевозку одного пассажира в наибольшей степени определяются как удельные затраты предприятия МПТ на 1 км пробега, средней дальностью поездки пассажира, пассажироместимостью ТС и коэффициентом её использования [2]. Анализ исследований показывает, что большинство работ посвящено выбору вида транспорта для обслуживания маршрутов, определению рациональной модели его использования, выбору оптимальной пассажироместимости и управлению коэффициентом использования пассажироместимости [3-4, 6, 8-13]. При этом недостаточно проработаны вопросы, касающиеся выявления неочевидных резервов в удельных затратах МПТ на 1 км пробега.

Настоящая работа ставит своей целью повышение эффективности МПТ на имеющейся маршрутной сети по действующим расписаниям движения на основе совершенствования организации и планирования работы водителей МПТ, заключающиеся в рациональном режиме использования рабочего времени (далее - РИРВ).

Материал и методы

Для получения данных для исследования режима использования рабочего времени водителей были углублённо проанализированы первичные учётные документы предприятий МПТ. В связи с тем, что ежедневная продолжительность работы водителя МПТ определяется расписанием движения и не является постоянной, для водителей применяется режим суммированного учёта рабочего времени, обязательным для которого является разработка графика работ на учётный период [14].

В качестве учётного периода предприятия МПТ выбирают один месяц, что позволяет осуществлять планирование работы водителей на обозримый период и производить расчёт продолжительности работы с выплатой причитающейся за сверхурочную работу суммы по

окончании каждого месяца. Режим рабочего времени водителей определяется временем начала и окончания каждого рабочего дня (смены), его продолжительностью, временем начала и окончания обеденных перерывов, перерывов между частями рабочего дня, количеством и очередностью рабочих и выходных дней в учётном периоде. Таким образом, график работ - это документ, которым устанавливается режим работы водителей.

По характеру распределения продолжительности работы водителя в смену $t_{см}$ (на примере троллейбусного предприятия) по расписанию для будних дней недели можно выделить непрерывные смены ($n = 235$; среднее = 7,9353; ст. откл. = 1,646; макс. = 10,9; мин. = 3,78) и смены с разделением рабочего дня на части ($n = 39$; среднее = 8,8562; ст. откл. = 0,8381; макс. = 10,23; мин. = 7,15). По выходным дням недели предусматриваются только непрерывные смены, и характер их распределения отличается от непрерывных смен по рабочим дням ($n = 155$; среднее = 8,6035; ст. откл. = 1,2297; макс. = 10,72; мин. = 5,43).

Гистограммы распределения продолжительности смен водителей приведены на рисунке 1.

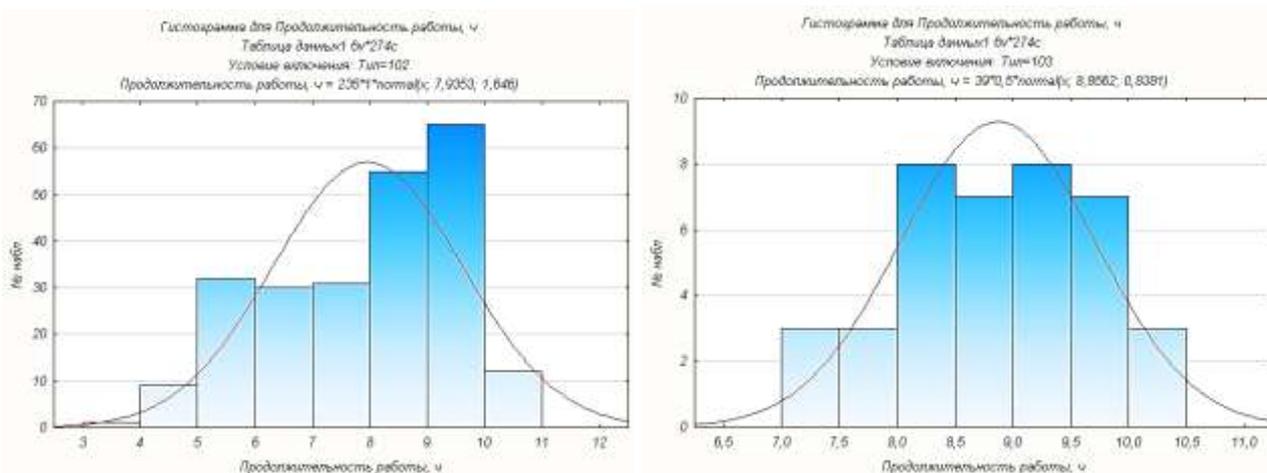


Рисунок 1 – Гистограммы распределения продолжительности смен водителей по непрерывным сменам (слева) и по сменам с разделением дня на части (справа)

При этом характер распределения продолжительности смен водителей различается также по различным маршрутам, что видно на диаграммах размаха, приведённых на рисунке 2.

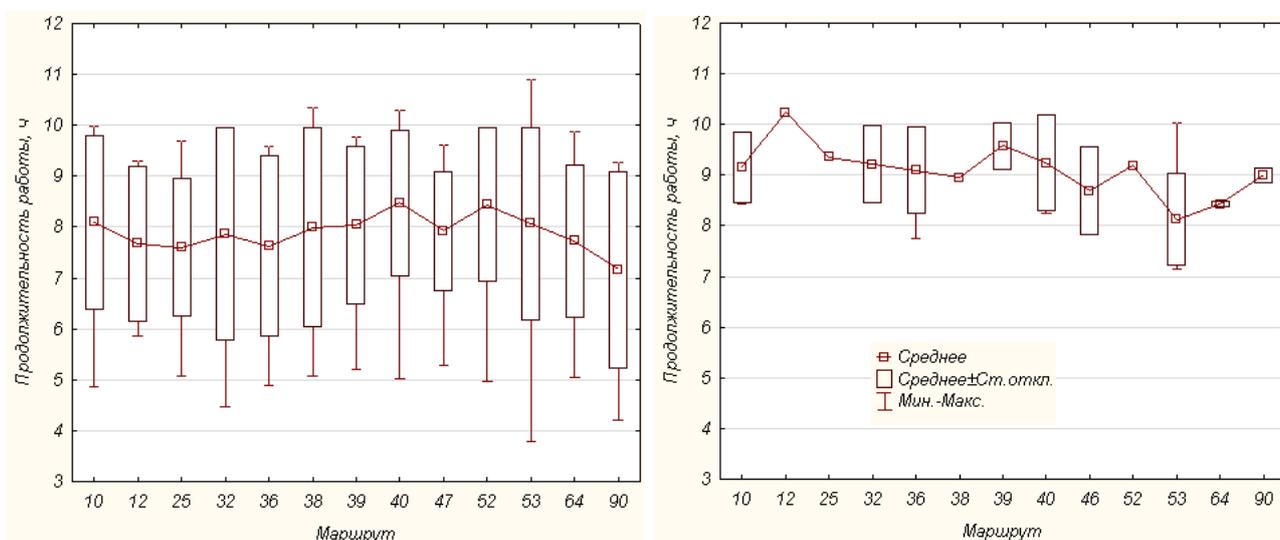


Рисунок 2 – Диаграммы размаха продолжительности смен водителей на различных маршрутах по непрерывным сменам (слева) и по сменам с разделением дня на части (справа)

Принимая во внимание то обстоятельство, что водители на предприятиях МПТ закрепляются для работы за постоянными маршрутами [15], на которых они работают за исключением редких случаев незапланированных перестановок, следует отметить, что характер их занятости на этом маршруте, а, следовательно, и характер использования их рабочего времени при работе на маршруте значительно различается от маршрута к маршруту.

В то же время, продолжительность рабочей смены водителя $t_{см}$, установленной расписанием движения можно представить в виде модели (1):

$$t_{см} = t_{пв} + t_{зв} + t_{нрн} + t_{нрк} + n_{AB} (t_{AB} + t_{стоB}) + n_{BA} (t_{BA} + t_{стоA}) + t_{стоA} + t_{стоB}, \quad (1)$$

где $t_{пв}$ - подготовительное время;

$t_{зв}$ - заключительное время;

$t_{нрн}$ - продолжительность нулевого рейса в начале смены;

$t_{нрк}$ - продолжительность нулевого рейса при окончании смены;

n_{AB}, n_{BA} - количество рейсов в направлении АВ и ВА;

t_{AB}, t_{BA} - продолжительность рейсов в направлении АВ и ВА;

$t_{стоB}, t_{стоA}$ - продолжительность обязательных стоянок на станциях А и В;

$t_{стдB}, t_{стдA}$ - продолжительность необязательных стоянок на станциях А и В.

При этом в модели (1) $t_{пв}, t_{зв}$ постоянны, а на этапе разработки расписания движения $t_{нрн}, t_{нрк}$ определяются как временем, необходимым для выполнения нулевого рейса, так и видом смены (с выездом ТС из парка, возвратом ТС в парк, со сменой водителей на линии), продолжительность t_{AB}, t_{BA} основных рейсов в направлениях АВ и ВА определяется временем, необходимым для их выполнения, продолжительность стоянок $t_{стоA}, t_{стоB}$ зависит от используемого вида МПТ, а время дополнительных стоянок $t_{стдA}, t_{стдB}$ на конечных станциях А и В, как и количество рейсов n_{AB}, n_{BA} определяются при составлении расписания и продиктованы потребностью в перевозках. Наибольшую долю в $t_{см}$ составляет время, используемое для выполнения n_{AB}, n_{BA} рейсов в направлениях АВ и ВА (вместе составляющих оборотные рейсы), соответственно, фактическое время $t_{см}$ будет в большей степени определяться временем $T_{факт}$ выполнения оборотного рейса. На рисунке 3 показана диаграмма размаха времени оборотного рейса по расписанию и фактического времени движения, а также гистограмма распределения фактического времени выполнения оборотного рейса.

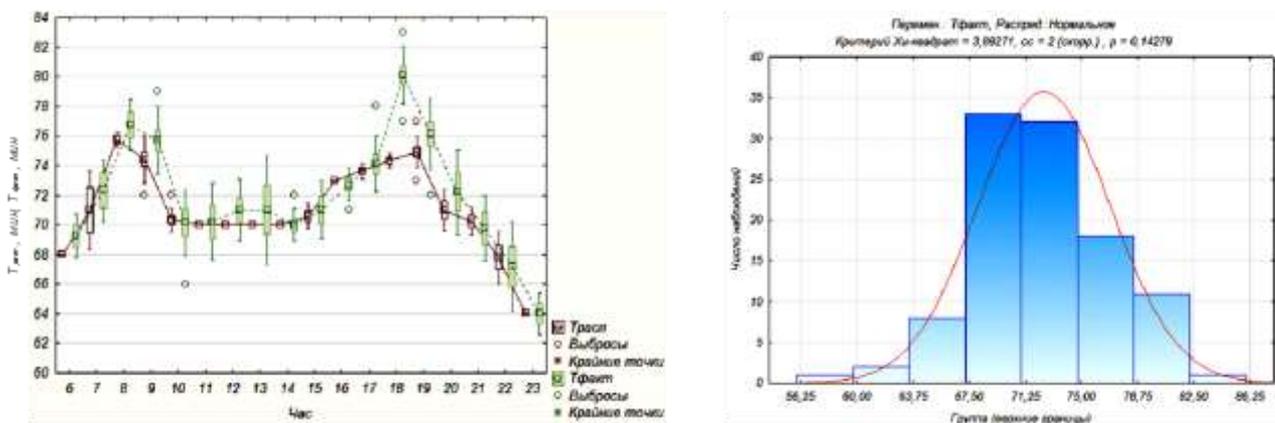


Рисунок 3 – Диаграмма размаха для времени оборотного рейса $T_{расп}$, установленного расписанием и фактического времени $T_{факт}$, (слева) и гистограмма распределения $T_{факт}$ (справа)

Значения t_{AB}, t_{BA} при составлении расписания различаются по времени суток, а фактические значения $t_{AB}, t_{BA}, t_{стоA}, t_{стдA}, t_{стоB}, t_{стдB}$ дополнительно подвержены влиянию ряда факторов, в т.ч. имеющих случайный характер. Фактическое время движения имеет нормальное распределение, а отклонения фактического времени $T_{факт}$ от времени $T_{расп}$ по расписанию движения не являются значительными и в большинстве своём компенсируются временем $t_{стдA}, t_{стдB}$ дополнительных стоянок, фактические значения $t_{см}$ не будут иметь серьезных различий с запланированным расписанием временем.

В ходе дальнейших исследований выявлены кластеры водителей, работающих на постоянно закреплённых маршрутах, систематически имеющие переработку, при том что водители других кластеров имеют недоработку (при определении переработки не учитывались ситуации, сопряжённые с возникновением часов сверхурочной работы, вызванных обстоятельствами, которые были обусловленными нештатными ситуациями или системным дефицитом водителей). Становится очевидным, что данные факты находятся в зависимости от режимов работы маршрутов, за которыми они закреплены (то есть от самих маршрутов).

Следует добавить, что по результатам работы за учётный период продолжительность рабочего времени, превышающая норму по общереспубликанскому производственному календарю $T_{пк}$, оплачивается предприятием МПТ водителю с применением повышающего коэффициента $k_{пов} \geq 2$ (величина $k_{пов}$ определяется принятой системой оплаты труда).

Теория и расчёт. Режим суммированного учёта рабочего времени позволяет предприятию МПТ гибко учитывать фактически отработанное время на линии каждым водителем (при его отклонении от 8-часового рабочего дня). Благодаря режиму суммированного учёта рабочего времени предприятия МПТ имеют возможность компенсировать смены большей продолжительности в отдельные рабочие дни водителя сменами меньшей продолжительности в другие рабочие дни. Это позволяет в пределах каждого учётного периода обеспечивать суммарную продолжительность рабочего времени, не превышающую продолжительность рабочего времени, установленную по общереспубликанскому производственному календарю для данного календарного периода. Для обеспечения этого условия в течение месяца предприятие МПТ осуществляет чередование водителей по сменам маршрута так, чтобы суммарная продолжительность рабочего времени в месячном исчислении была приблизительно равновеликой для каждого из водителей.

С учётом изложенного, выдвигается гипотеза, что месячную продолжительность рабочего времени водителя T_i , работающего по постоянно закреплённому маршруту, характеризующемуся набором $\{v_1; v_2; \dots; v_n\}$ определённых выпусков, каждый из которых имеет продолжительность рабочей смены t_j , исходя из условия равномерного чередования каждого водителя по сменам, можно определять с использованием зависимости (2):

$$T_i = n_{рсм} \frac{n_{рд} \sum_{j=1}^{n_p} t_{рдж} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбдж} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всдж}}{n_p n_{рд} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}}, \quad (2)$$

где $n_{рсм}$ - количество рабочих смен водителя в учётном периоде;

$n_{рд}, n_{сбд}, n_{всд}$ - количество рабочих, субботных и воскресных дней соответственно в рассматриваемом периоде;

$n_p, n_{сб}, n_{вс}$ - количество рабочих смен на i -м маршруте по расписанию рабочих, субботных и воскресных дней соответственно;

$t_{рд}, t_{сб}, t_{вс}$ - продолжительность каждой j -й рабочей смены на i -м маршруте по расписанию рабочих, субботных и воскресных дней соответственно.

При этом второй множитель зависимости (2) можно рассматривать в качестве самостоятельного оценочного параметра (характеристики маршрута). Поэтому целесообразно ввести критерий средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя на i -м маршруте $t_{срми}$, учитывающий режим работы i -го маршрута через продолжительности рабочих смен на маршруте по дням недели, количества рабочих, субботных и воскресных дней в рассматриваемом периоде, значение которого определяется по формуле (3):

$$t_{срми} = \frac{n_{рд} \sum_{j=1}^{n_p} t_{рдж} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбдж} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всдж}}{n_p n_{рд} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}}, \quad (3)$$

Для проверки выдвинутой гипотезы проведён эксперимент, исследованы графики работ (количество графиков 2392, для месяца с $n_{рсм}=20$ при $T_{пк}=160$), которые составлены для водителей, работающих по непрерывным сменам, закреплённых за постоянными маршрутами, на основе равномерного чередования имеющихся на закреплённом маршруте смен между водителями (по результатам построена диаграмма рассеяния, приведена на рисунке 4).

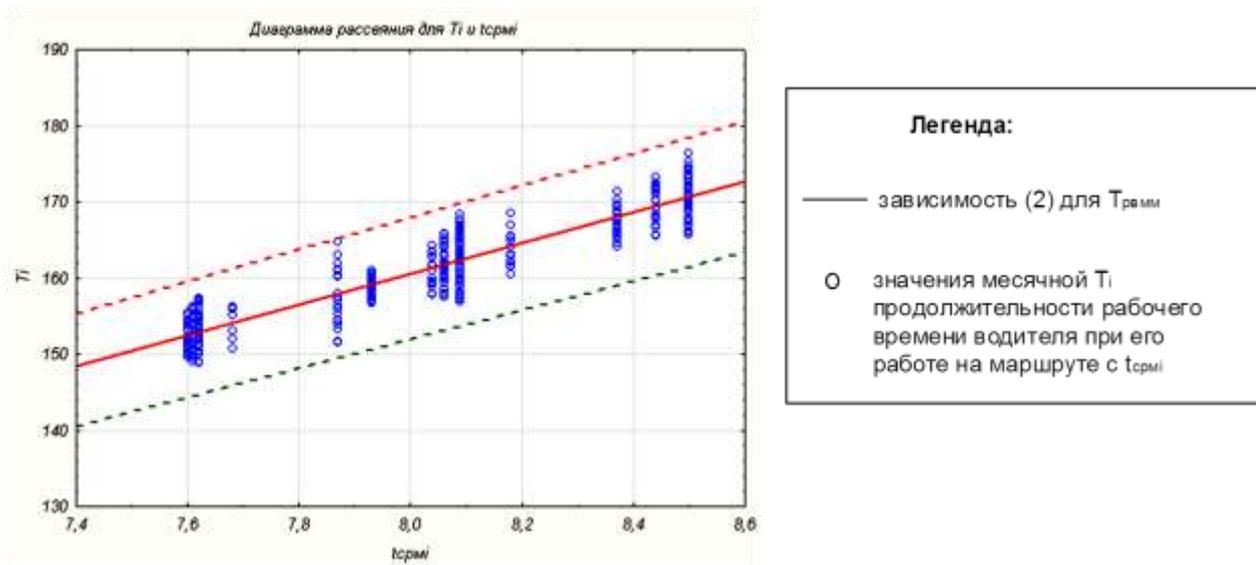


Рисунок 4 – Диаграмма рассеяния для месячной продолжительности рабочего времени при работе водителей на постоянном маршруте с заданным $t_{срми}$

Принимая во внимание, что для других месяцев при изменении $n_{рсм}$ (целого числа) получены результаты, имеющие аналогичные диаграммы рассеяния, полученные результаты дают основание полагать, что в целях определения месячной продолжительности рабочего времени водителей на маршруте при организации его работы с заданным расписанием движения и известными продолжительностями рабочих смен можно использовать математическую модель (1), а в качестве характеристики маршрута - критерий $t_{срми}$.

При $T_i < T_{пк}$ у водителей i -го маршрута будет отмечаться недоработка, при этом фактически разность $(T_{пк} - T_i)$ является неиспользованным предприятием МПТ ресурсом рабочего времени, а персонально для каждого водителя это является личными потерями (недополученная заработная плата, которую водитель не имел возможности «заработать»).

Очевидно, что при $T_i > T_{пк}$ у водителей i -го маршрута будет отмечаться переработка, оплачиваемая за каждый $(T_i - T_{пк})$ час работы с использованием повышающего коэффициента $k_{пов}$, которая будет образовывать непродуктивные затраты для предприятия МПТ.

Принимая во внимание вышеизложенное, затраты на оплату труда водителя $Z_{отвi}$ можно описать с помощью зависимости (4), которая на графике (рис. 5) наглядно показывает зону образования непродуктивных затрат после достижения точки перегиба $Z_{отв}$ при $T = T_{пк}$.

$$Z_{отвi} = \begin{cases} T_i C_{мч}, & \text{при } T_i \leq T_{пк} \\ T_i C_{мч} + (T_i - T_{пк}) C_{мч} k_{пов}, & \text{при } T_i > T_{пк} \end{cases} \quad (4)$$

В качестве аналогичной (3) характеристики для всего предприятия МПТ имеет практический смысл применение критерия средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя в целом по предприятию МПТ $t_{срм}$, значение которого определяется по (5):

$$t_{срм} = \frac{n_p \sum_{j=1}^{n_p} t_{пдj} + n_{сб} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбj} + n_{вс} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всj}}{n_p n_{пд} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}}, \quad (5)$$

где $n_{рд}$, $n_{сбд}$, $n_{всд}$ - количество рабочих, субботных и воскресных дней соответственно в рассматриваемом периоде;

n_p , $n_{сб}$, $n_{вс}$ - количество рабочих смен на каждом из маршрутов по расписанию рабочих, субботных и воскресных дней соответственно;

$t_{рд}$, $t_{сб}$, $t_{вс}$ - продолжительность каждой j -й рабочей смены по расписанию рабочих, субботных и воскресных дней соответственно.

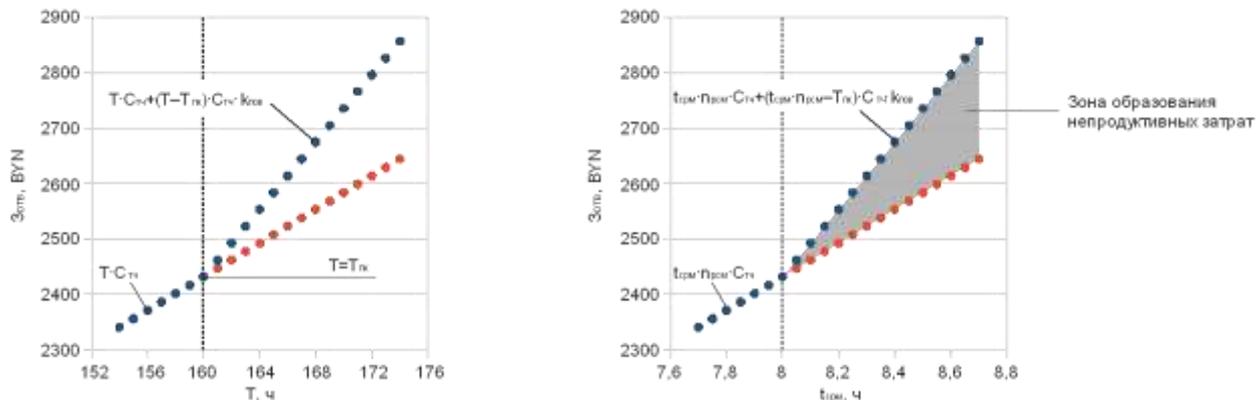


Рисунок 5 – Зависимость оплаты труда водителя от T_i (слева) и от $t_{срм}$ (справа)

Обязательным условием организации работы МПТ является соблюдение принципа социальной справедливости. Поэтому на каждый учётный период для водителей предприятия МПТ предлагается устанавливать равное (единое) количество рабочих смен $n_{рсм}$, предусматриваемых для каждого из водителей в данный период, которое следует определять с использованием $t_{срм}$, исходя из нормы времени $T_{пк}$ для календарного периода, установленной общереспубликанским производственным календарём, по формуле (6):

$$n_{рсм} = \left\lfloor \frac{T_{нк}}{t_{срм}} + 0,5 \right\rfloor, \quad (6)$$

где $T_{пк}$ - норма времени по общереспубликанскому производственному календарю, ч;

$t_{срм}$ - средневзвешенная продолжительность рабочей смены по всем маршрутам.

Тогда продолжительность рабочего времени водителя i -го маршрута за учётный период может быть определена по формуле (7)

$$T_i = \left\lfloor \frac{T_{нк}}{t_{срм}} + 0,5 \right\rfloor \frac{n_{рд} \sum_{j=1}^{n_p} t_{рдj} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбj} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всj}}{n_p n_{рд} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}}, \quad (7)$$

Принимая во внимание сформулированное условие возникновения непродуктивных затрат $T_i > T_{пк}$, оценочную величину непродуктивных затрат $L_{сyi}$, возникающих в связи с необходимостью оплаты сверхурочного времени в размере $l_{сy}$ за каждый час сверхурочного времени для $n_{водi}$ водителей i -го маршрута можно определить по формуле (8):

$$L_{сyi} = \max \left(l_{сy} n_{вод} \left\lfloor \frac{T_{нк}}{t_{срм}} + 0,5 \right\rfloor \frac{n_{рд} \sum_{j=1}^{n_p} t_{рдj} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбj} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всj}}{n_p n_{рд} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}} - T_{нк}; 0 \right) \quad (8)$$

С другой стороны, оценить величину непродуктивных затрат $L_{сyi}$, можно по формуле (9):

$$L_{сyi} = \max (l_{сy} n_{вод} n_{рс} t_{срм} - T_{нк}; 0) \cong \max (l_{сy} n_{вод} n_{рс} [t_{срм} - t_{срм}]; 0) \quad (9)$$

Для сокращения уровня непродуктивных затрат L_{cy} , возникающих в связи с необходимостью оплаты сверхурочного времени, из (9) вытекает объективная необходимость минимизации $\Delta t_i = t_{срми} - t_{срм}$ при неизменном расписании движения, l_{cy} , $n_{вод}$, $n_{рс}$. Данная модель сводится к задаче минимизации целевой функции Z с использованием зависимости (10):

$$Z = \max \left\{ \frac{n_{pd} \sum_{j=1}^{n_p} t_{pdj} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбj} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всj}}{n_p n_{pd} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}} - \frac{n_{pd} \sum_{j=1}^{n_p} t_{pdj} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбj} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всj}}{n_p n_{pd} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}} : 0 \right\} \rightarrow \min \quad (10)$$

Для решения поставленной задачи разработан секторальный метод (СМ) организации работы водителей предприятия МПТ при работе по заданным расписаниям движения, отличающийся формированием в каждой колонне (рис. 6) предприятия МПТ секторов и закреплением водителей не за маршрутами, а за секторами, с совмещением и чередованием маршрутов внутри сектора так, чтобы обеспечить равномерную сменяемость (чередование) водителей по маршрутам сектора, сформированного с учётом критерия $t_{срми}$ средневзвешенной продолжительности работы водителя на маршрутах сектора, характеризуемого ёмкостью, мощностью, производительностью, коэффициентом безопасности, видом требуемых ТС МПТ.

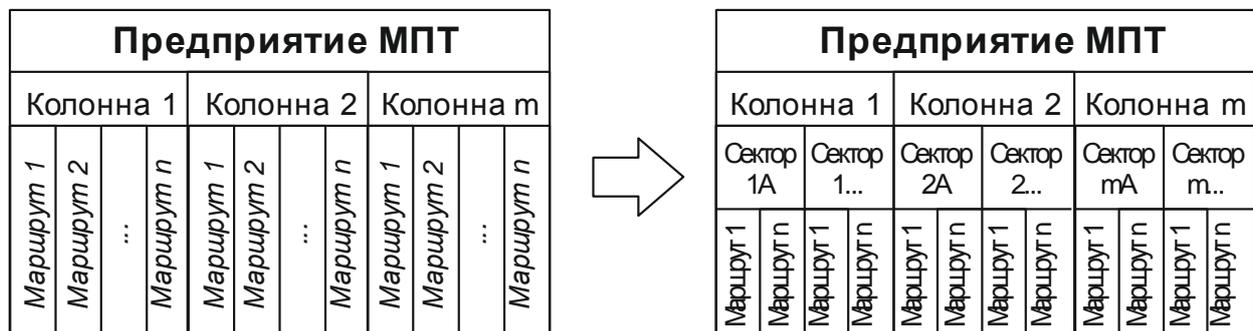


Рисунок 6 – Принципиальная технико-производственная схема организации работы предприятия до применения СМ (слева), после применения СМ (справа)

Для реализации СМ разработана методика проектирования сектора, основанная на назначении такой комбинации маршрутов в секторе, которая будет реализовывать принцип обеспечения равноценной производственной нагрузки на основе критерия $t_{срми}$, при этом дополнительно учитывающая ряд критериев, влияющих на выбор совмещаемых маршрутов (схожесть маршрута, наличие общей конечной станции, на которой происходят смены водителей, коэффициент безопасности сектора, коэффициент безопасности маршрута и др.) [16]. Подробно методика проектирования сектора с примером расчёта изложена в [17].

Результаты и обсуждение

В ходе исследования показано, что продолжительность рабочих смен внутри каждого маршрута МПТ не является равной и изменяется в широких пределах по выпускам маршрута (с нормальным распределением). Для характеристики маршрута может быть применён критерий средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя $t_{срми}$, такой же критерий может быть применён и для сектора, и для предприятия МПТ в целом. Установлено, что наибольшая доля рабочего времени водителя приходится на продолжительность выполненных оборотных рейсов. Исследована фактическая продолжительность оборотных рейсов ТС МПТ, выполняющих перевозки пассажиров по регулярным маршрутам, установлены зависимости её изменения по времени суток. Определено, что фактическую величину продолжительности оборотного рейса можно рассматривать, как имеющую нормальное распределение.

Работа водителя, организованная внутри сектора, может быть описана с помощью математической модели, учитывающей количество рабочих смен и средневзвешенную продол-

жительность рабочей смены $t_{срм}$. Исследованием показано, что данная математическая модель применима и на практике оправдала себя.

Выводы

На сегодняшний день СМ успешно внедрён на шести предприятиях МПТ. Формирование секторов, закрепление водителей за секторами (а не за отдельными маршрутами) с обеспечением равномерного чередования водителей между выпусками маршрутов, входящих в сектор, формирование графиков работ водителей на основе формализованных последовательностей обеспечили повышение качества эксплуатационной работы и существенное снижение уровня непродуктивных затрат [16, 18].

СМ уравнивает, балансирует, гармонизирует месячный график работы внутри сектора, уравнивая пробег ТС в рамках предприятия МПТ, сводя к минимуму недоработку и переработку отдельных водителей, тем самым минимизирует уровень непродуктивных затрат, связанных с оплатой водителям сверхурочного времени работы [16]. Стоит заметить, что СМ также обеспечивает равномерный пробег ТС ПМПТ.

С учётом того, что работа ТС и их водителей организована не по постоянному маршруту, а по маршрутам, входящим в сектор, улучшается осведомлённость водителей об особенностях условий движения на маршрутах сектора и повышается надёжность водителей. На основе СМ осуществляется разработка графиков работы водителей и нарядов на работу водителей [19], разработана компьютерная программа для формирования секторов [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lobashov O., Burko D., Pasolenko O., Galkin A., Schlosser T. Assessment of possibility of «Park and ride» system in Kharkiv, Ukraine [Электронный ресурс] / 14th International scientific conference on sustainable, modern and safe transport: Transportation Research Procedia. - 2021. - №55. - P. 159-164. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.017>.
2. Транспорт в Республике Беларусь. Статистический сборник. - Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020. - 23 с.
3. Седюкевич В.Н., Андреев А.Я. Автомобильные перевозки грузов и пассажиров: учебное пособие. - Минск : РИВШ, 2020. - 328 с.
4. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки. - Москва : Транспорт, 1991. - 238 с.
5. Нагаева И.Д., Улицкая И.М. Организация и оплата труда на автомобильном транспорте. - М.: Транспорт, 1989. - 208 с.
6. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок. - Москва: Высшая школа, 1980. - 535 с.
7. Иванов В.П., Кастрюк А.П. Подготовка ремонтного производства. - Новополоцк: ПГУ, 2011. - 271 с.
8. Schneider Lars. Betriebsplanung im öffentlichen Personennahverkehr: Ziele, Methoden, Konzepte / Lars Schneider - Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. - 193 с.
9. Ibarra-Rojas O.J., Delgado F., Giesen R., Muñoz J.C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. Transp. Res. Part B Methodol, 2015. - №77. - P. 38-75.
10. Salicrú M., Fleurent C., Armengol J.M. Timetable-based operation in urban transport: Run-time optimisation and improvements in the operating process // Transportation Research Part A: Policy and Practice. - Vol. 45. - 2011. - P. 721-740.
11. Ibeas A., Alonso B., dell'Olio L., Moura J.L. Bus size and headways optimization model considering elastic // Demand. J. Transp. Eng. - 2014. - №140. - P. 370-380.
12. Jara-Díaz S., Fielbaum A., Gschwender A. Optimal fleet size, frequencies and vehicle capacities in public transport // Transp. Res. Part A Policy Pract. - 2017. - 106. - P. 65-74.
13. Gnap Jozef & Dočkalik, Marek & Dydkowski, Grzegorz. Examination of the development of new bus registrations with alternative powertrains in Europe // LOGI – Scientific journal on transport and logistics. - 2021. - №12. - P. 147-158.
14. Трудовой кодекс РБ. - Минск: Энергопресс, 2022. - 255 с.
15. Правила технической эксплуатации трамвая - Минск: Белинкоммаш, 1996. - 100 с.
16. Семченков С.С., Капский Д.В. Снижение непродуктивных затрат маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. - 2022. - №3. - С. 85-90.

17. Семченков С.С., Капский Д.В. Повышение эффективности работы маршрутного пассажирского транспорта применением секторального метода // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии. Сборник научных статей. - Минск: БНТУ. - 2021. - С. 170-185.

18. Капский Д.В., Кот Е.Н., Семченков С.С. Некоторые вопросы системного подхода к планированию работы водителей городского пассажирского транспорта / науч. ред.: С.А. Ваксман // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов. – Екатеринбург: АМБ. - 2020. - С. 269-280.

19. Семченков С.С., Седюкевич В.Н. Подготовка суточных нарядов на работу водителей транспортных средств при перевозках пассажиров в регулярном сообщении // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сборник научных трудов. – Минск: БНТУ, 2014. – С. 286-292.

20. Компьютерная программа «GRAPH-SM»: свидетельство о добровольной регистрации и депонировании объекта авторского права № 1489-КП / С.С. Семченков, Д.В. Капский; регистрация и депонирование 09.03.22; внесение записи в реестр 25.03.22.

Семченков Сергей Сергеевич

Белорусский национальный технический университет

Адрес: 220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Якуба Коласа, 12

Старший преподаватель кафедры «Транспортные системы и технологии»

E-mail: sergej.semtschenkow@gmail.com

Капский Денис Васильевич

Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь

Адрес: 220072, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 66

Д.т.н., доцент, заместитель Председателя Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Лобашов Алексей Олегович

Белорусский национальный технический университет

Адрес: 220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Якуба Коласа, 12

Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии»

E-mail: lobashov61@gmail.com

S.S. SEMTCHENKOV, D.V. KAPSKY, A.O. LOBASHOV

SECTORAL METHOD OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF ROUTE PASSENGER TRANSPORT

***Abstract.** The key to success in ensuring sustainable mobility of the population is the reliable operation of route passenger transport (RPT). One of the indicators of the effectiveness of the RPT is the amount of passenger transportation costs. The greatest contribution to these costs is made drivers' wages, which generates interest in improving the efficiency of using their working hours. To reduce the level of unproductive costs on the basis of the proposed model, a spectral method has been developed, presented in the article.*

***Keywords:** sustainable mobility, route passenger transport, mode of use of working time, unproductive costs, sectoral method*

BIBLIOGRAPHY

1. Lobashov O., Burko D., Pasolenko O., Galkin A., Schlosser T. Assessment of possibility of «Park and ride» system in Kharkiv, Ukraine [Elektronnyy resurs] / 14th International scientific conference on sustainable, modern and safe transport: Transportation Research Procedia. - 2021. - №55. - R. 159-164. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.017>.

2. Transport v Respublike Belarus`. Statisticheskiy sbornik. - Minsk: Natsional`nyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus`, 2020. - 23 s.

3. Sedyukevich V.N., Andreev A.Ya. Avtomobil`nye perevozki грузов i passazhirov: uchebnoe posobie. - Minsk : RIVSH, 2020. - 328 s.

4. Spirin I.V. Gorodskie avtobusnye perevozki. - Moskva: Transport, 1991. - 238 s.
5. Nagaeva I.D., Ulitskaya I.M. Organizatsiya i oplata truda na avtomobil'nom transporte. - M.: Transport, 1989. - 208 s.
6. Efremov I.S., Kobozev V.M., Yudin V.A. Teoriya gorodskikh passazhirskikh perevozok. - Moskva: Vysshaya shkola, 1980. - 535 s.
7. Ivanov V.P., Kastyuk A.P. Podgotovka remontnogo proizvodstva. - Novopolotsk: PGU, 2011. - 271 s.
8. Schneider Lars. Betriebsplanung im Offentlichen Personennahverkehr: Ziele, Methoden, Konzepte / Lars Schneider - Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. - 193 s.
9. Ibarra-Rojas O.J., Delgado F., Giesen R., Muoz J.C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transp. Res. Part B Methodol*, 2015. - №77. - R. 38-75.
10. Salicr M., Fleurent C., Armengol J.M. Timetable-based operation in urban transport: Runtime optimisation and improvements in the operating process // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. - Vol. 45. - 2011. - P. 721-740.
11. Ibeas A., Alonso B., dell'Olio L., Moura J.L. Bus size and headways optimization model considering elastic // *Demand. J. Transp. Eng.* - 2014. - №140. - R. 370-380.
12. Jara-Daz S., Fielbaum A., Gschwender A. Optimal fleet size, frequencies and vehicle capacities in public transport // *Transp. Res. Part A Policy Pract.* - 2017. - 106. - R. 65-74.
13. Gnap Jozef & Dokalik, Marek & Dydkowski, Grzegorz. Examination of the development of new bus registrations with alternative powertrains in Europe // *LOGI - Scientific journal on transport and logistics*. - 2021. - №12. - R. 147-158.
14. *Trudovoy kodeks RB*. - Minsk: Energopress, 2022. - 255 s.
15. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii tramvaya* - Minsk: Belinkommash, 1996. - 100 s.
16. Semchenkov S.S., Kapskiy D.V. Snizhenie neproduktivnykh zatrat marshrutnogo passazhirskogo transporta sektoral'nym metodom // *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V. Promyshlennost'. Prikladnye nauki*. - 2022. - №3. - S. 85-90.
17. Semchenkov S.S., Kapskiy D.V. Povyshenie effektivnosti raboty marshrutnogo passazhirskogo transporta primeneniem sektoral'nogo metoda // *Transport i transportnye sistemy: konstruirovaniye, ekspluatatsiya, tekhnologii. Sbornik nauchnykh statey*. - Minsk: BNTU. - 2021. - S. 170-185.
18. Kapskiy D.V., Kot E.N., Semchenkov S.S. Nekotorye voprosy sistemnogo podkhoda k planirovaniyu raboty voditeley gorodskogo passazhirskogo transporta / nauch. red.: S.A. Vaksman // *Sotsial'no-ekonomicheskie problemy razvitiya i funktsionirovaniya transportnykh sistem gorodov*. - Ekaterinburg: AMB. - 2020. - S. 269-280.
19. Semchenkov S.S., Sedyukevich V.N. Podgotovka sutochnykh naryadov na rabotu voditeley transportnykh sredstv pri perevozkakh passazhirov v regul'yarnom soobshchenii // *Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya i perevozok passazhirov i грузов: sbornik nauchnykh trudov*. - Minsk: BNTU, 2014. - S. 286-292.
20. Komp'yuternaya programma «GRAPH-SM»: svidetel'stvo o dobrovol'noy registratsii i deponirovaniy ob'ekta avtorskogo prava № 1489-KP / S.S. Semchenkov, D.V. Kapskiy; registratsiya i deponirovaniye 09.03.22; vneseniye zapisi v reestr 25.03.22.

Semchenkov Sergey Sergeevich

Belarusian National Technical University

Adress: 220012, Republic of Belarus, Minsk, Yakub Kolas str., 12

Senior lecturer

E-mail: sergej.semtchenkow@gmail.com

Kapsky Denis Vasilyevich

Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus

Adress: 220072, Republic of Belarus, Minsk, Nezavisimosti Ave., 66

Doctor of technical sciences

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Lobashov Alexey Olegovich

Belarusian National Technical University

Adress: 220012, Republic of Belarus, Minsk, Yakub Kolas str., 12

Doctor of technical sciences

E-mail: lobashov61@gmail.com

Научная статья
 УДК 656.13(1-21):621.43.06:504.3.064.36:338.14
 doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-74-80

В.Н. ЛОЖКИН

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИКА ДИАГНОСТИКИ ЭКОЛОГО-ПОЖАРООПАСНЫХ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТА

Аннотация. Развита кинетическая модель процессов цепных окислительных реакций в автомобильных нейтрализаторах и фильтрах частиц сажи $PM_{2.5}$ сотовой блочной конструкции. Расчетами по модели подтверждены аварийные режимы эксплуатации нейтрализаторов, неуправляемого роста теплоты более 261683 кДж/ч и, как следствия, - температуры окисления CO , CH , сажи с оплавлением и разрушением матриц-носителей катализатора. Показано, что причинами экстремальных режимов нейтрализации могут быть неисправности электронных каталитических систем, повышенное содержание в топливе и масле серы, коррозия деталей топливной аппаратуры, перегрев двигателя и турбокомпрессора. Показано, что аварийный разогрев нейтрализатора сопряжен с ростом риска возгорания автомобиля. Предложен оригинальный метод контроля эколого-пожароопасных режимов эксплуатации каталитических нейтрализаторов на основе модернизации стандартной процедуры диагностики по ГОСТ 33997-2016 (ТР ТС 018/2011).

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, неисправность, отработавшие газы, каталитический нейтрализатор, пожарный риск, математическая модель, эксперимент, расчеты, метод диагностики

Введение

Масштабное расширение транспортных коммуникаций породило изменение климата и загрязнение атмосферы поллютантами [1-4]. Проблема инициировала беспрецедентные исследования [1, 4-8] и применение ответных экологических технологий [1, 3, 5, 8, 9]. К 2018 году [10] дороги РФ наполнились транспортными средствами (ТС) с «common rail и CRT system» (КН) [11-19], отказы которых из-за отклонений в системе их обслуживания и контроля технического состояния иногда приводят к перегреву (рис. 1) и возгоранию ТС.



Рисунок 1 – Перегрев в аварийных КН: а - фото перегретого КН; б - фото оплавленных блоков

На основании достаточного накопленного опыта были поставлены цели работы:

- разработать модель процесса окислительного катализа в блочном КН;
- выполнить по модели расчеты эффективности действия активного слоя и его аварийный разогрев;
- разработать метод диагностики эколого-пожароопасного режима КН для условий эксплуатации.

Материал и методы

Обобщение критического анализа исследовательского материала стран Европейского Союза и мирового опыта по освоению экологических норм для ТС Euro-2 – Euro-6+ [1, 3, 5, 8, 9] в сфере эксплуатационного контроля эффективности и безопасности КН, позволило автору обнаружить острую необходимость в разработке комплексного инструментального метода диагностики, который, с одной стороны, вытекал бы из теории кинетики катализа [5, 7],

а, с другой стороны, был нацелен на выявление одновременно критической потери КН экологической эффективности и пожарной безопасности [10].

Ранний исследовательский авторский экспериментальный опыт [5] достоверно убеждал в том, что предписанной в РФ процедуры контроля технического состояния дизельного двигателя [20] на режиме свободного ускорения (СУ) может оказаться недостаточно для его выхода на внешнюю регуляторную характеристику, в динамическом воспроизведении которой только и могут проявляться аварийные неисправности топливной системы, цилиндропоршневой группы и отклонения качества топлива [1, 5, 10]. Для реализации нового метода предлагается строго ограничивать время воздействия на рычаг увеличения цикловой порции топлива с помощью робототехнического манипулятора.

Теория / Расчет

Из рабочих процессов комбинированных двигателей [7, 9, 11, 16] вытекает теория наступления неуправляемого перегрева КН избыточным образованием СО, СН и сажи. Эти вещества имеют угрозу и здоровью городского населения [1]. Теплота в КН привносится ОГ и экзотермической реакцией окисления отмеченных продуктов. Режимы работы двигателя при городской эксплуатации различны – от холодного пуска до полной мощности при интенсивных разгонах ТС. Следовательно, кинетика результирующего процесса может развиваться в зависимости от температуры [5] в 4-х предельных областях со скоростью результирующего диффузионно-химического явления катализа

$$\left(\frac{dm}{dt} \right) = \left[\left(\frac{Nu_D \cdot D}{d_{экв}} \sqrt{D_{эф} \cdot k^1} \right) / \left(\frac{Nu_D \cdot D}{d_{экв}} + \sqrt{D_{эф} \cdot k^1} \right) \right] \cdot C_0, \quad (1)$$

где Nu_D – число диффузии Нуссельта;

D – индекс доставки веществ диффузией внутри сотового канала с эквивалентным размером его сечения $d_{экв}$;

$D_{эф}$ – условный показатель проникновения веществ в глубину слоя $\gamma-Al_2O_3$ толщиной H ;

k^1 – постоянная скорости «псевдообъемной» химической реакции в глубине слоя катализатора;

C_0 – концентрация реагирующего компонента в «ядре» потока ОГ.

Ключевым «искусственным» приемом решения поставленной научной задачи является представление (замена) реального чрезвычайно сложного физико-химического явления гетерогенного катализа в глубине слоя катализатора «псевдообъемной» химической реакцией. Для аналитической реализации данного приема моделирования важно иметь в виду, что тепло в КН, независимо от физико-химической и математической формализации модели в отношении к результирующему процессу катализа, реально будет выделяться в той области, в которой непосредственно происходит химическая реакция окисления, то есть, внутри пор слоя $\gamma-Al_2O_3$ каждого канала «сотовой» матрицы КН.

По принятой модели «псевдообъемной» результирующей реакции [5], условно сводим поставленную задачу выделения тепла в порах, как если бы химическая реакция окисления шла в объеме всего слоя $\gamma-Al_2O_3$ без учета реальных параметров, характеризующих геометрический профиль сечения и изменения пространственной формы (искривления) каналов пор. Явление диффузии реагирующих веществ в объеме пористого слоя по принимаемой кинетической модели (1) описываем с помощью введения условной характеристики и связанного с ней понятия некоего эффективного коэффициента диффузии $D_{эф}$, рассчитываемого таким образом, чтобы выражение диффузии для объема пористого слоя описывалось уравнением:

$$\frac{dc}{dt} = D_{эф} \cdot \Delta C - W'(C), \quad (2)$$

где C – концентрация вещества, вступающего в химическую реакцию окисления в определенной точке внутри объема пористого слоя;

Δ – оператор Лапласа;

$W'(C)$ – эффективная скорость окислительной химической реакции, оцениваемая количеством вещества, отреагировавшего (израсходованного) в этом месте слоя $\gamma-Al_2O_3$ за единицу времени в единице объема благодаря протеканию условной окислительной химической

реакции, описываемой математическим уравнением Аррениуса (для которого применяется специальный термин «уравнение истинной кинетики») n -го порядка $k'c^n$, где k' – по физико-химическому смыслу, константа, характеризующая предэкспоненциальный множитель согласно зависимости Аррениуса, но условной окислительной химической реакции (для которой применяется специфический термин «псевдообъемная реакция»).

На последующих этапах моделирования реально сложного физико-химического явления гетерогенного катализа, принимается допущение стационарности процесса катализа ($dc/dt = 0$), что обоснованно допустить при установившемся по частоте вращения коленчатого вала режиме работы транспортного двигателя, и вводится известное из теории кинетики допущение «бесконечной толщины» применительно к пористому слою $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Другими словами, условного модельного физико-геометрического представления общей искривленной каталитической поверхности, на которой в реальности проходят последовательно акты гетерогенного окислительного катализа, плоской геометрической поверхностью и, упрощенно, рассматривать движения диффузионных потоков реагирующих веществ только в направлении, нормальном к данной поверхности.

Аналитическая интерпретация (формализация) процесса катализа после введения описанных допущений существенно упрощается. Скорость итогового (результатирующего) процесса dm/dt , которая в теории кинетики условно называется термином «макроскопическая» (в отличие от скорости при моделировании процесса катализа непосредственно в микроскопических порах на «нано» размерном уровне [20, 21]), выражает общее количество вещества, прореагировавшее за единицу времени на единице свободной поверхности слоя $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (необходимо отличать от полной нерегулярной, геометрически спонтанно формируемой, искривленной поверхности пор слоя $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$). Логично следующим отсюда физико-химическим допущением моделирования реального процесса является отнесение в соответствие «макроскопической» скорости «псевдообъемной» химической реакции - диффузионных потоков реагирующих веществ и продуктов завершившихся реакций, проходящих через условно «свободную» поверхность реагирования по всей толщине слоя $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

При описанных допущениях не представляется сложным математически «макроскопическую» скорость результирующего процесса катализа представить пропорциональной среднему геометрическому значению из скорости, собственно, химической реакции $k'c_1^n$ и скорости диффузии реагентов $D_{\text{эф}} \cdot C_1$

$$\left(\frac{dm}{dt}\right) = \sqrt{\frac{2}{n+1} D_{\text{эф}} \cdot k' \cdot c_1^{n+1}}, \quad (3)$$

где n - порядок химической окислительной реакции;

C_1 - концентрация реагирующего вещества рядом с поверхностью активного каталитического слоя $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ со стороны «ядра» потока отработавших газов, которые протекают по каналам «сотового» блока.

Расчет эффективности η действия катализатора в канале КН осуществлялся по величине проникновения реакции нейтрализации на глубину L пористого катализатора $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ толщиной H по уравнению

$$\eta = \frac{\int_{l=L}^{l=H} k' \cdot c(l) dl}{k' \cdot c_1} \cong th\Psi / \Psi, \quad (4)$$

где $th\Psi / \Psi$ – производная функция гиперболического тангенса индекса Тиле $\Psi = L \sqrt{\frac{k'}{D_{\text{эф}}}}$;

C_1 , C и l – соответственно, концентрация реагента на границе слоя со стороны «ядра» потока ОГ, текущие значения концентрации и глубины проникновения реакции в слой пористого катализатора. Расчет интеграла в (3) происходит в граничных условиях: $\frac{dc}{dl} = 0$ (при $l = H - L$); $C = C_1$ (при $l = H$).

Результаты

Расчеты по разработанной модели и данным испытаний дизеля 8ЧН 12/12 (КАМАЗ) с КН на режимах Правил №49 ЕЭК ООН (ТР ТС 018/2011) показали, что:

- эффективность участия активного слоя в процессе нейтрализации ограничивается на всех режимах городской эксплуатации диапазоном значений $\eta = 20-95 \%$;
- выход тепла каталитической реакции нейтрализации ОГ изменялось в диапазоне 203-28167 кДж, а максимальная расчетная мощность тепловыделения достигала значения 261683 кДж/ч;
- специальными экспериментами было показано, что для вывода нагрузки тестируемого дизеля на «внешнюю регуляторную характеристику» в режиме СУ по ГОСТ 33997-2016 [22] время нажатия водителем на педаль акселератора не должно быть больше 0,5 с. Процедуру диагностики лучше совмещать с контролем технического состояния ТС органами ГИБДД (рис. 2) на специализированных станциях инструментального контроля конструктивной безопасности дизельных автомобилей.



Рисунок 2 – Станция ИБДД СПбГАСУ: а - фото оборудования; б - фото дымомера

Результаты диагностики аварийного дизеля TDCi с «Common Rail System» и каталитическим фильтром частиц PM_{2.5} ТС Ford Mondeo в Центре технических осмотров ИБДД СПбГАСУ показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Данные контроля ТС Ford Mondeo после регенерации фильтра PM_{2.5}

| № эксперимента | Считывание X _M , м ⁻¹ | Среднее значение X _M , м ⁻¹ | Предельное значение, м ⁻¹ |
|---|---|---|--------------------------------------|
| Эксперименты на режиме максимальных оборотов коленчатого вала ($n_{\max \text{ х.х.}}$) | | | |
| 1 | 1,73 | $\approx 1,54$ | 0,4 |
| 2 | 1,54 | | |
| 3 | 1,47 | | |
| 4 | 1,41 | | |
| Эксперименты на режиме СУ | | | |
| 1 | 5,20 | $\approx 4,58$ | 1,6 |
| 2 | 4,78 | | |
| 3 | 4,43 | | |
| 4 | 4,25 | | |
| 5 | 4,51 | | |
| 6 | 4,33 | | |

Примечание к таблице 1: обозначения параметров дымности ОГ по ГОСТ 33997-2016 [20]

Как следует из результатов анализа пожарно-технической экспертизы аварийного двигателя ТС Ford Mondeo (табл. 1) дымность его ОГ на режиме СУ, приблизительно, в 3 раза превышает предельное значение данного диагностического параметра, а на режиме $n_{\max \text{ х.х.}}$, приблизительно, в 4 раза.

Обсуждение

Меньшие значения эффективности участия активного слоя η опытного КН в процессе нейтрализации ОГ по результатам испытаний дизеля 8ЧН 12/12 (КАМАЗ), полученные в ОАО КамАЗ по Правилам №49 ЕЭК ООН, соответствуют максимальной нагрузке, а большие значения η – режиму холостого хода без нагрузки. Это объясняется тем, что с увеличением

нагрузки возрастает температура ОГ и, как следствие, на скорость результирующего процесса в слое катализатора все большее влияние оказывает «диффузионное торможение». В противоположность, по этой же понятной причине, максимальная нагрузка соответствует большим значениям выхода тепла каталитической реакции, а режим холостых ходов отвечает меньшим значениям теплового выхода реакции катализа.

Адаптация разработанной авторской методологии диагностирования эколого-пожароопасных режимов эксплуатации КН на режиме СУ к процессам пожарно-технических экспертиз производилась для многих типов и моделей дизельного автотранспорта. Метод оказался репрезентативным с результатами стендовых нагрузочных исследований благодаря тому, что в нем на режиме СУ дизель, уходя «в разнос», интенсивно нагружается силами инерции собственных вращающихся и возвратно-поступательно двигающихся масс.

Показания таблицы 1 подтвердили регистрацию на аварийных двигателях обильного выброса дымовых частиц сажи $PM_{2.5}$ на тестовых процедурах контроля, значительно превышающих «предельные» значения диагностических параметров характеристик X_M по ГОСТ 33997-2016 [22].

Химический лабораторный анализ топливных проб, взятых из бака и фильтра тонкой очистки, аварийного ТС *Ford Mondeo* с дизелем *TDCi*, показал превышение в них содержания механических частиц, воды, легких углеводородных фракций, серы и сероводорода. Присутствие в топливе отмеченных химически активных веществ способствует накоплению следов коррозионного разрушения на сопрягаемых поверхностях прецизионных деталей топливной аппаратуры (рис. 3).



Рисунок 3 – Элементы коррозии деталей топливной аппаратуры:

а - фото корпуса форсунки; б - фото корпуса гильзы ТНВД и всасывающего клапана

Выводы

1. Аварийное техническое состояние КН современных автомобилей представляет в эксплуатации двойную опасность для населения: высокий риск возгорания ТС и выброс с его ОГ парниковых газов и токсичных веществ.

2. Автором разработан, на основе понимания кинетики процесса катализа, метод технической диагностики эколого-пожароопасных режимов эксплуатации КН по дымности ОГ, который позволяет надежно идентифицировать неисправные двигатели ТС.

3. Широкое внедрение разработанного метода в систему технических осмотров ТС и пожарно-технических экспертиз МЧС России позволит своевременно обнаружить и вывести из обращения на дорогах РФ аварийные ТС и, тем самым, снизить риски для населения городов РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wael, K. Al-Delaimy and others health of people, health of planet and our responsibility. Climate change, air pollution and health - eBook, Springer, XXIII, 2020. - 417 p.
2. Lozhkin V.A., Lozhkina O., Dobromirov V. Study of air pollution by exhaust gases from cars in well courtyards of Saint Petersburg // Transportation Research Procedia. – 2018. – P. 453-458.
3. Alegbeleye O.O., Opeolu B.O., Jackson V.A. Polycyclic aromatic hydrocarbons: A critical review of environmental occurrence and bioremediation // Environ. Manage. – 2017. – V. 60(4). – P. 758-783.
4. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring: effect of vehicle speed, vehicle technology, engine type on emission rates //

Transportation Research. - Part D: Transport and Environment. – Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2016. – V. 47. – P. 251-264.

5. Ложкин В.Н. Теория и практика безразборной диагностики и каталитической нейтрализации отработавших газов дизелей: дисс. ... д-ра техн. наук / Ложкин В.Н. - СПб.: СПбНТУ Петра Великого. – 1995. – 444 с.

6. Shancita I.A., Masjuki H., Kalam M., Fattah I.R., Rashed M., Rashedul H. Review on idling reduction strategies to improve fuel economy and reduce exhaust emissions of transport vehicles // Energy Convers. Manage. – 2014. – V. 88. – P. 794-807.

7. Baturin S.A., Lozhkin V.N., Keiser E. Experimentelle flammen temperaturbestimmung in zylinder schnell-drehender disel-motoren // Kraftfahrzeigtechnik. - №2. - 1979. – S. 44-46.

8. Kaiser E.W., Siegl W.O., Trinker F.H., Cotton D.F., Cheng W.K., Drobot K. Effect of engine operating parameters on hydrocarbon oxidation in the exhaust port and runner of a spark-ignited engine // Technical Paper 950159.

9. Автомобильный рынок России 2018. Ежегодный справочник аналитического агентства «Автостат» [Электронный ресурс] / М., 2018. – 288 с. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/research/product/274/>.

10. Ложкина О.В., Онищенко И.А. Методика оценки выбросов опасных компонентов отработавших газов при пуске и прогреве двигателей автотранспортных средств в климатических условиях Арктики // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. - 2020. - №3. С. 30-37.

11. Costagliola M.A., Prati V., Mariani A., Unich A., Morrone B. Gaseous and particulate exhaust emissions of hybrid and conventional cars over legislative and real driving cycles maria // Energy and power engineering. – 2015. – V.7. - №5. – P. 181-192.

12. Gänzler A.M., Casapu M., Doronkin D.E., Maurer F., Lott P., Glatzel P., Votsmeier M., Deutschmann O., Grunwaldt J.-D. Unravelling the different reaction pathways for low temperature co oxidation on pt/ceo2 and pt/al2o3 by spatially resolved structure–activity correlations // Physical Chemistry Letters. – 2019. – V. 10 (24). – P. 7698-7705.

13. Gao J., Tian G., Sornioti A. Review of thermal management of catalytic converters to decrease engine emissions during cold start and warm up // Applied thermal engineering. – 2019. – V. 147. – P. 177-187.

14. Leman A.M., Jajuli A., Feriyanto D., Rahman F., Zakaria S. Advanced catalytic converter in gasoline engine emission control: a review // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 87. - 02020.

15. Khan S.R., Zeeshan M., Iqbal S. Thermal management of newly developed nonnoble metal-based catalytic converter to reduce cold start emissions of small internal combustion engine // Chem. Eng. Commun. – 2018. – V. 205. – P. 680-688.

16. Getsoian A.B., Theis J.R., Lambert C.K. Sensitivity of three-way catalyst light-off temperature to air-fuel ratio // Emiss. Control Sci. Technol. – 2018. – V. 4. - P. 136-142.

17. Kannepalli S., Gremminger A., Tischer S., Deutschmann O. Optimization of axial catalyst loading in transient-operated zone-structured monoliths: Reduction of cumulative emissions in automotive oxidation catalysts // Chemical engineering science. – 2017. – V. 174. – P. 189-202.

18. Gao J., Tian G., Sornioti A. On the emission reduction through the application of an electrically heated catalyst to a diesel vehicle // Energy Science & Engineering. – 2019. – V. 7 (6). – P. 2383-2397.

19. Ning J., Yan F. Temperature control of electrically heated catalyst for cold-start // Emission improvement. IFAC-PapersOnLine. – 2016. – V. 49 (11). – P. 14-19.

20. Kosovets M.A., Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Engineering method for calculating changes in the structure and intensity of traffic flow [Электронный ресурс]. - IOP Conference series: earth and environmental science. – 2021. – V. 666. – 052043. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/5/052043>

21. Ложкин В.Н., Гавкалюк Б.В., Ложкина О.В. Модель системы нейтрализации отработавших газов с аккумулярованием тепла для городского автотранспорта // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. - Том I. - СПб: Нац. минерально-сырьевой университет «Горный». - 2016. – С. 152-156.

22. ГОСТ 33997-2016 Колёсные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки: ИСС «КОДЕКС» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200146241>

Ложкин Владимир Николаевич

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России

Адрес: 196105, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 149

Д.т.н., профессор, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства

E-mail: vnlozhkin@yandex.ru

V.N. LOZHKIN

THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICE OF DIAGNOSTICS OF ENVIRONMENTALLY-FIRE HAZARDOUS EMERGENCY MODES OF OPERATION OF ROAD TRANSPORT CATALYTIC SYSTEMS

Abstract. A kinetic model of the processes of chain oxidative reactions in automotive catalytic converters and PM_{2.5} soot particle filters of a honeycomb block design has been developed. Calculations according to the model confirmed the emergency modes of operation of converters, uncontrolled heat growth of more than 261683 kJ/h and, as a consequence, the oxidation temperatures of CO, CH, soot with melting and destruction of catalyst carrier matrices. It is shown that the causes of extreme neutralization modes can be malfunctions of electronic catalytic systems, increased sulfur content in fuel and oil, corrosion of fuel equipment parts, overheating of the engine and turbo-

charger. It is shown that the emergency heating of the converter is associated with an increase in the risk of car fire. An original method for monitoring the environmental-fire hazardous modes of operation of catalytic converters based on the modernization of the standard diagnostic procedure in accordance with GOST 33997-2016 (TR TS 018/2011) is proposed.

Keywords: car, engine, malfunction, exhaust gases, catalytic converter, fire risk, mathematical model, experiment, calculations, diagnostic method

BIBLIOGRAPHY

1. Wael, K. Al-Delaimy and others health of people, health of planet and our responsibility. Climate change, air pollution and health - eBook, Springer, XXIII, 2020. - 417 p.
2. Lozhkin V.A., Lozhkina O., Dobromirov V. Study of air pollution by exhaust gases from cars in well court-yards of Saint Petersburg // Transportation Research Procedia. - 2018. - P. 453-458.
3. Alegbeleye O.O., Opeolu B.O., Jackson V.A. Polycyclic aromatic hydrocarbons: A critical review of envi-ronmental occurrence and bioremediation // Environ. Manage. - 2017. - V. 60(4). - P. 758-783.
4. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring: effect of vehicle speed, vehicle technology, engine type on emission rates // Transportation Research. - Part D: Transport and Environment. - Elsevier Science Publishing Company, Inc. - 2016. - V. 47. - P. 251-264.
5. Lozhkin V.N. Teoriya i praktika bezrazbornoy diagnostiki i kataliticheskoy neytralizatsii otrabotavshikh gazov dizeley: diss. ... d-ra tekhn. nauk / Lozhkin V.N.. - SPb.: SPbNTU Petra Velikogo. - 1995. - 444 s.
6. Shancita I.A., Masjuki H., Kalam M., Fattah I.R., Rashed M., Rashedul H. Review on idling reduction strategies to improve fuel economy and reduce exhaust emissions of transport vehicles // Energy Convers. Manage. - 2014. - V. 88. - P. 794-807.
7. Baturin S.A., Lozkin V.N., Keiser E. Experimentelle flammen temperaturbestimmung in zylinder schnell-drehender disel-motoren // Kraftfahrzeigtechnik. - №2. - 1979. - S. 44-46.
8. Kaiser E.W., Siegl W.O., Trinker F.H., Cotton D.F., Cheng W.K., Drobot K. Effect of engine operating pa-rameters on hydrocarbon oxidation in the exhaust port and runner of a sparkignited engine // Technical Paper 950159.
9. Avtomobil`nyy rynek Rossii 2018. Ezhegodnyy spravochnik analiticheskogo agentstva «AvtoStat» [El-ektronnyy resurs] / M., 2018. - 288 s. - Rezhim dostupa: <https://www.autostat.ru/research/product/274/>
10. Lozhkina O.V., Onishchenko I.A. Metodika otsenki vybrosov opasnykh komponentov otrabotavshikh ga-zov pri puske i progree dvigateley avtotransportnykh sredstv v klimaticheskikh usloviyakh Arktiki // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii. - 2020. - №3. S. 30-37.
11. Costagliola M.A., Prati V., Mariani A., Unich A., Morrone B. Gaseous and particulate exhaust emissions of hybrid and conventional cars over legislative and real driving cycles maria // Energy and power engineering. - 2015. - V.7. - №5. - P. 181-192.
12. G?nzler A.M., Casapu M., Doronkin D.E., Maurer F., Lott P., Glatzel P., Votsmeier M., Deutschmann O., Grunwaldtan J.-D. Unravelling the different reaction pathways for low temperature co oxidation on pt/ceo2 and pt/al2o3 by spatially resolved structure-activity correlations // Physical Chemistry Letters. - 2019. - V. 10 (24). - P. 7698-7705.
13. Gao J., Tian G., Sornioti A. Review of thermal management of catalytic converters to decrease engine emissions during cold start and warm up // Applied thermal engineering. - 2019. - V. 147. - P. 177-187.
14. Leman A.M., Jajuli A., Feriyanto D., Rahman F., Zakaria S. Advanced catalytic converter in gasoline en-gine emission control: a review // MATEC Web of Conferences. - 2017. - V. 87. - 02020.
15. Khan S.R., Zeeshan M., Iqbal S. Thermal management of newly developed nonnoble metal-based cata-lytic con-verter to reduce cold start emissions of small internal combustion engine // Chem. Eng. Commun. - 2018. - V. 205. - P. 680-688.
16. Getsoian A.B., Theis J.R., Lambert C.K. Sensitivity of three-way catalyst light-off temperature to airfuel ratio // Emiss. Control Sci. Technol. - 2018. - V. 4. - P. 136-142.
17. Kannepalli S., Gremminger A., Tischer S., Deutschmann O. Optimization of axial catalyst loading in transi-ent-operated zone-structured monoliths: Reduction of cumulative emissions in automotive oxidation catalysts // Chemi-cal engineering science. - 2017. - V. 174. - P. 189-202.
18. Gao J., Tian G., Sornioti A. On the emission reduction through the application of an electrically heated catalyst to a diesel vehicle // Energy Science & Engineering. - 2019. - V. 7 (6). - P. 2383-2397.
19. Ning J., Yan F. Temperature control of electrically heated catalyst for cold-start // Emission improvement. IFAC-PapersOnLine. - 2016. - V. 49 (11). - P. 14-19.
20. Kosovets M.A., Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Engineering method for calculating changes in the structure and intensity of traffic flow [Elektronnyy resurs]. - IOP Conference series: earth and environmental science. - 2021. - V. 666. - 052043. - Rezhim dostupa: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/5/052043>
21. Lozhkin V.N., Gavkalyuk B.V., Lozhkina O.V. Model` sistemy neytralizatsii otrabotavshikh gazov s ak-kumulirovaniem tepla dlya gorodskogo avtotransporta // Innovatsii na transporte i v mashinostroenii: sbornik trudov IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Tom I. - SPb: Nats. mineral`no-syr`evoy universitet «Gornyy». - 2016. - S. 152-156.
22. GOST 33997-2016 Koliosnye transportnye sredstva. Trebovaniya k bezopasnosti v ekspluatatsii i metody proverki: ISS «KODEKS» [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/1200146241>

Lozhkin Vladimir Nikolaevich

St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia

Address: 196105, Russia, St. Petersburg, Moskovsky Avenue, 149

Doctor of technical sciences

E-mail: vnlojkin@yandex.ru

Научная статья

УДК 796012.68

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-81-88

И.А. РОДИОНОВА, В.И. ШАЛУПИН, Е.С. КУМАНЦОВА

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ, ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ДЕЖУРСТВА, НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы формирования потребности в физическом самосовершенствовании студентов вузов гражданской авиации при подготовке к такой служебной деятельности как длительное по времени дежурство. При этом в качестве модели исследования выбраны занятия по физической культуре студентов 4-х курсов направления подготовки 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» групп ЭВСм 4-1 и 4-2.*

Исследования показали, что учебные занятия в университете обеспечивают около 30 % полезной для здорового человека моторной деятельности.

***Ключевые слова:** специалисты организации воздушного движения, физическая работоспособность, многочасовое дежурство, безопасность движения воздушного транспорта, эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения*

Введение

Как показывает опыт работы с выпускниками вуза гражданской авиации, многоуровневый характер деятельности специалистов организации воздушного движения параллельно вызывает необходимость в их оптимальной физической форме. Поэтому в качестве направления данной работы мы сформулировали такое положение: оптимизировать функционирование всех систем организма и одновременно решать задачи развития и совершенствования у будущих специалистов гражданской авиации адекватного отношения к повышению личного уровня всестороннего совершенствования. Это позволит в процессе учебных занятий по физической культуре оптимизировать труд специалистов организации воздушного движения с помощью двигательных упражнений и параллельно создать мотивационную основу здорового образа жизни.

Материал и методы

В работе Л.М. Волковой, А.А. Голубева, В.В. Евсеева показано: высокий уровень функционирования всех систем организма в значительной степени определяет эффективность летной деятельности, обеспечивает надежность работы инженерно-технического состава [3].

Физическая культура позволяет оптимизировать функционирование всех систем организма и одновременно решать задачи развития и совершенствования у будущих специалистов гражданской авиации мотивационно-ценностного отношения к повышению личного уровня всестороннего совершенствования. Здоровьесберегающий подход к организации рациональной двигательной деятельности персонала, обслуживающего авиационную технику, персонала, способствует оптимизации физиологических функций, повышению тонуса и жизнедеятельности организма.

С появлением сложной техники по обслуживанию движения авиационных судов специалисты управления воздушным движением много времени сидят перед экраном монитора и руководят воздушным движением, а это - сложная двигательная и ментальная деятельность. Для такой деятельности необходима концентрация устойчивого внимания и хорошая когнитивная работоспособность. Правильно выбранные образовательные методы и методики в физической подготовке являются важными факторами, для поддержания и развития физи-

ческой подготовленности, что соответственно будет способствовать выполнению поставленных оперативно-служебных задач в процессе профессиональной деятельности [15].

Мотивация - это побуждение к действию; психофизиологический процесс, который управляет поведением человека, способный задавать его направленность, организацию, активность и устойчивость; умение человека удовлетворять собственные потребности [19]. В процессе учебных занятий по физической культуре создается мотивационная основа здорового образа жизни.

По мнению И.А. Родионовой, В.И. Шалупина, В.В. Карпушина, современное развитие авиационной техники, внедрение автоматизированных систем, увеличение числа усовершенствованных механизмов и машин и другие факторы приводят не только к улучшению условий труда персонала, обслуживающего авиационную технику, но и делают этот труд более интеллектуальным [17].

В тоже время, многоуровневый характер деятельности специалистов управления воздушным движением предъявляет к ним повышенные требования в работоспособности, компетентности, функциональном и физическом совершенстве.

В практическом анализе Вейнер Э.Н. отмечается, что при недостатке двигательной активности наблюдается, как правило, ослабление физиологических функций, понижается тонус и жизнедеятельность организма [2].

Одним из здоровьесберегающих аспектов организации труда специалистов организации воздушного движения являются физические упражнения.

Они способствуют общему расширению кровеносных сосудов, нормализации тонуса их мышечных стенок, улучшению питания и повышению обмена веществ в стенках кровеносных сосудов [8].

Физические упражнения могут применяться непосредственно перед началом смены, в процессе дежурства, в перерывах между нахождением за монитором и в условиях работы с применением упражнений адекватного характера. Физические упражнения, выполняемые в особых условиях, должны отвечать определенным требованиям. Это, прежде всего, выполнение физических упражнений в строгой последовательности, соблюдение дозировки каждого выполняемого упражнения, в зависимости от степени влияния его на организм выполняющего.

Правильно выбранные образовательные методы и методики в физической подготовке являются важными факторами, для поддержания и развития физической подготовленности, что соответственно будет способствовать выполнению поставленных оперативно-служебных задач в процессе профессиональной деятельности [15].

Такие методы должны носить эмоциональный характер и способствовать снятию напряжения в период длительного дежурства.

Вместе с тем происходят положительные изменения в костях и связках. Одновременно наступают функциональные изменения, носящие приспособительный характер, в вегетативных системах организма, расширяются его функциональные возможности [1].

Учет времени суток и микроклиматических условий, в которых выполняются физические упражнения, так же имеют свою особенность и учитываются при их исполнении.

Здоровье сберегающий аспект очень значим сегодня и в обучении, и в жизни [9], так как физические упражнения – это положительно закрепленные привычки, это и режим питания, и образ жизни, и фактор снятия психоэмоционального напряжения. Тренировки активизируют физиологические процессы и способствуют восстановлению нарушенных функций у человека [7].

При использовании физических упражнений используется принцип постепенности повышения нагрузки.

Физическая нагрузка в процессе выполнения упражнений вначале постепенно повышается, а в конце плавно снижается. Низкая нагрузка не вызовет необходимого повышения обмена веществ и возбудимости центральной нервной системы, не приведет к улучшению работоспособности. Высокая нагрузка, наоборот, может вызвать изменение возбуждения и

утомления, а в связи с этим снижение работоспособности [13]. Необходимо знать особенности организма занимающегося и подбирать такие упражнения, которые способствуют восстановлению нервной системы и сохранению работоспособности в период длительной, напряженной работы.

Одним из путей повышения устойчивости организма к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды, как считают Кузнецов В.А., Блохин Г.Н., Горелов А.А. и др., является специально организованная подготовка в процессе которой у юношей заблаговременно развиваются механизмы адаптации к необычным условиям внешней среды [10].

Физические упражнения, выполняемые в период ночных смен, выполняются с большей интенсивностью и меньшим объемом. Целесообразно включение упражнений на внимание с повышенной координационной сложностью.

По информации студентов, которые работают в авиакомпаниях, они сталкиваются с проблемами сохранения высокого уровня работоспособности при длительной по времени деятельности.

По мнению Семенкова Т.Н., Касаткина Н.Э., Казина Э.М. проблема поддержания высокой работоспособности у обучающихся и предупреждения переутомления в режиме дня актуальна и в настоящее время и ее решение позволит минимизировать риски, связанные с влиянием негативных факторов учебного процесса на здоровье студенческой молодежи. Итак, как видно, среди причин, вызывающих серьезные проблемы со здоровьем обучающихся, можно назвать экзогенные и эндогенные факторы, приводящие к нарушению адаптационных возможностей организма в отношении динамичной, а порой и агрессивной окружающей среды [18].

У них во время работы за компьютером, одновременно на трех мониторах при длительном дежурстве, к концу смены наблюдаются боли в пояснице, трудности сосредоточения внимания на мониторе, появляются неприятные ощущения в глазах, возникает состояние хронического утомления, астенизации. Это существенно снижает уровень профессиональной работоспособности. Несмотря на то, что система управления воздушным движением постоянно совершенствуется, человек был и остается основным и самым уязвимым звеном в обеспечении воздушного движения [20].

В практике оценивания уровня развития общей и специальной физической подготовленности курсантов вузов МВД России используется большое количество тестовых процедур (контрольных упражнений), предназначенных для осуществления педагогического контроля этой личностной характеристики обучающихся [5].

С появлением сложной техники по обслуживанию движения авиационных судов специалисты управления воздушным движением много времени сидят перед экраном монитора и руководят воздушным движением, а это - сложная двигательная и ментальная деятельность. Для такой деятельности необходима концентрация устойчивого внимания и хорошая когнитивная работоспособность. Проверить это можно с помощью таблиц Шульте. Испытуемому поочередно предлагается пять таблиц, на которых в произвольном порядке расположены числа от 1 до 25. Испытуемый отыскивает, показывает и называет числа в порядке их возрастания. Проба повторяется с пятью разными таблицами [4]. Сущность работы с таблицами обычно заключается в тренировке по скорости нахождения чисел либо других объектов в определенной последовательности. Это позволяет значительно повысить навыки быстрого чтения, поиска информации, а также быстрого переключения внимания, позволяющего выполнять в экстремальной обстановке необходимые действия в заданной последовательности [6].

Теория

Гипотеза. Определенные физические качества изменяются у специалистов организации воздушного движения в процессе длительного пребывания за монитором, что требует направленного предварительного их развития.

Целью работы было выявить влияние физических упражнений на умственную и физическую работоспособность студентов-специалистов организации воздушного движения.

Исследования проводились преподавателями кафедры физического воспитания Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА) со студентами четвертых курсов направления подготовки «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения».

Методы исследования: наблюдения, тесты для оценки физической работоспособности, станковая и кистевая динамометрия, таблицы Шульте для определения устойчивости внимания и динамики работоспособности.

Результаты и обсуждение

Использование учебных занятий по дисциплинам физической культуры для повышения готовности к экстремальным ситуациям является одним из важнейших составляющих формирования мотивации и сознательного отношения к занятиям физической культурой в системе высшего образования [7].

Была сделана выборка из студентов, у которых учебная практика проходила в центре управления полетами. В течении четырех служебных смен проводились исследования физической и умственной работоспособности у студентов при выполнении функций организации воздушного движения до начала дежурства и после его окончания (табл. 1, 2).

Для оценки физической работоспособности использовались следующие двигательные тесты: №1 - сгибание и разгибание рук в упоре лежа; №2 - вис на перекладине на согнутых руках (подбородок выше уровня перекладины); №3 - подтягивание на перекладине до касания ее подбородком (на количество раз в течение 20 сек.); №4 - прыжок в длину с места; №5 - прыжок на двух ногах вверх (три последовательных прыжка без остановок); №6 - из положения лежа на спине, ноги зафиксированы, сгибание и разгибание туловища за 20 сек.; №7 - из положения лежа на животе: разгибание туловища на количество раз в течение 20 сек.; №8 - лежа на спине, на гимнастической скамейке, туловище в горизонтальном положении, ноги врозь: максимальное удержание позы; №9 - максимальное удержание в вися на перекладине прямых ног под углом 90°; №10 - поднимание прямых ног к перекладине (количество раз за 20 сек).

Кроме того, выполнялась станковая и кистевая динамометрия.

Так же эти студенты были подвержены испытаниям через 3 дня после дежурства.

Показатели оценки отдельных физических качеств приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1- Показатели влияния условий дежурства на проявление физического качества силы

| Инструменты тестирования | Условия испытаний | | | Достоверность различий, P | |
|--|-------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| | До дежурства | После дежурства | Через 3 дня после дежурства | До - после дежурства | До и через три дня после дежурства |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| №1 - сгибание и разгибание рук в упоре лежа (кол-во раз) | 36,7 | 34,1 | 35,8 | Достоверно при p<0,05 | Не достоверно |
| № 2 - вис на перекладине на согнутых руках (сек.) | 45,4 | 38,1 | 42,9 | Достоверно при p<0,05 | Не достоверно |
| №3 - подтягивание на перекладине (на количество раз в течение 20 сек.); | 8,3 | 5,2 | 6,0 | Достоверно при p<0,01 | Достоверно при p<0,05 |
| № 8 - максимальное удержание позы, лежа на спине (сек) | 23,1 | 20,9 | 21,7 | Достоверно при p<0,05 | Достоверно при p<0,05 |
| № 9 - максимальное удержание в вися на перекладине прямых ног под углом 90°(сек) | 8,8 | 6,3 | 7,7 | Достоверно при p<0,01 | Достоверно при p<0,05 |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|---------------------------|
| Становая динамометрия (кг.) | 151,35 | 154,78 | 153,89 | Достоверно при $p < 0,05$ | Достоверно при $p < 0,05$ |
| Кистевая динамометрия (кг.) | 18,42 | 17,19 | 18,25 | Достоверно при $p < 0,05$ | Недостоверно |

Таблица 2 - Показатели влияния условий дежурства на уровень скоростно-силовых физических качеств

| Инструменты тестирования | Условия испытаний | | | Достоверность различий, P | |
|---|-------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | До дежурства | После дежурства | Через 3 дня после дежурства | До – после дежурства | До и через 3 дня после дежурства |
| №4 - прыжок в длину с места, (см) | 228,8 | 220,1 | 223,0 | Достоверно при $p < 0,05$ | Недостоверно |
| №5 - прыжок на двух ногах вверх, (см) | 45,7 | 44,2 | 45,4 | Достоверно при $p < 0,05$ | Недостоверно |
| №6 - из положения лежа на спине, ноги зафиксированы, сгибание и разгибание туловища (20 сек.) | 18,6 | 15,0 | 17,8 | Достоверно при $p < 0,05$ | Недостоверно |
| №7 - из положения лежа на животе: разгибание туловища на (количество раз за 20 сек.) | 9,28 | 9,89 | 9,37 | Достоверно при $p < 0,05$ | Достоверно при $p < 0,05$ |
| №10 - поднимание прямых ног к перекладине (количество раз за 20 сек.) | 12,03 | 11,04 | 11,26 | Достоверно при $p < 0,05$ | Достоверно при $p < 0,05$ |

Всего было обследовано 22 студента-специалиста организации воздушного движения.

Как видно в таблице 1, во всех приведенных двигательных тестах наблюдалось ухудшение показателей после смены, причем с одновременным улучшением показателей становой динамометрии.

Испытания в беге на 100 и 1000 м показали, что после длительной смены особенно значительно происходит ухудшение результатов в беге на 100 м (по сравнению с данными, полученными до смены, $p < 0,01$). В беге на 1000 м результаты ухудшились, но только при $p < 0,05$.

Таблица 3 - Показатели влияния условий дежурства на уровень физического качества быстроты и выносливости

| Инструменты тестирования | Условия испытаний | | | Достоверность различий, P | |
|--------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | До дежурства | После дежурства | Через 3 дня после дежурства | До – после дежурства | До и через 3 дня после дежурства |
| Бег 100 м. (сек.) | 13,37 | 13,98 | 13,72 | Достоверно при $p < 0,01$ | Достоверно при $p < 0,05$ |
| Бег 1000 м. (сек.) | 187,28 | 192,61 | 188,42 | Достоверно при $p < 0,05$ | Недостоверно |

Таблица 4 - Динамика показателей распределения внимания в условиях дежурства

| Метод исследования | До дежурства | После дежурства | Через 3 дня после дежурства |
|-----------------------|--------------|-----------------|-----------------------------|
| Таблица Шульте (сек.) | 18,12 | 23,93 | 19,15 |

Применение остальных двигательных тестов через 3 дня дежурства и последующего отдыха после окончания работы выявили следующее: показатели в беге на 100 м оставались сниженными по сравнению с исходными данными при $p < 0,05$; при таком же уровне доверительности ($p < 0,05$) были снижены результаты в беге на 1000 м. Из двигательных тестов можно еще выделить тесты №№ 4 и 5, в которых проявляется тенденция к улучшению показателей, но сразу после окончания дежурства улучшение достоверно при $p < 0,05$, а через трое суток эти изменения не достоверны.

По результатам теста Шульте также наблюдалось ухудшение показателей после смены. Через 3 дня после дежурства показатели не вернулись на прежний уровень (табл. 4).

Даже через три дня после профессиональной деятельности в соответствии с графиком дежурств указанные показатели работоспособности, хотя и несколько улучшились, но не пришли к величинам, полученным перед первой сменой.

Вывод

Под влиянием условий деятельности и нагрузок, воздействующих на специалистов организации воздушного движения, существенно снижаются показатели, характеризующие скоростно-силовые качества и общую выносливость, что, безусловно, отрицательно сказывается на профессиональной работоспособности авиационных работников. Это требует направленного воздействия на уровень профессиональной работоспособности специалистов эксплуатации организации воздушного движения, которое, в частности, заключается в развитии скоростно-силовых качеств и общей выносливости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абазов А.Б. Актуальные вопросы подготовки сотрудников специальных подразделений МВД // Теория и практика общественного развития. - 2014. - №12. - С. 147-149.
2. Вайнер Э.Н. Лечебная физическая культура. - М.: Флинта, Наука, 2016. - 424 с.
3. Волкова Л.М., Голубев А.А., Евсеев В.В. Самостоятельные занятия физическими упражнениями и самоконтроль студентов авиационных вузов – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2018. – 53 с.
4. Все профессиональные тесты [Электронный ресурс] / Методика «Таблицы Шульте». - Режим доступа: <https://vsetesti.ru/cat/tests/>, свободный
5. Ганченко И.О., Ахметов Р.С. Методика педагогического контроля уровня общей и специальной физической подготовленности курсантов вузов МВД России - сотрудников специальных подразделений // Физическая культура, спорт - наука и практика. – 2012. – №3. – С. 26-30.
6. Гуменюк О.В., Доброборский Б.С. Применение таблиц Шульте для оценки поведения человека в чрезвычайных ситуациях // Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». - 2014. – С. 90-93.
7. Дубровский В.И. Лечебная физкультура и врачебный контроль. - М.: Медицинское информационное агентство, 2016. - 600 с.
8. Епифанов В.А. Лечебная физическая культура. - М.: Медицина, 2017. - 938 с.
9. Ермолаева С. Влияние экологических и социальных факторов на здоровье детей. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 124 с.
10. Физическая подготовка военнослужащих в особых условиях / И.А.Кузнецов, Г.Н.Блохин, А.А. Горелов и др. - СПб ВИФК, 1966. - 135 с.
11. Ложкина Н.П., Ложкина О.П. Самостоятельная физическая подготовка курсантов // Молодой ученый. – 2015. – №12(92). – С. 838-841.
12. Морщинина Д.В., Шалупин В.И. Роль физических упражнений в психологической подготовке студентов учебных заведений гражданской авиации. - М.: Научный вестник МГТУ ГА, 2010. - №162. - 172 с.
13. Норин Н.Е., Фадеев О.В., Глушков П.Ю. Влияние физической тренировки в процессе служебно-боевой деятельности на физическую подготовленность и полевою выучку военнослужащих войск национальной гвардии РФ [Электронный ресурс] / Аспекты и тенденции педагогической науки: материалы II Междунар.

науч. конф. - Санкт-Петербург: Свое издательство. - 2017. - С. 69-72. - Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/216/12706/>

14. Османова З.О. Анализ факторов внешней среды влияющих на деятельность промышленных предприятий // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции. - 2017. - №3. - С. 71-75.

15. Осипов Д.В. Особенности специальной физической подготовки курсантов образовательных организаций МВД России // Наука 2020. - №3(39). - 2020. - С. 24/177.

16. Родионова И.А., Шалупин В.И., Карпушин В.В. Психическая устойчивость к стрессовым ситуациям специалистов аэродромных служб как фактор безопасности полетов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2015. - №218(8). - С. 117-121.

17. Столяр Л.М., Логинов О.Н., Любина Е.В. и др. Мотивационные факторы, повышающие интерес к занятиям физической культурой у студенческой молодежи // Теория и практика физической культуры. - 2018. - № 8. - С. 83-88.

18. Семенкова Т.Н., Касаткина Н.Э., Казин Э.М. Факторы риска, влияющие на здоровье обучающихся в процессе обучения // Вестник Кемеровского государственного университета. - 2011. - №2(46). - С. 98-106.

19. Слепченко А.Л., Краснов Р.К., Вольский В.В. Мотивация как компонент занятий физической культурой [Электронный ресурс] / Молодой ученый. - 2019. - №19(257). - С. 388-390. - Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/257/58864/>

20. Шалупин В.И., Родионова И.А., Романюк Д.В. Применение комплекса психофизической тренировки и гимнастических упражнений в подготовке будущих специалистов гражданской авиации // Теория и практика физической культуры. - 2019. - №10. - С. 25-26.

Родионова Инесса Альбертовна

Московский государственный технический университет гражданской авиации

Адрес: 141044, Россия, г. Москва, ул. Днепропетровская, 7

К.п.н., профессор, профессор кафедры физического воспитания

E-mail: rodiinna@mail.ru

Шалупин Владимир Ильич

Московский государственный технический университет гражданской авиации

Адрес: 141044, Россия, г. Москва, ул. Днепропетровская, 7

К.п.н., профессор, заведующий кафедрой физического воспитания

E-mail: v.shalupin@mstuca.aero

Куманцова Елизавета Сергеевна

Московский государственный технический университет гражданской авиации

Адрес: 141044, Россия, г. Москва, ул. Днепропетровская, 7

Старший преподаватель кафедры физического воспитания

E-mail: zavtt@mail.ru

I.A. RODIONOVA, V.I. SHALUPIN, E.S. KUMANTSOVA

INFLUENCE OF PHYSICAL EXERCISES UNDER THE CONDITIONS OF LONG DUTY ON THE EFFICIENCY OF AIR TRAFFIC MANAGEMENT SPECIALISTS

***Abstract.** The article deals with the formation of the need for physical self-improvement of students of civil aviation universities in preparation for such service activities as long-term duty. At the same time, as a model of the study, physical education classes were chosen for 4-year students of the training direction 25.05.05 «Operation of aircraft and air traffic management» of groups EVSm 4-1 and 4-2.*

Studies have shown that university studies provide about 30% of motor activity useful for a healthy person.

***Keywords:** air traffic management specialists, physical performance, hours of duty, air traffic safety, aircraft operation and air traffic management*

BIBLIOGRAPHY

1. Abazov A.B. Aktual`nye voprosy podgotovki sotrudnikov spetsial`nykh podrazdeleniy MVD // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. - 2014. - №12. - S. 147-149.

2. Vayner E.N. Lechebnaya fizicheskaya kul`tura. - M.: Flinta, Nauka, 2016. - 424 с.

3. Volkova L.M., Golubev A.A., Evseev V.V. Samostoyatel'nye zanyatiya fizicheskimi uprazhneniyami i samokontrol' studentov aviatsionnykh vuzov - Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet grazhdanskoj aviatsii, 2018. - 53 s.
4. Vse professional'nye testy [Elektronnyy resurs] / Metodika «Tablitsy Shul'te». - Rezhim dostupa: <https://vsetesti.ru/cat/tests/>, svobodnyy
5. Ganchenko I.O., Akhmetov R.S. Metodika pedagogicheskogo kontrolya urovnya obshchey i spetsial'noy fizicheskoy podgotovlennosti kursantov vuzov MVD Rossii - sotrudnikov spetsial'nykh podrazdeleniy // Fizicheskaya kul'tura, sport - nauka i praktika. - 2012. - №3. - S. 26-30.
6. Gumenyuk O.V., Dobroborskiy B.S. Primenenie tablits Shul'te dlya otsenki povedeniya cheloveka v chrezvychaynykh situatsiyakh // Bezopasnost' v chrezvychaynykh situatsiyakh: Sbornik nauchnykh trudov VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Sankt-Peterburg: FGBOU VO «Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo». - 2014. - S. 90-93.
7. Dubrovskiy V.I. Lechebnaya fizkul'tura i vrachebnyy kontrol'. - M.: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2016. - 600 c.
8. Epifanov V.A. Lechebnaya fizicheskaya kul'tura. - M.: Meditsina, 2017. - 938 c.
9. Ermolaeva S. Vliyanie ekologicheskikh i sotsial'nykh faktorov na zdorov'e detey. - M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 124 c.
10. Fizicheskaya podgotovka voennosluzhashchikh v osobykh usloviyakh / I.A.Kuznetsov, G.N.Blokhin, A.A. Gorelov i dr. - Spb VIFK, 1966. - 135 s.
11. Lozhkina N.P., Lozhkina O.P. Samostoyatel'naya fizicheskaya podgotovka kursantov // Molodoy uchenyy. - 2015. - №12(92). - S. 838-841.
12. Morshchinina D.V., Shalupin V.I. Rol' fizicheskikh uprazhneniy v psikhologicheskoy podgotovke studentov uchebnykh zavedeniy grazhdanskoj aviatsii. - M.: Nauchnyy vestnik MGTU GA, 2010. - №162. - 172 s.
13. Norin N.E., Fadeev O.V., Glushkov P.YU. Vliyanie fizicheskoy trenirovki v protsesse sluzhebno-boevoy deyatel'nosti na fizicheskuyu podgotovlennost' i polevuyu vyuchku voennosluzhashchikh voysk natsional'noy gvardii RF [Elektronnyy resurs] / Aspekty i tendentsii pedagogicheskoy nauki: materialy II Mezhdunar. nauch. konf. - Sankt-Peterburg: Svoe izdatel'stvo. - 2017. - S. 69-72. - Rezhim dostupa: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/216/12706/>
14. Osmanova Z.O. Analiz faktorov vneshney sredy vliyayushchikh na deyatel'nost' promyshlennykh predpriyatiy // Nauchnyy vestnik: Finansy, banki, investitsii. - 2017. - №3. - S. 71-75.
15. Osipov D.V. Osobennosti spetsial'noy fizicheskoy podgotovki kursantov obrazovatel'nykh organizatsiy MVD Rossii // Nauka 2020. - №3(39). - 2020. - S. 24/177.
16. Rodionova I.A., Shalupin V.I., Karpushin V.V. Psikhicheskaya ustoychivost' k stressovym situatsiyam spetsialistov aerodromnykh sluzhb kak faktor bezopasnosti poletov // Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviatsii. - 2015. - №218(8). - S. 117-121.
17. Stolyar L.M., Loginov O.N., Lyubina E.V. i dr. Motivatsionnye faktory, povyshayushchie interes k zanyatiyam fizicheskoy kul'turoy u studencheskoy molodizhi // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. - 2018. - № 8. - S. 83-88.
18. Semenкова T.N., Kasatkina N.E., Kazin E.M. Faktory riska, vliyayushchie na zdorov'e obuchayushchikhsya v protsesse obucheniya // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2011. - №2(46). - S. 98-106.
19. Slepchenko A.L., Krasnov R.K., Vol'skiy V.V. Motivatsiya kak komponent zanyatij fizicheskoy kul'turoy [Elektronnyy resurs] / Molodoy uchenyy. - 2019. - №19(257). - S. 388-390. - Rezhim dostupa: <https://moluch.ru/archive/257/58864/>
20. Shalupin V.I., Rodionova I.A., Romanyuk D.V. Primenenie kompleksa psikhofizicheskoy trenirovki i gimnasticheskikh uprazhneniy v podgotovke budushchikh spetsialistov grazhdanskoj aviatsii // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. - 2019. - №10. - S. 25-26.

Rodionova Inessa Albertovna

Moscow State Technical University of Civil Aviation
Address: 141044, Russia, Moscow
Candidate of pedagogical sciences
E-mail: rodiinna@mail.ru

Kumantsova Elizaveta Sergeevna

Moscow State Technical University of Civil Aviation
Address: 141044, Russia, Moscow
Senior Lecturer
E-mail: zavtt@mail.ru

Shalupin Vladimir Ilyich

Moscow State Technical University of Civil Aviation
Address: 141044, Russia, Moscow
Candidate of pedagogical sciences
E-mail: v.shalupin@mstuca.aero

Научная статья

УДК: 004+629.3.083.4

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-89-97

А.С. СЕМЫКИНА, Н.А. ЗАГОРОДНИЙ, А.А. КОНЕВ, Н.А. ЩЕТИНИН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

***Аннотация.** В работе рассматривается вопрос применения цифровых и информационных технологий на автосервисных предприятиях. Проведен анализ возможных мер по повышению эффективности деятельности автосервисных предприятий за счет внедрения цифровых и информационных технологий. Установлено, что применение цифровых систем в процессе проведения ТО и ремонта уменьшает документооборот предприятия, сокращает время оформления документов и передачи информации между сотрудниками, повышает уровень автоматизации процессов и минимизирует количество возникающих ошибок, что в целом повышает эффективность деятельности автосервисных предприятий.*

***Ключевые слова:** автосервисное предприятие, автосервис, цифровые и информационные технологии для автосервиса, цифровая система, информационные технологии на транспорте*

Введение

В настоящее время работа большинства автосервисных предприятий в России выстроена практически по тем же алгоритмам, что были приняты в эпоху до активного внедрения цифровых технологий [1]. Наиболее «продвинутым» подразделением таких предприятий в области развития цифровых технологий является бухгалтерия. Это обосновано требованиями о документообороте с налоговой службой, а также банковской сферой, где стандарты для должного уровня применяемых цифровых технологий задаются извне. Иногда можно встретить довольно «продвинутый» уровень применения цифровых технологий в подразделениях службы охраны и кибербезопасности. Однако при этом, основные производственные подразделения авторемонтных предприятий, которые дают основную прибыль остаются практически не охвачены цифровыми технологиями или уровень их реализации достаточно низок [2]. Причин этого явления множество, например:

- 1) отсутствие знаний у руководства предприятия о реальных примерах внедрения цифровых и информационных технологий на автосервисных предприятиях;
- 2) непонимание руководителя предприятия выгод, экономического и социального эффекта от внедрения цифровых технологий в тех или иных подразделениях;
- 3) отсутствие должной цифровой грамотности руководства предприятия, руководителей подразделений, остальных сотрудников;
- 4) отсутствие готового цифрового продукта для внедрения на предприятии, удовлетворяющего требованиям ценовой доступности, простоты интерфейса, простоты настроек и адаптации под конкретное предприятие, надежности работы, технической поддержки, достаточной номенклатуры доступных опций и выполняемых операций, совместимости с бухгалтерскими программами и т.д. [3];
- 5) необходимость реорганизации штатной структуры после внедрения цифровых и информационных технологий, введение новых структурных подразделений, упразднение некоторых ранее существовавших, утративших свою актуальность;
- 6) человеческий фактор (неприятие нового, нежелание перемен и адаптации к ним, и т.п.) [4, 5].

Материал и методы

Актуальные направления для внедрения цифровых и информационных технологий в автосервисных предприятиях

Анализ возможных мер по повышению эффективности деятельности автосервисных предприятий за счет внедрения цифровых и информационных технологий целесообразнее начать с рассмотрения алгоритма процесса проведения ТО и ремонтов в автосервисных предприятиях, представленного на рисунке 1.

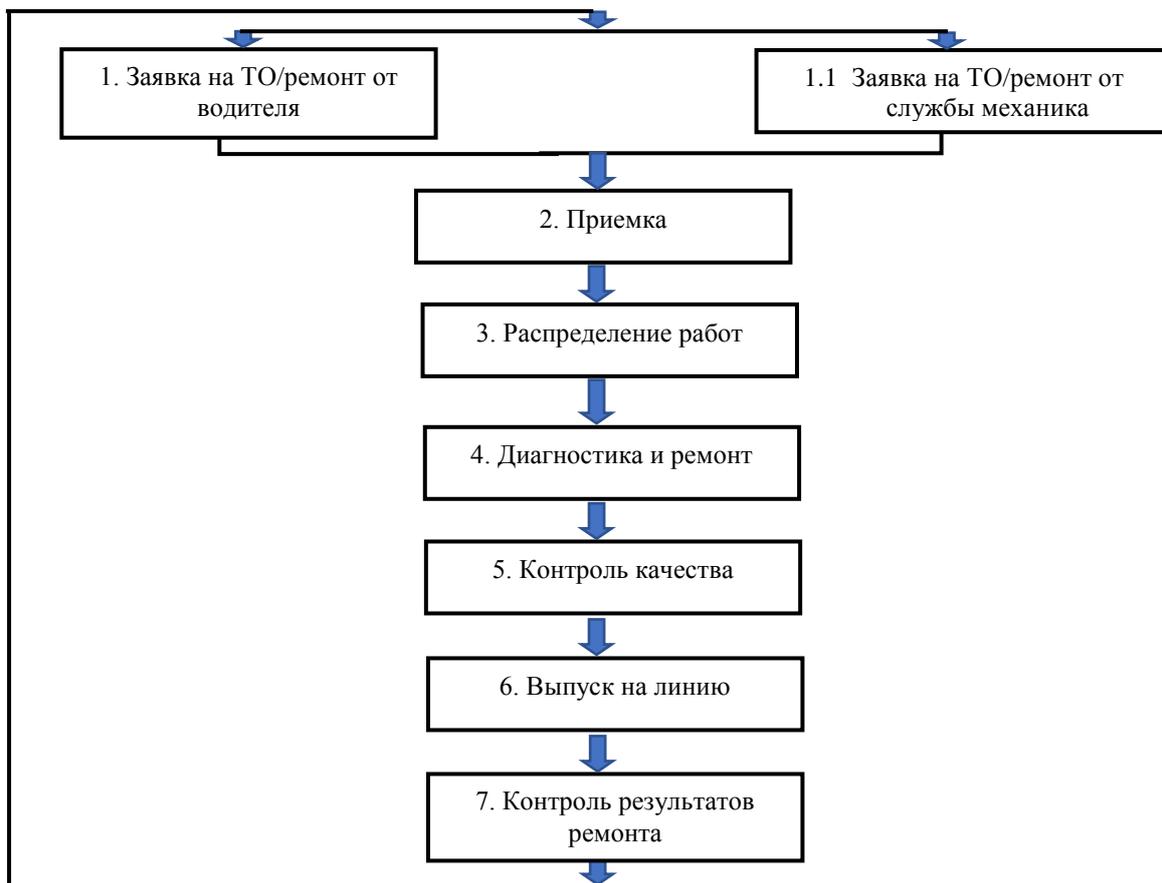


Рисунок 1 - Алгоритм процесса проведения ТО и ремонтов в автосервисных предприятиях

Согласно рисунку 1, наибольший эффект от внедрения цифровых и информационных технологий ожидаемо будет получен в тех процессах, которые связаны с получением, обработкой, хранением информации, автоматических расчетов, аналитики, статистики, отчетов. В рассматриваемом примере внедрение цифровых и информационных технологий будет уместно для каждого пункта алгоритма. Работа цифровой системы в данном случае будет направлена на дополнение информационным сопровождением некоторых операций, проводимых ранее человеческими усилиями, а в ряде случаев на частичное или полное замещение таких операций, ввиду их более эффективной реализации за счет работы цифровой системы по сравнению с реализацией усилиями человека [6, 7].

Теория / Расчет

Задачи, решаемые за счет внедрения цифровых и информационных технологий

При внедрении начального уровня цифровой системы доступны решения простых задач хранения и обработки массивов данных:

1) хранение массива информации о каждой машине из всего парка машин: марка, модель, модификация, VIN номер, номера агрегатов, дата выпуска, пробег, данные закрепленного водителя [8];

2) хранение, выдача данных истории обслуживания: дата и место ТО/ремонта; предварительное обоснование ремонта; результаты диагностики; причина неисправности; перечень работ; перечень запчастей и материалов, которые были использованы; исполнители работ; сроки выполнения работ; ответственный за проверку качества; сведения о работах, методах ремонта и перечне запчастей и материалов при ремонте в подрядной организации;

3) автоматическое формирование перечня необходимых документов, сопровождающих ремонт [9];

4) учет электронных подписей при передаче автомобиля в ремонт и из ремонта [10]. При внедрении более «продвинутой» цифровой системы дополнительно к вышеописанным решаемым задачам становится доступным решение задач обработки статистики, формирования автоматических напоминаний, отчетов и т.д.;

5) обработка статистических данных, расчет показателей эффективности ремонтов: количество повторных ремонтов, частота повторных ремонтов, стоимость среднего ремонта, % повторных ремонтов, % одобрений ремонтов службой отдела технического контроля;

6) учет эксплуатационных показателей после ремонта: расход топлива, расход масел и технических жидкостей, материалов и прочих запчастей по информации о списании со склада;

7) формирование предварительного заказа и его подготовка на складе для экономии времени при ремонте;

8) формирование автозаказа для пополнения склада;

9) формирование автоматических уведомлений водителей, службы механика о приближающихся сроках выполнения работ по ТО, сезонных ТО, ремонтных работ, контрольных точек проверок после выполненных ремонтных работ. При внедрении еще более «продвинутой» цифровой системы, которая предполагает установку специальных электронных блоков на каждый автомобиль, интегрируемых с электронной системой автомобиля и постоянно поддерживающих связь в режиме реального времени с цифровой системой предприятия, а также реализована интеграция цифровой системы с остальными подразделениями предприятия, при этом архитектура самой системы развита до такого уровня, что позволяет получать информацию о всех процессах предприятия, дополнительно к вышеописанным решаемым задачам становится доступным решение задач аналитики и помощи принятия решений при управлении подразделениями и предприятием в целом;

10) мониторинг технических показателей автомобиля в режиме реального времени, запись всего массива данных для дальнейшей обработки: температурный режим двигателя, частота вращения коленчатого вала, нагрузка на двигатель, режим эксплуатации, данные об окружающей среде (температура, влажность, давление), средняя скорость движения, адекватность способа управления автомобилем, степень загрузки автомобиля, расход топлива и т.д.;

11) своевременное оповещение водителя и службы механика о возникающих и прогнозируемых проблемах, предупреждение крупных поломок и простоев на ремонт, опережающее ремонтное и диагностическое воздействие на автомобиль с целью минимизации общих эксплуатационных затрат;

12) экономические показатели эксплуатации: % простоев, % времени ремонтов, относительные затраты на эксплуатацию, ремонт и т.д.;

13) автоматический расчет рабочего времени и начисления заработной платы, учет переработок и премий;

14) автоматический анализ квалификации водителей, персонала, осуществляющего ремонт, работа склада, руководителей ремонтных подразделений, оптимальность организации процессов с формированием отчета;

15) аналитика эксплуатации автомобиля: автоматический расчет соотношения прибыли и затрат на эксплуатацию и ремонт, стоимость единицы произведенной продукции (тонно-километры, стоимость километра пробега), целесообразность дальнейшей эксплуатации, окупаемость, формирование предложений на списание автомобилей;

16) аналитика подразделений: анализ эффективности взаимодействия персонала, подразделений между собой, соответствие квалификации по косвенным признакам, формирование предложений по конкретным сотрудникам и целым подразделениям на обучение, переобучение, переквалификацию, движение кадров;

17) аналитика склада: анализ складских запасов, актуальность складских запасов, расчет минимальных остаткам по позициям, учет простоя из-за ожиданий поставок, формирова-

ние стратегий заказов и автозаказов с учетом времени доставки, ежедневных и ежемесячных потребностей и т.д.;

18) аналитика процессов проведения ремонтов и ТО: укомплектованность спецоборудованием и инструментом (сверка числящихся, их состояние с рекомендованным списком завода изготовителя автомобиля), оптимальность процессов и технологических цепочек, формирование предложений по стратегиям совершенствования процессов;

19) аналитика парка машин в целом: сравнительный анализ эффективности эксплуатации различных марок и моделей с учетом их назначения, специфики работы и т.д., формирование стратегий возможной унификации парка, унификации склада запчастей, унификации склада ГСМ [10].

Описанный выше перечень задач ранее приходилось решать силами специалистов тех или иных подразделений автосервисного предприятия [11]. С внедрением цифровых и информационных технологий решение этих задач можно поручить цифровой системе частично или полностью при полном сохранении контроля и принятия итогового решения [12].

Для повышения эффективности деятельности автосервисных предприятий за счет внедрения цифровых и информационных технологий проанализированы регламенты формирования заявок на ТО и ремонт без применения цифровых технологий и с применением цифровых технологий [13]. Процесс формирования заявок на ТО и ремонт инициируется водителем, эксплуатирующим машину или службой механика, если автомобиль длительное время находится в ремонте или простое и водитель за ним не закреплен.

В таблице 1 отображен регламент формирования заявки на ТО/ремонт, соответствующие ему носители информации и способы ее передачи, а также характерные недостатки без использования цифровых технологий [14].

Таблица 1 - Регламент формирования заявки на ТО/ремонт без использования цифровых технологий

| Источник информации, инициирующий процесс | Носители информации | Недостатки |
|--|---|--|
| <p>Водитель или служба механика инициирует запрос на ремонт автомобиля (формирует заявку) устно или в письменном виде руководствуясь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пробегом автомобиля / количеством моточасов; 2. Временем работы автомобиля / сезон; 3. Наличием неисправностей автомобиля; 4. Необходимостью дооборудования, переоборудования автомобиля; 5. Необходимостью прохождения обязательного технического осмотра в ГИБДД. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Одометр автомобиля / счетчик моточасов; 2. Журнал учета ремонтов автомобилей; 3. График ТО и ремонтов; 4. Другие документы. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая эффективность передачи информации при устной заявке; 2. Отсутствие возможности автоматизации обработки информации, формирования отчетов, статистики, прогнозирования, автоматических напоминаний; 3. Затраты времени при составлении бумажных документов, ведения журналов; 4. Отсутствие оперативности передачи информации из носителей, не объединенных в единую систему; 5. Риск перепробегов и эксплуатации неисправного транспорта ввиду человеческого фактора; 6. Снижение эксплуатационных показателей работы парка машин в целом; 7. Возрастание сложности ремонтов и их удорожание; 8. Трудности с соблюдением графиков ремонтов и ТО. |

В таблице 2 приведен регламент формирования заявки на ТО/ремонт, соответствующие ему носители информации и способы ее передачи, а также эффект от устранения или нивелирования недостатков, которые имели место до внедрения цифровых технологий [14, 15].

Можно сделать вывод, что внедрение цифровых и информационных технологий с целью оптимизации регламента формирования заявки на ТО/ремонт позволяет существенно сокращать недостатки и повышать эффективность передачи информации, оперативность принятия решений, сбор статистики, ее анализ и многое другое в зависимости от степени совершенства внедряемой информационной цифровой системы.

Таблица 2 - Регламент формирования заявки на ТО/ремонт при внедрении цифровых технологий

| Источник информации, инициирующий процесс | Носители информации | Эффект от устранения или нивелирования недостатков |
|--|---|---|
| <p>Цифровая система формирует автонапоминание, водитель и служба механика оповещаются и подтверждают или отклоняют заявку или автоматически формируется запрос на ремонт автомобиля (заявка) в электронном виде (данные вводятся в систему водителем или автоматически с устройства обмена данных автомобиля с цифровой системой предприятия при наличии таковой) руководствуясь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пробегом автомобиля / количеством моточасов; 2. Временем работы автомобиля / сезон; 3. Наличием неисправностей автомобиля; 4. Необходимостью дооборудования, переоборудования автомобиля; 5. Необходимостью прохождения обязательного технического осмотра в ГИБДД. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Одометр автомобиля / счетчик моточасов или устройство обмена данных автомобиля с цифровой системой предприятия; 2. Электронный журнал учета ремонтов автомобилей; 3. Электронный график ТО и ремонтов; 4. Другие электронные документы. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение эффективности передачи информации при применении цифровой автоматизированной системы учета и передачи информации; 2. Автоматизации обработки информации, формирования отчетов, статистики, прогнозирования, автоматических напоминаний; 3. Кратное снижение затрат времени при ведении документооборота, снижение объема бумажного документооборота, автоматизация бумажного документооборота; 4. Оперативность передачи информации из носителей, объединенных в единую систему; 5. Полное устранение или значительное снижение рисков перепробегов и эксплуатации неисправного транспорта ввиду человеческого фактора; 6. Повышение эксплуатационных показателей работы парка машин в целом; 7. Прогнозирование и предупреждение сложных ремонтов и оптимизация затрат на них при своевременных предупредительных мероприятиях; 8. Четкое соблюдение графиков ТО/ремонтов; 9. Уменьшение времени вовлечения персонала в процессы обмена информацией при более высокой эффективности сохранения, передачи и обработки информации; 10. Меньшая утомляемость персонала, вызываемая занятостью с бумажным документооборотом. |

Наиболее наглядно сравнение эффективности деятельности автосервисных предприятий с внедренной цифровой системой по сравнению с предприятием, где она не внедрена может быть продемонстрировано при сравнении различных показателей отдельных процессов регламента работы. Основные показатели для сравнения – временные затраты на осуществление однотипного процесса и возможность или невозможность автоматизации этого процесса [16].

В таблице 3 отображено сравнение выполнения регламента ТО и ремонтов с внедрением и без внедрения цифровых и информационных технологий на автосервисных предприятиях.

Таблица 3 – Сравнение выполнения регламента ТО и ремонтов с внедрением и без внедрения цифровых и информационных технологий на автосервисных предприятиях

| Процесс | Возможность выполнения, временные затраты на выполнение | |
|--|--|--|
| | Как осуществляется без внедрения цифровой системы | Как осуществляется с внедрением цифровой системы |
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Формирование заявки на ТО/ремонт. | Водитель оповещает механика при встрече или по телефону, до 5 мин. | Автоматически, почти мгновенно. |
| 1.1. Автонапоминание о ТО/ремонте по пробегу/моточасам. | Нет. | Автоматически с заданным предварительным интервалом. |
| 1.2. Изучение истории ремонта с целью формирования перечня работ для ТО и ремонта. | Механик изучает журнал истории ТО/ремонтов автомобилей, рассчитывает перечень работ и запчастей, определяет номенклатуру специнструмента, 10 - 20 мин. | Программа обрабатывает электронную историю ТО/ремонта, пробег/моточасы, текущие ошибки от неисправностей и автоматически рассчитывает перечень работ и запчастей, определяет номенклатуру специнструмента, до 1 мин. |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|---|
| 2. Приемка-передача автомобиля в ТО/ремонт. | Передача информации от водителя до службы механика устно или письменно, осмотр автомобиля, фиксация информации на бумажных носителях, 30-60 мин. | Передача информации от водителя до службы механика в цифровой форме с фиксацией информации на электронных носителях, осмотр автомобиля, 15-30 мин. |
| 3. Определение ремонтного поста, с учетом графика работ на этом посту и загрузки. | Сверка с журналами учета графиков загрузки постов, анализ и расчет продолжительности ТО/ремонта, распределение на пост, выстраивание очередности, 10-15 мин. | Автоматическое формирование предложения с учетом графиков загрузки постов, анализ и расчет продолжительности ТО/ремонта, распределение на пост, выстраивание очередности, до 1 мин. |
| 4. Диагностика. | Изучение специалистом службы механика журнала учета истории ТО/ремонтов, неоднократно повторяющихся неисправностей, общего состояния автомобиля, остаточного ресурса деталей, (поиск журнала, прочтение, сопоставление, внесение записей). Изучение проявляющихся неисправностей в данное время, поиск причин. Изучение справочников, руководств по методикам диагностики и ремонта и т.д. (время не ограничено, в случае отсутствия необходимой литературы, поиск информации затруднен). Ожидание запчастей со склада, дозаказ при необходимости, 10-20 мин | Автоматическое формирование статистики на основе истории ТО/ремонтов, напоминание о видах неоднократно повторяющихся неисправностей, расчет % остаточного ресурса автомобиля и его деталей, формирование предложений по заменам деталей с закончившимся ресурсом, формирование списка комплексных работ и замен, представление соответствующих методик диагностики и ремонта, до 1 мин. Изучение проявляющихся неисправностей в данное время, поиск причин. Изучение методик диагностики и ремонта в информационной системе (по каждому случаю конкретное ограниченное время). Доступна вся полнота информации – правильные методы диагностики и ремонта. Автоматическое формирование предварительного заказа запчастей, формирование автозаказа на пополнение склада, резервирование з/ч за конкретным автомобилем. |
| 5. Контроль качества работ. | Специалисты проверяют выполненную работу по субъективно ощущаемым направлениям проверки и подготавливают заключение, 30-60 мин. | В зависимости от видов проведенных работ, цифровая система предлагает соответствующий регламент проведения проверки качества, фиксации показателей и т.д. Результаты проверки качества регистрируются в электронной системе, которая прогнозирует следующий ТО/ремонт, ориентировочную дату, перечень работ и резервирование склада ЗЧ, 20-40 мин. |
| 6. Выпуск на линию. | Специалисты службы механика передают автомобиль водителю, передается информация о проделанной работе, особенностях дальнейшей эксплуатации. Оформление документов учета, списания и т.д. на бумажных носителях, 30-60 мин. | Специалисты службы механика передают автомобиль водителю, передается информация о проделанной работе, особенностях дальнейшей эксплуатации. Информация доступна водителю в цифровой системе, 15-30 мин. |
| 7. Контроль результатов ремонта. | Практически отсутствует. Иногда по инициативе водителя вследствие проявления явной неисправности. | Автоматическое формирование напоминаний водителю и службе механика о промежуточных сроках/пробегах контроля, методиках контроля в зависимости от предыдущего ремонта. Учет в информационной системе реагирования соответствующих сотрудников на оповещения и соблюдения регламента. |

Результаты и обсуждение

В результате сравнения выполнения регламента ТО и ремонтов с внедрением и без внедрения цифровых и информационных технологий на автосервисных предприятиях можно сделать вывод о том, что итоговое сокращение временных затрат при выполнении регламента для одного автомобиля за счет эффекта от внедрения цифровых технологий достигает до 2,5 ч.

Выводы

В настоящее время цифровые и информационные технологии развиты на достаточно высоком уровне во многих как производственных, так и непроизводственных сферах. Их широкое внедрение на автосервисных предприятиях в настоящий момент – уже давно назревшая необходимость, которая позволяет осуществить выход на новый уровень как экономических показателей предприятия, так и общей культуры производства работ, повышения квалификации персонала, упорядоченности и оптимальности процессов.

Применение цифровых и информационных технологий на автосервисных предприятиях дополняет действия сотрудников предприятия, упраздняет многие неточности и уменьшает вероятность возникновения ошибок. При внедрении цифровой системы на автосервисе временные потери на документооборот практически сводятся к нулю, временные потери на принятие решения сокращаются, добавляется ранее отсутствовавшая возможность автоматических уведомлений и напоминаний, а также автоматическая выгрузка методик диагностик и ремонта под конкретный автомобиль. Благодаря цифровизации услуг достигается высокий уровень автоматизации процессов работы, а также повышается качество и скорость передачи информации, что позволяет уменьшить общее время проведения ТО/ремонта на автосервисном предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семькина А.С., Конев А.А. Особенности создания клиентированной компании для сферы сервиса транспортных и технологических машин // *Современные наукоемкие технологии*. - 2013. - №8-2. - С. 225-227.
2. Семькина А.С., Загородний Н.А. Использование компьютерных программ для эффективного управления автобизнесом // *Металлообрабатывающие комплексы и робототехнические системы – перспективные направления научно-исследовательской деятельности молодых ученых и специалистов: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции*. – Курск: Юго-Западный гос. ун-т. - 2015. – С. 184-187.
3. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А., Шаталова Н.В., Бородин О.В., Лукомская О.Ю., Выдрин Е.О. Трансформация цифровых технологий при переходе к когнитивности на транспорте // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. - 2021. - №8. - С. 3-9.
4. Рожков Е.В. Внедрение цифровых технологий при использовании общественного транспорта (на уровне муниципального образования) // *Информационные технологии в управлении и экономике*. - 2021. - №4(25). - С. 4-12.
5. Журавлева Н.А. Проблемы внедрения цифровых технологий на транспорте // *Транспорт Российской Федерации*. - 2019. - №3(82). - С. 19-22.
6. Кириченко А.А. Цифровые технологии на автомобильном транспорте // *Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова*. - 2020. - С. 79-81.
7. Боровая К.С. Анализ применения цифровых технологий на транспорте // *Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты: Труды II Международной научно-практической конференции*. - 2019. - С. 98-101.
8. Коньшева М.В. Современные цифровые технологии управления логистическими операциями на транспорте // *Правовые аспекты цифровизации международного транспорта и логистики: Материалы Второго Международного транспортно-правового форума*. – Москва: Юридический институт Российского университета транспорта (МИИТ). - 2020. - С. 201-210.
9. Ушаков Д.И. Цифровизация бизнес-процессов на транспорте как фактор роста и инфраструктурных преобразований экономики // *Вестник Липецкого государственного технического университета*. - 2019. - №1(39). - С. 41-47.
10. Малышев М.И., Филиппова Н.А. Уровень цифровизации российского транспорта / Под общей редакцией А.Н. Новикова // *Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VI Международной научно-практической конференции*. - 2020. - С. 62-68.
11. Чернышев М.Г. Цифровая трансформация в сфере услуг автосервиса // *Цифровая экономика и финансы: Материалы Международной научно-практической конференции*. - Санкт-Петербург. - 2022. - С. 469-474.
12. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Информационные технологии как фактор эффективности работы автосервиса // *International Journal of Advanced Studies*. - 2020. - Т. 10. - №3. - С. 132-136.
13. Ляхов И.Ю. Разработка мобильного приложения для оптимизации работы автосервиса / Отв. редактор М.С. Разумов // *Молодежь и системная модернизация страны: Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых*. - В 5-ти томах. – Курск. - 2022. - С. 410-413.
14. Рыжая А.А., Белякова Е.В., Добрачев С.С. Состояние рынка технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта в России // *МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ НАУКИ: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с Международным участием)*. – Красноярск. - 2022. - С. 1095-1097.

15. Ростова О.В. Использование информационной поддержки в сфере услуг // Развитие сферы услуг: стратегии, инновации, компетенции: Материалы всероссийской научно-практической конференции. - 2019. - С. 471-476.
16. Авхадеева Э.А., Тишина В.С., Фатихова Л.Э. Роль и значение цифровых технологий в деятельности автосервисных предприятий // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 6-9.
17. Дубровский В.И. Лечебная физкультура и врачебный контроль. - М.: Медицинское информационное агентство, 2016. - 600 с.
18. Епифанов В.А. Лечебная физическая культура. - М.: Медицина, 2017. - 938 с.
19. Ермолаева С. Влияние экологических и социальных факторов на здоровье детей. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 124 с.
20. Физическая подготовка военнослужащих в особых условиях / И.А.Кузнецов, Г.Н.Блохин, А.А. Горелов и др. - СПб ВИФК, 1966. - 135 с.

Семыкина Алла Сергеевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Ассистент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: fantarock@mail.ru

Загородный Николай Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н. наук, доцент, заведующий кафедрой «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

Конев Алексей Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: konev_alexsei@mail.ru

Щетинин Николай Анатольевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: azrael90@mail.ru

A.S. SEMYKINA, N.A. ZAGORODNY, A.A. KONEV, N.A. SHCHETININ

THE USE OF DIGITAL AND INFORMATION TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF CAR SERVICE COMPANIES

***Abstract.** The work considers the issue of using digital and information technologies at car service enterprises. An analysis of possible measures to improve the efficiency of automotive service enterprises through the introduction of digital and information technologies was carried out. It has been established that the use of digital systems in the process of maintenance and repair reduces the document flow of the enterprise, reduces the time for processing documents and transferring information between employees, increases the level of automation of processes and minimizes the number of errors that occur, which generally increases the efficiency of car services.*

***Keywords:** car service company, auto repair, digital and information technologies for car service, digital system, information technologies in transport*

BIBLIOGRAPHY

1. Semykina A.S., Konev A.A. Osobennosti sozdaniya klientirovannoy kompanii dlya sfery servisa transportnykh i tekhnologicheskikh mashin // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. - 2013. - №8-2. - S. 225-227.
2. Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Ispol'zovanie komp'yuternykh programm dlya effektivnogo upravleniya avtobiznesom // Metalloobrabatyvayushchie komplekсы i robototekhnicheskie sistemy - perspektivnye napravleniya

- nauchno-issledovatel'skoy deyatel'nosti molodykh uchenykh i spetsialistov: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Kursk: Yugo-Zapadnyy gos. un-t. - 2015. - S. 184-187.
3. Seliverstov S.A., Seliverstov Ya.A., Shatalova N.V., Borodina O.V., Lukomskaya O.Yu., Vydrina E.O. Transformatsiya tsifrovyykh tekhnologiy pri perekhode k kognitivnosti na transporte // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. - 2021.- №8. - S. 3-9.
 4. Rozhkov E.V. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologiy pri ispol'zovanii obshchestvennogo transporta (na urovne munitsipal'nogo obrazovaniya) // Informatsionnye tekhnologii v upravlenii i ekonomike. - 2021. - №4(25). - S. 4-12.
 5. Zhuravleva N.A. Problemy vnedreniya tsifrovyykh tekhnologiy na transporte // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2019. - №3(82). - S. 19-22.
 6. Kirichenko A.A. Tsifrovye tekhnologii na avtomobil'nom transporte // Sostoyanie i innovatsii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya: Materialy XII regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, posvyashchennoy pamyati dotsenta M.A. Anfinogenova. - 2020. - S. 79-81.
 7. Borovaya K.S. Analiz primeneniya tsifrovyykh tekhnologiy na transporte // Tsifrovoy region: opyt, kompetentsii, proekty: Trudy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2019. - S. 98-101.
 8. Konyshva M.V. Sovremennye tsifrovye tekhnologii upravleniya logisticheskimi operatsiyami na transporte // Pravovye aspekty tsifrovizatsii mezhdunarodnogo transporta i logistiki: Materialy Vtorogo Mezhdunarodnogo transportno-pravovogo foruma. - Moskva: Yuridicheskiy institut Rossiyskogo universiteta transporta (MIIT). - 2020. - S. 201-210.
 9. Ushakov D.I. Tsifrovizatsiya biznes-protsessov na transporte kak faktor rosta i infrastrukturykh preobrazovaniy ekonomiki // Vestnik Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2019. - №1(39). - S. 41-47.
 10. Malyshev M.I., Filippova N.A. Uroven' tsifrovizatsii rossiyskogo transporta / Pod obshchey redaktsiei A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2020. - S. 62-68.
 11. Chernyshev M.G. Tsifrovaya transformatsiya v sfere uslug avtoservisa // Tsifrovaya ekonomika i finansy: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Sankt-Peterburg. - 2022. - S. 469-474.
 12. Alemasov E.P., Zaripova R.S. Informatsionnye tekhnologii kak faktor effektivnosti raboty avtoservisa // International Journal of Advanced Studies. - 2020. - T. 10. - №3. - S. 132-136.
 13. Lyakhov I.Yu. Razrabotka mobil'nogo prilozheniya dlya optimizatsii raboty avtoservisa / Otv. redaktor M.S. Razumov // Molodezh' i sistemnaya modernizatsiya strany: Sbornik nauchnykh statey 7-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh. - V 5-ti tomakh. - Kursk. - 2022. - S. 410-413.
 14. Ryzhaya A.A., Belyakova E.V., Dobrachev S.S. Sostoyanie rynka tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobil'nogo transporta v rossii // MOLODYE UCHENYE V RESHENII AKTUAL'NYH PROBLEM NAUKI: Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (s Mezhdunarodnym uchastiem). - Krasnoyarsk. - 2022. - S. 1095-1097.
 15. Rostova O.V. Ispol'zovanie informatsionnoy podderzhki v sfere uslug // Razvitie sfery uslug: strategii, innovatsii, kompetentsii: Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2019. - S. 471-476.
 16. Avkhadeeva E.A., Tishina V.S., Fatikhova L.E. Rol' i znachenie tsifrovyykh tekhnologiy v deyatel'nosti avtoservisnykh predpriyatii // Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa: Sbornik statey XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2019. - S. 6-9.
 17. Dubrovskiy V.I. Lechebnaya fizkul'tura i vrachebnyy kontrol'. - M.: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2016. - 600 s.
 18. Epifanov V.A. Lechebnaya fizicheskaya kul'tura. - M.: Meditsina, 2017. - 938 s.
 19. Ermolaeva S. Vliyanie ekologicheskikh i sotsial'nykh faktorov na zdorov'e detey. - M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 124 s.
 20. Fizicheskaya podgotovka voennosluzhashchikh v osobykh usloviyakh / I.A.Kuznetsov, G.N. Blokhin, A.A. Gorelov i dr. - SPb VIFK, 1966. - 135 s.

Semykina Alla Sergeevna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Assistant
E-mail: fantarock@mail.ru

Zagorodny Nikolay Alexandrovich

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

Konev Alexey Alexandrovich

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

Shchetinin Nikolay Anatolyevich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: azrael90@mail.ru

Научная статья

УДК 656.052

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-98-103

Н.А. ФИЛИППОВА, Р.В. ЛИТВИНЕНКО

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ СОРЕВНОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ РАЛЛИ)

Аннотация. В статье рассмотрены: вопросы улучшения безопасности при проведении автомобильных спортивных соревнований (на примере ралли), метод управления автомобильным спортивным соревнованием (на примере ралли) с использованием цифровых информационных технологий.

Приведены данные по количеству участников в чемпионате и кубке России по ралли. Предложена система мониторинга при проведении автомобильного спортивного соревнования (на примере ралли). Также рассматривается дополнительное влияние на снижение рисков при проведении ралли путём использования цифровых информационных технологий в подготовительный к соревнованию период и их использование службами обеспечения безопасности ралли.

Ключевые слова: безопасность, цифровые информационные технологии, автомобильное спортивное соревнование

Введение

Автомобильные спортивные соревнования (далее – соревнование) являются одним из наиболее опасных видов спорта. Для уменьшения рисков связанных с безопасностью при проведении соревнования применяются различные технические средства организации, контроля и оповещения. Протяжённость контролируемой дистанции составляет от 100 до 400 километров в зависимости от уровня соревнования. Основная сложность заключается в больших трудозатратах для контроля столь протяженного маршрута. В мировой практике всё более распространённым методом контроля становится использование цифровых информационных технологий. Это связано со следующими преимуществами:

- получение информации в режиме реального времени;
- экономия средств при повторном использовании оборудования;
- многозадачность и контроль сопутствующих параметров при использовании одной системы;
- улучшение качества управления соревнованием;
- увеличение безопасности соревнования.

Мировые и национальные нормативные документы описывают задачи при обеспечении безопасности, но не дают никаких рекомендаций по конкретному их решению. В данный момент нет единой системы обеспечения безопасности при проведении автомобильных спортивных соревнований (на примере ралли). Предлагаемая система использующая цифровые информационные технологии является универсальной для использования на ралли различных уровней (чемпионат России, кубок России, чемпионаты федеральных округов, другие соревнования вплоть до любительских).

Материал и методы

В настоящее время при проведении соревнования получение информации о движении экипажей по дистанции возможно различными методами, либо с помощью судейских постов, либо с использованием цифровых информационных технологий.

Метод получения информации зависит от специфики местности проведения соревнования, от квалификации персонала соревнования в том числе руководителя соревнования. В Правилах организации и проведения ралли 1-й категории (ПР-05/22) (далее – Правила) – основном регламентирующем нормативном документе метод управления соревнованием (слежение за экипажами) точно не описан, а дано право организации управления соревнованием на усмотрение руководителя ралли, технические средства получения информации также не описаны [1]. Для каждого соревнования уровня Кубка и Чемпионата России составляется

План безопасности, в котором описывается алгоритм действий руководителя соревнования при возникновении чрезвычайной ситуации.

Теория

В данный момент при организации соревнований не применяются цифровые информационные технологии, отслеживание экипажей техническими средствами слежения не ведётся. Используется метод оповещения судьями дистанции руководителя соревнования по радиоканалу. Основной недостаток данного метода это временная задержка при получении информации о происшествии, а также нахождение на одном канале связи большого количества сотрудников (от двадцати и выше) которые получают всю информацию о ходе соревнования, а не только необходимую им.

Поскольку дистанция ралли может включать дороги находящиеся на значительном удалении от населённой местности или ведомственные дороги, то на них может отсутствовать сотовая связь и также может быть нарушена радиосвязь (нахождение дистанции ралли вблизи воинских частей). В таких случаях в настоящее время используется отслеживание экипажа по ожидаемому времени появления в зоне функционирования сотовой или радиосвязи.

Самыми сложными случаями для отслеживания экипажей штабом ралли являются случаи «уникальных» сходов с дистанции. Такие сходы невозможно заложить в существующий алгоритм отслеживания экипажей и в случае схода с дистанции в зоне отсутствия связи на поиск экипажа может быть затрачено значительное количество времени. Примером такой ситуации может служить решение экипажа прекратить соревнование и в нарушение инструкций о действии экипажа в случае схода не поставить в известность никого из судей о своём решении о сходе.

При рассмотрении соревнования происшествием предлагается считать любую остановку спортивного автомобиля на специальном участке соревнования. Как правило такая остановка говорит о сходе экипажа с дистанции, но не указывает на причину схода (техническая неисправность или авария).

В таблице 1 представлены данные о количестве стартовавших и финишировавших экипажей, а также о количестве происшествий на состоявшихся в 2022 году этапах чемпионата и кубка России по ралли [2].

Таблица 1 – Количественные показатели соревнований сезона 2022 года.

| Название ралли сезона 2022 года | Статус | Стартовало экипажей | Финишировало экипажей | Количество происшествий |
|---------------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Карелия | Чемпионат РФ | 46 | 34 | 12 |
| Пено | Чемпионат РФ | 40 | 26 | 14 |
| Вятка | Кубок РФ | 19 | 15 | 4 |
| Барда | Кубок РФ | 21 | 19 | 2 |
| Суворов | Кубок РФ | 26 | 19 | 7 |
| Золотые купола | Кубок РФ | 30 | 19 | 11 |
| МХ-5 | Кубок РФ | 16 | 12 | 4 |
| Малахит | Кубок РФ | 21 | 16 | 5 |
| Яккима | Кубок РФ | 37 | 13 | 24 |
| Голубые Озёра | Кубок РФ | 37 | 27 | 10 |
| Стилобит | Кубок РФ | 27 | 17 | 10 |
| 900 озёр | Кубок РФ | 30 | 22 | 8 |
| Ураласбест | Кубок РФ | 30 | 24 | 6 |
| Донские просторы | Чемпионат РФ | 20 | 12 | 8 |
| Псков | Чемпионат РФ | 36 | 25 | 11 |
| Белые ночи | Чемпионат РФ | 39 | 26 | 13 |
| Выборг | Кубок РФ | 33 | 23 | 10 |
| Южный Урал | Кубок РФ | 20 | 10 | 10 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|--------------|-----|-----|-----|
| ЧФО СПб | Кубок РФ | 30 | 20 | 10 |
| Эковер | Чемпионат РФ | 24 | 20 | 4 |
| Пушкинские горы | Кубок РФ | 23 | 15 | 8 |
| Итого за сезон: | | 605 | 414 | 191 |

Как видно из данных таблицы 1 из 100 % стартовавших 31 % спортивных автомобилей отсутствует на финише. В действительности остановок спортивных автомобилей на дистанции гораздо больше и каждый случай не должен остаться без внимания руководителя соревнования.

При практикуемой на соревнованиях методике обнаружения происшествия из необходимых для этого технологических операций исключается запрос информации у судей, которая является самой затратной по времени.

В связи с высоким количеством происшествий предлагается цифровая информационная система сбора, обработки и передачи информации от спортивного автомобиля в центр управления соревнованием.

Предлагается оборудовать спортивный автомобиль датчиками фиксирующими следующие параметры:

- астрономическое время;
- скорость автомобиля (км/ч);
- ускорение автомобиля (м/с^2);
- путь автомобиля (м);
- перегрузки (м/с^2);
- положение кузова;
- координаты местонахождения.

Суть работы системы заключается в передаче в режиме реального времени данных от спортивного автомобиля в центр управления соревнованием. При штатном течении соревнования система отслеживает местоположение экипажей на дистанции в режиме реального времени. На рисунке 1 представлена интерактивная цифровая карта специального участка на которой отображается перемещение спортивных автомобилей.

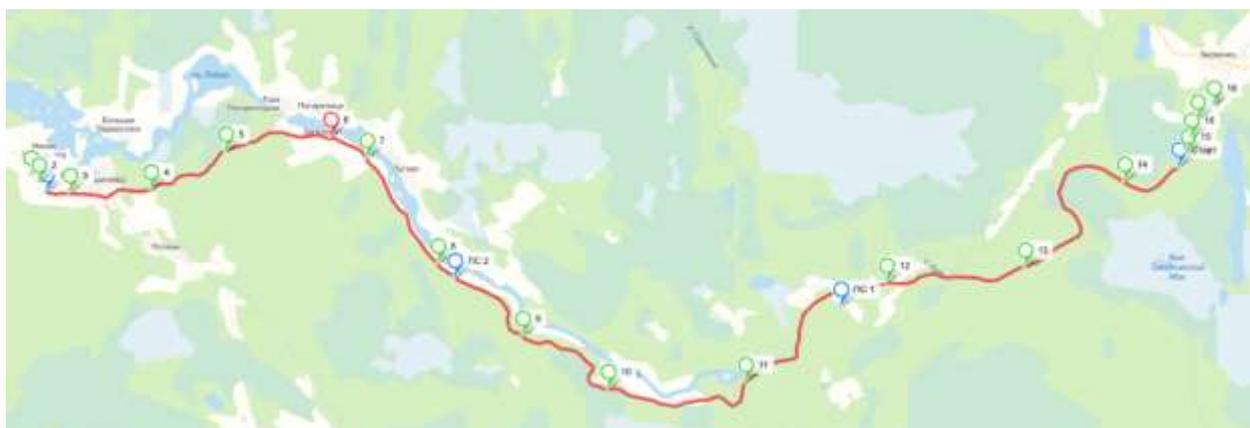


Рисунок 1 – Интерактивная цифровая карта специального участка (СУ) «Бервенец» ралли «Пено» 2022 года

Красной линией является цифровой трек трассы СУ. Зелёными, красными и синими метками обозначаются соответственно движущиеся, остановившиеся спортивные автомобили и судейские посты. Для улучшения восприятия отображаемой на цифровой карте ситуации предлагается периодичность обновления данных равная 0,5 секунды.

Алгоритм работы системы подразумевает срабатывание системы при наличии факта остановки спортивного автомобиля на СУ ралли. Далее система анализирует данные предшествующие остановке: скорость, перегрузки, пройденный путь, время. Дополнительный сигнал опасности подаётся системой определения факторов тяжёлой аварии, например либо малое время, либо малый путь при остановке автомобиля с определённой скоростью. Действия

системы рассчитываются с применением математических моделей принятия решений учитывающей наиболее важные характеристики движения [3-8].

При происшествии система подаёт сигнал тревоги и на интерактивной карте метка со стартовым номером спортивного автомобиля меняет свой цвет на красный.

Предлагаемая модель реагирования на происшествие состоит из следующих шагов:

- 1) система в автоматическом режиме сообщает о происшествии;
- 2) по запросу система выдаёт следующие данные:
 - показатели движения спортивного автомобиля предшествовавшие остановке;
 - текущее местоположение спортивного автомобиля;
 - выдаёт изображение с бортовой видеокамеры снимающей экипаж;
- 3) запрашивается связь с экипажем;
- 4) принимается решение о начале спасательной операции.

Достоинствами применения цифровых информационных технологий в данном случае являются:

- автоматическое срабатывание системы в случае происшествия;
- предварительная оценка тяжести происшествия;
- определение точных координат места происшествия;
- возможность быстрого получения данных необходимых для принятия решения.

Основным отличием предлагаемой системы от Эра-Глонасс является активация работы системы вызванная остановкой автомобиля на дистанции, а не срабатыванием датчика перегрузок [9-14]. Датчик перегрузок (удара) при движении спортивного автомобиля может сработать при «жёстком» приземлении с трамплина, при ударе о посторонние предметы. Такое движение спортивного автомобиля является штатным. При задании алгоритма работы предлагается загрузить в систему данные о характеристиках торможения спортивного автомобиля на различных типах покрытия с использованием спортивных шин соответствующих данному покрытию [15].

Для оценки качества данного метода принимается показатель – время от события (происшествия) до принятия решения. Предварительные расчёты показывают, что экономия времени от момента обнаружения происшествия до принятия решения составляет от четырёх минут и более в зависимости от удалённости места происшествия от судейских постов и алгоритма принятия решения руководителем соревнования.

Дополнительно цифровые информационные технологии можно применить для отслеживания местоположения автомобилей служб обеспечения соревнования, что также положительно скажется на уровне и безопасности соревнования.

География проведения автомобильных спортивных соревнований достаточно широка и как правило для соревнования используются автомобильные или ведомственные дороги с низким уровнем трафика. На таких дорогах очень часто не доступны услуги сотовой связи для оперативного обмена информацией между штабом ралли и его службами (скорая помощь, бригада МЧС, дополнительная спасательная бригада организатора ралли, сотрудники полиции занятые в перекрытии дорог общего пользования). Использование цифровых информационных технологий позволит в режиме реального времени отследить передвижение, наличие на точке работы автомобиля конкретной службы обеспечения ралли.

Также цифровые информационные технологии удобно использовать и в процессе подготовки экипажей к соревнованию. При проезде маршрута ралли и составлении стенограммы и её проверке экипажи обязаны не превышать разрешённую максимальную скорость в зонах контроля. Отслеживание заданного скоростного режима экипажам может вестись в автоматическом режиме и с минимальными затратами дополнительных сил и средств организатора.

Результаты и обсуждение

Безопасности автомобильных спортивных соревнований уделяется внимание в различных направлениях, но в основном они касаются конструкции и применяемых материалов [16]. В процессе создания системы также предлагается обратить внимание на когнитивные принципы [17] и выдавать информацию в центр управления ралли с учётом многозадачности и динамического состояния процесса ралли [18, 19, 20]. Основным результатом разработки и внедрения системы является меньшее время на принятие решения о начале спасательной операции и как следствие большая забота о здоровье экипажей участвующих в автоспортивном соревновании. Второстепенными результатами является высокий уровень проведения автоспортивного соревнования путём автоматизации функций отслеживания экипажей и по-

лучения данных о происшествии в режиме реального времени. Применение системы возможно на территориях достижимых для сигнала спутниковой связи.

Выводы

Отсутствие документально оформленной регламентированной системы управления соревнованием влияет на качество управления и безопасность соревнования.

Предложенная автоматическая система оповещения о происшествии позволяет в режиме реального времени получить данные о месте и характеристиках происшествия, снизить время реагирования на происшествие и улучшает качество управления соревнованием.

Предложенная система позволяет решать другие сопутствующие задачи влияющие на безопасность при проведении соревнования без дополнительных вложений средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила организации и проведения ралли 1-й категории (ПР-05/22): Ралли. Общие документы.
2. Архив результатов ралли [Электронный ресурс] / Режим доступа: raf.su/documents/Rally-committee-results-archive
3. Терентьев А.В., Арифуллин И.В., Егоров В.Д., Андреев А.Ю. Математические модели принятия решений в интеллектуальных транспортных системах // Вестник МАДИ. - Вып. 1(64). - 2021. - С. 107-113.
4. Корнаков А.Н. Модель сложной организационно-технической системы // Перспективы науки и образования. - 2015. - №2. - С. 44-50.
5. Цветков В.Я. Систематика сложных систем // Современные технологии управления. - 2017. - №7(79). - С. 2.
6. Кривоножко В.Е., Пропой А.И., Сеньков Р.В., Родченков И.В., Анохин П.М. Анализ эффективности функционирования сложных систем // Автоматизация проектирования. - 1999. - №1. - С. 2-7.
7. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций. - М.: Вильямс, 2005. - 901 с.
8. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. - 4-е изд. - М.: Вильямс, 2007. - 1147 с.
9. Анализ систем автоматического оповещения экстренных служб в случае дорожно-транспортного происшествия // Юбилейная конференция студентов и молодых ученых, посвященная 85-летию ДГТУ: Сборник докладов научно-технической конференции. - ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет». - 2015. - С. 4337-4345.
10. Кораблев М., Климовский А., Рулев Р. «ЭРА-ГЛОНАСС» для защиты жизни // Мир дорог. - 2020. - №131. - С. 60-66.
11. Алексеев В. Сравнительные характеристики систем экстренного реагирования ЕСАЛЛ и «ЭРА-ГЛОНАСС» // Беспроводные технологии. - 2015. - №4(41). - С. 16-22.
12. Терентьев В.В., Шемякин А.В., Андреев К.П. Совершенствование системы «ЭРА-ГЛОНАСС» // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. - В 3 частях. - Ч. 1. - 2017. - С. 170-172.
13. Терентьев В.В., Андреев К.П., Шемякин А.В. Повышение эффективности системы «ЭРА-ГЛОНАСС» // Современные материалы, техника и технологии. - 2017. - №5(13). - С. 86-91.
14. Череповская В.С., Лазарев В.А. Внедрение аварийной системы «ЭРА-ГЛОНАСС» в России // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. - 2018. - №1. - С. 313-317.
15. Кувалдина О.В. Оценивание эффективности прохождения раллийными экипажами фрагментов торможения // Слобожанський науково-спортивний вісник. - 2015. - №4(48). - С. 59-65.
16. Dziubek M., Grygier D. Comparative analysis of construction materials used for fastening elements of six-points safety belts in rally cars // Combustion engines. - 2022. - №4. - P. 9-14.
17. Riera B., Debernard S. Basic cognitive principles applied to the design of advanced supervisory systems for process control // In Handbook of cognitive task design Edited by: Hollnagel E. - 2004. - P. 255-281.
18. Endsley M.R. Measurement of situation awareness in dynamic systems // Human Factors. - 1995. - №37. - P. 65-84.
19. Endsley M.R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // Human Factors. - 1995. - №37. - P. 32-64.
20. MacIntyre B., Mynatt E.D., Volda S., Hansen K.M., Tullio J., Corso G.M. Support for multitasking and background awareness using interactive peripheral displays // Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2001). - New York, NY: ACM Press. - P. 41-50.

Филиппова Надежда Анатольевна

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 64

Д.т.н., профессор кафедры «Транспортная телематика»

E-mail: umen@bk.ru

Литвиненко Роман Васильевич

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, 64

Д.т.н., доцент

E-mail: l.roma@mail.ru

N.A. FILIPPOVA, R.V. LITVINENKO

USE OF DIGITAL INFORMATION TECHNOLOGIES TO REDUCE RISKS IN AUTOMOBILE SPORTS COMPETITIONS (BY THE EXAMPLE OF RALLY)

Abstract. The article considers: the issues of improving safety during the conduct of automobile sports competitions (on the example of a rally), the method of managing an automobile sports competition (on the example of a rally) using digital information technologies.

The data on the number of participants in the Russian Rally Championship and Cup are given. A monitoring system is proposed for conducting an automobile sports competition (on the example of a rally). It also considers the additional impact on reducing risks during the rally through the use of digital information technologies in the pre-competition period and their use by rally security services.

Keywords: security, digital information technologies, automobile sports competition

BIBLIOGRAPHY

1. Pravila organizatsii i provedeniya ralli 1-y kategorii (PR-05/22): Ralli. Obshchie dokumenty.
2. Arkhiv rezul'tatov ralli [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: raf.su/documents/Rally-committee-results-archive
3. Terent'ev A.V., Arifullin I.V., Egorov V.D., Andreev A.Yu. Matematicheskie modeli prinyatiya resheniy v intellektual'nykh transportnykh sistemakh // Vestnik MADI. - Vyp. 1(64). - 2021. - S. 107-113.
4. Kornakov A.N. Model' slozhnoy organizatsionno-tehnicheskoy sistemy // Perspektivy nauki i obrazovaniya. - 2015. - №2. - S. 44-50.
5. TSvetkov V.Ya. Sistematika slozhnykh sistem // Sovremennye tekhnologii upravleniya. - 2017. - №7(79). - S. 2.
6. Krivonozhko V.E., Propoy A.I., Sen'kov R.V., Rodchenkov I.V., Anokhin P.M. Analiz effektivnosti funktsionirovaniya slozhnykh sistem // Avtomatizatsiya proektirovaniya. - 1999. - №1. - S. 2-7.
7. Takha, Hemdi A. Vvedenie v issledovanie operatsiy. - M.: Vil'yams, 2005. - 901 s.
8. Dzharratano D., Rayli G. Ekspertnye sistemy: printsipy razrabotki i programmirovaniya. - 4-e izd. - M.: Vil'yams, 2007. - 1147 s.
9. Analiz sistem avtomaticheskogo opoveshcheniya ekstremnykh sluzhb v sluchae dorozhno-transportnogo proisshestiya // Yubileynaya konferentsiya studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennaya 85-letiyu DGTU: Sbornik dokladov nauchno-tehnicheskoy konferentsii. - FGBOU VPO «Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet». - 2015. - S. 4337-4345.
10. Korablev M., Klimovskiy A., Rulev R. «ERA-GLONASS» dlya zashchity zhizni // Mir dorog. - 2020. - №131. - S. 60-66.
11. Alekseev V. Sravnitel'nye kharakteristiki sistem ekstremnogo reagirovaniya ECALL i «ERA-GLONASS» // Besprovodnye tekhnologii. - 2015. - №4(41). - S. 16-22.
12. Terent'ev V.V., Shemyakin A.V., Andreev K.P. Sovershenstvovanie sistemy «ERA-GLONASS» // Vzaimodeystvie nauki i obshchestva: problemy i perspektivy: Sbornik statey po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - V 3 chastyakh. - CH. 1. - 2017. - S. 170-172.
13. Terent'ev V.V., Andreev K.P., Shemyakin A.V. Povyshenie effektivnosti sistemy «ERA-GLONASS» // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii. - 2017. - №5(13). - S. 86-91.
14. Cherepovskaya V.S., Lazarev V.A. Vnedrenie avariynoy sistemy «ERA-GLONASS» v Rossii // Avtomobil'nyy transport Dal'nego Vostoka. - 2018. - №1. - S. 313-317.
15. Kuvaldina O.V. Otsenivanie effektivnosti prokhozhdeniya ralliynymi ekipazhami fragmentov tormozheniya // Slobozhans'kiy naukovno-sportivnyy visnik. - 2015. - №4(48). - S. 59-65.
16. Dziubek M., Grygier D. Comparative analysis of construction materials used for fastening elements of six-points safety belts in rally cars // Combustion engines. - 2022. - №4. - R. 9-14.
17. Riera B., Debernard S. Basic cognitive principles applied to the design of advanced supervisory systems for process control // In Handbook of cognitive task design Edited by: Hollnagel E. - 2004. - R. 255-281.
18. Endsley M.R. Measurement of situation awareness in dynamic systems // Human Factors. - 1995. - №37. - R. 65-84.
19. Endsley M.R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // Human Factors. - 1995. - №37. - R. 32-64.
20. MacIntyre B., Mynatt E.D., Volda S., Hansen K.M., Tullio J., Corso G.M. Support for multitasking and background awareness using interactive peripheral displays // Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2001). - New York, NY: ACM Press. - R. 41-50.

Filippova Nadejda Anatolievna
Moscow Automobile and Road Construction
State Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Doctor of technical sciences
E-mail: umen@bk.ru

Litvinenko Roman Vasilievich
Moscow Automobile and Road Construction
State Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Doctor of technical sciences
E-mail: l.roma@mail.ru

Научная статья

УДК 656.136

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-104-110

Т.Н. ПАШКОВА, Н.А. ФИЛИПОВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

Аннотация. При перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов (далее – КТГ) возникает множество рисков, влияющих на надежность и безопасность данного мероприятия. Основная задача подготовки к перевозке и ее выполнение – это предварительная оценка потенциальных рисков в заданных параметрах: весогабаритные характеристики груза, транспортное средство, водительский состав, транспортная инфраструктура по маршруту движения и т.д.

Ключевые слова: крупногабаритные и тяжеловесные грузы, управление рисками, автомобильный транспорт

Введение

В современном мире человек ежедневно сталкивается с различными видами рисков в процессе бытовой жизнедеятельности и в профессиональной отрасли. При этом в научной литературе не существует однозначного определения понятия риск. Наиболее распространенные определения встречаются в экономике. Риск – это потенциально, численно измеримая возможность потери. Риск – это неопределенность, которая лежит в основе рыночной экономики и может привести к убыткам компании.

Материал и методы

На основе теории немецкого социолога и экономиста О. Ренна, риск - это вероятность того, что человеческие действия (или бездействия) приведут к последствиям, которые воздействуют на человеческие ценности.



Рисунок 1 - Виды рисков при перевозке КТГ

Перевозка крупногабаритных и тяжеловесных грузов имеет комплекс рисков, которые могут в той или иной степени влиять на процесс перевозки. Основными являются следующие виды рисков: технические, экономические, политические, социальные и экологические (рис. 1).

Теория

Технические риски - это факторы, определяющие техническую возможность перевозки КТГ. А именно, весогабаритные параметры груза, риск выбора транспортного средства (рис. 2), риск выбора технологии погрузки и выгрузки, протяженность и корректность составления маршрута движения транспортного средства, требования к хранению груза и т.п.

Следует отметить, что наиболее важным фактором в определении риска являются параметры груза в транспортном положении (габариты и вес транспортного средства с грузом).

Технические риски могут также включать в себя безопасность и вероятность аварий во время перевозки. Человеческие факторы также уместно включить в область технических рисков, поскольку они влияют на вероятность ошибок в процессе перевозки.

К *экономическим рискам* можно отнести в первую очередь стоимость груза. Как правило, грузы с нестандартными параметрами являются высокотехнологичным оборудованием и связаны с внедрением инновационных технологий или модернизации в действующих предприятиях. Так же стоит отметить высокую стоимость трудозатрат по подготовке и непосредственно выполнению самой перевозки данного вида груза. Это прежде всего связано с отсутствием в этой области государственных регуляторов и серьезной конкуренции профессиональных участников рынка.



Рисунок 2 - Факторы выбора транспортного средства

Социальный риск – это влияние на жителей и их терпимость при перевозке КТГ через конкретный населенный пункт, проходящий по маршруту движения. Часто перевозки грузов, превышающих нормативные габариты и веса, влияют на ограничительные действия по передвижению, тем самым могут оказать негативное влияние на общественную жизнь граждан.

Политический риск зависит от влияния государства на развитие различных отраслей промышленности и обеспечивающие их логистические операции. Государственные органы при этом могут как стимулировать, так и вводить ограничения на процессы доступности организации процесса перевозки КТГ. Например, введение высоких тарифов на пользование транспортной инфраструктурой, порядок получения разрешительных документов на перевозку КТГ по территории страны, стимулирующий льготный налоговый режим для специализированных транспортных компаний.

Серьезное влияние оказывает на перевозку экологический риск. В процессе перевозки сложных грузов может участвовать одновременно несколько транспортных средств, в том числе машины сопровождения. Более того, по нормативам перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов существуют ограничения по скоростному режиму, тем самым усугубляя концентрацию вредных выбросов в атмосферу.

Из вышеперечисленных пяти видов рисков, оказывающих прямое, либо опосредованное влияние на перевозку крупногабаритных и тяжеловесных грузов, авторы подробнее описывают технические факторы рисков.

Результаты и обсуждение

Технические факторы рисков подразделяются на управляемые и неуправляемые.

Управляемые факторы – это факторы, на которые можно влиять в процессе планирования перевозки, а неуправляемые факторы, соответственно, это комплекс факторов, на которые нельзя значительно повлиять.

К *неуправляемым факторам* относятся:

- весогабаритные характеристики груза (длина, ширина, высота, масса);
- природно-климатические условия перевозки (предельные температуры, наличие осадков – туман, дождь, гололед, сильный ветер, песчаные бури);
- транспортная инфраструктура по маршруту движения автопоезда (мосты, эстакады, ЛЭП, ЖД переезды, пешеходные переходы, газопроводы и т.д.);
- качество дорожной сети по маршруту (классификация и категория дороги, ландшафт дороги – равнинный, гористый, наличие наледи и снежного покрова);
- нормативно-правовая база, регулирующая перевозки КТГ.

Управляемые факторы рисков включают:

- персонал, участвующий в подготовке и реализации перевозки (специалисты по оформлению разрешительных документов, технические специалисты по подготовке чертежей груза в транспортном состоянии, стропальщики при погрузо-разгрузочных работах, бригада сопровождения ГИБДД и машина прикрытия при крупногабаритном грузе);
- выбор подходящего транспортного средства по параметрам груза (раздвижные прицепы по длине и ширине, прицепы с аппаратами для погрузки самоходной техники, многомодульная система прицепа при перевозке тяжеловесных грузов, низкорамный прицеп для высоких грузов и т.д.);
- обеспечение подходящей погрузо-разгрузочной техникой (кран, погрузчик).

Все факторы рисков при этом делятся на 2 группы:

- прогнозируемые (определяются на стадии подготовки к перевозке) (табл. 1),
- непрогнозируемые (выявляются в процессе перевозки) (табл. 2).

Авторы провели исследование методом экспертной оценки по выбору наиболее значимых факторов рисков.

Целью данного исследования является влияние различных факторов рисков на изменение запланированного маршрута и транзитных сроков при перевозке крупногабаритного и/или тяжеловесного груза автомобильным транспортом в РФ.

Опрос проводился исключительно среди экспертов транспортных компаний, специализирующихся по перевозке КТГ автомобильным транспортом. Всего в опросе приняло участие 46 респондентов. Для анализа уровня профессионализма респондентов, было проведено анкетирование каждого респондента (рис. 3), тем самым выявился средний портрет респондента: мужчина, средних лет, с высшим образованием и стажем в перевозках КТГ свыше 10 лет.

Респонденты отметили, что из *прогнозируемых факторов* наиболее значимым является *габариты груза на транспортном средстве* (длина, ширина, высота) (рис. 4), и

- масса груза с транспортным средством;
- классификация дороги (федерального/ регионального или межмуниципального/местного значения или частные), а также категория дороги (IA, IB, IV, V).

Среди *непрогнозируемых факторов* в процессе перевозки наиболее важный: *качество и количество инфраструктурных сооружений по маршруту* (рис. 5), и

- метеорологические явления (дождь, туман, сильный ветер, гололед, песчаная буря, снегопад, снежные заносы);
- внештатные ситуации на маршруте (ремонт дороги, ДТП, пробки на дороге).

| 1. ОБРАЗОВАНИЕ | | |
|-----------------------------|----|--------|
| в/о | 41 | 89,1 % |
| н в/о/ | 2 | 4,3 % |
| ср. техн. | 3 | 6,5 % |
| 2. ВОЗРАСТ РЕСПОНДЕНТА | | |
| От 20 до 25 лет | 9 | 19,6 % |
| От 26 лет до 30 лет | 4 | 8,7 % |
| От 31 до 40 лет | 19 | 41,3 % |
| Свыше 40 лет | 14 | 30,4 % |
| 3. СТАЖ РАБОТЫ в КТГ | | |
| до 1 года | 15 | 32,6 % |
| от 1 года до 3 лет | 6 | 13 % |
| от 3 лет до 10 | 7 | 15,2 % |
| свыше 10 лет | 18 | 39,1 % |
| 4. ПОЛ РЕСПОНДЕНТА | | |
| муж | 35 | 76,1 % |
| жен | 11 | 23,9 % |
| 5. КОЛИЧЕСТВО ПЕРЕВОЗОК КТГ | | |
| До 10 | 15 | 32,6% |
| От 11 до 50 | 11 | 23,9 % |
| Свыше 50 | 20 | 43,5 % |

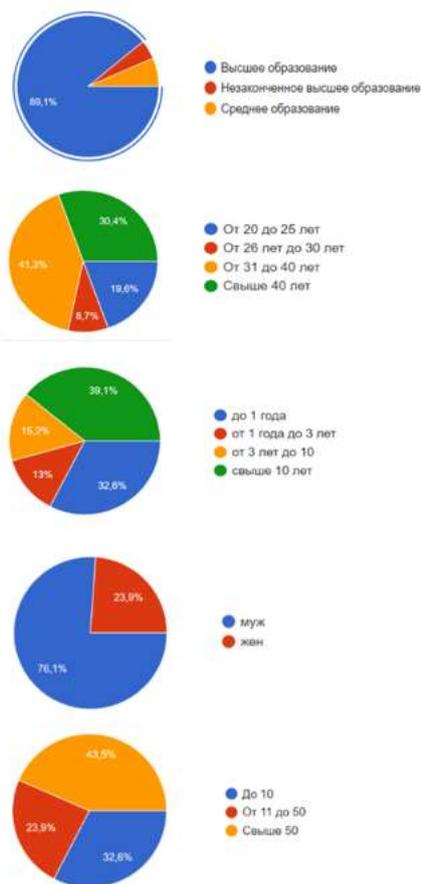


Рисунок 3 - Результаты анкетирования респондентов КТГ

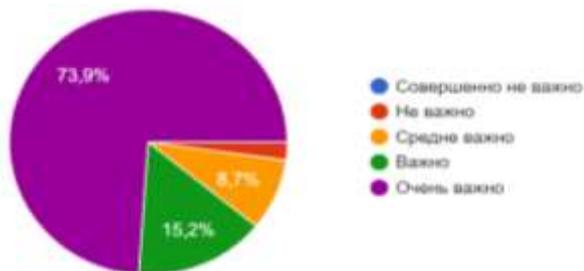


Рисунок 4 - Параметры груза с транспортным средством (длина, ширина, высота)

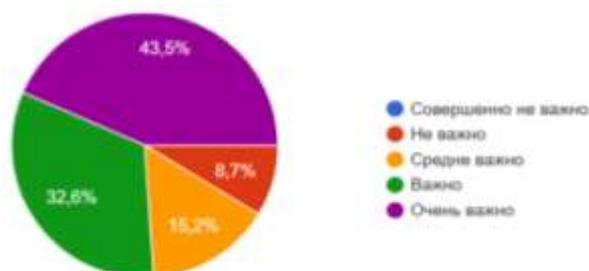


Рисунок 5 - Качество и количество инфраструктурных сооружений

По всем основным факторам рисков разработаны комплекс мер по снижению рисков на каждом этапе.

Таблица 1 – Меры по снижению прогнозируемых факторов рисков

| I. Группа. ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ФАКТОРЫ РИСКОВ | |
|--|---|
| Основные факторы рисков | Меры по снижению рисков |
| 1 | 2 |
| Параметры груза на транспортном средстве (длина, ширина, высота) | 1. Предоставление грузоотправителем чертежа с габаритами груза. 2. Предоставление фотографий груза в транспортной упаковке. 3. Выезд специалиста на производство (место погрузки) для сопоставления заявленных в чертежах габаритов груза с фактическими. |

| 1 | 2 |
|---|--|
| Масса груза с транспортным средством | <ol style="list-style-type: none"> 1. Предоставление чертежа с весовыми характеристиками груза, с обязательным указанием расположения центра тяжести груза. 2. Предоставление фотографий груза в транспортной упаковке. 3. Выезд специалиста место погрузки для регулирования погрузо-разгрузочными работам. 4. Проведение контрольного взвешивания груза при погрузке (по возможности). |
| Классификация дороги и категория дороги | <ol style="list-style-type: none"> 1. Инспектирование маршрута перевозки КТГ по спутниковым картам (Яндекс, Open Street Map). 2. Инспектирование маршрута перевозки КТГ с выездом на дорогу с макетом груза (рамка). |

Таблица 2 – Меры по снижению непрогнозируемых факторов рисков

| II. Группа. НЕПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ФАКТОРЫ РИСКОВ | |
|--|---|
| Основные факторы рисков | Меры по снижению рисков |
| Качество и количество инфраструктурных сооружений по маршруту (мосты, эстакады, ЛЭП, ЖД переезды, пешеходные переходы, газопроводы и т.д.) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Введение цифровых паспортов каждого инфраструктурного сооружения. 2. Регулярный мониторинг актуальности цифровых паспортов инфраструктурных сооружений. 3. При проектировании и строительстве новой транспортной инфраструктуры предусматривать весогабаритные параметры КТГ (особенно в портовых городах и промышленных регионах страны). |
| Метеорологические явления (дождь, туман, сильный ветер, гололед, песчаная буря, снегопад, снежные заносы) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка и использование методов прогноза чрезвычайных природно-климатических условий. 2. Использование резервных складских площадей на маршруте для временного хранения грузов при чрезвычайных природно-климатических условиях. |
| Внештатные ситуации на маршруте (ремонт дороги, ДТП, пробки на дороге) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Оперативное извещение участников транспортного процесса по маршруту при возникновении нештатных ситуаций. 2. Восстановление поврежденных элементов транспортной инфраструктуры с участием мощностей МЧС. 3. Применение дополнительных складов для временного хранения грузов при отсутствии возможности окончания перевозки напрямую в адрес назначения. |

Выводы

При рассмотрении рисков, влияющих на перевозки КТГ автомобильным транспортом, целесообразно сосредоточить внимание на технико-экономических, социальных и политических рисках.

Управление техническими рисками становится одним из важнейших вопросов при планировании безопасной перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Необходимо выявить факторы, которые могут стать причиной негативного воздействия на процесс перевозки. Результаты оценки рисков перевозки КТГ позволяют определить палитру средств, ко-

торые минимизируют риски, и предлагают выбрать стратегию наиболее качественной безопасной перевозки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдюшева Д. Анализ современного состояния транспортного комплекса России [Электронный ресурс] / Вестник университета. – 2018. - №8. – С. 56-61. – Режим доступа: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-8-56-61>
2. Бойков В.Н., Скворцов А.В., Сарычкв Д.С. Цифровая автомобильная дорога как отраслевой сегмент цифровой экономики // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. - 2018.
3. Диамидов А.С. Развитие перевозок негабаритных грузов большой массы. – М.: ВИНТИ, 1993.
4. Модникова О.Г. К проблеме узких мест при перевозке КТГ // Сб. трудов. – М.: МАДИ. - 2002.
5. Пашкова Т.Н., Филиппова Н.А., Поздняк А.Н. Международная перевозка крупнотоннажных грузов на примере перевозки компонентов ветроэнергетической установки [Электронный ресурс] / МИР ТРАНСПОРТА. – 2021. - Том. 19. - №1. - С. 156-173. – Режим доступа: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-1-156-173>
6. Пашкова Т.Н., Филиппова Н.А., Шилимов М.В. Интермодальные перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов воздушным транспортом. Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества // Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию МГТУ ГА. – Москва. - 2021.
7. Ренн О. Три десятилетия исследования риска: достижения новые горизонты // Вопросы анализа риска. - 1999. – Т. 1. - №1. - С. 80-100.
8. Троицкая Н.А. Инновационный подход проектирования системы транспортировки крупногабаритных тяжеловесных грузов: Учебник. – Москва: Кнорус, 2022.
9. Троицкая Н.А. Проектирование систем транспортировки крупногабаритных тяжеловесных грузов 6: Монография. - Москва: Кнорус, 2022.
10. Троицкая Н.А., Шилимов М.В. Транспортно-технологические схемы перевозок отдельных грузов. – М.: Кнорус, 2010.
11. Троицкая Н.А. Логистика в перевозке крупногабаритных тяжеловесных грузов. Теория и практика применения. - Lambert Academic Publishing, 2013г.
12. Филиппова Н.А., Юнязова А.О. Анализ методов оценки рисков при грузовых автомобильных перевозках // Интерактивная наука. – 2018. - №4(26).
13. Шапиро В.Д. и др. Управление проектами. – Спб.: ДваТрИ, 1996.
14. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 08.11.2007 №257-ФЗ (Редакция от 14.07.2022).
15. ПДД перевозки негабаритных грузов, штрафы ГИБДД [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://onlinegibdd.ru/articles/view/perevozka-negabarita>
16. Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства: Приказ Минтранса России от 18.10.2022 №418.
17. Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 21.12.2020 г. №2200 (с изменениями и дополнениями).
18. Batarlienè N. Risk analysis and assessment for transportation of dangerous freight // Transport. - Vol. 23(2). – 2008. – P. 98-103.
19. Parentela E.M. Risk modeling for commercial goods transport. - California State University, 2002. - 24 p.
20. Степанов А.П., Возлинский В.И. и др. Эксплуатация и безопасность движения автопоездов тяжеловесов. – М.: Транспорт, 1998. – 256 с.
21. Зибров И.А. Анализ приспособленности АТС к транспортировке КТГ через мостовые сооружения // Актуальные проблемы современной науки. – 2002. – №5. – С. 28.

Пашкова Татьяна Николаевна

ООО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»
Адрес: 125480, Россия, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24
Аспирант
E-mail: t_pashkova@mail.ru

Филиппова Надежда Анатольевна

Московской автомобильно-дорожной государственной технической университет (МАДИ)
Д.т.н., профессор кафедр «Транспортная телематика» и «Автомобильные перевозки»
Адрес: 125319, Россия, Москва, Ленинградский пр., 64
E-mail: umen@bk.ru

T.N. PASHKOVA, N.A. FILIPPOVA

TECHNICAL RISK FACTORS IN THE TRANSPORTATION OF OVERSIZE AND HEAVY CARGO

Abstract. *When transporting bulky and heavy cargo, there are many risks that affect the reliability and safety of this event. The main task of preparing for transportation and its implementation is a thorough and preliminary assessment of potential risks in the given parameters: weight and size characteristics of the cargo, vehicle, drivers, transport infrastructure along the route, etc.*

Keywords: *oversized and heavy cargo, risk management, road transport*

BIBLIOGRAPHY

1. Abdyusheva D. Analiz sovremennogo sostoyaniya transportnogo kompleksa Rossii [Elektronnyy resurs] / Vestnik universiteta. - 2018. - №8. - S. 56-61. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-8-56-61>
2. Boykov V.N., Skvortsov A.V., Sarychkv D.S. Tsifrovaya avtomobil'naya doroga kak otraslevoy segment tsifrovoy ekonomiki // Transport Rossiyskoy Federatsii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike. - 2018.
3. Diamidov A.S. Razvitie perevozok negabaritnykh грузов bol'shoy massy. - M.: VINITI, 1993.
4. Modnikova O.G. K probleme uzkiykh mest pri perezovke KTG // Sb. trudov. - M.: MADI. - 2002.
5. Pashkova T.N., Filippova N.A., Pozdnyak A.N. Mezhdunarodnaya perezovka krupnotonnazhnykh грузов na primere perezovki komponentov vetroenergeticheskoy ustanovki [Elektronnyy resurs] / MIR TRANSPORTA. - 2021. - Tom. 19. - №1. - S. 156-173. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-1-156-173>
6. Pashkova T.N., Filippova N.A., Shilimov M.V. Intermodal'nye perezovki krupnogabaritnykh tyazhelovesnykh грузов vozdushnym transportom. Grazhdanskaya aviatsiya na sovremennom etape razvitiya nauki, tekhniki i obschestva // Sbornik tezisev dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu MGTU GA. - Moskva. - 2021.
7. Renn O. Tri desyatiletiya issledovaniya riska: dostizheniya novye gorizonty // Voprosy analiza riska. - 1999. - T. 1. - №1. - S. 80-100.
8. Troitskaya N.A. Innovatsionnyy podkhod proektirovaniya sistemy transportirovki krupnogabaritnykh tyazhelovesnykh грузов: Uchebnik. - Moskva: Knorus, 2022.
9. Troitskaya N.A. Proektirovanie sistem transportirovki krupnogabaritnykh tyazhelovesnykh грузов 6: Monografiya. - Moskva: Knorus, 2022.
10. Troitskaya N.A., Shilimov M.V. Transportno-tekhnologicheskie skhemy perezovok otde'lynykh грузов. - M.: Knorus, 2010.
11. Troitskaya N.A. Logistika v perezovke krupnogabaritnykh tyazhelovesnykh грузов. Teoriya i praktika primeneniya. - Lambert Academic Publishing, 2013g.
12. Filippova N.A., Yunyazova A.O. Analiz metodov otsenki riskov pri gruzovykh avtomobil'nykh perezovkakh // Interaktivnaya nauka. - 2018. - №4(26).
13. Shapiro V.D. i dr. Upravlenie proektami. - Spb.: DvaTrI, 1996.
14. Ob avtomobil'nykh dorogakh i o dorozhnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii i o vnesenii izmeneniy v otde'lynye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 08.11.2007 №257FZ (Redaktsiya ot 14.07.2022).
15. PDD perezovki negabaritnykh грузов, shtrafy GIBDD [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://onlinegibdd.ru/articles/view/perezovka-negabarita>
16. Ob utverzhdenii Poryadka vydachi spetsial'nogo razresheniya na dvizhenie po avtomobil'nykh dorogam tyazhelovesnogo i (ili) krupnogabaritnogo transportnogo sredstva: Prikaz Mintransa Rossii ot 18.10.2022 №418.
17. Ob utverzhdenii Pravil perezovok грузов avtomobil'nykh transportom i o vnesenii izmeneniy v punkt 2.1.1 Pravil dorozhnogo dvizheniya Rossiyskoy Federatsii: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21.12.2020 g. №2200 (s izmeneniyami i dopolneniyami).
18. Batarlien N. Risk analysis and assessment for transportation of dangerous freight // Transport. - Vol. 23(2). - 2008. - R. 98-103.
19. Parentela E.M. Risk modeling for commercial goods transport. - California State University, 2002. - 24 p.
20. Stepanov A.P., Vozlinskiy V.I. i dr. Ekspluatatsiya i bezopasnost' dvizheniya avtopoezdov tyazhelovesnykh. - M.: Transport, 1998. - 256 s.
21. Zibrov I.A. Analiz prisposoblennosti ATS k transportirovke KTG cherez mostovye sooruzheniya // Aktual'nye problemy sovremennoy nauki. - 2002. - №5. - S. 28.

Pashkova Tatiana Nikolaevna
JSC «NIIAT»
Address: 125480, Russia, Moscow
Graduate student
E-mail: t_pashkova@mail.ru

Filippova Nadezhda Anatolievna
Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Doctor of technical sciences
E-mail: umen@bk.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным (оригинальность не менее 70%), 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. 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), не может повторяться у двух и более авторов
- 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

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 \left(1 + \frac{1}{2\alpha}\right) / d, \quad (1)$$

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.

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 располагают 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 10.03.2023 г.
Дата выхода в свет 23.03.2023 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 7,0
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 80

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95