

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2-1 (85) 2024

| | |
|---|--|
| <p>Главный редактор: Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.</p> <p>Заместители главного редактора: Васильева В.В. канд. техн. наук, доц. Родимцев С.А. д-р техн. наук, доц.</p> <p>Редакция: Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Басков В.Н. 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) Евтюков С.А. д-р техн. наук, проф. (Россия) Жаковская Л. д-р. наук, проф. (Польша) Жанказиев С.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Захаров Н.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Зырянов В.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Маткеримов Т.Ы. д-р техн. наук, проф. (Кыргызстан) Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва) Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия) Пугачев И.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Пушкарев А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Рассоха В.И. д-р техн. наук, проф. (Россия) Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия) Ризаева Ю.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия) Трофименко Ю.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Трофимова Л.С. д-р техн. наук, доц. (Россия) Шарата А. д-р. наук, проф. (Польша)</p> <p>Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.</p> <p>Адрес редколлегии: 302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77 Тел. +79058566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p> <p>Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство: ПИ № ФС77-67027 от 30.08.2016г.</p> <p>Подписной индекс: 16376 по объединенному каталогу «Пресса России» на сайтах www.pressa-rg.ru и www.akc.ru</p> <p>© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2024</p> | <h2>Содержание</h2> <p><i>Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте</i></p> <p><i>Р.А. Кораблёв, Э.Н. Бусарин, В.П. Белокуров, Д.В. Лихачев Моделирование экологически рационального выбора типа городского пассажирского транспорта</i> 3 <i>Т.Е. Мельникова, С.Е. Мельников, Е.В. Суханова Совершенствование методов уменьшения количества водителей в состоянии опьянения на корпоративном транспорте</i> 9</p> <p><i>Управление процессами перевозок</i></p> <p><i>Ли Сяокунь, В.В. Зырянов Кластерная оценка качества транспортного обслуживания</i> 16 <i>А.А. Кудрявцев, П.О. Воронов Методика оценки уровня комфортности пассажира в зависимости от наполнения салона</i> 23 <i>А.Н. Новиков, С.А. Жесткова Методические аспекты определения расположения распределительного центра на основе критерия времени методом фиктивных узлов и ветвей</i> 31 <i>Шэн Цзинсян Некоторые проблемы организации дорожного движения в малых и средних городах Китая</i> 38 <i>Д.М. Карагодин Основы применения ситуационного подхода к управлению перевозок</i> 45 <i>А.Д. Ефимов, М.Р. Караева, А.О. Алибазаидов, В.В. Нефедов Оценка потенциальной опасности регулярных маршрутов общественного транспорта</i> 52</p> <p><i>Эксплуатация автомобильного транспорта</i></p> <p><i>А.Т. Кулаков, В.И. Карагодин, И.А. Якубович Динамика норм расхода модернизированных ремонтных комплектов турбокомпрессоров при неустановившемся потоке отказов</i> 59 <i>В.И. Сарбаев, А.П. Болдин, А.С. Чусова Методические предпосылки имитационного моделирования процессов кооперации работ по ТО и ремонту автомобилей между АТП и СТО</i> 66 <i>Я.С. Ткачева, Н.Г. Шаповалова Обоснование проекта станции технического обслуживания с функцией детейлинга самообслуживания</i> 74 <i>Л.Е. Куценко, Л.А. Королёва, С.В. Еремин, А.Ю. Савенкова Определение рационального варианта программы подготовки кандидатов в водители на основе теории нечетких множеств</i> 82 <i>А.Ю. Родичев Прогнозирование износного поведения подшипника скольжения балансирной подвески в условиях динамических нагрузок</i> 93 <i>В.А. Раков Прогнозирование условий эффективной эксплуатации гибридных автомобилей</i> 99</p> <p><i>Интеллектуальные транспортные системы</i></p> <p><i>Ж. Ван, В.В. Зырянов Анализ методов разработки архитектуры интеллектуальных транспортных систем</i> 106 <i>В.М. Нигметзянова, А.Р. Камалеева Использование цифрового двойника в учебном процессе технического ВУЗа при изучении дисциплины САПЭТИТМО</i> 113 <i>П.В. Тихомиров, Н.С. Митряев, К.С. Кухарев Повышение эффективности систем управления улично-дорожной сетью</i> 120 <i>А.Н. Семкин Совершенствование алгоритмов информирования пассажиров на остановочных пунктах городских агломераций</i> 127</p> <p><i>Логистические транспортные системы</i></p> <p><i>Н.В. Курганова, А.А. Сазонов Определение и учет интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки, в системе смешанных перевозок</i> 136</p> |
|---|--|

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

№ 2-1(85) 2024

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

| Editor-in-Chief A.N. Novikov Doc.Eng., Prof | Contents |
|--|--|
| Associates Editor V.V. Vasileva Can. Eng. S.A. Rodimzev Doc. Eng. | <i>Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport</i> |
| Editorial Board: E.V. Ageev Doc. Eng., Prof. (Russia) I.E. Agureev Doc. Eng., Prof. (Russia) V.N. Baskov Doc. Eng., Prof. (Russia) V.M. Vlasov Doc. Eng., Prof. (Russia) S.N. Glagolev Doc. Eng., Prof. (Russia) M. Demic Doc. Eng., Prof. (Serbia) A.S. Denisov Doc. Eng., Prof. (Russia) S.A. Evtyukov Doc. Eng., Prof. (Russia) L. Żakowska Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland) S.V. Zhankaziev Doc. Eng., Prof. (Russia) N.S. Zaharov Doc. Eng., Prof. (Russia) V.V. Zyryanov Doc. Eng., Prof. (Russia) T.Y. Matkerimov Doc. Eng., Prof. (Kyrgyzstan) O. Prentkovskis Doc. Eng., Prof. (Lithuania) P. Pribyl Doc. Eng., Prof. (Czech Republic) I.N. Pugachev Doc. Eng. (Russia) A.E. Pushkarev Doc. Eng., Prof. (Russia) V.I. Rassoja Doc. Eng., Prof. (Russia) A.N. Rementsov Doc. Edc., Prof. (Russia) Yu.N. Rizaeva Doc. Eng. (Russia) V.I. Sarbaev Doc. Eng., Prof. (Russia) Yu.V. Trofimenko Doc. Eng., Prof. (Russia) L.S. Trofimova Doc. Eng. (Russia) A. Szarata Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland) | <p>R.A. Korablyov, E.N. Busarin, V.P. Belokurov, D.V. Likhachev Modeling of environmentally rational choice of the type of urban passenger transport..... 3</p> <p>T.E. Melnikova, S.E. Melnikov, Ye.V. Sukhanova Improve methods to reduce the number of drunk drivers in corporate transport..... 9</p> <p style="text-align: center;"><i>Management of transportation processes</i></p> <p>Li Xiaokun, V.V. Zyryanov Cluster assessment of transport service quality..... 16</p> <p>A.A. Kudryavtsev, P.O. Voronov The methodology for assessing the level of passenger comfort depending on the filling of the cabin..... 23</p> <p>A.N. Novikov, S.A. Zhestkova Methodological aspects of determining the location of a distribution center based on the use of time criteria by the method of fictitious nodes and branches..... 31</p> <p>Sheng Jingxiang Some problems of traffic management in small and medium-sized cities in China..... 38</p> <p>D.M. Karagodin Fundamentals of the situational approach to transportation management..... 45</p> <p>A.D. Efimov, M.R. Karaeva, A.O. Alibagandov, V.V. Nefedov Assessing the potential danger of regular public transportation routes..... 52</p> <p style="text-align: center;"><i>Operation of motor transport</i></p> <p>A.T. Kulakov, V.I. Karagodin, I.A. Yakubovich Dynamics of consumption rates of up-graded turbocharger repair kits with an unsteady failure rate..... 59</p> <p>V.I. Sarbaev, A.P. Boldin, A.S. Chusova Methodological prerequisites for simulation modeling of the processes of cooperation of works on maintenance and repair of cars between the atp and the service station..... 66</p> <p>Ya.S. Tkacheva, N.G. Shapovalova Justification of the project of a maintenance station with self-service detailing function..... 74</p> <p>L.E. Kushchenko, S.V. Eremin, L.A. Koroleva, A.Y. Savenkova Determination of the rational variant driver candidate training program based on the fuzzy set theory..... 82</p> <p>A.Yu. Rodichev Prediction of wear behavior of a sliding bearing of a balancer suspension under dynamic loads..... 93</p> <p>V.A. Rakov Forecasting conditions for effective operation of hybrid vehicles..... 99</p> <p style="text-align: center;"><i>Intelligent transport systems</i></p> <p>R. Wang, V.V. Zyryanov Analysis of methods for developing the architecture of intelligent transportation systems..... 106</p> <p>V.M. Nigmatzyanova, A.R. Kamaleeva The use of a digital twin in the educational process of a technical university in the study of the discipline SAPETITMO..... 113</p> <p>P.V. Tikhomirov, N.S. Mityayev, A.S. Bodrov, K.S. Kukharev Improving the efficiency of road network management systems..... 120</p> <p>A.N. Semkin Experience in the implementation of public transport coordination systems on the example of the orel urban agglomeration..... 127</p> <p style="text-align: center;"><i>Logistic transport systems</i></p> <p>N.V. Kurganova, A.A. Sazonov Definition and accounting of intercurrent transport costs arising in the process of synchromodal delivery in the system of multi-transportation..... 136</p> |
| Person in charge for publication: I.V. Akimochkina | |
| Editorial Board Address: 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru | |
| 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 | |
| Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-rf.ru и www.akc.ru | |
| © Registration. Orel State University, 2024 | |

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

**ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
СТРАНЫ, ЕЕ РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ, ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВА НА ТРАНСПОРТЕ**

Научная статья

УДК 330.115

doi:10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-3-8

Р.А. КОРАБЛЁВ, Э.Н. БУСАРИН, В.П. БЕЛОКУРОВ, Д.В. ЛИХАЧЕВ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА
ТИПА ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА**

***Аннотация.** Рассматривается вопрос рационального и взвешенного управленческого решения по определению необходимого использования пассажирских автотранспортных средств различных марок их количества и моделей по вместимости пассажиров, что позволит обеспечить снижение негативного влияния пассажирского автотранспорта на экологическое состояние среды.*

***Ключевые слова:** пассажирские перевозки, экологическая эффективность, окружающая среда, модель управления, пассажиропоток, городской автотранспорт*

Введение

Автотранспортная система является одной из основных составных частей инфраструктуры города, обеспечивая жизненно важные потребности населения. Функционирование всех отраслей городского хозяйства невозможно без рациональной надежной работы системы городского пассажирского автотранспорта. Поэтому рационализация его развития и планирования является одной из актуальных проблем теории и практики планирования.

Городской пассажирский автотранспорт представляет многоцелевую социально-экономическую систему, которая включает в себя несколько взаимосвязанных между собой составляющих, часто рассматриваемых как отдельное направление в научных вопросах организации городских пассажирских перевозок:

- формирование маршрутной транспортной сети с учетом архитектурно-планировочного решения городов;
- исследование корреспонденций пассажиров;
- рациональная организация движения городского пассажирского транспорта на маршрутах;
- проблемы безопасности пассажиров в системе городского пассажирского транспорта;
- повышение качества управления городскими пассажирскими перевозками.

Увеличение доли городского населения – это объективная тенденция развития общества, особенно в настоящее время. Быстрые темпы роста городского населения и увеличение его подвижности порождает целый ряд проблем, связанных с развитием транспорта в городах. Особое значение при негативном воздействии автотранспорта на окружающую среду сказывается на экологии. Зависимость экологического состояния окружающей среды от воздействия автотранспорта в связи с этим требует проведения научных исследований и практических работ. Необходим системный подход к разработке модели рационального использования пассажирского автотранспорта, позволяющий уменьшить вредное воздействие на экологическое состояние окружающей среды [1].

Материал и методы

При анализе экологической системы, главной проблемой, которую необходимо решить, является выбор существенных переменных. К ним, в технологии транспортных процессов, можно было бы отнести, влияние на экологию различных типов пассажирского автотранспорта (по вместимости, количеству вредных выбросов), которые могли бы удовлетворить спрос на перевозки пассажиров.

Исследования по использованию различных марок и моделей пассажирского автотранспорта в условиях реальной эксплуатации показывают, что их экологическая эффективность варьирует в широком диапазоне. В связи с этим предлагается использовать оценку их экологической эффективности в зависимости от марки (модели) пассажирского автотранспорта, а также их интервалу и регулярности движения на улично-дорожной сети города [2].

Теория / Расчет

Пассажирский автотранспорт, с одной стороны должен обеспечивать безубыточность, качество перевозок пассажиров, не слишком дорогой тариф для поездки пассажиров, а с другой – обеспечение сохранности экологического состояния окружающей среды. В этом случае необходимо решение по оптимальному привлечению с точки зрения экологии того или иного вида пассажирского автотранспорта в тех или иных его количествах. Для этого выбраны следующие критерии по управлению экологическими проблемами на городском пассажирском транспорте: λ_1 – негативное влияние пассажирского автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды; λ_2 – качество оказания транспортных услуг, выраженное через интервал времени движения пассажирского автотранспорта, час; λ_3 – себестоимость поездки (тариф) на том или ином пассажирском автотранспорте, руб.; U_i – относительное содержание i -го компонента управления системой перевозок в зависимости от вида (марки) городского пассажирского автотранспорта [3]. В нашем случае: $i = 1$ – легковое такси; $i = 2$ – автобусы малой вместимости; $i = 3$ – автобусы большой вместимости. Таким образом,

$$\sum_{i=1}^3 U_i = 1, \text{ где } U_i \geq 0.$$

Систему экологического управления пассажирскими автотранспортными перевозками на маршрутной сети определяет вектор $U = (u_1, u_2, u_3)$, который зависит от трех выбранных критериев:

$$\lambda_1 = \varphi(U); \lambda_2 = f(U); \lambda_3 = \psi(U),$$

где φ, f, ψ – неизвестные целевые функции.

В случае максимально рационального ограничения влияния негативного воздействия пассажирского автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды экстремальным является критерий λ_1 , который необходимо максимизировать в процессе экологического управления, то есть следует максимизировать целевую функцию $\varphi(U)$. Критерий λ_2 (интервал движения пассажирского автотранспорта, влияющий на качество перевозок) следует ограничить сверху $\lambda_2 \leq \alpha_2$, максимально допустимое время в ожидании пассажирского автотранспорта не ухудшающее качество пассажирских перевозок. Критерий же λ_3 (тариф) необходимо ограничить также сверху: $\lambda_3 \leq \alpha_3$, где максимально возможный тариф перевозки пассажиров, определяемый социально-экономической политикой муниципальных органов управления совместно с собственниками пассажирских транспортных средств [4]. В этом случае, цель управления по обеспечению снижения негативного влияния воздействия пассажирского автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды будет иметь вид:

$$\lambda_1 \rightarrow \max; \lambda_2 \leq \alpha_2; \lambda_3 \leq \alpha_3. \quad (1)$$

Качество пассажирских перевозок также зависит от экстремальности критерия λ_2 , который следует минимизировать в процессе экологического управления пассажирскими перевозками [5]:

$$\lambda_1 \leq \alpha_1; \lambda_2 \rightarrow \min; \lambda_3 \leq \alpha_3. \quad (2)$$

Аналогично определяется минимизация тарифа для перевозки пассажиров:

$$\lambda_1 \leq \alpha_1; \lambda_2 \leq \alpha_2; \lambda_3 \rightarrow \min. \quad (3)$$

Из (1)-(3) следует, что для достижения любой из указанных целей управления, необходимо иметь информацию для двух из трех параметров: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$. Таким образом, при обеспечении

печении цели ограничения негативного воздействия пассажирского автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды, необходимо решить задачу вида [6]:

$$\varphi(U) \rightarrow \max_{U \in Q_1}; Q_1 : \begin{cases} f(U) \leq \alpha_2 \\ \psi(U) \leq \alpha_3 \end{cases}, \quad (4)$$

где Q_1 – множество, удовлетворяющее указанным ограничениям по интервалам движения пассажирского автотранспорта (качеству перевозок) и тарифам перевозки пассажиров [7].

Аналогично при достижении двух других целей управления имеют место следующие две задачи:

$$f(U) \rightarrow \max_{U \in Q_2}; Q_2 : \begin{cases} \varphi(U) \leq \alpha_1 \\ \psi(U) \leq \alpha_3 \end{cases}; \quad (5)$$

$$\psi(U) \rightarrow \max_{U \in Q_3}; Q_3 : \begin{cases} \varphi(U) \leq \alpha_1 \\ f(U) \leq \alpha_2 \end{cases}. \quad (6)$$

Негативное влияние воздействия пассажирского транспорта на экологическое состояние окружающей среды, интервалы движения различных типов пассажирского автотранспорта и тариф поездки пассажиров, как известно, зависят от количества различного вида автотранспорта на линии (по его вместимости, количеству выброса продуктов сгорания и других эксплуатационных показателей) [8]:

$$\varphi(U) \rightarrow \sum_{i=1}^n C_{i_1} u_i; f(U) \rightarrow \sum_{i=1}^n C_{i_2} u_i; \psi(U) \rightarrow \sum_{i=1}^n C_{i_3} u_i, \quad (7)$$

где C_i – относительная величина i -го компонента управления экологической системы перевозок на городском пассажирском автотранспорте.

Для рассматриваемого случая по обеспечению негативного влияния воздействия на экологическое состояние окружающей среды используется три вида пассажирского автотранспорта: i_1 – легковое такси; i_2 – пассажирский транспорт малой вместимости; i_3 – пассажирский автотранспорт большой вместимости [9].

При переходе к синтезу управления, то есть к определению оптимального количества каждого вида пассажирского транспорта на линию, используем исходные данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – исходные данные по оптимизации уменьшения негативного воздействия пассажирского автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды

| Критерий λ | Вид пассажирского автотранспорта (i -й компонент) | | |
|--|--|--|--|
| | Легковое такси, i_1 | Автотранспортное средство малой вместимости, i_2 | Автотранспортное средство большой вместимости, i_3 |
| λ_1 – экологический аспект | 1,0 | 0,4 | 0,2 |
| λ_2 – качество перевозок (интервал и регулярность движения), час | – | 0,1 | 0,4 |
| λ_3 – тариф на поездку пассажиров, руб. | 60 | 30 | 28 |

Данные в таблице 1 были получены в результате длительного мониторинга и опроса различных социальных групп населения (пассажиров и водителей транспортных средств) [10].

Результаты

Для достижения поставленной цели по обеспечению максимального снижения негативного влияния воздействия пассажирского автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды приняты [11]: $\alpha_2 = 0,1$ час – время максимально допустимое при ожидании пассажирского автотранспорта (интервал движения автотранспорта), регламентированы действующими нормативами при обеспечении качества перевозок пассажиров в городах [12]. $\alpha_3 = 35$ руб. – тариф на перевозку пассажиров, ограниченный социально-экономическим положением

пассажирам. В этом случае задачу синтеза оптимального состава пассажирского автотранспорта (по типу и его количеству) выпускаемого на линию можно записать в виде [13]:

$$u_1 + 0,4u_2 + 0,2u_3 \rightarrow \max_{u_1, u_2, u_3 \in Q_1}$$

$$Q_1 \begin{cases} 0,1u_2 + 0,4u_3 \leq 0,1; \\ 60u_1 + 30u_2 + 28u_3 \leq 35; \\ u_1 + u_2 + u_3 \leq 1; \\ u_i \geq 0; i = 1,2,3. \end{cases} \quad (8)$$

где в ограничения множества Q_1 введены дополнительные условия, налагаемые на

$$u_i : \sum_{i=1}^n u_i = 1 \text{ и } u_i \geq 0.$$

Исключая третье условие во множестве Q_1 через равенство $u_3 = 1 - u_1 - u_2$ и после последующих преобразований в уравнениях (8) окончательно получим [14]:

$$0,8u_1 + 0,2u_2 + 0,2 \rightarrow \max_{u_1, u_2 \in Q'_1}$$

$$Q'_1 \begin{cases} 4u_1 + 3u_2 \leq 3; \\ 32u_1 + 2u_2 \leq 7; \\ u_1 \geq 0; u_2 \geq 0. \end{cases} \quad (9)$$

В результате совместного решения неравенств (9) получено $u_1 = 0,17$; $u_2 = 0,77$.

Обсуждение

Из зависимости (8) $u_1 + u_2 + u_3 = 1$ окончательно получим $u_3 = 0,05$. Таким образом, оптимальный предлагаемый состав пассажирского автотранспорта различных марок и вместимости, который обеспечит максимум возможное снижение негативного влияния на экологическое состояние окружающей среды, при указанных ограничениях по интервалу и регулярности движения (показатель качества перевозок), а также тарифу перевозки пассажиров, должен иметь следующее соотношение: легковое такси – 17 %, пассажирский автотранспорт малой вместимости – 77 %, автобусы большой вместимости – 6 %. Целевая функция в выражении (8) в этом случае, характеризующая экологический аспект при организации пассажирских автоперевозок, достигнет максимального значения и будет численно равна:

$$\phi(U) \rightarrow \max_{u_1, u_2, u_3 \in Q_1} = 0,58.$$

Как следует из выше приведенного анализа, при достижении максимального исключения негативного влияния пассажирского автотранспорта на экологическое состояние окружающей среды, предпочтение остается за пассажирским автотранспортом малой вместимости – 77 %. Однако, полностью исключать пассажирский автотранспорт большой вместимости не рекомендуется, особенно при больших пассажиропотоках, что непременно скажется на безопасности движения пассажирского автотранспорта, а также и на экологической безопасности окружающей среды [15].

Выводы

Следует отметить, что если используемая модель, по управлению экологическим состоянием окружающей среды при введенных ограничениях по интервалам движения автотранспорта и тарифу не совсем удовлетворяет, то необходимо проводить корректировку структуры модели. Для этого, например, можно использовать нелинейную функцию, характеризующую экологическое состояние или выбрать другие компоненты (i) и т.д. При корректировке поставленной цели, как правило, изменяют параметры $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ и переходят к другим минимизирующим критериям $\lambda'_1, \lambda'_2, \dots, \lambda'_n$.

Таким образом, полученные результаты позволяют более объективно и взвешенно принимать управленческие решения по определению необходимого использования пассажирских автотранспортных средств различных марок и моделей по вместимости пассажиров, а также их количеству, что, в конечном итоге, позволит обеспечить снижение негативного

влияния пассажирского автотранспорта на экологическое состояние среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белокуров В.П., Белокуров С.В., Лихачев Д.В. Оптимальное моделирование маршрутной сети на основе анализа параметров формирования городского пассажирского транспорта // Бюллетень транспортной информации. Информационно-практический журнал. №10(172). 2009. С. 33-35.
2. Белокуров В.П., Мотузка Д.А., Белокуров С.В. Управление социально-экономической эффективностью // Автотранспортное предприятие. №5. 2011. С. 47-49.
3. Белокуров В.П., Белокуров С.В. Оптимизация многоцелевых транспортных задач при использовании алгоритма анализа и отсева на итерациях поиска решений // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. ВИНТИ РАН. №6. 2009. С. 2-4.
4. Белокуров В.П., Белокуров С.В., Скрыль С.В. Принятие решений для эффективного управления транспортными системами на основе ситуаций выбора // Транспорт: наука, техника, управление: Научный информационный сборник. ВИНТИ РАН. №2. 2010. С. 6-10.
5. Петров А.И. Формирование результативности пассажирских автомобильных перевозок в условиях переменной внешней среды. Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. 152 с.
6. Петров В.В. Теория управления движением транспортных потоков в городах. Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). 2020. 101 с.
7. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Сов. радио, 1980. 232 с.
8. Сысоев А.С., Ляпин С.А., Галкин А.В. Интеллектуальные методы управления транспортными системами. 3-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К». 2023. 192 с.
9. Belokurov V.P., Spodarev R.A., Belokurov S.V. Determining passenger traffic as important factor in urban public transport system // Transportation research Procedia: XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020). 2020. P. 52-58.
10. Belokurov, V.P., Belokurov, S.V., Korablev, R.A., Shtepa, A.A. Models of expert assessments and their study in problems of choice and decision-making in management of motor transport processes // Journal of Physics: Conference Series. 2018. 1015(3). 032132.
11. Belokurov V., Belokurov S., Zolnikov V. Modeling passenger transportation processes using vehicles of various forms of ownership // Transportation Research Procedia. 2018. 36. P. 44-49.
12. Kaufmann A., Gupta M.M. Fuzzy mathematical models in engineering and management science. Amsterdam: North-Holland. 1998. P. 195.
13. Gottlich S., Klar A. Model hierarchies and optimization for dynamic flows on networks // Modeling and optimization of flows on networks. Cetaro.: C.I.M.E. 2009. P. 150.
14. Belokurov S.V., Belokurov V.P., Zolnikov V.K., Cherkasov O.N. Methods of multi-criteria optimization in problems of simulation of trucking industry // Transportation research procedia. 2017. №20. P. 47-52.
15. Shen X., Yao X. Mathematical modeling and multiobjective evolutionary algorithms applied to dynamic flexible job shop scheduling problems // Information Sciences. 2015. Vol. 298. P. 198-224.

Кorablev Руслан Александрович

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Адрес: 394087, Россия, г. Воронеж, улица Тимирязева, д. 8
К.с.-х.н., доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения,
E-mail: korablev_ruslan@mail.ru

Бусарин Эдуард Николаевич

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Адрес: 394087, Россия, г. Воронеж, улица Тимирязева, д. 8
К.т.н., доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения
E-mail: busarin.eduard@mail.ru

Белокуров Владимир Петрович

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Адрес: 394087, Россия, г. Воронеж, улица Тимирязева, дом 8
Д.т.н., профессор, профессор кафедры организации перевозок и безопасности движения
E-mail: opbd_vglta@mail.ru

Лихачев Дмитрий Валерьевич

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Адрес: 394087, Россия, г. Воронеж, улица Тимирязева, дом 8
К.т.н., доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения
E-mail: lihachev_dv@mail.ru

R.A. KORABLYOV, E.N. BUSARIN, V.P. BELOKUROV, D.V. LIKHACHEV

**MODELING OF ENVIRONMENTALLY RATIONAL CHOICE
OF THE TYPE OF URBAN PASSENGER TRANSPORT**

Abstract. The issue of a rational and balanced management decision is being considered to determine the necessary use of passenger vehicles of various brands, their number and models according to passenger capacity, which will ensure a reduction in the negative impact of passenger vehicles on the ecological state of the environment.

Keywords: passenger transportation, environmental efficiency, environment, management model, passenger flow, city vehicles

BIBLIOGRAPHY

1. Belokurov V.P., Belokurov S.V., Likhachev D.V. Optimal`noe modelirovaniye marshrutnoy seti na osnove analiza parametrov formirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta // Byulleten` transportnoy informatsii. Informatsionno-prakticheskiy zhurnal. №10(172). 2009. S. 33-35.
2. Belokurov V.P., Motuzka D.A., Belokurov S.V. Upravleniye sotsial`no-ekonomicheskoy effektivnost`yu // Avtotransportnoe predpriyatie. №5. 2011. S. 47-49.
3. Belokurov V.P., Belokurov S.V. Optimizatsiya mnogotselevykh transportnykh zadach priispol`zovaniy algoritma analiza i otseva na iteratsiyakh poiska resheniy // Transport: nauka, tekhnika, upravleniye. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. VINITI RAN. №6. 2009. S. 2-4.
4. Belokurov V.P., Belokurov S.V., Skryl` S.V. Prinyatiye resheniy dlya effektivnogo upravleniyatransportnymi sistemami na osnove situatsiy vybora // Transport: nauka, tekhnika, upravleniye: Nauchnyy informatsionnyy sbornik. VINITI RAN. №2. 2010. S. 6-10.
5. Petrov A.I. Formirovaniye rezul`tativnosti passazhirskikh avtomobil`nykh perevozok v usloviyakh peremennoy vneshney sredy. Tyumen`: TyumGNGU, 2009. 152 s.
6. Petrov V.V. Teoriya upravleniya dvizheniem transportnykh potokov v gorodakh. Omsk: Sibirskiy gosudarstvennyy avtomobil`no-dorozhnyy universitet (SibADI). 2020. 101 s.
7. Rastrigin L.A. Sovremennyye printsipy upravleniya slozhnyimi ob`ektami. M.: Sov. radio, 1980. 232 s.
8. Sysoev A.S., Lyapin S.A., Galkin A.V. Intellektual`nye metody upravleniya transportnymi sistemami. 3-e izd. M.: Izdatel`sko-torgovaya korporatsiya "Dashkov i K". 2023. 192 s.
9. Belokurov V.P., Spodarev R.A., Belokurov S.V. Determining passenger traffic as important factor in urban public transport system // Transportation research Procedia: XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020). 2020. P. 52-58.
10. Belokurov, V.P., Belokurov, S.V., Korablev, R.A., Shtepa, A.A. Models of expert assessments and their study in problems of choice and decision-making in management of motor transport processes // Journal of Physics: Conference Series. 2018. 1015(3). 032132.
11. Belokurov V., Belokurov S., Zolnikov V. Modeling passenger transportation processes using vehicles of various forms of ownership // Transportation Research Procedia. 2018. 36. P. 44-49.
12. Kaufmann A., Gupta M.M. Fuzzy mathematical models in engineering and management science. Amsterdam: North-Holland. 1998. P. 195.
13. Gottlich S., Klar A. Model hierarchies and optimization for dynamic flows on networks // Modeling and optimization of flows on networks. Cetaro.: C.I.M.E. 2009. P. 150.
14. Belokurov S.V., Belokurov V.P., Zolnikov V.K., Cherkasov O.N. Methods of multi-criteria optimization in problems of simulation of trucking industry // Transportation research procedia. 2017. №20. P. 47-52.
15. Shen X., Yao X. Mathematical modeling and multiobjective evolutionary algorithms applied to dynamic flexible job shop scheduling problems // Information Sciences. 2015. Vol. 298. P. 198-224.

Korablev Ruslan Alexandrovich

Voronezh State Forestry University
Address: 394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva str., 8
Candidate of agricultural sciences
E-mail: korablev_ruslan@mail.ru

Belokurov Vladimir Petrovich

Voronezh State Forestry University
Address: 394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva str., 8
Doctor of technical sciences
E-mail: opbd_vglta@mail.ru

Busarin Eduard Nikolaevich

Voronezh State Forestry University
Address: 394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva str., 8
Candidate of technical sciences
E-mail: busarin.eduard@mail.ru

Likhachev Dmitry Valerievich

Voronezh State Forestry University
Address: 394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva str., 8
Candidate of technical sciences
E-mail: lihachev_dv@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025.2

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-9-15

Т.Е. МЕЛЬНИКОВА, С.Е. МЕЛЬНИКОВ, Е.В. СУХАНОВА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УМЕНЬШЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВОДИТЕЛЕЙ В СОСТОЯНИИ ОПЬЯНЕНИЯ НА КОРПОРАТИВНОМ ТРАНСПОРТЕ

***Аннотация:** в статье рассматриваются актуальные проблемы, связанные с ростом количества дорожно-транспортных происшествий с участием водителей каршеринга и легкового такси в состоянии опьянения. Выделены основные проблемы и предложены пути их решения с помощью внедрения интеллектуальных систем, таких как автономные технические средства определения уровня содержания алкоголя в выдыхаемом воздухе и Face Pay. Обосновано, что развитие интеллектуальных транспортных систем (ИТС) позволяет в рамках подсистемы диспетчеризации управления подойти к вопросу повышения уровня надежности дорожного движения на другом, более качественном уровне.*

***Ключевые слова:** такси, состояние опьянения, сервис краткосрочной аренды, интеллектуальные системы*

Введение

Во всем мире в области безопасности дорожного движения до сих пор остро стоит вопрос о снижении количества погибших и получивших ранения в результате дорожно-транспортных происшествий (далее - ДТП). Данное утверждение подтверждается целью Резолюции 74/299 Генеральной Ассамблеи ООН, которая заключается в снижении количества погибших и пострадавших в результате ДТП на 50 %, эта же задача входит в Глобальный план действий по обеспечению безопасности дорожного движения на 2021-2030 гг. в Российской Федерации. Одной из главных проблем в достижение поставленной цели, является все еще достаточно большое количество водителей управляющих транспортным средством в состоянии опьянения [1, 2]. Авторы оставили за скобками исследования «классические» автотранспортные предприятия на которых при выезде на линию корпоративного транспорта ведется журнал учета выпуска транспортных средств, выдаются путевые листы в которых делаются отметки уполномоченными лица об исправности транспортного средства, а также о прохождении предрейсового медицинского осмотра водителя. С целью изучения были выделены две категории водителей, это водители сервиса краткосрочной аренды автомобилей (каршеринг) и легкового такси, водители которых особенно в крупных городах часто берут автомобиль в аренду. Контроль за этими водителями в настоящее время ослаблен.

Материал и методы

С 2015 г. сервисы краткосрочной аренды автомобилей начали набирать популярность и стали востребованы для поездок в мегаполисах и больших городах, в том числе для водителей, у которых имеется личный автомобиль [3].

Анализ статистических данных дорожно-транспортных происшествий (ДТП) показал тенденцию увеличения количества водителей каршеринга в состоянии опьянения в период с 2019 г. по 2022 г., учитывая, что в 2020 г. с марта по май произошло снижение количества ДТП в связи с коронавирусной инфекцией (COVID-19), однако с конца мая и до середины августа снова произошло увеличение количества ДТП с участием водителей каршеринга в состоянии опьянения [4].

При изучении аналитических обзоров Научного центра безопасности дорожного движения МВД России за 2020-2022 гг. было выявлен рост процента количества ДТП и количества погибших, связанных с водителями, управлявшими каршерингом, с признаками опьянения от общего количества ДТП и количества погибших (рис. 1).

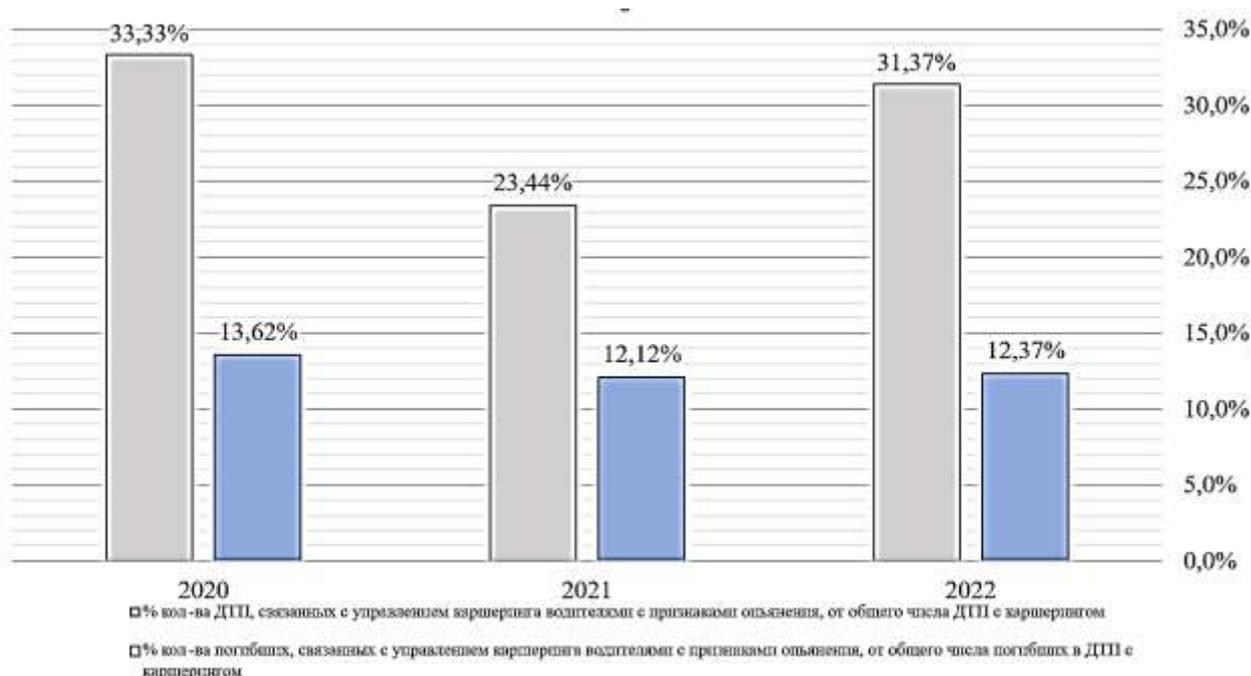


Рисунок 1 - процент количества ДТП и количества погибших, связанных с водителями, управлявшими транспортными средствами, взятыми в краткосрочную аренду (каршеринг), от общего количества ДТП и количества погибших, связанных с управлением каршерингом

Одной из причин «отрицательной» статистики является утечка персональных данных клиентов различных компаний. Наличие «черного рынка» аккаунтов позволяет получить доступ к управлению транспортным средством людям, не имеющим (например, не совершеннолетним) или лишенным водительского удостоверения, за управление в состоянии опьянения или за наиболее опасные нарушения ПДД РФ. Проблема существования черного рынка аккаунтов, которые зарегистрированы в различных приложениях, в настоящее время, стоит очень остро. Она связана с тем, что довольно сложно выявить ответственного за утечку персональных данных, а также не достаточной юридической ответственностью за данные правонарушения, что привело к слабой защищенности персональных данных в компаниях, в том числе предоставляющих услуги краткосрочной аренды автомобиля [5, 6].

К сожалению, далеко не во всех компаниях, которые предоставляют услуги каршеринга, автомобили оснащены видеокамерами, которые помогли бы контролировать состояние водителя и соответствие водителя его аккаунту в приложении, и были бы связаны с ситуационным центром компании, как это сделано в компании Matreshcar.

Проблема «черного рынка» аккаунтов стоит уже давно и некоторые меры со стороны государства по усилению юридической ответственности были приняты. С 23 декабря 2023 г. вступил в силу ФЗ № 589 от 12 декабря 2023 г. «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» (далее ФЗ № 589), который увеличил размер штрафов в области защиты персональных данных. Для должностных лиц с минимального 20 тыс. руб. увеличился до максимального 300 тыс. руб. при повторном с 40 тыс. руб. до 500 тыс. руб., для компаний соответственно с 30 тыс. руб. до 700 тыс. руб. при повторном с 300 тыс. руб. до 1,5 млн. руб. Только усиление юридической ответственности, на взгляд авторов, в области защиты персональных данных является не достаточной мерой для снижения аварийности в области предоставления услуг краткосрочной аренды автомобилей.

Рассмотрим, какие еще меры можно предложить, чтобы решить проблемы, связанные с водителями каршеринга.

Во-первых, добавить в процедуру оформления автомобиля визуальное подтверждение того, что за рулем находится водитель, которому принадлежит аккаунт. Для этого на зако-

нодательном уровне обязать компании, предоставляющие услуги краткосрочной аренды автомобиля, технически оснащать автомобили, камерами видеонаблюдения с идентификацией личности. Сделать это можно за счет опыта введения системы Face Pay, которая установлена при входе в метрополитен. Она использует биометрические данные человека. Данная система быстро идентифицирует личность человека, что позволит предотвратить управление транспортным средством людьми, которым не принадлежит аккаунт. Вступивший в силу ФЗ № 589, усилил ответственность по ст. 13.11.3 КоАП РФ «Нарушение требований в области размещения биометрических персональных данных» теперь для должностных лиц, она составляет в размере от 100 тыс. руб. до 300 тыс. руб. и юридических лиц в размере от 500 тыс. руб. до 1 млн. руб.

Во-вторых, систематически проводить анализ интернет пространства и выявлять сайты и социальные сети, на которых косвенно или напрямую продают аккаунты. Обязать органы МВД и ФСБ РФ передавать информацию об выявленных подложных или взломанных аккаунтов в заинтересованные компании для дальнейшего внесения их в «черный список».

В-третьих, проанализировать возможность создания единой базы аккаунтов всех компаний, оказывающих услугу в области предоставления краткосрочной аренды транспортных средств, обеспечив к ней доступ сотрудников МВД РФ. Единая база аккаунтов позволит в режиме on-line проверять водителя каршеринга, на правомерность управления транспортным средством. Вступивший в силу ФЗ № 589, так же усилил ответственность по п. 2 ст. 13.11 КоАП РФ «Нарушение законодательства Российской Федерации в области персональных данных» для граждан в размере от 10 тыс. руб. до 15 тыс. руб., для должностных лиц в размере от 100 тыс. руб. до 300 тыс. руб. и для юридических лиц в размере от 300 тыс. руб. до 500 тыс. руб.

Далее рассмотрим проблему уменьшения количества водителей управляющих легковым такси в состоянии опьянения.

Анализ обзоров Научного центра безопасности дорожного движения МВД России за 2020-2022 гг. хотя и показывает положительную статистику, процент все еще достаточно большой [4].

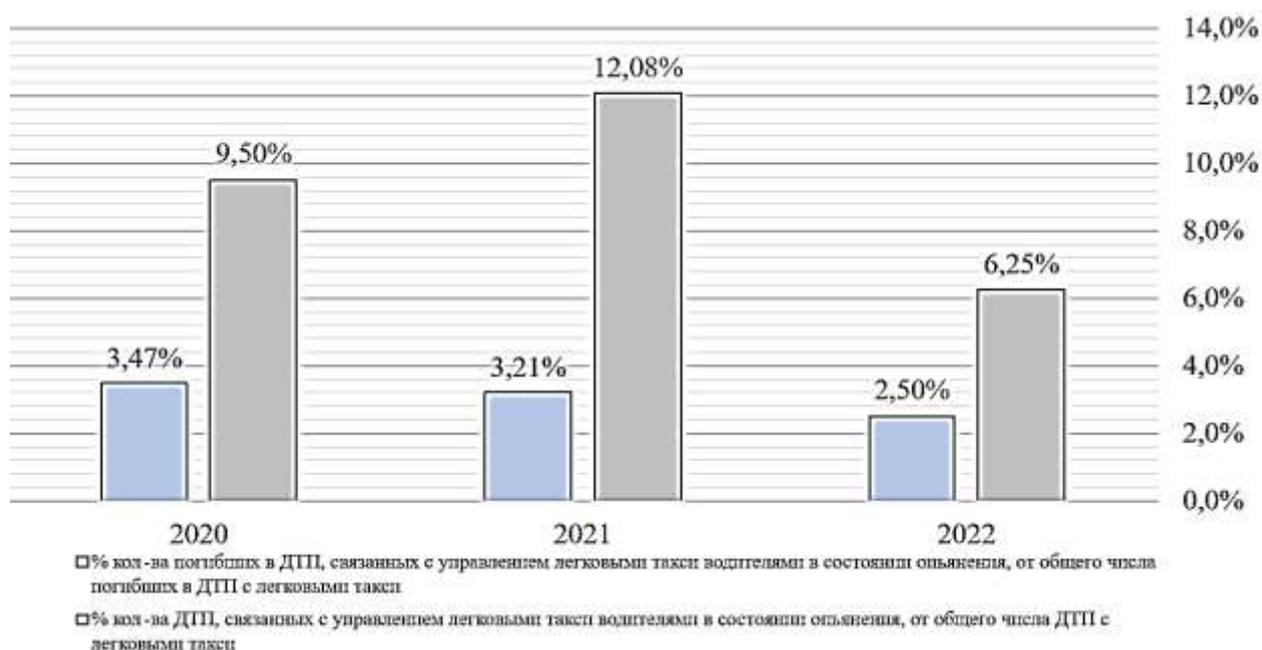


Рисунок 2 - процент количества ДТП и количества погибших, связанных с водителями, управлявшими легковыми такси, от общего количества ДТП и количества погибших, связанных с управлением легковыми такси

Особенно остро эта проблема сохранилась в субъектах Российской Федерации, в которых сохранилась сфера нелегального такси, которая занимает пятую часть рынка такси.

Водители, не имеющие разрешений, чаще нарушают Правила дорожного движения в том числе водят машину в состоянии алкогольного опьянения [7, 8].

Теория и расчет

Высокий процент аварийности, постоянные конфликтные ситуации пассажиров с водителя такси стимулируют государство к регулярным попыткам упорядочить, повысить безопасность и качество таксомоторных перевозок, путем издания новых и внесение изменений в действующие нормативно-правовые акты [9]. Примером может служить закон № 580-ФЗ «Об организации перевозок пассажиров и багажа легковым такси в Российской Федерации» принятый 29.12.2022 г., начал действовать с 1 сентября 2023 г., а отдельные его положения – с 1 сентября 2025 г. [10]

Законом предполагается создание нескольких информационных систем: единой федеральной системы и трех региональных (перевозчиков легковых такси, легковые такси, служба заказа легкового такси). К этим данным будут иметь доступ федеральные органы исполнительной власти в области безопасности дорожного движения. Агрегаторы будут обязаны перед выдачей заказа проверять документы перевозчиков на соответствие предъявляемым требованиям.

В законе вводится термин «служба заказов такси», дается определение и правовой статус. На нее будет возлагаться ответственность при передаче заказа за ущерб пассажиру в результате дорожно-транспортного происшествия, что безусловно будет стимулировать агрегаторов к более тщательной проверки и контролю перевозчиков легковых такси [11, 12].

Ужесточены требования к перевозчикам, например, отсутствие судимости за определенные преступления, а также к автомобилю такси и его салону. К сожалению, законом не установлено требование по обязательному оснащению машин устройствами контроля за вниманием и усталостью водителя и автономным техническим средством определения уровня содержания алкоголя в выдыхаемом воздухе (алкозамок).

Во многих европейских странах одним из способов уменьшения количества водителей в состоянии алкогольного опьянения считается внедрение алкозамков [13].

Рассмотрим опыт использования, автономных технических средств определения уровня содержания алкоголя в выдыхаемом воздухе. Приведем опыт применения алкозамков в Швеции. Эксперимент был проведен на коммерческом транспорте, в котором участвовали компании занимающиеся таксомоторными, автобусными и грузовыми перевозками. Финансировался эксперимент Шведской национальной дорожной администрацией. Алкозамки были установлены примерно на 100 транспортных средств в каждой компании. С целью минимизации экономических рисков в связи с некорректной работой алкозамков был предусмотрен 30 минутный перерыв, после которого было возможно запустить двигатель без проверки выдыхаемого воздуха водителем.

Через четыре года был подведен итог эксперименту. Шведская национальная дорожная администрация отметила, что, несмотря на недоверие к алкозамкам из-за имеющихся технических проблем и ошибок в их обслуживании, они были признаны лучшим устройством, способствующим сокращению употребления алкоголя водителями транспортных средств.

Со стороны Шведского правительства с целью стимулирования использования алкозамков было принято решение о заключение договоров в приоритетном порядке с транспортными компаниями, автомобили которых оснащены алкозамками.

Учитывая положительную динамику в сокращение количества водителей, находящихся в состоянии опьянения в 2007 г. правительство, приняло Программу, предусматривающую обязательную установку алкозамков на всех новых грузовиках и автобусах с 2010 г., а с 2012 г. на всех новых автомобилях [14-16].

Результаты и обсуждение

В России приказом Федерального агентства по техническому регулированию и мет-

рологии от 26.01.2023 г. утвержден новый национальный стандарт ГОСТ Р 70637–2023 «Автотранспортные средства. Система контроля состояния водителя (алкозамок). Общие технические требования». Данный ГОСТ начал действовать с 1 апреля 2023 г.

В ГОСТе было сформировано четкое понятие системы контроля состояния водителя «алкозамок – программно-аппаратный комплекс, интегрированный в систему управления транспортным средством и предназначенный для осуществления перед началом движения идентификации личности водителя и проверки состояния его трезвости с целью блокировки при необходимости начала движения транспортного средства». Предусмотрено, что должно обеспечиваться в совокупности для того, чтобы система контроля состояния водителя работала эффективно и помогала предотвратить начало движения транспортного средства:

- идентификация личности;
- проверка идентифицированного водителя на наличие паров этанола в выдыхаемом им воздухе;
- формирование мониторинговой информации, содержащие такие сведения, как результаты идентификации водителя, результаты проверки идентифицированного водителя на наличие паров этанола в выдыхаемом им воздухе, с определением пространственно-временного состояния транспортного средства на момент проведения контроля, и передача этой информации оператору платформы верхнего уровня.

Исследуя данный ГОСТ возможно спрогнозировать непредвиденные ситуации такие, как:

1) ложное срабатывание алкозамка на пары, которые могут проникнуть в салон автомобиля от стеклоомывающей жидкости, поскольку в ее состав входят различные спирты (например, изопропанол, метанол или этанол).

2) возможные блокировки автомобиля в зависимости от того, каким образом была установлена система контроля за состоянием водителя: в виде штатного оборудования или в виде дополнительного оборудования.

Разработка концепции подсистемы ИТС в части диспетчеризации корпоративного транспорта должна вестись с учетом особенностей в правовом и техническом регулировании вопроса подключения дополнительного оборудования, а также взаимодействия с другими подсистемами архитектуры ИТС.

Выводы

В проведенном исследовании были выявлены закономерности роста количества ДТП с участием водителей находящихся в состоянии опьянения. Анализ законодательства позволил прийти к выводу о необходимости дальнейшего усиления контроля и ответственности в области информационных технологий в транспортной сфере. Необходимо конкретизировать ответственность за неправомерное использование чужого аккаунта (учетной записи пользователя), дополнив ст. 12.3 КоАП РФ.

Стимулировать внедрение со стороны государства, автономных технических средств определения уровня содержания алкоголя в выдыхаемом воздухе, их интегрирование в подсистему диспетчеризации коммерческих поездок позволит не только выявлять нарушителей, но и отстранять их от процесса управления транспортным средством.

Все выше предложенные решения помогут снизить количество ДТП с участием водителей каршеринга и легкового такси в состоянии опьянения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривицкий Д.Е., Гутаев А.М. Методы и приемы определения степени алкогольного опьянения водителя ТС // Евразийский юридический журнал. 2022. №7(170). С. 122-123. EDN XZQMOE.
2. Багавдинов Р.Б., Гитинова М.М. Профилактика дорожно - транспортных происшествий, совершенных в состоянии алкогольного опьянения // Человек. Социум. Общество. 2022. №S17. С. 118-122. EDN MOZFDO.
3. Гаврилов В.Н., Нигметова В.Д., Семин А.М. К вопросу о правовом регулировании каршеринга в Российской Федерации // Право. Экономика. Психология. 2021. №3(23). С. 9-12. EDN MAOZSD.
4. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2022 г. Аналитический обзор [Электронный ресурс] / ФКУ «Научный центр БДД МВД России». URL <https://journal.tinkoff.ru/media/dorozhno->

transportnaya-avarijnost-v-rf-2022.eo8crzl41hjn..pdf.

5. Мельникова Т.Е., Зверев А.Д., Стретович Ю.В. Вопросы обеспечения прав сторон при заключении и исполнении договора каршеринга автотранспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №2(77). С. 100-106. DOI 10.33979/2073-7432-2022-77-2-100-106.

6. Лахтина Т.А., Фадеева И.В., Кузык В.П. Проблемы правового обеспечения безопасности дорожного движения с учетом развития услуг каршеринга в России // Вестник экономической безопасности. 2021. №3. С. 206-211. DOI 10.24412/2414-3995-2021-3-206-211. EDN ADQVAC.

7. Пхитиков Р.Б., Гутаев А.М. Основы появления правового запрета на управление ТС в состоянии алкогольного опьянения // Евразийский юридический журнал. 2022. №7(170). С. 416-418. EDN LUNFOE.

8. Дзансолова А.А. Правовое регулирование деятельности агрегаторов такси // Проблемы частного и публично-правового регулирования транспортной деятельности: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Уфа: Научно-исследовательский институт проблем правового государства. 2023. С. 109-116. EDN ZZETHN.

9. Мельникова Т.Е., Мельников С.Е., Боровков А.О. Проблемы защиты прав пассажиров в сфере таксомоторных перевозок // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. №1(52). С. 107-112. EDN YTOMYM.

10. Скучаев А.А. Новый закон о такси: усиление контроля и ответственности [Электронный ресурс] // Гуманитарный научный вестник. 2023. №4. С.11-17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7920557>.

11. Ременцов А.Н., Чыонг Т.Х. Особенности эксплуатации и технического обслуживания автомобилей такси в городах Вьетнама // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2020. №1(60). С. 52-58. EDN VTXYPD.

12. Долгов С.Г. Гражданско-правовая ответственность агрегаторов такси // Гражданское право. 2021. №1. С. 3-7. DOI 10.18572/2070-2140-2021-1-3-7. EDN WHZDUC.

13. Расторгуев В.Л., Ясникова В.А. Снижение смертности в результате ДТП по причине управления транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения: Европейский опыт // Современная наука. 2022. №4. С. 46-49. EDN GRLEVR.

14. Гавренков В.В., Ляхов П.В. Обзор опыта использования автономных технических средств определения уровня содержания алкоголя в выдыхаемом воздухе (на примере Швеции) // Безопасность дорожного движения. 2020. №20. С. 57-69. EDN CUCFEE.

15. Гавренков В.В. Некоторые меры, принимаемые Швецией для предупреждения причин возникновения ДТП с тяжкими последствиями // Безопасность дорожного движения. 2020. №19. С. 63-70. EDN RGNHIV.

16. Шарафутдинова Л.Р. Использование алкозамков (алкоблокираторов) на автомобильном транспорте // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6 томах. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет. 2022. С. 381-382. EDN CJBTDX.

Мельникова Татьяна Евгеньевна

Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

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

К.т.н., доцент кафедры правового и таможенного регулирования на транспорте

E-mail: kicha78@yandex.ru

Мельников Сергей Евгеньевич

Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

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

К.ю.н., доцент кафедры правового и таможенного регулирования на транспорте

E-mail: jt@madi.ru

Суханова Екатерина Владимировна

Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

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

Студентка

E-mail: c.sukhanova2015@yandex.ru

T.E. MELNIKOVA, S.E. MELNIKOV, Ye.V. SUKHANOVA

IMPROVE METHODS TO REDUCE THE NUMBER OF DRUNK DRIVERS IN CORPORATE TRANSPORT

Abstract: The article considers actual problems associated with the growth of the number of road accidents involving drivers of carshering and car taxis in a state of intoxication. The main problems have been highlighted and ways of their solution with the help of the introduction of intelligent systems, such as autonomous technical means for determining the level of alcohol in the exhaled air and Face Pay have been proposed. It has been substantiated that the development of intelligent transport systems (ITS) allows within the framework of the dispatch control subsystem to approach the issue of increasing the level of road traffic reliability at another, more qualitative level.

Keywords: taxi, state of intoxication, short-term rental service, intelligent systems.

BIBLIOGRAPHY

1. Krivitskiy D.E., Gutaev A.M. Metody i priemy opredeleniya stepeni alkogol'nogo op'yaniya voditelya TS // Evraziyskiy yuridicheskiy zhurnal. 2022. №7(170). S. 122-123. EDN XZQMOE.
2. Bagavdinov R.B., Gitinova M.M. Profilaktika dorozhno - transportnykh proisshestviy, sovershennykh v sostoyanii alkogol'nogo op'yaniya // Chelovek. Sotsium. Obshchestvo. 2022. №S17. S. 118-122. EDN MOZFDO.
3. Gavrilov V.N., Nigmatova V.D., Semin A.M. K voprosu o pravovom regulirovanii karsheringa v Rossiyskoy Federatsii // Pravo. Ekonomika. Psikhologiya. 2021. №3(23). S. 9-12. EDN MAOZSD.
4. Dorozhno-transportnaya avariynost' v Rossiyskoy Federatsii za 2022 g. Analiticheskiy obzor [Elektronnyy resurs] / FKU «Nauchnyy tsentr BDD MVD Rossii». URL <https://journal.tinkoff.ru/media/dorozhno-transportnaya-avariynost-v-rf-2022.eo8czrl41hjn..pdf>.
5. Mel'nikova T.E., Zverev A.D., Stretovich Yu.V. Voprosy obespecheniya prav storon pri zaklyuchenii i ispolnenii dogovora karsheringa avtotransportnykh sredstv // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №2(77). S. 100-106. DOI 10.33979/2073-7432-2022-77-2-100-106.
6. Lakhtina T.A., Fadeeva I.V., Kutsyk V.P. Problemy pravovogo obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya s uchetom razvitiya uslug karsheringa v Rossii // Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti. 2021. №3. S. 206-211. DOI 10.24412/2414-3995-2021-3-206-211. EDN ADQVAC.
7. Pkhitikov R.B., Gutaev A.M. Osnovy poyavleniya pravovogo zapreta na upravlenie TS v sostoyanii alkogol'nogo op'yaniya // Evraziyskiy yuridicheskiy zhurnal. 2022. №7(170). S. 416-418. EDN LUNFOE.
8. Dzansolova A.A. Pravovoe regulirovanie deyatel'nosti agregatorov taksi // Problemy chastnopravovogo i publichno-pravovogo regulirovaniya transportnoy deyatel'nosti: Materialy VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa: Nauchno-issledovatel'skiy institut problem pravovogo gosudarstva. 2023. S. 109-116. EDN ZZETHN.
9. Mel'nikova T.E., Mel'nikov S.E., Borovkov A.O. Problemy zashchity prav passazhirov v sfere taksomotoynykh perevozk // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2018. №1(52). S. 107-112. EDN YTOMYM.
10. Skuchaev A.A. Novyy zakon o taksi: usilenie kontrolya i otvetstvennosti [Elektronnyy resurs] / Gumanitarnyy nauchnyy vestnik. 2023. №4. S.11-17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7920557>.
11. Rementsov A.N., Chiong T.H. Osobennosti ekspluatatsii i tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley taksi v gorodakh V'etnama // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2020. №1(60). S. 52-58. EDN VTXYPD.
12. Dolgov S.G. Grazhdansko-pravovaya otvetstvennost' agregatorov taksi // Grazhdanskoe pravo. 2021. №1. S. 3-7. DOI 10.18572/2070-2140-2021-1-3-7. EDN WHZDUC.
13. Rastorguev V.L., Yasnikova V.A. Snizhenie smertnosti v rezul'tate DTP po prichine upravleniya transportnykh sredstv v sostoyanii alkogol'nogo op'yaniya: Evropeyskiy opyt // Sovremennaya nauka. 2022. №4. S. 46-49. EDN GRLEVR.
14. Gavrenkov V.V., Lyakhov P.V. Obzor opyta ispol'zovaniya avtonomnykh tekhnicheskikh sredstv opredeleniya urovnya sodержaniya alkogolyav vydykhaemom vozdukh (na primere Shvetsii) // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. 2020. №20. S. 57-69. EDN CUCFEE.
15. Gavrenkov V.V. Nekotorye mery, prinimaemye SHvetsiy dlya preduprezhdeniya prichin vozniknoveniya DTPI snizheniya tyazhesti ikh posledstviy // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. 2020. №19. S. 63-70. EDN RGNHIV.
16. Sharafutdinova L.R. Ispol'zovanie alkozamkov (alkoblokiratorov) na avtomobil'nom transporte // Mavlyutovskie chteniya: materialy XVI Vserossiiskoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii. V 6 tomakh. Ufa: Ufimskiy gosudarstvennyy aviatsionnyy tekhnicheskiy universitet. 2022. S. 381-382. EDN CJBTDX.

Melnikova Tatiana Evgenievna

Moscow Automobile and Road Transport State Technical University (MADI)

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky Prosp., 64

Candidate of technical sciences

E-mail: kicha78@yandex.ru

Melnikov Sergey Evgenievich

Moscow Automobile and Road Transport State Technical University (MADI)

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky Prosp., 64

Candidate of legal sciences

E-mail: jt@madi.ru

Sukhanova Ekaterina Vladimirovna

Moscow Automobile and Road Transport State Technical University (MADI)

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky Prosp., 64

Student

E-mail: c.sukhanova2015@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-16-22

ЛИ СЯОКУНЬ, В.В. ЗЫРЯНОВ

КЛАСТЕРНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

***Аннотация.** В данной статье представлены методы и критерии оценки качества транспортного обслуживания. В связи с новыми требованиями к мобильности выбор форм и методов организации транспортного обслуживания является ключевым фактором повышения качества услуг городских скоростных автобусных перевозок. В данной статье описывается применение методов кластерной оценки для точной и объективной оценки качества обслуживания в системе скоростных автобусных перевозок (Bus Rapid Transit). Оценивая собранные данные о пассажирах и информацию об обслуживании с помощью кластерной обработки, можно выявить проблемы и повысить эффективность эксплуатации BRT.*

***Ключевые слова:** BRT (Bus Rapid Transit), скоростные автобусные перевозки, удобство, скорость, комфорт, экономичность, кластерная оценка, транспортного обслуживания*

Введение

BRT является высококачественная автобусной системой, обеспечивающей быстрое, комфортное и экономичное обслуживание на высоком уровне провозной возможности, сравнимой с рельсовыми видами общественного транспорта. Это обеспечивается выделенными полосами и остановочными пунктами, обычно расположенными по центру дороги, приоритетом на регулируемых пересечениях, внеуличной оплате проезда. За последние десятилетия система BRT получила широкое распространение в городском общественном транспорте Китая. Однако в планировании и управлении городским общественным транспортом все еще остается много проблем. В связи с быстрым развитием информационных технологий потребности пассажиров в городском общественном транспорте постоянно меняются, и необходимо объективно оценить качество обслуживания в BRT. Благодаря приоритету автобусам на пересечениях, изолированным остановочным пунктам, интеллектуальным системам управления значительно повышается скорость сообщения, регулярность и комфортабельность перевозок.

Построение системы показателей оценки качества обслуживания в системе общественного транспорта

Рассмотрим информацию о некоторых подходах к оценке качества автобусных услуг в Китае. Существует следующие четыре группы показателей оценки:

- эффективность;
- скорость;
- комфорт;
- экономичность.

Эффективность оценивается следующим показателями:

T_1 – Коэффициент пересадочной пассажиров, отношение осуществляющих пересадку пассажиров к общему количеству пассажиров, чтобы указать, сколько пассажиров не могут достигнуть пункта назначения без пересадки;

T_2 – Среднее время пересадки, относится к соотношению общего количества времени на пересадку к общему количеству пересадок пассажиров;

T_3 – Среднее время ожидания на остановке. Среднее время, в течение которого пассажиры ожидают прибытия автобуса на автобусную остановку;

© Ли Сяокунь, В.В. Зырянов, 2024

T_4 – Среднее время, посадки в автобус (ожидание посадки в автобусе). Среднее время, затрачиваемое пассажирами на посадку в автобус с момента прибытия автобуса на станцию до момента, когда они смогут войти в автобус.

Скорость оценивает следующим показателями:

T_5 – Среднее время в пути, которое относится к времени, проведенному пассажирами в пути, начиная с выхода из дома, прибытия на остановочный пункт, ожидания транспорта и поездки на автобусе до прибытия в пункт назначения;

T_6 – Средняя скорость транспорта(км/ч), относится к среднему движению транспортного средства в час по прибытию на терминал эксплуатации в конце эксплуатационной линии, чтобы указать скорость транспортировки пассажиров;

T_7 – Коэффициент нелинейности, относится к соотношению между фактическим расстоянием ходьбы пассажира и расстоянием между начальной и конечной точкой поездки;

T_8 – Доля приоритетных автобусных полос, относится к соотношению общей длины автобусной полосы движения к общему пути автобуса, данный расчет используется для предоставления приоритета политики городских автобусов.

Комфорт оценивает следующим показателями:

T_9 – Заполненность транспортного средства в часы пик. Во время пикового пассажиропотока на действующей линии, в течение 1 часа, в пиковый период движения в одну сторону, отношение фактической пассажироместимости транспортного средства к номинальной пассажироместимости;

T_{10} – Обычно полная нагрузка транспортного средства. Когда пассажиропоток на действующей линии не является пиковым, в течение 1 часа на участке с односторонним движением, который не является пиковым, рассчитывается отношение фактической пассажироместимости транспортного средства к номинальной пассажироместимости.

Экономичность оценивает следующим показателями:

T_{11} – Стоимость проезда, напрямую влияет на выбор способов движения.

Согласно вышеуказанным показателям оценки, создана комплексная система оценки, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общая система индекса оценки автобусных услуг

Материал и методы

Метод кластерной оценки качества обслуживания системы общественного транспорта

Для анализа показателей качества транспортного обслуживания был использован серый реляционный анализ, который входит в теорию серых систем, разработанную Д Джу-Лонгом для исследования сложных систем с различными по уровню достоверности данными, описывающими состояние и поведение системы [1]. Интерпретация понятия «серый» может объясняться как уровнем информационной определенности объекта исследований, так и качественной характеристикой состояния объекта. При полной и достоверной информации ситуация характеризуется как «белая», при отсутствии информации как «черная», промежу-

точная ситуация относится к категории «серой». Очевидно для большинства сложных систем, особенно тех, в которых присутствует человеческий фактор, всегда присутствует ситуация с неопределенностью данных.

Методика серого реляционного анализа включает несколько этапов. Первоначально необходимо сформировать начальную матрицу факторов по значениям выборки различных показателей d_{ij} :

$$D=[d_{ij}], \tag{1}$$

где d_{ij} - выборочные значения различных показателей, в данном случае значения ($T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}$).

На втором этапе осуществляется нормализация начальной матрицы показателей с переходом от их физических значений к нормализованным в диапазоне от 0 до 1. При этом необходимо учитывать направление изменения значения показателя, для некоторых увеличение значения означает улучшение ситуации, для других наоборот. Для показателей, увеличивающиеся значения которых свидетельствуют об улучшении ситуации, например скорости, нормализация выполняется следующим образом:

$$d_i(j) = \left| \frac{d_{ij} - d_{j \min}}{d_{j \max} - d_{j \min}} \right|, \tag{2}$$

в противоположном случае, например для времени ожидания автобуса:

$$d_i(j) = \left| \frac{d_{ij} - d_{j \max}}{d_{j \max} - d_{j \min}} \right|, \tag{3}$$

где $d_i(j)$ – нормализованное значение показателя;

$d_{j \max}, d_{j \min}$ – соответственно, максимальное и минимальное значение параметра.

Поскольку показатели различаются по степени важности необходимо определить весовые коэффициенты по специальным функциям для оценки серого класса. Весовой коэффициент показывает роль каждого показателя в данном процессе, а его значение оказывает влияние на результаты. Для серых кластеров формулой расчета веса обычно является:

$$W_{ij} = \frac{s_{ij} \sqrt{s_{ij}}}{\sum_{i=1}^n s_{ij} \sqrt{s_{ij}}}, \tag{4}$$

где W_{ij} – весовой коэффициент i -го показателя.

s_{ij} – среднее значение показателей классификации на всех уровнях.

Графическая интерпретация этого процесса приведена на рисунке 2.

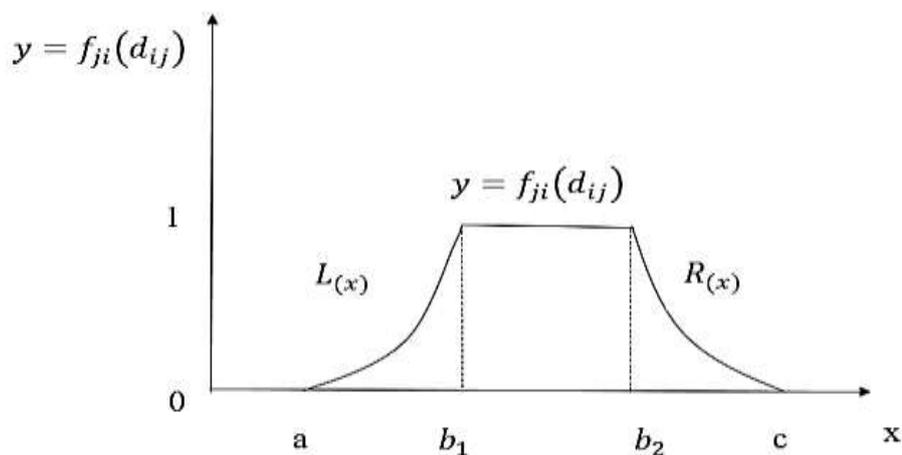


Рисунок 2 – Определение весовых функций

где $f_{ji}(d_{ij})$ – весовая функция;

$L(x)$ – восходящая ветвь функции;

$R(x)$ – нисходящая ветвь функции;

$[a, c]$ – интервал изменения серого числа;

b_1, b_2 – критические точки;

x – оценка оттенков серого.

Коэффициент кластера отражает тесную связь между объектами оценки и уровнем каждой оценки. Размер коэффициента кластера качества обслуживания BRT и обычного качества обслуживания автобусной системы также отражает качество уровней обслуживания между ними. Формула расчета коэффициента кластеризации имеет вид:

$$\eta_{ij} = \sum_{i=1}^n W_i f_j^k(x), \quad (5)$$

где η_{ij} – коэффициент кластеризации i -го показателя на j -ом уровне;

$f_j^k(x)$ – значение j -го показателя i -ой точки оценки в этом показателе.

При использовании этого метода серого реляционного анализа для приведенных выше 11 показателей кластеризации установлены четыре различных уровня: А (отлично), В (хорошо), С (удовлетворительно), D (неудовлетворительно) для конкретных критериев оценки для каждого индекса.

Таблица 1 – Классификационные критерии для оценки показателей качества автобусного обслуживания

| Показатель | | А(отлично) белый | В(хорошо) светло серый | С(средне) тёмно серый | Д(плохо) черный |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| T ₁ | Процент | <25 | 25 ~45 | 45 ~65 | >65 |
| T ₂ | Минута | <5 | 5 ~8 | 8 ~12 | >12 |
| T ₃ | Минута | <5 | 5 ~8 | 8 ~15 | >15 |
| T ₄ | Минута | <1 | 1 ~2 | 2 ~5 | >5 |
| T ₅ | Минута | <20 | 20 ~30 | 30 ~40 | >40 |
| T ₆ | (км/ч ⁻¹) | >40 | 30 ~40 | 20 ~30 | <20 |
| T ₇ | Процент | <120 | 120 ~150 | 150 ~200 | >200 |
| T ₈ | Процент | >90 | 80 ~90 | 60 ~80 | <60 |
| T ₉ | Процент | <60 | 60 ~70 | 70 <90 | >90 |
| T ₁₀ | Процент | <50 | 50 ~60 | 60 ~70 | >70 |
| T ₁₁ | Юань | =1 | 1 ~2 | 2 ~3 | >3 |

Оценка и сравнение уровня обслуживания автобусной системы

В таблицах 2, 3 приведены результаты обработки данных по методике серого реляционного анализа для маршрута BRT в Цзинане (КНР).

Таблица 2 – Значения индексов и стандарты классификации после обработки единичных данных

| Показатель | Общественный транспорт | А | В | | | С | | | D |
|-----------------|------------------------|-------|---------------|------------------|----------|---------------|------------------|----------|-------|
| | | | Нижний предел | Среднее значение | Максимум | Нижний предел | Среднее значение | Максимум | |
| T ₁ | 0.17 | <0.38 | 0.38 | 0.54 | 0.69 | 0.69 | 0.85 | 1 | >1 |
| T ₂ | 0.83 | <0.42 | 0.42 | 0.55 | 0.67 | 0.67 | 0.84 | 1 | >1 |
| T ₃ | 1 | <0.33 | 0.33 | 0.43 | 0.53 | 0.53 | 0.72 | 1 | >1 |
| T ₄ | 0.5 | <0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 1 | >1 |
| T ₅ | 0.88 | <0.5 | 0.5 | 0.63 | 0.75 | 0.75 | 0.88 | 1 | >1 |
| T ₆ | 0.375 | >1 | 0.75 | 0.88 | 1 | 0.5 | 0.63 | 0.75 | <0.5 |
| T ₇ | 0.75 | <0.6 | 0.6 | 0.68 | 0.75 | 0.75 | 0.87 | 1 | >1 |
| T ₈ | 0 | >1 | 0.89 | 0.96 | 1 | 0.67 | 0.78 | 0.89 | <0.67 |
| T ₉ | 1.05 | <0.67 | 0.67 | 0.73 | 0.78 | 0.78 | 0.89 | 1 | >1 |
| T ₁₀ | 0.87 | <0.71 | 0.71 | 0.79 | 0.86 | 0.86 | 0.93 | 1 | >1 |
| T ₁₁ | 0.67 | =0.33 | 0.33 | 0.5 | 0.67 | 0.67 | 0.84 | 1 | >1 |

Таблица 3 – Стандартные весовые значения каждого показателя

| Показатель | A | B | C | D |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | 0.061 889 | 0.077 253 | 0.095 185 | 0.098 328 |
| T2 | 0.068 404 | 0.078 684 | 0.094 065 | 0.098 328 |
| T3 | 0.032 573 | 0.042 918 | 0.078 387 | 0.098 328 |
| T4 | 0.053 746 | 0.061 516 | 0.080 627 | 0.098 328 |
| T5 | 0.081 433 | 0.090 129 | 0.098 544 | 0.098 328 |
| T6 | 0.162 866 | 0.125 894 | 0.070 549 | 0.049 164 |
| T7 | 0.009 772 | 0.097 282 | 0.097 424 | 0.098 328 |
| T8 | 0.162 866 | 0.137 339 | 0.087 346 | 0.065 880 |
| T9 | 0.109 121 | 0.104 435 | 0.099 664 | 0.098 328 |
| T10 | 0.115 635 | 0.113 019 | 0.104 143 | 0.098 328 |
| T11 | 0.053 746 | 0.071 531 | 0.094 065 | 0.098 328 |

Результаты и обсуждение

По полученным исходным данным для общественного транспорта и приведенным в таблице 3 классификационным характеристикам качества автобусного обслуживания получены оценки кластеров для совокупности показателей эффективности, скорости, комфорта и экономичности транспортного обслуживания населения в городских перевозках. Итоговый вектор кластеризации имеет следующий вид:

$$\sigma = \{0,20729558, 0,17822322, 0,19384841, 0,06302355\}.$$

Чем меньше значение векторного коэффициента кластеризации, тем лучше качество обслуживания по совокупности показателей, входящих в данную группу. Следовательно, эффективность имеет самый высокий коэффициент кластеризации 0,20729558, что указывает на то, что в группе показателей «Эффективность» существуют ситуации, когда качество обслуживания не соответствует требованиям. При анализе четырех факторов, входящих в группу «Эффективность», установлено, что среднее время пересадки и среднее время ожидания посадки в автобус дают наибольший вклад в снижение уровня качества транспортного обслуживания. Поэтому необходимо оптимизировать сетевое расписание для координации движения подвижного состава на разных маршрутах и, возможно, увеличить частоту движения автобусов.

Было установлено, что коэффициент кластеризации «Комфорт» также относительно высокий, со значением 0,19384841 и это означает, что существуют резервы улучшения комфортабельности поездок. Высокий весовой коэффициент для показателя использования пассажироместимости автобусов в пиковые периоды показывает, что количество подвижного состава в этот период не соответствует транспортному спросу.

Выводы

Приведенная методика серого реляционного анализа при оценке качества транспортного обслуживания может применяться как для исследовательских, так и для практических целей. Особенность этого метода анализа заключается в том, что анализируются совокупность показателей, которые можно объединять в разные группы в соответствии с целевыми группами оценки качества перевозок пассажиров. Также появляется возможность кластеризации для конкретных условий. На фактических данных функционирования маршрута BRT продемонстрирована практическая применимость этого метода. Получено разделение показателей по кластерам в соответствии с качеством транспортного обслуживания и расчетные данные для объективного анализа и принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li Chun, Xie Xiuping. An improved gray interval prediction model based on the axiom «shades of gray do not decrease» // Statistics and decision-making. 2019. №2. DOI:10.13546/j.cnki.tjyc.2019.02.01.
2. Бай Чжицзянь, Хэ Гогуан, Чжао Шучжи и др. Разработка и внедрение алгоритма поиска по табу для оптимизации отправки транспортных средств BRT // Компьютерная инженерия и применение. 2007. №43(23). С. 229-232.

3. Дай Лянгуи, ЛЮ Чжэндун. Исследование многоцелевой собранной оптимальной модели интервала отправления при отправке автобусов. Журнал инженерии транспортных систем и информационных технологий. 2007. №7(4). С. 43-46.
4. Чэнь Цянь, Чэнь Сюэву. Исследование системы индексов комплексной оценки уровня развития обычного общественного транспорта в городах. Городской транспорт. 2003. №6(3). С. 14-18.
5. Чжун Шаолин, Ван Сюэуа, Хэ Юйцян и др. Специальное распределение пассажиропотока на Западном железнодорожном вокзале Пекина. Исследование // Железнодорожный транспорт и экономика. 2005. №27(2). С. 37-39.
6. Тэн Цзин, Ян Сюэгуан. Управление в режиме реального времени и планирование движения автобусов быстрого следования в рамках APTS. Методологическое исследование // Теория и практика системной инженерии. 2006. №26(2). С. 138-143.
7. У Цзяцин, Линь Чжэн. Эффективность работы скоростного транспорта по Южной и центральной осям Пекина. Анализ плодов // Городской транспорт. 2007. №5(4). С. 76-80.
8. Ло Дамин, Ци Сюэцин. Краткое описание общего проекта интеллектуальной автобусной системы быстрого транзита по Южной и центральной осям Пекина (BRT) // Проектирование транспортных систем и информация. 2005. №5(2). С. 97-103, 107.
9. Чай И, Фэн Лэй, Лю Юй. Отслеживание движения транспортных средств и навигация по ним в системе быстрого транзита // Журнал Университета Чунцина: Издание по естественным наукам. 2006. №29(3). С. 922-95.
10. Цао Шихуа, Чжао Фан. Разработка и внедрение системы приоритета сигналов быстрого транзита по шине. Компьютерная инженерия. 2009. №35(8). С. 259-262.
11. Сунь Минчжэн, Лю Сюэцзе, Ма Хайхун. Анализ эффекта от внедрения Пекинской линии скоростного транспорта 2 // Городской транспорт. 2009. №7(3). С. 22-26.
12. У Цзяцин, Линь Чжэн. Анализ эксплуатационного эффекта скоростного транспорта на юго-центральной оси Пекина // Городской транспорт. 2007. №5(4). С. 76-80.
13. Ван Цянь. Определение скоростного автобусного сообщения // Городской общественный транспорт, 2004. №2. С. 36-38.
14. Козлов Л.Н., Урличич Ю.М., Циклис Б.Е. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации. 2009. №3-4(22). С. 22-23.
15. Tong Mingyu, Zhou Xiaohua, Zeng Bo. An improved Gray interval number prediction model based on the information domain and cognitive level. Statistics and decision-making. 2015. №18. DOI:10.13546/j.cnki.tjyjc.2015.18.018.
16. Lo Dang, Li Lin. A prediction model of the Gray interval number based on the kernel and measure. Practice and understanding of mathematics. 2014. №8.
17. Fan Zhigeng, Liu Xifeng, Lu Fan, etc. Characterization and improvement of the Gray interval number algorithm and the study of its application on the GM model (1,1). Chinese engineering science. 2005. №2. DOI:10.3969/J.issn.1009-1742.2005.02.010.
18. Meng Wei, Liu Xifeng, Zeng Bo. Research on the standardization of Gray interval numbers and the construction and application of forecasting models. Control and decision-making. 2012. №5.

Ли Сяокунь

Донской Государственный Технический Университет
Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Аспирант
E-mail: 729949756@qq.com

Зырянов Владимир Васильевич

Донской Государственный Технический Университет
Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Д.т.н., зав. кафедрой организация перевозок и дорожного движения
E-mail: tolba@mail.ru

LI XIAOKUN, V.V. ZYRYANOV

CLUSTER ASSESSMENT OF TRANSPORT SERVICE QUALITY

***Abstract:** This article presents methods and criteria for assessing the quality of transport service. Due to the new mobility requirements, the choice of forms and methods of transport service organization is a key factor in improving the quality of urban bus rapid transit services. This paper describes the application of cluster evaluation methods to accurately and objectively reflect the*

quality of service in Bus Rapid Transit (BRT). By evaluating the collected passenger data and service information using clustering, it is possible to identify problems and improve the efficiency of BRT operation.

Keywords: BRT (Bus Rapid Transit), high-speed bus transportation, Convenience, Speed, Comfort, Economy, Cluster assessment, transport services

BIBLIOGRAPHY

1. Li Chun, Xie Xiuping. An improved gray interval prediction model based on the axiom «shades of gray do not decrease» // *Statistics and decision-making*. 2019. №2. DOI:10.13546/j.cnki.tjyj.2019.02.01.
2. Bay CHzhitszyan`, He Goguan, CHzhao Shuchzhi i dr. Razrabotka i vnedrenie algoritma poiska po tabu dlya optimizatsii otpravki transportnykh sredstv BRT // *Komp'yuternaya inzheneriya i primeneniye*. 2007. №43(23). S. 229-232.
3. Day Lyanguy, Iyu Chzhendun. Issledovanie mnogotselevoy sobrannoy optimal'noy modeli intervala otpravleniya pri otpravke avtobusov. *Zhurnal inzhenerii transportnykh sistem i informatsionnykh tekhnologiy*. 2007. №7(4). S. 43-46.
4. Chen` Tsyau`, Chen` Syuevu. Issledovanie sistemy indeksov kompleksnoy otsenki urovnya razvitiya obychnogo obshchestvennogo transporta v gorodakh. *Gorodskoy transport*. 2003. №6(3). S. 14-18?
5. Chzhun Shaolin`, Van Syukhua, He Yuysyan i dr. Spetsial'noe raspredelenie passazhiropotoka na Zapadnom zheleznodorozhnom vokzale Pekina Rassledovanie // *Zheleznodorozhnyy transport i ekonomika*. 2005. №27(2). S. 37-39.
6. Ten Tszin, Yan Syaoguan. Upravlenie v rezhime real'nogo vremeni i planirovaniye dvizheniya avtobusov bystrogo sledovaniya v ramkakh APTS Metodologicheskoe issledovanie // *Teoriya i praktika sistemnoy inzhenerii*. 2006. №26(2). S. 138-143?
7. U Tsyatsin, Lin` Chzhen. Effektivnost` raboty skorostnogo transporta po Yuzhnoy i tsentral'noy osyam Pekina Analiz plodov // *Gorodskoy transport*. 2007. №5(4). S. 76-80.
8. Lo Damin, Tsi Syaotszin. Kratkoe opisaniye obshchego proekta intellektual'noy avtobusnoy sistemy bystrogo tranzita po Yuzhnoy i tsentral'noy osyam Pekina (BRT) // *Proektirovaniye transportnykh sistem i informatsiya*. 2005. №5(2). S. 97-103, 107.
9. CHay I, Fen Ley, Lyu Yuy. Otslezhivaniye dvizheniya transportnykh sredstv i navigatsiya po nim v sisteme bystrogo tranzita // *Zhurnal Universiteta Chuntsina: Izdaniye po estestvennym naukam*. 2006. №29(3). S. 92295.
10. Tsao Shikhua, Chzhao Fan. Razrabotka i vnedreniye sistemy prioriteta signalov bystrogo tranzita po shine. *Komp'yuternaya inzheneriya*. 2009. №35(8). S. 2592262.
11. Sun` Minchzhen, Lyu Syuetsze, Ma Haykhun. Analiz effekta ot vnedreniya Pekinskoy linii skorostnogo transporta 2 // *Gorodskoy transport*. 2009. №7(3). S. 22226.
12. U Tsyatsin, Lin` CHzhen. Analiz ekspluatatsionnogo effekta skorostnogo transporta na yugo-tsentral'noy osi Pekina // *Gorodskoy transport*. 2007. №5(4). S. 76280.
13. Van TSzyan`. Opredeleniye skorostnogo avtobusnogo soobshcheniya // *Gorodskoy obshchestvennyy transport*, 2004. №2. S. 36-38.
14. Kozlov L.N., Urlichich Yu.M., Tsiklis B.E. O kontseptual'nykh podkhodakh formirovaniya i razvitiya intellektual'nykh transportnykh sistem v Rossii // *Transport Rossiyskoy Federatsii*. 2009. №3-4(22). C. 22-23.
15. Tong Mingyu, Zhou Xiaohua, Zeng Bo. An improved Gray interval number prediction model based on the information domain and cognitive level. *Statistics and decision-making*. 2015. №18. DOI:10.13546/j.cnki.tjyj.2015.18.018.
16. Lo Dang, Li Lin. A prediction model of the Gray interval number based on the kernel and measure. *Practice and understanding of mathematics*. 2014. №8.
17. Fan Zhigeng, Liu Xifeng, Lu Fan, etc. Characterization and improvement of the Gray interval number algorithm and the study of its application on the GM model (1,1). *Chinese engineering science*. 2005. №2. DOI:10.3969/J.issn.1009-1742.2005.02.010.
18. Meng Wei, Liu Xifeng, Zeng Bo. Research on the standardization of Gray interval numbers and the construction and application of forecasting models. *Control and decision-making*. 2012. №5.

Li Xiaokun

Don State Technical University
Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin str., 1
Postgraduate student
E-mail: 729949756@qq.com

Zyryanov Vladimir Vasilevich

Don State Technical University
Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin str., 1
Doctor of technical sciences
E-mail: tolbaga@mail.ru

Научная статья

УДК 629.34

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-23-30

А.А. КУДРЯВЦЕВ, П.О. ВОРОНОВ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ КОМФОРТНОСТИ ПАССАЖИРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПОЛНЕНИЯ САЛОНА

***Аннотация.** В статье рассматривается методика получения количественной оценки уровня комфортности пассажиров в зависимости от наполнения салона. В рамках представленного исследования сделан обзор различных показателей комфортности и уровней обслуживания пассажиров в зависимости от наполнения салона. Предложена формула расчета комфортности отдельного пассажира и суммарной комфортности пассажиров отдельно взятого пассажирского ТС. Приведено обоснование использования предложенного расчета для диспетчерского управления пассажирскими ТС высокой степени автоматизации.*

***Ключевые слова:** городской пассажирский транспорт, комфортность пассажиров, критерии качества транспортного обслуживания, диспетчерское управление, ТС высокой степени автоматизации*

Введение

Перевозка пассажиров – это социально-значимый вид услуг, который оказывают транспортные организации различных форм собственности. Сегодня на государственном уровне закрепляется роль общественного транспорта не как направление бизнеса в свободном рынке, а как социально-значимая отрасль, которая требует государственного софинансирования из бюджетов всех уровней. Это закрепляется в транспортной стратегии РФ до 2030 года [1]. Транспортные администрации субъектов РФ и муниципалитетов проводят транспортную реформу, в рамках которой пассажирские перевозки переводят на брутто-контракт. В результате общественный транспорт становится более комфортным за счет обновленного подвижного состава [2]. Более эффективным пассажирский транспорт становится за счет использования интеллектуальных систем на транспорте и информационных сервисов [3].

Последние тенденции развитие науки и техники – в частности искусственного интеллекта [4] и интеллектуальных систем на транспорте [5], указывают на то, что уже в ближайшее время на общественном транспорте будут внедряться системы помощи водителю, которые в итоге полностью его заменят [6]. Это, в свою очередь, открывает возможность пересмотреть и повысить эффективность в диспетчерском контроле и управлении пассажирскими ТС. Основными программно-аппаратными реализациями систем диспетчерского контроля в РФ являются: система «Цифровой диспетчер» разработанная «ТранснавиСофт» [7], система «NimBus» разработанная «Gurtam» [8], система «АСК – Пассажирские перевозки» разработанная «АСК» [9].

Исходя из перечня диспетчерских команд указанных диспетчерских систем, некоторые управляющие команды сегодня недоступны по объективным причинам [10]. В частности, можно будет контролировать движение и осуществлять диспетчерские воздействия по ходу движения ТС [11]. Во время движения ТС с водителем, по соображениям безопасности, делать это запрещено [12].

Материал и методы

Комфортность пассажиров общественного транспорта

ГОСТ 51004-96 [13] определяет номенклатуру основных групп показателей качества по характеризующим ими потребительским свойствам пассажирских перевозок. Показатели комфортности характеризуют условия обслуживания и удобство пассажиров на пассажирском транспорте, а также на объектах транспортной инфраструктуры на основании нормативных документов, утвержденных в установленном порядке. В качестве показателей комфортности могут служить:

- площадь пола пассажирского ТС на одного пассажира;
- частота уборки ТС и объектов инфраструктуры;
- температура воздуха на транспорте и объектах инфраструктуры;
- освещенность на транспорте и объектах инфраструктуры;
- допустимые значения шума, вибрации и влажности на транспорте и объектах инфраструктуры;
- среднее (допустимое) наполнение салона транспортного средства и объектов инфраструктуры.

Исходя из ГОСТ 51004-96, комфортность пассажиров в части наполнения салона, оценивается как площадь занимаемого пола салона пассажирского ТС одним пассажиром. Одним из последних исследований в направлении оценки качества перевозки пассажиров исходя из наполнения является диссертация Марии Хосе Дуке Саранго [14], в которой ученой были предложены уровни обслуживания пассажиров ГПТ, представленные в таблице 1. В [15] также приводится оценка уровней обслуживания пассажиров в общественном транспорте.

Таблица 1 – Предложенные уровни обслуживания пассажиров ГПТ

| Уровень обслуживания | Количество стоящих пассажиров на 1 м ² площади пола салона | Занятые места для сидения, % |
|----------------------|---|------------------------------|
| A | 0 | До 100 |
| B | Не более 1 | 100 |
| C | От 1 до 3 | 100 |
| D | От 3 до 4 | 100 |
| E | От 4 до 5 | 100 |
| F | Более 5 | 100 |

Данные дискретные оценки качества перевозки пассажиров перекликаются с американским документом «Highway Capacity Manual» [16]. В [14] отмечено, что уровень «E» является предельно допустимым, не обеспечивающим привлекательности общественному транспорту, а уровни «C» и «D» уровнями, к которым в ближайшей перспективе нужно стремиться. В документе Минтранса РФ «Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» [17] указано, что рекомендуемая максимальная наполненность транспортного средства, используемого для осуществления перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом по муниципальным и межмуниципальным маршрутам регулярных перевозок, не должна превышать 5 человек на 1 кв. м. свободной площади пола салона транспортного средства, предусмотренной для размещения стоящих пассажиров.

Использование оценки качества перевозки пассажиров [18] в виде дискретной шкалы хорошо подходит для оценки качества каждого выполненного производственного рейса. Указанные предельные нормативы (уровни E, F) и данные о фактическом пассажиропотоке на маршруте по часам суток также могут использоваться при составлении или корректировке расписания [19].

Для регулирования пассажирских ТС с высокой степенью автоматизации движения в процессе выполнения ими производственного рейса необходимо, однако, иметь количественную оценку как комфортности одного пассажира с учетом наполнения салона, так и суммарную количественную оценку комфортности перевозки для пассажиров регулируемых пассажирских ТС. Количественная оценка необходима для определения текущей суммарной комфортности перевозочного процесса, а также расчетной эффективности перевозки в случае применения диспетчерских управляющих воздействий на подвижной состав в процессе его движения по маршруту.

Теория / Расчет

Количественная оценка комфортности пассажиров в салоне

Для расчетов необходимо задать некоторые показатели салона пассажирского ТС.

Пусть m – норма вместимости пассажиров на 1 м^2 . Примем $m = 5 \text{ чел./м}^2$ [17].

Для определения площади салона S рассмотрим автобус большой вместимости 1 класса НЕФАЗ-5299-0000030-51 с низким расположением пола. Автобус имеет пассажироместимость 105 мест, из них сидячих мест 25. Соответственно, стоящих пассажиров будет 80. Исходя из заводских параметров вместимости салона и норматива 5 пасс./м^2 , считаем площадь пола по формуле (1).

$$S = 80/5 = 16 \text{ м}^2. \quad (1)$$

Считаем, что количество сидячих мест не важно, так как сидячие пассажиры не оказывают влияния на пассажиров, едущих стоя.

Таким образом, количество стоящих пассажиров (n) находится в диапазоне 1 до 80. Комфортность пассажиров незаполненного салона не рассматривается ввиду отсутствия пассажиров как таковых.

Введем переменную (x), обозначающую площадь, занимаемую каждым пассажиром, которая будет рассчитываться по формуле (2).

$$x = S/n, \quad (2)$$

где S – площадь пола салона ТС;

n – количество пассажиров в салоне.

По мнению авторов, для описания зависимости комфортности перевозки пассажира (k) от объема пространства (площади пола), которое он занимает, наилучшим образом подходит логарифмическая зависимость (3):

$$k = \log_m x + 1, \quad (3)$$

где x – площадь пола, занимаемая каждым пассажиром;

k – комфортность перевозки пассажира;

m – норма вместимости пассажиров на 1 м^2 .

В формуле k логарифму прибавляется единица, чтобы комфортность при предельном наполнении салона была целиком в I четверти координатной плоскости. Таким образом, комфортность больше или равна нулю для любых значений занимаемой пассажиром площади пола от норматива до всей площади салона.

В значении предельного наполнения комфортность будет равна нулю, значит функция будет равна нулю при значении $x = 1/m$, следовательно, основание логарифма должно быть m .

Подставив в формулу значения занимаемой пассажиром площади пола и норму вместимости пассажиров на 1 м^2 , получим график логарифмической функции представленный на рисунке 1. На нем также представлены графики функций при норме вместимости 3 чел./м^2 и 10 чел./м^2 .

Данная зависимость справедлива также и для других значений площади салона (S). На рисунке 2 представлен график зависимости комфортности одного пассажира в салоне от наполнения салона при норме вместимости 5 чел./м^2 и площади салона 12 м^2 , 16 м^2 , 22 м^2 .

При этом важно отметить, что условная единица комфортности $k = 1$ во всех случаях расчета приходится на $x = 1$, то есть условная единица комфортности приходится на ситуацию, когда на 1 м^2 располагается 1 пассажир. Что позволит обеспечить свободное перемещение пассажиров по салону, а также отсутствие физических контактов пассажиров. Иными словами, $k = 1$ – это комфортная для пассажиров ситуация.

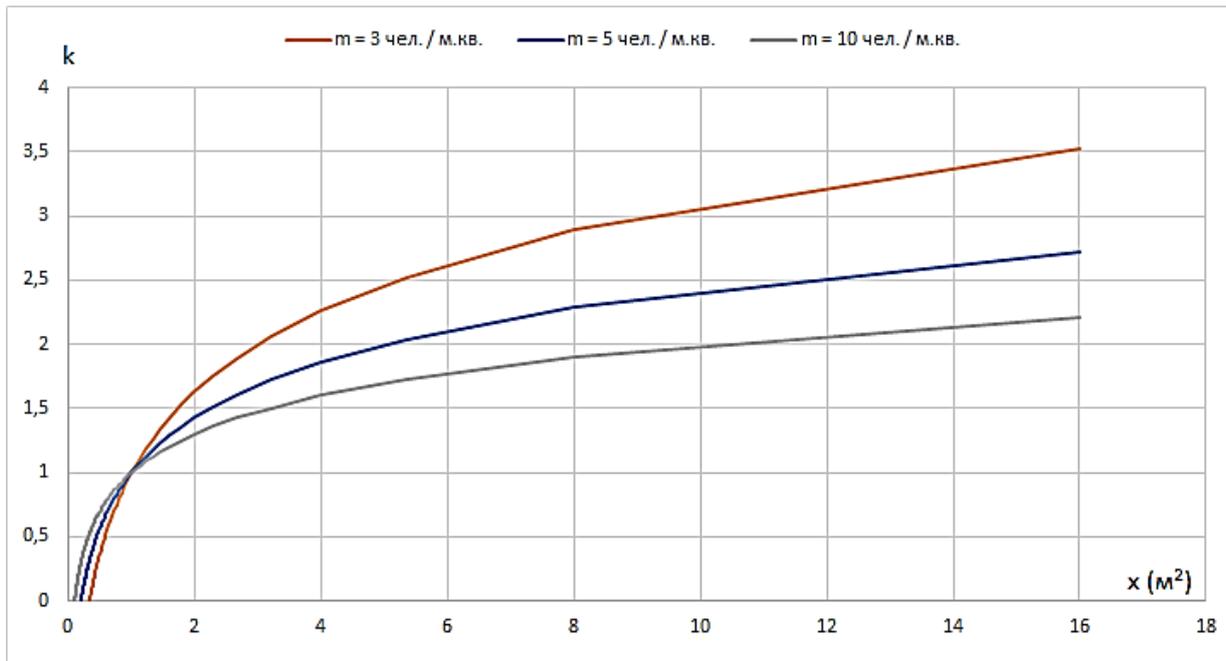


Рисунок 1 – График зависимости комфортности одного пассажира в салоне от наполнения салона

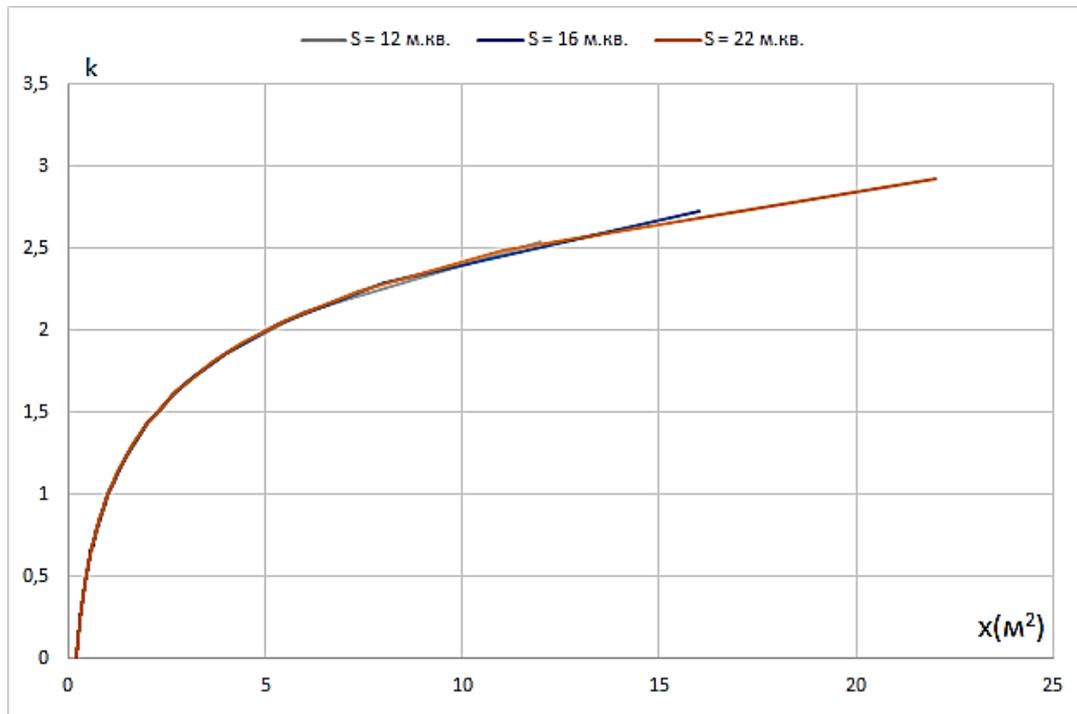


Рисунок 2 – График зависимости комфортности одного пассажира в салоне от наполнения салона при норме вместимости 5 чел./м² и площади салона 12 м², 16 м², 22 м²

Из полученных зависимостей и приведенных частных примеров в виде графиков видно, что предложенная функция зависимости комфортности пассажира от площади пола, которую он занимает, определена в диапазоне $[0; S]$. Значение «0» соответствует максимальному (нормативно допустимому) наполнению салона, а значение S — соответствует одному пассажиру в салоне.

Получив комфортность одного пассажира в заполненном салоне, можно получить комфортность всех пассажиров в салоне (K). Для этого воспользуемся формулой (4).

$$K = k \times n, \tag{4}$$

где K — комфортность всех пассажиров в салоне;

k — комфортность перевозки пассажира;

n – количество пассажиров в салоне.

Подставим формулу расчета K $n = S/x$, тогда K будет рассчитываться по формуле (5).

$$K = \frac{(\log_m x + 1) \times s}{x}, \quad (5)$$

где K – комфортность всех пассажиров в салоне;

x – площадь пола, занимаемая каждым пассажиром;

m – норма вместимости пассажиров на 1 м^2 .

S – площадь пола салона ТС;

Раскроем скобки:

$$K = \frac{S}{x} \log_m(x) + \frac{S}{x}.$$

Возьмем производную для случая, когда $m = 5 \text{ чел./м}^2$, а $S = 16 \text{ м}^2$ и получим выражение (6):

$$K = 16 \times (\ln 5)^{-1} \times x^{-2} - 16 \times \log_5(x) \times x^{-2} - 16 \times x^{-2}, \quad (6)$$

где K – комфортность всех пассажиров в салоне;

x – площадь пола, занимаемая каждым пассажиром.

Для нахождения экстремума функции приравняем полученное выражение к нулю. После решения получим, что экстремум примерно равен 0,54365636. На рисунке 3 представлен график функции, из которого можно убедиться, что экстремум функции найден верно.

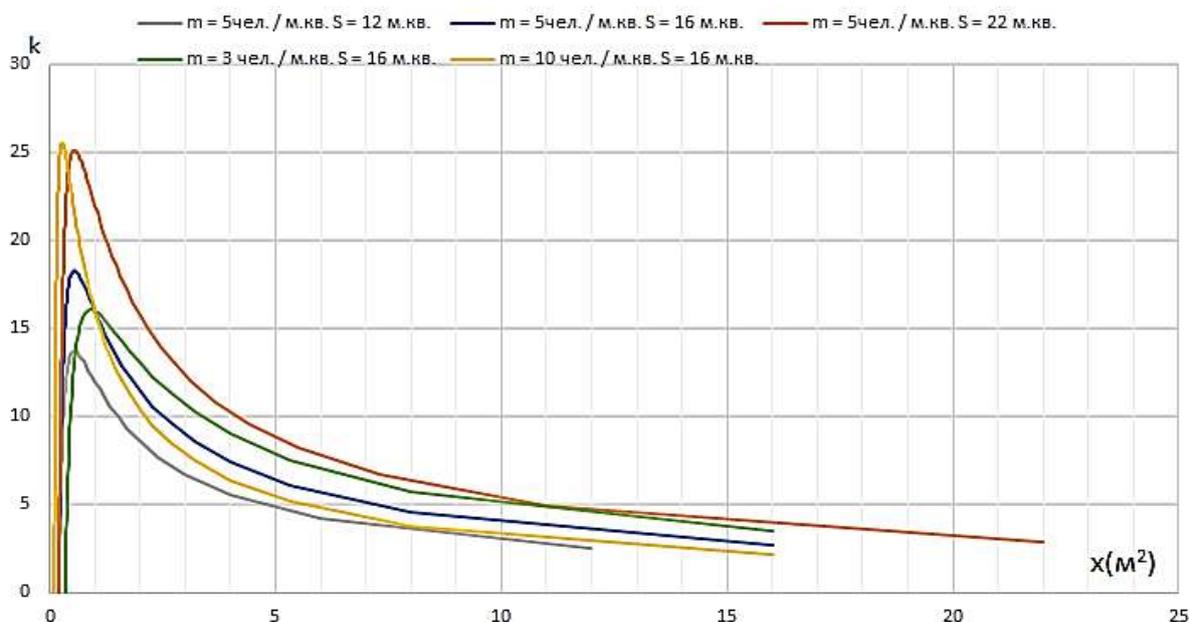


Рисунок 3 – График зависимости суммарной комфортности пассажиров в салоне от наполнения салона

Функция зависимости комфортности от количества человек в салоне для всех вариантов расчета, описанных выше будет иметь вид, представленный на рисунке 4.

Для всех графиков вершина диаграммы означает положение максимальной суммарной комфортности пассажиров в салоне.

Таким образом мы получили количественную величину комфортности не только одного пассажира, но и суммарную комфортность всех пассажиров автобуса, а это значит, что, опираясь на эти расчеты и сравнивая эти показатели между автобусами на маршруте, можно использовать диспетчерские управляющие воздействия для регулирования движения беспилотных пассажирских транспортных средств в процессе движения с пассажирами по маршруту.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты можно условно разделить на две части. Первая часть – предложение использовать логарифм в качестве зависимости комфортности перевозки от отведенного пассажиру свободного места (3). Такая зависимость в достаточной мере соответствует физическому смыслу, при котором комфортность резко возрастает при добавлении свободного места при условиях, близких к предельному наполнению салона в соответствии с

нормативом. И в обратном случае – значение комфортности поездки практически не меняется для каждого пассажира, когда салон едва заполнен пассажирами.

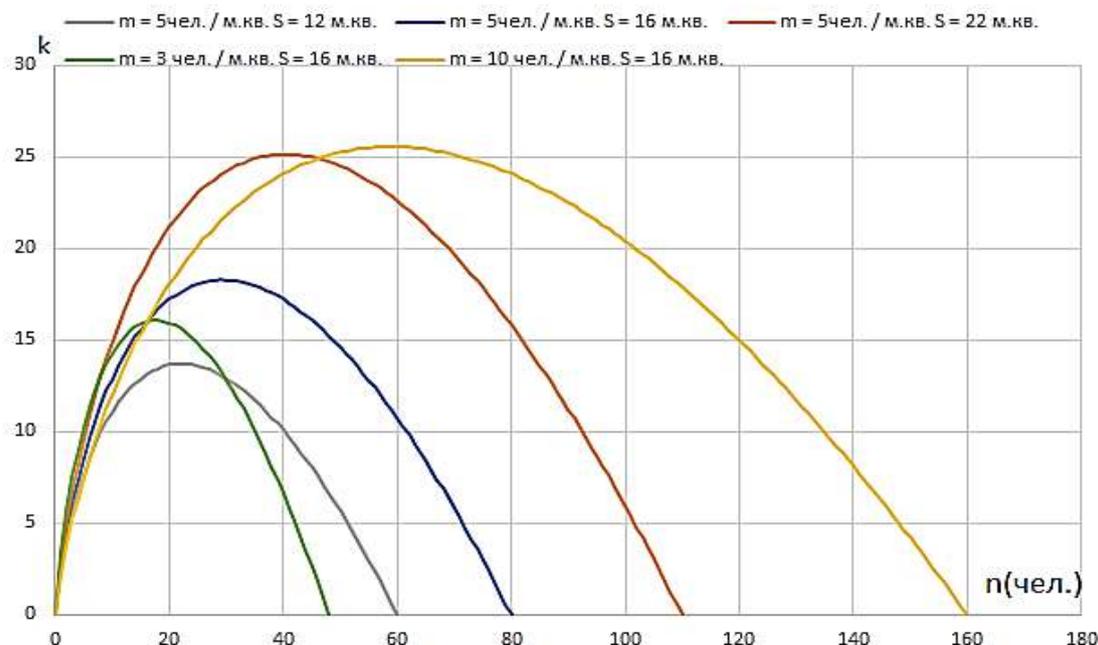


Рисунок 4 – График зависимости комфортности всех пассажиров в салоне от наполнения салона

Второй независимый и неожиданный результат, описанный в рамках статьи, был получен при расчете суммарной комфортности пассажиров, находящихся в салоне пассажирского транспорта (5). Было показано, что предложенная зависимость суммарной комфортности от количества пассажиров в салоне и емкости этого салона имеет экстремум. На этом следует прокомментировать отдельно. В частности, точка экстремума характеризует некий баланс между комфортностью пассажира, которую пассажир хочет устремить к максимуму (то есть к минимальному количеству пассажиров в салоне) и экономическими показателями перевозки пассажиров с точки зрения перевозчика или заказчика транспортных услуг, который датирует перевозку в случае незначительного спроса на перевозку, когда конкретный производственный рейс оказывается нерентабельным.

Выводы

Наиболее интересным полученным результатом авторы считают соотношение (5). Данное соотношение при соответствующих допущениях позволяет связать норматив на комфортность перевозки пассажиров с рентабельностью производственных рейсов. В частности, используя разработанные на сегодняшний день методики оценки рентабельности пассажирских перевозок [20], можно оценить требуемое наполнение салона и величину его предельного норматива. Более подробно данная тема планируется к разбору в отдельной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035. [Электронный ресурс] / Официальный интернет-сайт федерального дорожного агентства РОСАВТОДОР. URL: <https://rosavtdor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-go>.
2. Байтулаев А.М. Совершенствование технологии автоматизированного диспетчерского управления городским пассажирским транспортом, при работе в условиях транспортных потоков высокой плотности: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2013. 177 с.
3. Ефименко Д.Б. Методологические основы построения навигационных систем диспетчерского управления перевозочным процессом на автомобильном транспорте (на примере городского пассажирского транспорта): дис. ... д-ра. техн. наук. Москва, 2012. 479 с.
4. Planning for AGI and beyond. 2023 [Электронный ресурс] / Официальный интернет-сайт компании OpenAI. URL: <https://openai.com/blog/planning-for-agi-and-beyond>.
5. ГОСТ 32422. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы диспетчерского управления городским пассажирским транспортом. Требования к архитектуре и функциям. М.: Стандартинформ, 2018. 4 с.

6. Власов В.М., Ефименко Д.Б., Богумил В.Н. Применение цифровой инфраструктуры и телематических систем на городском пассажирском транспорте. Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2023. 352 с.
7. Транснависофт: официальный сайт [Электронный ресурс] / URL: <http://www.trnsoft.ru/cifrovoy-dispatcher/>.
8. NimBus: Мониторинг общественного транспорта: официальный сайт [Электронный ресурс] / URL: <https://wialon.com/ru/public-transport-management>.
9. АСК - Пассажирский транспорт: официальный сайт [Электронный ресурс] / URL: <https://ask-qlonass.ru>, свободный.
10. Кудрявцев А.А., Воронов П.О. Технологии автоматизированного управления беспилотными пассажирскими транспортными средствами на маршруте // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2022. №1(68). С. 21-28.
11. Богумил В.Н., Кудрявцев А.А., Скоробулатов М.В., Линник Г.Д. Автоматическое регулирование интервалов движения транспортных средств городского пассажирского транспорта на маршруте по результатам обработки поступающей навигационной информации // Новости навигации. 2020. №4. С. 35-41.
12. Богумил В.Н., Ефименко Д.Б. Обеспечение автоматического контроля регулярности движения пассажирских транспортных средств в диспетчерской системе // Автотрансп. предприятие. 2012. №6. С. 19-23.
13. ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. М.: Изд-во стандартов, 1997. 9 с.
14. Дуке Саранго Мария Хосе Разработка методики информационного обеспечения телематической системы управления городским пассажирским транспортом на основе использования инструментальных данных о динамике пассажиропотока: дис... канд. техн. наук. Москва, 2021.
15. Власов В.М., Богумил В.Н. Методика оценки показателей «уровней обслуживания движения», адаптированных к городским условиям // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2015. №4(43).
16. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Highway Capacity Manual 7th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Washington, DC: The National Academies Press., 2022. 1286 p.
17. Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (утв. распоряжением Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р) [Электронный ресурс] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/456042774>, свободный.
18. Гуревич Г.А. Учет качества обслуживания пассажиров. Формула Зильберталя // Автотранспортное предприятие. 2009. №2. С. 39-43.
19. Ожерельев М.Ю. Повышение качества информационного обеспечения транспортно-телематических систем в городах и регионах (на примере диспетчерского управления пассажирским транспортом): дис... канд. техн. наук. Москва, 2008. 184 с.
20. Матанцева О.Ю., Казанцев И.С., Низов М.А., Спириин И.В. Методические основы расширенного воспроизводства автотранспортных средств // Мир транспорта. 2021. Том 19. №4 С. 48-61.

Кудрявцев Александр Александрович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский пр., 64
К.т.н., доцент
E-mail: kudryavtsevaa@transnavi.ru

Воронов Петр Олегович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский пр., 64
Аспирант
E-mail: v.p.o.1998@rambler.ru

A.A. KUDRYAVTSEV, P.O. VORONOV

THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE LEVEL OF PASSENGER COMFORT DEPENDING ON THE FILLING OF THE CABIN

Abstract. *The article discusses a technique for obtaining a quantitative assessment of the level of passenger comfort depending on the filling of the cabin. Within the framework of the presented research, an overview of various indicators of comfort and levels of passenger service is made, depending on the filling of the cabin. A formula for calculating the comfort of an individual passenger and the total comfort of passengers of a single passenger vehicle is proposed. The rationale for using the proposed calculation for dispatching control of passenger vehicles with a high degree of automation is given.*

Keywords: *urban passenger transport, passenger comfort, criteria for the quality of transport services, dispatching control, vehicles with a high level of automation*

BIBLIOGRAPHY

1. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035. [Elektronnyy resurs] / Ofitsial'nyy internet-sayt federal'nogo dorozhnogo agentstva ROSAVTODOR. URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-go>.
2. Baytulaev A.M. Sovershenstvovanie tekhnologii avtomatizirovannogo dispetcherskogo upravleniya gorodskim passazhirskim transportom, pri rabote v usloviyakh transportnykh potokov vysokoy plotnosti: dis. ... kand. tekhn. nauk. Moskva, 2013. 177 s.
3. Efimenko D.B. Metodologicheskie osnovy postroeniya navigatsionnykh sistem dispetcherskogo upravleniya perevozochnym protsessom na avtomobil'nom transporte (na primere gorodskogo passazhirskogo transporta): dis. ... d-ra. tekhn. nauk. Moskva, 2012. 479 s.
4. Planning for AGI and beyond. 2023 [Elektronnyy resurs] / Ofitsial'nyy internet-sayt kompanii OpenAI. URL: <https://openai.com/blog/planning-for-agi-and-beyond>.
5. GOST 32422. Global'naya navigatsionnaya sputnikovaya sistema. Sistemy dispetcherskogo upravleniya gorodskim passazhirskim transportom. Trebovaniya k arkhitekture i funktsiyam. M.: Standartinform, 2018. 4 s.
6. Vlasov V.M., Efimenko D.B., Bogumil V.N. Primenenie tsifrovoy infrastruktury i telematicheskikh sistem na gorodskom passazhirskom transporte. Moskva: NITS INFRA-M, 2023. 352 s.
7. Transnavisoft: ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / URL: <http://www.trnsoft.ru/cifrovoy-dispatcher/>.
8. NimBus: Monitoring obshchestvennogo transporta: ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / URL: <https://wialon.com/ru/public-transport-management>.
9. ASK - Passazhirskiy transport: ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / URL: <https://ask-qlonass.ru>, svobodnyy.
10. Kudryavtsev A.A., Voronov P.O. Tekhnologii avtomatizirovannogo upravleniya bespilotnymi passazhirskimi transportnymi sredstvami na marshrute // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2022. №1(68). С. 21-28.
11. Bogumil V.N., Kudryavtsev A.A., Skorobulatov M.V., Linnik G.D. Avtomaticheskoe regulirovanie intervalov dvizheniya transportnykh sredstv gorodskogo passazhirskogo transporta na marshrute po rezul'tatam obrabotki postupayushchey navigatsionnoy informatsii // Novosti navigatsii. 2020. №4. S. 35-41.
12. Bogumil V.N., Efimenko D.B. Obespechenie avtomaticheskogo kontrolya regulyarnosti dvizheniya passazhirskikh transportnykh sredstv v dispetcherskoy sisteme // Avtotransp. predpriyatie. 2012. №6. S. 19-23.
13. GOST R 51004-96. Uslugi transportnye. Passazhirskie perevozki. Nomenklatura pokazateley kachestva obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozek passazhirov i bagazha avtomobil'nym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom. M.: Izd-vo standartov, 1997. 9 s.
14. Duke Sarango Mariya Hose Razrabotka metodiki informatsionnogo obespecheniya telematicheskoy sistemy upravleniya gorodskim passazhirskim transportom na osnove ispol'zovaniya instrumental'nykh dannykh o dinamike passazhiropotoka: dis... kand. tekhn. nauk. Moskva, 2021.
15. Vlasov V.M., Bogumil V.N. Metodika otsenki pokazateley «urovney obsluzhivaniya dvizheniya», adaptirovannykh k gorodskim usloviyam // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2015. №4(43).
16. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Highway Capacity Manual 7th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Washington, DC: The National Academies Press., 2022. 1286 p.
17. Sotsial'nyy standart transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozek passazhirov i bagazha avtomobil'nym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom (utv. rasporyazheniem Ministerstva transporta RF ot 31 yanvarya 2017 g. № NA-19-r) [Elektronnyy resurs] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/456042774>, svobodnyy.
18. Gurevich G.A. Uchet kachestva obsluzhivaniya passazhirov. Formula Zil'bertalya // Avtotransportnoe predpriyatie. 2009. №2. S. 39-43.
19. Ozherel'ev M.Yu. Povyshenie kachestva informatsionnogo obespecheniya transportno-telematicheskikh sistem v gorodakh i regionakh (na primere dispetcherskogo upravleniya passazhirskim transportom): dis... kand. tekhn. nauk. Moskva, 2008. 184 s.
20. Matantseva O.Yu., Kazantsev I.S., Nizov M.A., Spirin I.V. Metodicheskie osnovy rasshirenogo vosproizvodstva avtotransportnykh sredstv // Mir transporta. 2021. Tom 19. №4 S. 48-61.

Kudryavtsev Alexander Alexandrovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky prospect, 64

Candidate of technical sciences

E-mail: kudryavtsevaa@transnavi.ru

Voronov Peter Olegovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky prospect, 64

Postgraduate student

E-mail: v.p.o.1998@rambler.ru

Научная статья

УДК 656.13.072:338

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-31-37

А.Н. НОВИКОВ, С.А. ЖЕСТКОВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ВРЕМЕНИ МЕТОДОМ ФИКТИВНЫХ УЗЛОВ И ВЕТВЕЙ

Аннотация. В данной работе приведены методические аспекты, определения расположения распределительного центра по критерию времени с учетом кривизны маршрута. В результате применение критерия времени симметричная транспортная матрица расстояний превращается в несимметричную временную матрицу, что существенно сокращает время решения задачи развозки товара по потребителям. Применение предложенной методики показано на численном примере.

Ключевые слова: методические аспекты, время, распределительный центр, автомобиль, кривизна, маршрут, линейная аппроксимация

Введение

На сегодняшний день общепринятого параметра, который правильно отражал сущность перемещения грузовых потоков, на автомобильном транспорте не найден.

Следует отметить, что процесс доставки груза состоит из двух этапов – движение по маршруту и простои в пунктах разгрузки или погрузки [1-3].

Модели, учитывающие массу груза при разгрузке или погрузке, не учитывают процесс движения [15] не являются верными.

Применение в [13] и [15] моделей, где расстояние между пунктами транспортной сети определяется по воздушной прямой, не соответствует действительности.

В работе [4] отклонение от прямой учитывается коэффициентом объезда, который устанавливается с помощью деления суммарной длины катетов на гипотенузу треугольника для каждого пункта транспортной сети. Далее, определяется среднее его значение на всем полигоне обслуживания, недостатком такой модели - неточность предложенной аппроксимации.

Известно много методик расчета местонахождения распределительного центра (ЦР). Их число постоянно растет. В каждой методике, первостепенным является определение дислокации транспортной сети и нахождение расстояния между РЦ и торговыми предприятиями [16-23].

Для решения поставленной задачи необходимо разработать методику нахождения местоположения РЦ по критерию времени, с учетом кривизны траектории передвижения.

Материал и методы

На первом этапе разработанной методики определяется район наиболее вероятного нахождения регионального центра. Вычисляем координаты временного центра тяжести, используя формулы (1) и (2).

$$X_c = \frac{t_1^{\partial\epsilon} x_1^{\partial\epsilon} + t_2^{\partial\epsilon} x_2^{\partial\epsilon} + \dots + t_i^{\partial\epsilon} x_i^{\partial\epsilon} + t_1^{np} x_1^{np} + t_2^{np} x_2^{np} + \dots + t_i^{np} x_i^{np}}{t_1^{\partial\epsilon} + t_2^{\partial\epsilon} + \dots + t_i^{\partial\epsilon} + t_1^{np} + t_2^{np} + \dots + t_i^{np}}; \quad (1)$$

$$Y_c = \frac{t_1^{\partial\epsilon} y_1^{\partial\epsilon} + t_2^{\partial\epsilon} y_2^{\partial\epsilon} + \dots + t_i^{\partial\epsilon} y_i^{\partial\epsilon} + t_1^{np} y_1^{np} + t_2^{np} y_2^{np} + \dots + t_i^{np} y_i^{np}}{t_1^{\partial\epsilon} + t_2^{\partial\epsilon} + \dots + t_i^{\partial\epsilon} + t_1^{np} + t_2^{np} + \dots + t_i^{np}}, \quad (2)$$

где $t_i^{\partial\epsilon}$ - время движения на участке маршрута;

t_i^{np} - время простоя в пункте на участке маршрута.

Район расположения регионального центра находится вокруг временного центра тяжести (ВЦ). Его граница проходит через узлы наиболее близко расположенные к нему.

На втором этапе определяем рациональное расположение регионального центра. Определяем время на каждой ветви.

Выберем в качестве критерия оптимизации кольцевого маршрута время T_i

$$T_i = \sum_{i-1}^m t_{ij} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где t_{ij} - время нахождения на ветви $i-j$ равно

$$t_{ij} = t_{ij}^{oa} + t_j^{np}, \quad (4)$$

t_{ij}^{oa} - время движения в пункте j по направлению движения от i к j ;

t_j^{np} - время простоя от пункта i до вершины j .

Вводится допущение, что время нахождения на ветви маршрута заканчивается при доставке товара в ее конечный пункт и начале движения из него в следующий за ним вершину.

Устанавливаем методом ФУВ [5-13], рациональный кольцевой маршрут с началом в выбранном узле. Разбиваем его на участки и находим координаты их центров тяжести по формулам (1) и (2).

Определяем средние координаты по всем ВЦ. Находим эту точку на карте и располагаем в ней РЦ. Количество временных центров равно числу расчетных принятых узлов.

Методику применения рассмотрим на численном примере. Дислокация транспортной сети показана на рисунке 1. Время простоя под разгрузкой 1т принимаем 0,5 часа. Получаем время простоя в пунктах равно: № 1 – 0,25 часа; № 2 – 0,5 часа; № 3 – 0,25 часа; № 4 – 0,6 часа; № 5 – 0,375 часа; № 6 – 0,5 часа. Средняя техническая скорость 60 км/час. В таблице 1 дано время движения на ветвях между пунктами. Координаты пунктов разгрузки определяем с помощью карты № 1 – $x_1 = 4$ км и $y_1 = 0$ км, № 2 – $x_2 = 0$ км и $y_2 = 6$ км, № 3 – $x_3 = 5$ км и $y_3 = 9$ км, № 4 – $x_4 = 10$ км и $y_4 = 7$ км, № 5 – $x_5 = 9$ км и $y_5 = 3$ км, № 6 – $x_6 = 9$ км и $y_6 = 1$ км.

Выполняем первый этап расчета. Находим координаты временного центра тяжести по формулам теоретической механики:

$$X_c = \frac{t_1^{np} x_1^{np} + t_2^{np} x_2^{np} + \dots + t_i^{np} x_i^{np}}{t_1^{np} + t_2^{np} + \dots + t_i^{np}} = \frac{0,25 \cdot 4 + 0,5 \cdot 0 + 0,25 \cdot 5 + 0,6 \cdot 10 + 0,375 \cdot 9 + 0,5 \cdot 9}{0,25 + 0,5 + 0,25 + 0,6 + 0,375 + 0,5} = 6,51 \text{ км};$$

$$Y_c = \frac{t_1^{np} y_1^{np} + t_2^{np} y_2^{np} + \dots + t_i^{np} y_i^{np}}{t_1^{np} + t_2^{np} + \dots + t_i^{np}} = \frac{0,25 \cdot 0 + 0,5 \cdot 6 + 0,25 \cdot 9 + 0,6 \cdot 7 + 0,375 \cdot 3 + 0,5 \cdot 1}{0,25 + 0,5 + 0,25 + 0,6 + 0,375 + 0,5} = 4,5 \text{ км}.$$

Находим по карте расчетные узлы, расположенные на дорогах вокруг временного центра тяжести. В качестве узлов могут назначаться перекрестки дорог, пункты потребления товара, места перелома направления движения и особые точки, например, общепита.

На втором этапе вычисляем месторасположение РЦ с помощью критерия времени..

Таблица 1 – Первый шаг преобразования матрицы

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ф1 | Ф | РЦ | Ф _{РЦ} |
|-----------------|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|---|-------|-----------------|
| 1 | | 0,121 | 0,153 | 0,190 | | 0,085 | | | | |
| 2 | | | 0,1083 | 0,216 | 0,230 | 0,20 | 0,121 | | 0,121 | |
| 3 | | 0,1083 | | 0,116 | 0,15 | 0,183 | 0,153 | | 0,153 | |
| 4 | | 0,216 | 0,116 | | 0,106 | 0,14 | 0,190 | | 0,190 | |
| 5 | | 0,230 | 0,15 | 0,106 | | 0,03 | | | | |
| 6 | | 0,20 | 0,183 | 0,14 | 0,03 | | 0,085 | | 0,085 | |
| Ф1 | | | | | | | | | | 0 |
| Ф | | 0,121 | 0,153 | 0,190 | | 0,085 | | | | |
| РЦ | 0 | | | | | | | | | |
| Ф _{РЦ} | | | | | | | | 0 | | |

Здесь можно всегда удалить ориентированные ветви Ф1-Ф_{РЦ}, РЦ-1, Ф_{РЦ}-Ф. Получаем таблицу 2.

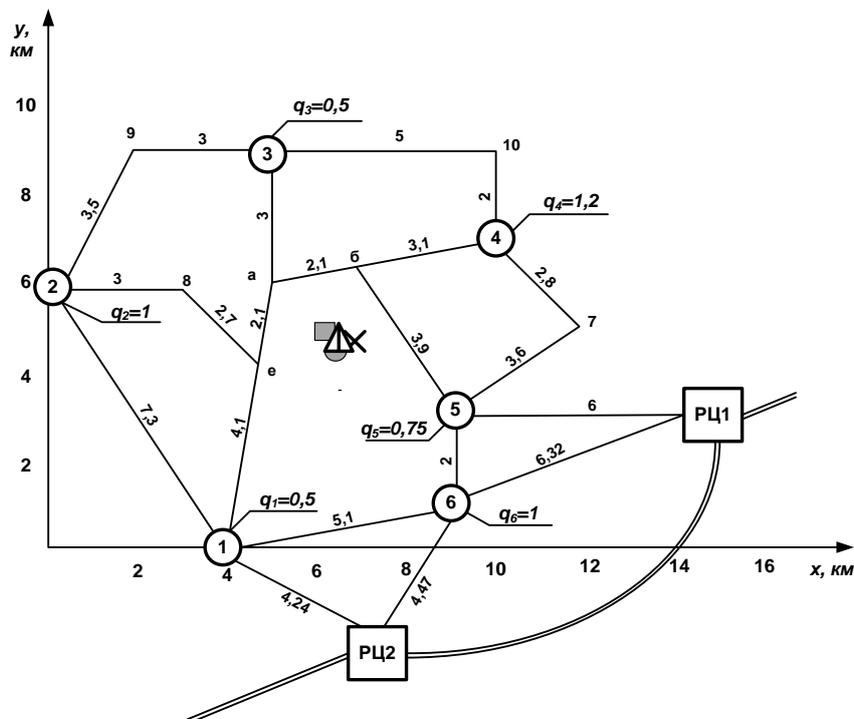


Рисунок 1 – Транспортная схема

Таблица 2 – Второй шаг преобразования матрицы

| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ф1 | РЦ |
|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,121 | 0,153 | 0,190 | | 0,085 | | |
| 2 | | 0,1083 | 0,216 | 0,230 | 0,20 | 0,121 | 0,121 |
| 3 | 0,1083 | | 0,116 | 0,15 | 0,183 | 0,153 | 0,153 |
| 4 | 0,216 | 0,116 | | 0,106 | 0,14 | 0,190 | 0,190 |
| 5 | 0,230 | 0,15 | 0,106 | | 0,03 | | |
| 6 | 0,20 | 0,183 | 0,14 | 0,03 | | 0,085 | 0,085 |
| Ф | 0,121 | 0,153 | 0,190 | | 0,085 | | |

В таблице 3 дана расчетная временная матрица, с учетом времени разгрузки в пункте по направлению движения.

Таблица 3– Третий шаг преобразования матрицы

| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ф1 | РЦ |
|---|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 1 | 0,036 | 0,068 | 0,098 | | 0 | | |
| 2 | | 0 | 0,1 | 0,1217 | 0,09 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | | 0 | 0,04 | 0,074 | 0,031 | 0,031 |
| 4 | 0,11 | 0,01 | | 0 | 0,03 | 0,071 | 0,071 |
| 5 | 0,02 | 0,12 | 0,069 | | 0 | | |
| 6 | 0,17 | 0,153 | 0,103 | 0 | | 0,042 | 0,042 |
| Ф | 0,036 | 0,068 | 0,098 | | 0 | | |

Решаем задачу маршрутизации при двух кольцах. Выполняем операции приведения и оценку. Результат представлен в таблице 4. Максимальная оценка в ячейке 4-5. Вычеркиваем строку 4 и столбец 5

Таблица 4 – Четвертый шаг преобразования матрицы

| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ф1 | РЦ |
|---|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0,036 | 0,068 | 0,098 | | $0^{0,036}$ | | |
| 2 | | $0^{0,01}$ | 0,1 | 0,1217 | 0,09 | $0^{0,031}$ | $0^{0,031}$ |
| 3 | $0^{0,02}$ | | $0^{0,098}$ | 0,04 | 0,074 | 0,031 | 0,031 |
| 4 | 0,11 | 0,01 | | $0^{0,01}$ | 0,03 | 0,071 | 0,071 |
| 5 | 0,02 | 0,12 | 0,069 | | $0^{0,02}$ | | |
| 6 | 0,17 | 0,153 | 0,103 | $0^{0,042}$ | | 0,042 | 0,042 |

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|--|--------------------|--|--|
| Ф | 0,036 | 0,068 | 0,098 | | 0 ^{0,036} | | |
|---|-------|-------|-------|--|--------------------|--|--|

Далее расчеты выполняются аналогично, согласно методу ФУВ с ограничением грузоподъемности и количества пунктов на маршруте 3 штуки. В качестве примера приводим краткие результаты одного варианта маршрутизации. Кольцевые схемы передвижения (рис. 2): первый вариант 1-2-3-1, второй вариант 1-4-5-6-1. Время на первом кольце равно 1,382 часа, а на втором маршруте оно составит 2,041 часа. Всего получаем расход времени 3,423 часа. Длина маршрута равна 23+24,9 = 47,9 км. Рассмотрение остальных вариантов на дереве решений не дает улучшения приведенного решения.

Переходим к определению координат временного центра по формулам (1) и (2) из узла 1. Расчет проводим в табличной форме (табл. 5-7).

Таблица 5 – Сводная таблица

| № Пункта | t_i^{np} , час. | x, км | y, км | $t_i^{np} y$ час. км | $t_i^{np} x$ час. км |
|----------|-------------------|-------|-------|----------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0,25 | 4 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0,5 | 0 | 6 | 3 | 0 |
| 3 | 0,25 | 5 | 9 | 2,25 | 1,25 |
| 4 | 0,6 | 10 | 7 | 4,2 | 6 |
| 5 | 0,375 | 9 | 3 | 1,13 | 3,38 |
| 6 | 0,5 | 9 | 1 | 0,5 | 4,5 |
| Итого | 2,475 | | | 11,08 | 16,13 |

Таблица 6 – Первое кольцо

| № Ветви | t_i^{np} , час. | x, км | y, км | $t_i^{np} y$ час. км | $t_i^{np} x$ час. км |
|---------|-------------------|-------|-------|----------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1-Б | 0,068 | 4 | 3 | 0,204 | 0,072 |
| Б-а | 0,035 | 4,2 | 5,8 | 0,203 | 0,147 |
| а-б | 0,035 | 6,2 | 6,2 | 0,217 | 0,217 |
| б-4 | 0,051 | 7 | 9 | 0,459 | 0,357 |
| 4-7 | 0,046 | 11 | 6 | 0,276 | 0,506 |
| 7-5 | 0,06 | 10,8 | 4 | 0,24 | 0,648 |
| 5-6 | 0,033 | 9 | 2 | 0,066 | 0,927 |
| 6-1 | 0,085 | 0,5 | 6,5 | 0,552 | 0,0425 |
| Итого | 0,413 | | | 2,217 | 2,916 |

Таблица 7 – Второе кольцо

| № Ветви | t_i^{np} , час. | x, км | y, км | $t_i^{np} y$ час. км | $t_i^{np} x$ час. км |
|---------|-------------------|-------|-------|----------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1-2 | 0,121 | 2,1 | 2,9 | 0,350 | 0,254 |
| 2-9 | 0,058 | 1 | 7,5 | 0,435 | 0,058 |
| 9-3 | 0,05 | 3,5 | 9 | 0,45 | 0,175 |
| 3-а | 0,05 | 5 | 7,5 | 0,375 | 0,25 |
| а-Б | 0,035 | 4,8 | 5 | 0,175 | 0,168 |
| Б-1 | 0,068 | 4,4 | 2 | 0,136 | 0,299 |
| Итого | 0,328 | | | 1,921 | 1,204 |

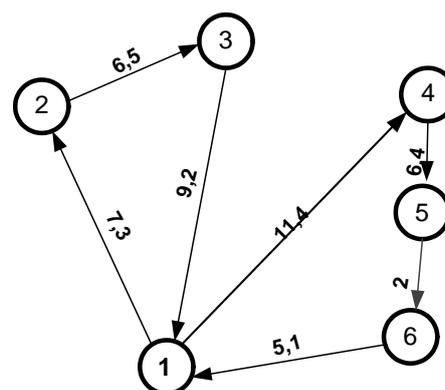


Рисунок 2 – Рациональная схема передвижения из узла 1

Координаты временного центра:

$$X_C = \frac{16,13+2,916+1,204}{2,475+0,413+0,328} = \frac{20,25}{3,216} = 6,29 \text{ км};$$

$$Y_C = \frac{11,08+2,217+1,921}{2,475+0,413+0,328} = \frac{15,218}{3,216} = 4,73 \text{ км}.$$

Наносим точку на карту (рис. 1). Результаты расчетов по определению координат временного центра относительно точек *a* и 5 приведены в таблице 8 и на рисунке 1. Из анализа таблицы 8 будет следовать, что наименьшей значение времени на доставку груза получается относительно вершины *a*.

На рисунке 1 приводятся следующие обозначения:  – центр распределения в узле 1;  – центр распределения в узле *a*;  – центр распределения в узле 5;  – средний центр распределения.

Таблица 8 – Результаты расчета РЦ

| Начало отсчета | Обозначение | <i>x</i> , км | <i>y</i> , км | <i>l</i> , км | <i>T</i> , час |
|----------------|---|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 |  | 6,29 | 4,73 | 47,9 | 3,423 |
| <i>a</i> |  | 6,37 | 4,28 | 41,7 | 3,407 |
| 5 |  | 6,93 | 4,38 | 53,6 | 3,734 |
| среднее |  | 6,53 | 4,46 | | |

Выводы

1. В результате применение критерия времени симметричная транспортная матрица расстояний превращается в несимметричную временную матрицу, что существенно сокращает время решения задачи развозки товара по потребителям.

2. Использование критерия времени, позволило с помощью аппроксимации траектории передвижения учесть ее криволинейность.

3. Разработанная методика позволяет определять рациональное расположение распределительного центра с минимальным временными затратами.

4. В зависимости от условия задачи координаты РЦ можно уточнить методом последовательного приближения, выбрав расположение дополнительной вершины между рассмотренными расчетными узлами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агуреев И.Е. Нелинейная динамика в теории автомобильных транспортных систем // Автомобильный транспорт. Тула: ТулГУ, 2006. №9. С. 3-13.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965. 458 с.
3. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Теория организации и управления автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов: монография. Волгоград. гос. техн. ун-т, 2001. 172 с.
4. Вольхин Е.Т. Модели размещения распределительных центров // Управленец. 2018. Т.9. №2. С. 54-60.
5. Данилов О.Ф., Галимова Е.О. Исследование операций на автомобильном транспорте: учебное пособие. Тюмень: Вектор Бук, 2007. 145 с.
6. Домке Э.Р., Жесткова С.А., Акимова В.Ю. Особенности решения задачи маршрутизации транспорта методом ветвей и границ // Вестник МАДИ (ГТУ). 2012. №2(29). С. 76-79.
7. Домке Э.Р., Жесткова С.А., Подшивалова К.С. Повышение эффективности перевозки нефтепродуктов автомобильным транспортом // Вестник МАДИ. 2012. №3(30). С. 70-74.
8. Домке Э.Р., Жесткова С.А. Особенности модели функционирования интегрированной системы развозки грузов // Мир транспорта и технологических машин. 2012. №3(38). С. 94-100.
9. Домке Э.Р., Жесткова С.А. Совершенствование организации перевозочного процесса грузов автомобилями: монография. Пенза: ПГУАС, 2013. 120 с.
10. Домке Э.Р., Жесткова С.А. Методы оптимизации маршрутных схем внешней развозки грузов автомобильным транспортом: учебное пособие. Пенза: ПГУАС, 2014. 164 с.

11. Жесткова С.А. Использование метода ветвей и границ при решении задачи маршрутизации транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2012. №1(36). С. 94-101.
12. Жесткова С.А., Акимова В.Ю. Эвристический метод как способ решения транспортной задачи // Отраслевые аспекты технических наук: научно-практический журнал. М. 2011. №12. С. 2-3.
13. Новиков А.Н., Жесткова С.А. Методические аспекты определения координат центра распределения материальных потоков // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №4-1(83). С. 74-81.
14. Кожин А.П., Мезенцев В.Н. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. М: Транспорт, 1994. 304 с.
15. Логистика. Практикум: учебно-методическое пособие / О.Я. Салун [и др.]. Минск: БГАТУ, 2018. 184 с.
16. Литл Дж., Мурти К. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере // Экономика и математические методы. 1965. Т.1. Вып.1. С. 94-107.
17. Николаев Н.Н. Моделирование транспортных процессов и систем: учебное пособие. Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2012. 144 с.
18. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М., Николин И.В. Проектирование автотранспортных систем доставки грузов. Омск: СибАДИ, 2001. 184 с.
19. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М. Грузовые автомобильные перевозки: Монография. Омск: Вариант-Сибирь, 2004. 480 с.
20. Подшивалова К.С., Домке Э.Р., Подшивалов С.Ф., Жесткова С.А. Использование фиктивных узлов для определения оптимальной комбинации маршрутов с совместным центром // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2011. №2(18). С. 81-92.
21. Сигл И.Х., Иванов А.П. Введение в дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы // 2-е изд. М.: Физмат, внутренней 2007. 304 с.
22. Сигл И.Х. Алгоритмы решения задач коммивояжера большой размерности. Комбинаторные методы и алгоритмы решения задач дискретной оптимизации большой размерности. М.: Наука, 2000. С. 295-317.
23. Черкасов А.Г. Экономика: практические задачи и решения: Учебное пособие. С.Пб.: С.Пб.ГТУ. 2002. 50 с.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет им. Тургенева И.С.

Д.т.н., профессор, директор ПТИ им. Н.Н. Поликарпова

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

E-mail: novikovan58@bk.ru

Жесткова Светлана Анатольевна

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

К.т.н., доцент, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28

E-mail: s.zhestkova@yandex.ru

A.N. NOVIKOV, S.A. ZHESTKOVA

METHODOLOGICAL ASPECTS OF DETERMINING THE LOCATION OF A DISTRIBUTION CENTER BASED ON THE USE OF TIME CRITERIA BY THE METHOD OF FICTITIOUS NODES AND BRANCHES

***Abstract.** This paper presents the methodological aspects of determining the coordinates of the distribution center. A method has been developed for finding the location of the distribution center according to the time criterion, taking into account the curvature of the route. A numerical example is given based on the proposed methodology.*

***Keywords:** methodological aspects, time, distribution center, car, curvature, route, linear approximation*

BIBLIOGRAPHY

1. Agureev I.E. Nelineynaya dinamika v teorii avtomobil`nykh transportnykh sistem // Avtomobil`nyy transport. Tula: TulGU, 2006. №9. S. 3-13.
2. Bellman R., Dreyfus S. Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya/ R.Bellman, S.Dreyfus. - M.: Nauka, 1965. - 458 s.
3. Vel`mozhin A.V., Gudkov V.A., Mirotin L.B. Teoriya organizatsii i upravleniya avtomobil`nymi perevozkami: logisticheskiy aspekt formirovaniya perevozochnykh protsessov: monogr. Volgograd. gos. tekhn. un-t,

2001. 172 s.

4. Vol'khin E.T. Modeli razmeshcheniya raspredelitel'nykh tsentrov // Upravlenets. 2018. T.9. №2. S. 54-60.
5. Danilov O.F., Galimova E.O. Issledovanie operatsiy na avtomobil'nom transporte: uchebnoe posobie. Tyumen': Vektor Buk, 2007. 145 s.
6. Domke E.R., Zhestkova S.A., Akimova V.Yu. Osobennosti resheniya zadachi marshrutizatsii transporta metodom vetvey i granits // Vestnik MADI (GTU). 2012. №2(29). S. 76-79.
7. Domke E.R., Zhestkova S.A., Podshivalova K.S. Povyshenie effektivnosti perevozki nefteproduktov avtomobil'nym transportom // Vestnik MADI. 2012. №3(30). S. 70-74.
8. Domke E.R., Zhestkova S.A. Osobennosti modeli funktsionirovaniya integrirovannoy sistemy razvozki gruzov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2012. №3(38). S. 94-100.
9. Domke E.R., Zhestkova S.A. Sovershenstvovanie organizatsii perevochnogo protsessa gruzov avtomobilyami: monografiya. Penza: PGUAS, 2013. 120 s.
10. Domke E.R., Zhestkova S.A. Metody optimizatsii marshrutnykh skhem vneshney razvozki gruzov avtomobil'nym transportom: uchebnoe posobie. Penza: PGUAS, 2014. 164 s.
11. Zhestkova S.A. Ispol'zovanie metoda vetvey i granits pri reshenii zadachi marshrutizatsii transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2012. №1(36). S. 94-101.
12. Zhestkova S.A., Akimova V.YU. Evristicheskiy metod kak sposob resheniya transportnoy zadachi // Otrasleye aspekty tekhnicheskikh nauk: nauchno-praktichenskiy zhurnal. M. 2011. №12. S. 2-3.
13. Novikov A.N., Zhestkova S.A. Metodicheskie aspekty opredeleniya koordinat tsentra raspredeleniya material'nykh potokov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №4-1(83). S.74-81.
14. Kozhin A.P., Mezentsev V.N. Matematicheskie metody v planirovanii i upravlenii gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami. M: Transport, 1994. 304 s.
15. Logistika. Praktikum: uchebno-metodicheskoe posobie / O.YA.Salun [i dr.]. Minsk: BGATU, 2018. 184 s.
16. Litl Dzh., Murti K. Algoritm dlya resheniya zadachi o kommvoyazhere // Ekonomika i matematicheskie metody. 1965. T.1. Vn.1. S. 94-107.
17. Nikolaev N.N. Modelirovanie transportnykh protsessov i sistem: uchebnoe posobie. Zernograd.: FGBOU VPO ACHGAA, 2012. 144 s.
18. Nikolin V.I., Vitvitskiy E.E., Mochalin S.M., Nikolin I.V. Proektirovanie avtotransportnykh sistem dostavki gruzov. Omsk: SibDI, 2001. 184 s.
19. Nikolin V.I., Vitvitskiy E.E., Mochalin S.M. Gruzovye avtomobil'nye perevozki: Monografiya. Omsk: Variant-Sibir', 2004. 480 s.
20. Podshivalova K.S., Domke E.R., Podshivalov S.F., Zhestkova S.A. Ispol'zovanie fiktivnykh uzlov dlya opredeleniya optimal'noy kombinatsii marshrutov s sovmestnym tsentrom // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. 2011. №2(18). S. 81-92.
21. Sigl I.H., Ivanov A.P. Vvedenie v diskretnoe programmirovaniye: modeli i vychislitel'nye algoritmy // 2-eto izd. M.: Fizmat, vnutrenney 2007. 304 s.
22. Sigl I.H. Algoritmy resheniya zadach kommvoyazhera bol'shoy razmernosti. Kombinatornye metody i algoritmy resheniya zadach diskretnoy optimizatsii bol'shoy razmernosti. M.: Nauka, 2000. S. 295-317.
23. Cherkasov A.G. Ekonomika: prakticheskie zadachi i resheniya: Ucheb. posobie. S.Pb.: S.Pb. GTU. 2002. 50 s.

Novikov Alexander Nikolaevich

Oryol State University

Doctor of technical sciences

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

E-mail: novikovan58@bk.ru

Zhestkova Svetlana Anatolievna

Penza State University of Architecture and Construction

Candidate of technical sciences

Address: 440028, Russia, Penza, German Titov st., 28

E-mail: s.zhestkova@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-38-44

ШЭН ЦЗИНСЯН

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДАХ КИТАЯ

***Аннотация.** В настоящее время объем городского движения в Китае вырос, развитие транспортного обеспечения относительно отстает, в сочетании с пешеходами, велосипедами и автомобилями сосуществуют в смешанном состоянии движения делает проблему движения в малых и средних городах все более серьезной, малые и средние города в столице, инфраструктуры, управления движением, участников дорожного движения путешествия характеристики больших городов имеют большие различия. Для малых и средних городов Китая характеристики движения и проблемы дорожного движения специальных характеристик дорожной инфраструктуры, управления движением, участников дорожного движения и других аспектов глубокого анализа, как дать основу для решения Китая малых и средних городов трафика проблемы контрмеры.*

***Ключевые слова:** транспорт, малые и средние города, автомобильные, организации дорожного движения, проблемы городского транспорта*

Введение

В результате непрерывного процесса урбанизации в Китае, экономического и социального развития городов резко возросло количество городского автотранспорта, и возник ряд проблем с движением, в том числе в малых и средних городах. Заторы стали не только проблемой «городских болезней», таких как трудности с движением и парковкой в крупных городах, но и неизбежным препятствием для развития малых и средних городов. Из-за ограниченной территории и недостаточного экономического потенциала малых и средних городов невозможно инвестировать все городские строительные мощности в новые дороги. Необходимы более рациональные и эффективные методы решения транспортных проблем малых и средних городов [1].

В настоящее время проблемы городского транспорта становятся все более серьезными, затрудняя принятие управленческих решений. Проблемы дорожного движения привели к значительным потерям большого количества человеческих и материальных ресурсов в транспортных организациях. В то же время наносится серьезный ущерб окружающей среде и ухудшается качество жизни. Поэтому решение проблем городского транспорта стало важным вопросом, требующим решения в современном мире. С ростом тяжести «городской дорожной болезни» заторы уже не ограничиваются первым и вторым эшелонами процветающих городов. Многие малые и средние города также страдают от заторы, что сказывается, в том числе, на имидже городов [2].

Транспорт в малых и средних городах имеет свою специфику, и необходимо отличать транспортные проблемы в малых и средних городах от проблем в крупных городах. Хотя на некоторых уровнях транспорт в малых и средних городах и крупных мегаполисах имеет общие проблемы, во многом транспорт в малых и средних городах отличается от транспорта в крупных городах. Китай классифицирует города по пяти категориям: город с городским населением менее 500 тыс. человек считается малым; город с городским населением более 500 тыс. человек и населением менее 1 000 тыс. человек считается средним; город с городским населением более 1 000 тыс. человек и менее 5 000 тыс. человек считается крупным; город с городским населением более 5 000 тыс. человек и менее 10 000 тыс. человек считается мегаполисом; город с городским населением более 10 млн человек и менее 10 млн человек считается крупным; и город с город с населением более 10 млн.

Таким образом, при решении транспортных проблем в малых и средних городах общие проблемы могут включать решения для крупных городов, а индивидуальные проблемы требуют поиска новых решений^[3].

Материалы и методы

1. Существующие проблемы дорожного движения в малых и средних городах

К концу 2021 года в Китае насчитывалось 2634 административных района, соответствующих по классификации малым и средним городам, с общей административной площадью около 8,7936 миллионов квадратных километров, что составляет 91,60 % территории страны; общее население малых и средних городов в Китае составляет около 1,191 миллиарда человек, что составляет 84,47 % населения страны; общий ВВП составляет 75,79 триллиона долларов, что составляет 74,77 % ВВП страны [4].

Как видно из приведенных выше данных, количество малых и средних городов в стране намного больше, чем количество крупных городов. Можно сказать, что подавляющее большинство отечественных городов относятся к категории малых и средних городов. Уровень автомобилизации в Китае также стремительно увеличивается.

Таблица 1- Уровень автомобилизации в Китае

| указатель | 2021 | 2020 | 2019 | 2018 год | 2017 год | 2016 год | 2015 год | 2014 год | 2013 год |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Количество частных автомобилей (млн авт) | 29418.59 | 27340.92 | 25376.38 | 23231.23 | 20906.67 | 18574.54 | 16284.45 | 14598.11 | 12670.14 |
| Количество водителей (10000 человек) | 44379.72 | 45702.49 | 43636.74 | 41030.16 | 36016.94 | 35876.98 | 32853.05 | 29892.32 | 26955.93 |

Из приведенной выше таблицы мы можем видеть, что в последние годы темпы роста числа владельцев автотранспортных средств в стране увеличивались из года в год, и число водителей автотранспортных средств также увеличилось, что привело к росту транспортной нагрузки. Малые и средние города, естественно, также сталкиваются с подобными проблемами.

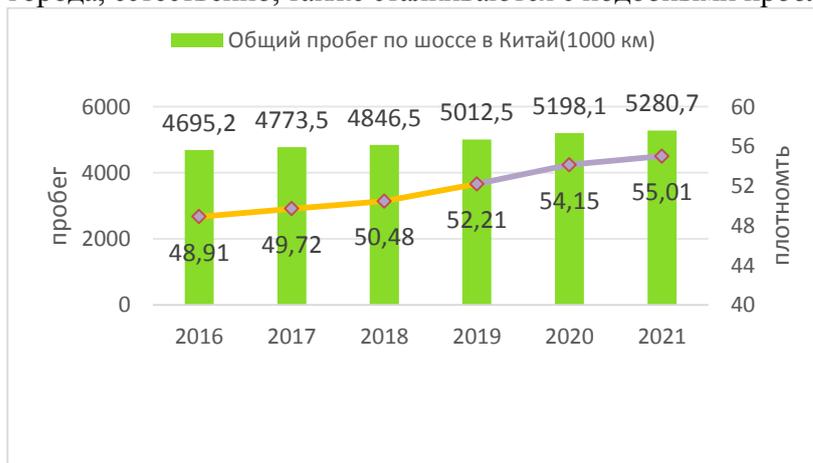


Рисунок 1- Общий пробег на национальных автомагистралях и плотность движения по ним за последние пять лет

К концу 2022 года протяженность национальных автомагистралей составила 5,2807 миллиона километров, что на 100600 километров больше, чем в предыдущем году. Плотность движения по шоссе составила 55,78 км/100км², увеличившись на 0,77 км/100км². Можно видеть, что общий уровень пропускной способности национальной дорожной сети увеличивается, но скорость строительства дорожной сети намного меньше, чем увеличение количества автотранспортных средств. Следовательно, при непрерывном росте количества автотранспортных средств нагрузка на национальную систему дорожного движения возрастает. Дорожные проблемы малых и средних городов региона, в которых преобладают дороги IV категории, еще более очевидны. Дисбаланс между пропускной способностью дорог и ростом

числа автотранспортных средств привел к проблемам с дорожным движением в малых и средних городах [5].

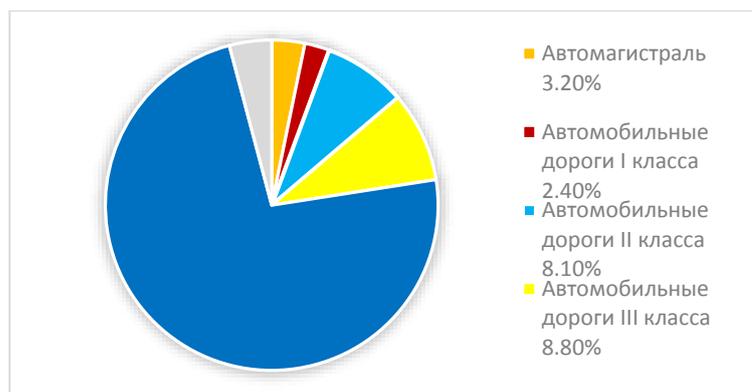


Рисунок 2- Пробег по автомобильным дорогам Китая по классам автомобильных дорог

Классификация автомобильных дорог по функционально-техническим характеристикам. В КНР существует шесть уровней дорог: автомагистраль, автомобильные дороги I класса, автомобильные дороги II класса, автомобильные дороги III класса, автомобильные дороги IV класса и другие дороги.

Таблица 2 - Китайские классы автомобильных дорог [6]

| Класс автомобильной дороги | Расчётная интенсивность движения (авт./день) | Скорость(км/ч) | Общее число полос движения, ед. | Ширина полосы движения (м) |
|---------------------------------|--|----------------|---------------------------------|----------------------------|
| Автомагистраль | 25000-100000 | 100-120 | 4-8 | 3.75 |
| Автомобильные дороги I класса | 15000-55000 | 80-100 | 4-6 | 3.75 |
| Автомобильные дороги II класса | 5000-15000 | 60-80 | 4 | 3.5 |
| Автомобильные дороги III класса | 2000-6000 | 30-40 | 4 | 3.5 |
| Автомобильные дороги IV класса | < 2000 | 30 | 2-4 | 3.5 |

2. Основные проблемы дорожного движения в малых и средних городах

Основываясь на приведенном анализе данных о дорожном движении в малых и средних городах по сравнению с крупными городами, проблемы с дорожным движением в малых и средних городах можно разделить на две категории: общие и специфические.

Общие проблемы транспортного обслуживания совпадают между малыми и средними городами. Для решения этих проблем уже существует различные методы, которые можно использовать и непосредственно применять их к транспортным проблемам малых и средних городов [7].

Проблемами, общими для транспорта в малых и средних городах и крупных поселках являются:

- 1) заторовые ситуации на улично-дорожной сети;
- 2) развитие системы транспортного обслуживания и управления дорожным движением [8].

Проблемы с дорожным движением характерные только для малых и средних городов:

- 1) недостаточная пропускная способность дорог и нерациональная структура дорожной сети;
- 2) нерациональная структура видов транспорта;
- 3) недостаточность мест для парковки;
- 4) низкий уровень развития общественного транспорта, отсутствие возможностей мультимодальных поездок;
- 5) слабый уровень информированности о безопасности дорожного движения [9].

Теория

1. Заторовые ситуации на улично-дорожной сети

Заторы на дорогах во многих городах, как правило, более серьезны и характеризуются следующими двумя характеристиками:

I. Пространственное распределение. К таким зонам с постоянной загруженностью дорожного движения относятся: основные транспортные магистрали, участки в зонах концентрации коммерческой деятельности и участки с большим количеством светофоров.

II. Распределение во времени. Заторы на дорогах в городских районах многих городов в основном возникают в следующие периоды времени: утренние и вечерние пиковые периоды в будние дни; в выходные и праздничные дни проезжает больше транспортных средств, чем обычно [10].

Чтобы кардинально решить проблемы дорожного движения, вызванные экономическим и потребительским развитием городов, СТА также стремится к созданию интеллектуальных систем. Опираясь на передовые зарубежные примеры интеллектуального транспорта, она разработала теоретические основы интеллектуального транспорта и продолжает внедрять интеллектуальные системы [11].

Города во всех регионах работают над созданием интеллектуальных транспортных систем в надежде, что преобразования интеллектуального транспорта позволят решить ранее игнорируемые проблемы дорожного движения для обеспечения городского развития. Увеличение инвестиций в развитие систем городского общественного транспорта, комплексная корректировка мультимодального режима движения городского транспорта и формирование транспортной системы, основанной на городском общественном транспорте, железнодорожном транспорте и дополненной частными автомобилями; постоянное совершенствование конструкции ИТС, внедрение и самостоятельное развитие ряда технологий ИТС. Несмотря на некоторые результаты, проблема городских пробок в принципе не решена [12].

В настоящее время развитие китайской городской интеллектуальной транспортной системы еще не достигло окончательных результатов, а исследования в области базовых теорий все еще относительно слабы.

2. Развитие системы транспортного обслуживания и управления дорожным движением

Городское развитие должно быть адаптировано к потребностям населения, так же как и городской транспорт. В последние годы при развитии инфраструктуры в густонаселенных районах внутренних городов основное внимание уделялось расширению дорожной сети, что не учитывало транспортные потребности всех пользователей дорог в городе. Проблемы городского движения не могут быть принципиально решены только за счет расширения дорог и строительства новых; потребности населения должны быть удовлетворены за счет повышения уровня городского транспортного обслуживания.

Поэтому для борьбы с городскими пробками необходимо определить наиболее важные и многочисленные потребности в городском транспорте путем проведения исследований и анализа. Система городского транспортного обслуживания должна быть улучшена в соответствии с этими потребностями, а транспортное планирование и проектирование, связанные с транспортными услугами, должны быть эффективными [13].

3. Недостаточная пропускная способность дорог

В последние годы малые и средние города по всему миру вкладывают много сил и средств в строительство городских дорог, однако в утренние и вечерние часы пик в будние дни по-прежнему возникают серьезные заторы, что свидетельствует о том, что пропускная способность дорог в малых и средних городах или вновь планируемые городские дороги не соответствуют первоначальной дорожной сети. Самая главная причина заключается в том, что темпы роста пропускной способности дорог в малых и средних городах отстают от роста количества автомобилей. Расширение дорожной сети в малых и средних городах происходит в основном за счет существующей реконструкции, например, проектов по восстановлению старых городских дорог, проектов по расширению дорог с высокой интенсивностью движения и т.д.

Тип дороги, на которую приходится наибольшая доля городской дорожной сети, - это, как правило, второстепенная магистраль. Пропускная способность дорог в малых и средних

городах низкая. В периоды пиковых нагрузок сильные заторы возникают на пересечении основных и второстепенных магистралей. Это связано с тем, что доля второстепенных магистралей в дорожной сети очень мала, поэтому дорожная сеть плохо структурирована. На основных городских транспортных коридорах нет альтернативных дорог для отвода транзитного транспорта, в результате чего большая часть транзитного транспорта движется по главным дорогам города, вызывая заторы [14].

4. Нерациональная структура видов транспорта

Развитие систем общественного транспорта в малых и средних городах относительно слабое, объекты общественного транспорта находятся в плохом состоянии и нуждаются в модернизации, а в крупных городах отсутствует система железнодорожного транспорта. Пропускная способность системы общественного транспорта не полностью удовлетворяет повседневные потребности населения. Необходимо не только повысить эффективность системы общественного транспорта, но и увеличить уровень комфорта, как в крупных городах. Здесь наблюдается нехватка всех видов общественного транспорта и ограниченные возможности городских автобусов по сравнению с крупными городами. В результате большинство семей в малых и средних городах по-прежнему выбирают личный автомобиль в качестве основного средства передвижения [15].

5. Недостаточность мест для парковки

Стремительное развитие экономики страны привело к росту уровня потребления в малых и средних городах, где все больше семей имеют возможность приобрести автомобиль. Однако количество парковочных мест в городах не успевает за стремительным ростом числа частных автомобилей. В основном это связано с отсутствием практики планирования городского транспорта на начальном этапе, недостаточным вниманием к статичному городскому транспорту и неадекватным строительством парковочных мест [16].

6. Низкий уровень развития общественного транспорта

Маршрутная сеть неравномерна, плотность населения низкая, а в некоторых местах автобусы вообще не ходят.

Во-первых, малое количество автобусов приводит к низкой провозной способности общественного транспорта [17]. Во-вторых, маршрутная сеть не соответствует транспортным потребностям и расположению объектов гравитации [18]. В-третьих, уровень обслуживания общественным транспортом невысок, в основном из-за низкой скорости и отсутствия транспортных узлов [19].

7. Слабый уровень информированности о безопасности дорожного движения

Что касается строительства технических сооружений, то городские власти уделяют все больше внимания планированию, дизайну и управлению дорожными перекрестками, которые были значительно усилены за счет расширения полос движения и внедрения электронного наблюдения [20]. Однако по мере того, как в жизнь входят мопеды, мотоциклы и т. д. в жизнь входят мопеды, мотоциклы и т. д., осведомленность граждан о безопасности дорожного движения в период автомобилизации снижается. Правовая осведомленность о безопасности дорожного движения - это общий термин, обозначающий взгляды, знания и психологическое отношение людей к законам и правилам, связанным с безопасностью дорожного движения [21]. Оно включает в себя понимание и оценку людьми существующих законов о безопасности дорожного движения, осознание ими своих прав и обязанностей, а также понимание и степень их практического соблюдения [22]. В настоящее время люди недостаточно осведомлены о специфике своих знаний правил дорожного движения, а их озабоченность вопросами безопасности дорожного движения, как правило, сосредоточена на новостной информации о дорожно-транспортных происшествиях и степени травматизма. Пешеходы, водители электронных велосипедов и мотоциклов не соблюдают правила дорожного движения. Приток большого количества электронных велосипедов и мотоциклов на автомобильные полосы создал значительную нагрузку на городское движение, что привело к большому количеству дорожно-транспортных происшествий и угрозе безопасности [23].

Выводы

Исходя из приведенного выше анализа проблем дорожного движения в малых и средних городах, можно сделать вывод, что традиционные методы имеют большие ограничения в решении проблем дорожного движения в малых и средних городах, и существует острая необходимость в поиске новых методов, таких как: улучшение городской транспортной сети, увеличение инвестиций в общественный транспорт и рациональное планирование автобусных маршрутов. Быстрое развитие интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в последние годы является одним из лучших способов решения проблем дорожного движения в малых и средних городах. Следующий шаг - адаптация ее архитектуры для малых и средних городов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблемы с дорожным движением в Китае [Электронный ресурс]. URL: <https://teacher-history.ru/otvety-na-voprosy/obzor-problem-s-dorozhnym-dvizheniev-kitae.html>
2. «Дороги мира» на Дроме. Все о дорогах и дорожном движении в Китае [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drom.ru/info/misc/39859.html>
3. Закон Китайской Народной Республики о городском планировании.
4. .Отчет о развитии малых и средних городов Китая. 2022.
5. Статистический бюллетень о развитии транспортной отрасли в 2022 году.
6. Технические стандарты для проектирования автомобильных дорог.
7. Izhakian S., Itzhakov Z., Gorelik O. Traffic jam and collateral pathways. *The Netherlands journal of medicine*, 2019. 77 с.
8. Чэнь Синь, Ян Чжаошэн, Ван Хайян. Анализ проблем городского дорожного движения в нашей стране. Проектирование транспортных систем и информация. 2006. Вып. 004.
9. Ди Сюэши. Анализ ряда проблем транспортного планирования в малых и средних городах. Наука и техника провинции Хэнань. 2014. 012 с.
10. Сунь Циньмэй, Чжан Сюэлян. Анализ характеристик и причин заторов на дорогах в основных городских районах // Умный город, 2019, №5(08). С. 14-15.
11. Китайская ассоциация интеллектуального транспорта // Ежегодник развития интеллектуальной транспортной отрасли Китая. Изд-во электронной промышленности, 2015.
12. Цай Цуй. Анализ и предложения по текущей ситуации с развитием интеллектуального транспорта в нашей стране // Технология дорожного движения (издание по прикладным технологиям), 2013. №6. С. 8-16.
13. Юй Цзюнь, Чжан Ланчао. Текущие причины и предположения о заторах на дорогах в малых и средних городах. Научно-техническая информация, 2010. №19. 246 с.
14. Гао Ян. Анализ и меры противодействия дорожным заторам в малых и средних городах - в качестве примера возьмем город Бэньси, провинция Ляонин // Китайский рынок, 2013 (20). 36-37 с.
15. Вэньчжоу. Лю Ланьхуэй, Ван Чжэн. Анализ характеристик дорожного движения и планирование дорожного движения в малых и средних городах нашей страны на примере городов Сяолань, Чжуншань и Юэцин // Ежегодное совещание по планированию городского транспорта Китая в 2022 году и 39-й академический семинар. 2022.
16. Guoling Lang, Kai Tian, Haiyang Leng. Study on Traffic Planning of Small or Medium-Sized Cities: Taking Changzhi City as an Example // International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation. 2020.
17. Хэ Юхун, Се Фэнчунь, Хао Чжунна. Анализ и справочная информация по управлению городскими транспортными заторами в стране и за рубежом // Городской дозор. 2013. №02. С. 136-144.
18. Ши Луйи, Ван Ялань, Дэн Сяоцзе, Сюй Сили, Ся Ци. Анализ коренных причин и мер противодействия заторам на городском транспорте // Технологические инновации и их применение. 2016. №34. С. 12-13.
19. Юй Цзюнь, Чжан Ланчао. Текущие причины и предположения о заторах на дорогах в малых и средних городах. Научно-техническая информация. 2010. №19. 246 с.
20. Чи Няньлун. Исследования по управлению и сдерживанию стихийных бедствий, связанных с заторами на городском транспорте. Умный город. 2019. №5(09). С. 142-143.
21. Цюань Юнжун, Лю Ин, Чэнь Цзиньчуань. Анализ проблем с городским движением в Китае и контрмеры по их улучшению // Городской транспорт. 2007. №5(4). С. 5-9.
22. Ху Гуанмин, Ру Сюли, Ху Фейфэй. Исследование контрмер по борьбе с дорожными заторами в малых и средних городах - на примере города Шаосин // Экономика и торговля Севера. 2014. №11. С. 73-74+78.
23. Marilena Musto, Furio Cascetta, Carmine D'Alessandro, Davide De Maio, Giuseppe Rotondo. Novel correlation to evaluate the pressure losses for different traffic jam conditions in road tunnel with alternative jet fan, second part // Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research, 2020, 96.

Шэн Цзинсян

Донской Государственный Технический Университет
Адрес: 344000, Россия, г.Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Аспирант
E-mail: 409566609@qq.com

SOME PROBLEMS OF TRAFFIC MANAGEMENT IN SMALL AND MEDIUM-SIZED CITIES IN CHINA

Abstract. *At present, China's urban traffic volume has increased, transportation development is relatively lagging behind, combined with pedestrians, bicycles and cars coexist in a mixed traffic state makes the traffic problem in small and medium-sized cities increasingly serious, small and medium-sized cities in the capital, infrastructure, traffic management, road users travel characteristics of large cities have great differences. For China's small and medium-sized cities traffic characteristics and traffic problems special characteristics of road infrastructure, traffic management, road users and other aspects of in-depth analysis, how to provide a basis for China's small and medium-sized cities traffic problem countermeasures.*

Keywords: *transport, small and medium-sized cities, traffic management, urban transport problems*

BIBLIOGRAPHY

1. Problemy s dorozhnym dvizheniem v Kitae [Elektronnyy resurs]. URL: <https://teacher-history.ru/otvety-na-voprosy/obzor-problem-s-dorozhnym-dvizheniev-kitae.html>
2. «Dorogi mira» na Drome. Vse o dorogakh i dorozhnom dvizhenii v Kitae [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.drom.ru/info/misc/39859.html>
3. Zakon Kitayskoy Narodnoy Respubliki o gorodskom planirovanii.
4. .Otchet o razvitií malykh i srednikh gorodov Kitaya. 2022.
5. Statisticheskiy byulleten` o razvitií transportnoy otrasli v 2022 godu.
6. Tekhnicheskie standarty dlya proektirovaniya avtomobil`nykh dorog.
7. Izhakian S., Itzhakov Z., Gorelik O. Traffic jam and collateral pathways. The Netherlands journal of medicine, 2019. 77 s.
8. Chen` Sin`, Yan CHzhaoshen, Van Hayyan. Analiz problem gorodskogo dorozhnogo dvizheniya v nashey strane. Proektirovanie transportnykh sistem i informatsiya. 2006. Vyp. 004.
9. Di Syueshi. Analiz ryada problem transportnogo planirovaniya v malykh i srednikh gorodakh. Nauka i tekhnika provintsii Henan`. 2014. 012 s.
10. Sun` Tsin`mey, Chzhan Syuelyan`. Analiz kharakteristik i prichin zatorov na dorogakh v osnovnykh gorodskikh rayonakh // Umnyy gorod, 2019, №5(08). S. 14-15.
11. Kitayskaya assotsiatsiya intellektual'nogo transporta // Ezhegodnik razvitiya intellektual'noy transportnoy otrasli Kitaya. Izd-vo elektronnoy promyshlennosti, 2015.
12. Tsay Tsuy. Analiz i predlozheniya po tekushchey situatsii s razvitiem intellektual'nogo transporta v nashey strane // Tekhnologiya dorozhnogo dvizheniya (izdanie po prikladnym tekhnologiyam), 2013. №6. S. 8-16.
13. Yuy Tszyun`, CHzhan Lanchao. Tekushchie prichiny i predpolozheniya o zatorakh na dorogakh v malykh i srednikh gorodakh. Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya, 2010. №19. 246 s.
14. Gao Yan. Analiz i mery protivodeystviya dorozhnym zatoram v malykh i srednikh gorodakh - v kachestve primera voz`mem gorod Ben`si, provintsia Lyaonin // Kitayskiy rynek, 2013 (20). 36-37 s.
15. Ven chzhou. Lyu Lan`khuey, Van Chzhen. Analiz kharakteristik dorozhnogo dvizheniya i planirovanie dorozhnogo dvizheniya v malykh i srednikh gorodakh nashey strany na primere gorodov Syaolan`, Chzhunshan` i Yuetsin // Ezhegodnoe soveshchanie po planirovaniyu gorodskogo transporta Kitaya v 2022 godu i 39-y akademicheskiy seminar. 2022.
16. Guoling Lang, Kai Tian, Haiyang Leng. Study on Traffic Planning of Small or Medium-Sized Cities: Taking Changzhi City as an Example // International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation. 2020.
17. He Yukhun, Se Fenchun`, Hao CHzhunna. Analiz i spravochnaya informatsiya po upravleniyu gorodskimi transportnymi zatorami v strane i za rubezhom // Gorodskoy dozor. 2013. №02. S. 136-144.
18. Shi Luyi, Van Yalan`, Den Syaotsze, Syuy Sili, Sya Tsi. Analiz korennykh prichin i mer protivodey-stviya zatoram na gorodskom transporte // Tekhnologicheskie innovatsii i ikh primenenie. 2016. №34. S. 12-13.
19. Yuy Tszyun`, CHzhan Lanchao. Tekushchie prichiny i predpolozheniya o zatorakh na dorogakh v malykh i srednikh gorodakh. Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya. 2010. №19. 246 s.
20. Chi Nyan`lun. Issledovaniya po upravleniyu i sderzhivaniyu stikhiynykh bedstviy, svyazannykh s zatorami na gorodskom transporte. Umnyy gorod. 2019. №5(09). S. 142-143.
21. Tsyuan` Yunzhun, Lyu In, Chen` Tszin`chuan`. Analiz problem s gorodskim dvizheniem v Kitae i kontrmery po ikh uluchsheniyu // Gorodskoy transport. 2007. №5(4). S. 5-9.
22. Hu Guanmin, Ru Syuli, Hu Feifey. Issledovanie kontrmer po bor`be s dorozhnymi zatorami v malykh i srednikh gorodakh - na primere goroda Shaosin // Ekonomika i trgovlya Severa. 2014. №11. S. 73-74+78.
23. Marilena Musto, Furio Cascetta, Carmine D'Alessandro, Davide De Maio, Giuseppe Rotondo. Novel correlation to evaluate the pressure losses for different traffic jam conditions in road tunnel with alternative jet fan, second part // Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research, 2020, 96.

Sheng Jingxiang

Don State Technical University

Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, str. Gagarin 1

Graduate student

E-mail: 409566609@qq.com

Научная статья

УДК 656.025.4

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-45-51

Д.М. КАРАГОДИН

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИТУАЦИОННОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. Автор статьи приводит теоретические данные о современных подходах к управлению процессами грузовых автомобильных перевозок, основанные на ситуационном подходе, в основе которого лежит формирование ситуационной (транспортной) модели, осуществляющей реакцию на входные (ситуационные) переменные и использующую при этом внутренние (ситуационные) переменные.

Ключевые слова: грузовые автомобильные перевозки, управление процессом, ситуационный подход

Введение

Современный этап развития логистики характеризуется созданием и развитием новых подходов в организации автомобильных грузовых перевозок. В частности, перспективным направлением развития логистики является 3PL (Third Party Logistics), которое является третьим этапом развития логистики, при котором организация перевозчик осуществляет большую часть логистических процессов.

Процесс управления представляет собой методичное и целенаправленное воздействие на объект управления, направленное на эффективное использование имеющихся ресурсов для достижения максимального показателя совпадения поставленных целей и полученных результатов. Типовая схема управления процессом представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Типовая схема процесса управления

Общая схема управления процессами состоит из определенной последовательности воздействий, направленных на достижение конечного результата, а именно (рис. 2):

- 1) анализ ситуации, заключающийся в необходимости доставки товара организации;
- 2) идентификация проблемы подразумевает объем поставки товара и выбор направления доставки;
- 3) определение критериев выбора перевозчика, по параметрам обеспечения сохранности груза, скорости и стоимости доставки;
- 4) разработка альтернатив, заключающаяся в рассмотрении нескольких вариантов доставки грузов;
- 5) выбор наилучшей альтернативы представляет собой выбор способа доставки товара;

- 6) согласование решений – заключение договора на перевозку;
- 7) управление реализации – отгрузка товара, контроль за процессом доставки;
- 8) контроль и оценка результатов заключаются в определении эффективности полученных результатов.



Рисунок 2 – Схема классической системы принятия решений

Начиная с 60-х годов прошлого столетия в логистике начали активно применяться методы управления, основанные на математическом моделировании и программировании, а также теории массового обслуживания (ТМО). Однако, приведенные подходы к управлению перевозок имеют существенный недостаток, а именно невозможность оперативного реагирования на изменяющиеся условия осуществления перевозочного процесса. Для эффективного осуществления данного процесса целесообразно применение ситуационного подхода к управлению транспортом в процессе перевозок.

Материал и методы

Для реализации ситуационного подхода в процесс управления перевозками применяются методы, включающие анализ текущей ситуации, формирование целей и задач управления, а также формирование мероприятий по повышению эффективности перевозок при максимальном использовании имеющихся ресурсов.

Теория

Ситуационный подход основан на построении ситуационной модели (рис. 3), которая является моделью транспортного процесса, отражающая влияние входных (внешних) характеристик (ситуационные переменные). При этом система имеет в своем составе внутренние ситуационные переменные, которые представляют собой имеющиеся ресурсы системы перевозок.

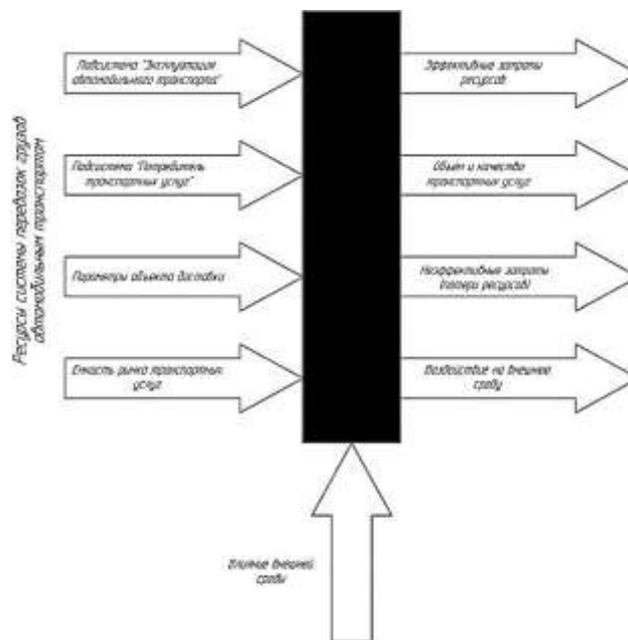


Рисунок 3 – Ситуационная модель процесса перевозки («черный ящик»)

Основными характеристиками, оказывающей существенное влияние на применимость ситуационного подхода, является стремление к разработке и последующего внедрения управленческих решений, которые должны быть использованы как типовые, а также необходимость приведения структуры управления в соответствие с требованиями, предъявляемыми конкретной ситуацией [16]. Одной из проблем в данном случае выступает отсутствие количественного описания проблемы (имеется только словесное (качественное) описание).

Основополагающим моментом применения ситуационного подхода управления процессами перевозок является правильно сформулированная цель управленческого решения, т.е. выявление проблемы в процессе перевозок, решение которой и есть цель управленческого решения. При этом наличие количественного показателя позволяет оценить проблему управления и определить значение (выходного) параметра транспортного процесса.

Отклонения фактического значения параметра и нормативного является оценочным показателем, отражающим отклонение транспортной системы от нормативного значения. Минимизация отклонений фактических и нормативных значений параметров и является целью применения ситуационного подхода. Выявление и формализацию отклонений транспортной системы от нормативного значения осуществляет информационная система, построенная по принципам получения обратной связи от транспортной системы, а также регистрации и оценке отклонений фактических показателей от запланированных.

Ясно, что проблема не возникает из ничего, а является причиной возникновения определенных ситуаций, которые образуют определенную иерархическую структуру, состоящую из ситуации высшего и низшего рангов (рис. 4).

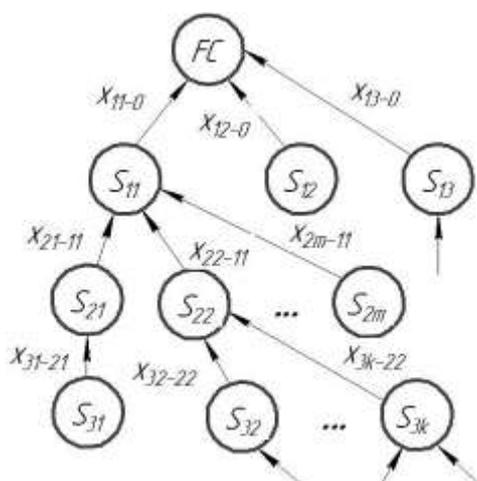


Рисунок 4 – Причинно-следственный комплекс проблемной ситуации

Авторы работы [24] выделяют структурные элементы проблемы двух классов:

- нарушения требований технологических процессов;
- нарушения требований нормативной документации.

К первому классу в работе [24] отнесены простые автотранспортных средств под погрузкой-разгрузкой, неудовлетворительное состояние подъездных путей. Ко второму классу, авторы относят ситуации, возникающие под действием случайных процессов (отказ автомобиля на линии) и резервы повышения эффективности перевозочного процесса, которые не были использованы (стимулирование работающих, организационные мероприятия осуществления перевозочного процесса).

Наличие иерархической структуры формирования проблемной ситуации способствует формированию и структуризации целей управления. Таким образом происходит формирование «дерева целей», где каждая цель направлена на разрешение конкретной возникнувшей ситуации. Т.е. можно сказать, что «дерево целей» является «дорожной картой», ставящей своей целью решение генеральной проблемной ситуации FC (рис. 4).

При этом необходимо учитывать, что одна проблемная ситуация может оказывать различное влияние на ситуации других рангов. Поэтому ряд ученых, занятых исследованиями проблем повышения эффективности процесса перевозок выделяют единичные и разветвляющиеся связи, а также прямые и обратные [25]

Решение проблемной ситуации подразумевает выделение двух признаков. Первый – ресурсный, который представляет собой выявление точки приложения управленческого воздействия и необходимые для этого ресурсы. Таким образом наравне с «деревом целей» формируется и «дерево ресурсов».

Ко второму признаку относятся уровни системы управления, обладающие определенным уровнем компетенции и полномочий, позволяющим им разрешать проблемные ситуа-

ции соответствующего ранга. Т.е., аналогично «дереву ресурсов» мы говорим об иерархической структуре системы управления процессом перевозки грузов.

Результаты и обсуждение

Таким образом можно говорить, о том, что проблемная ситуация является совокупностью элементов, объединённых между собой причинно-следственными связями, которая оказывает влияние на эффективность процесса перевозок (рис. 5). Т.е. устранение причин, формирующих проблемную ситуацию является решением поставленных задач.



Рисунок 5 – Структурная схема описания проблемной ситуации

Выводы

Проведенные исследования закономерностей функционирования систем доставки грузов автомобильным транспортом, позволили выявить метод управления, который позволит повысить эффективность перевозочного процесса за счёт наиболее рационального использования имеющихся ресурсов.

При этом под ресурсами понимаются, как непосредственно сами материальные ресурсы автотранспортных предприятий, так и звенья системы управления перевозками.

Предложенный метод «ситуационного» решения возникающих проблем направлен на оперативное управление перевозочным процессом и включает в себя следующие элементы:

- выявление проблемы, их классификация и структурирование;
- выявление ресурсов автотранспортных предприятий, за счёт которых может быть решена проблема;
- проведение мероприятий по решению проблемы;
- анализ результатов проведения мероприятий по решению проблемы;
- внесение корректировок (при необходимости).

Таким образом, данный метод может быть использован на различных автотранспортных предприятиях для управления процессами перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 №3363-р [Электронный ресурс]. URL: 7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf (government.ru).

2. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта: федер. закон от 08.11.2007 №259-ФЗ (ред. от 03.07.2016 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12157005>.
3. О безопасности дорожного движения: федер. закон от 10.12.1995 №196-ФЗ (ред. от 26.07.2017 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/10105643>.
4. О лицензировании отдельных видов деятельности: федер. закон от 04.05.2011 №99ФЗ (ред. от 31.12.2017 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12185475/>.
5. Бирюков А.Н., Абрамов А.К., Таутиев И.М., Фомин В.П. Программа расчета затрат на перебазировку машин и механизмов: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023666455 № 2023665756; заявл. 27.07.23.
6. Бирюков А.Н., Бирюков Ю.А., Таутиев И.М., Фомин В.П., Петров В.В., Курашев Н.В., Розлач С.В. Программа расчета потребности в машинах и механизмах: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023666457 № 2023665751; заявл. 27.07.23.
7. Бирюков А.Н., Глущенко О.И. Проектирование водного тура по реке Белая (Агидель) республики Башкортостан / Ответственный редактор К.Г. Томилин // Молодежь - науке - VIII. Актуальные проблемы туризма, спорта и бизнеса: Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2017. С. 526-530.
8. Бирюков А.Н., Денисов В.Н., Бирюков Ю.А. Демонтажные работы на объектах военной инфраструктуры: монография. СПб.: ВИ(ИТ) ВАМТО. 2023. 213 с.
9. Бирюков А.Н., Петров В.В., Курашев Н.В., Розлач С.В., Пчёлкин В.О., Таутиев И.М., Фомин В.П. Программа для расчета годовых текущих затрат на эксплуатацию техники: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023666456 № 2023665754; заявл от 27.07.23.
10. Бобарыкин В.А., Прудовский Б.Д., Трофимова Г.И. Новые модели и методы решения задач использования транспортных средств. М.: Транспорт, 2015. 56 с.
11. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности. М.: Академия, 2016. 336 с.
12. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Теория организации и управления автомобильными перевозками: Логистический аспект формирования перевозочных процессов. Волгоград, ВолгГТУ, 2017. 178 с.
13. Вершигора Е. Е. Менеджмент. М.: ИНФРА–М, 2017. 283 с.
14. Власов В.М. Принципы организации информационного взаимодействия участников транспортных процессов в транспортно-логистических системах. М.: КСЛ, 2016. 81с.
15. Гаврилова И.А., Макаров А.Д., Качество жизни населения: стратегия повышения, государственное регулирование // Фундаментальные исследования. 2017. №4. С. 133-137.
16. Герами В.Д. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики. Учебник и практикум. М.: Юрайт, 2016. 440 с.
17. Геронимус Б.Л. Экономико–математические методы в планировании на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 2016. 192 с.
18. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки. М.: Академия, 2015. 285 с.
19. Екатеринославский Ю.Ю. Управленческие ситуации: анализ и решения. М.: Экономика, 2017. 191 с.
20. Ефремов А.В. Методы синтеза систем управления грузовыми автомобильными перевозками. М.: МАДИ, 2017. 92 с.
21. Житков В.А., Ким К.В. Методы оперативного планирования автомобильных перевозок. М.: Транспорт, 2015. 183 с.
22. Кожин А.П., Мезенцев В.Н. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. М.: Транспорт, 2016. 304 с.
23. Кузнецов И.Н., Макаров А.Д., Бушмин О.И. Определение моментов случайных величин // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева. 2022. №2(30). С. 115-123.
24. Курганов В.М. Ситуационное управление автомобильными перевозками. М.: Технополиграфцентр, 2015. 197 с.
25. Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В., Цвиринько И.А. Логистика автомобильного транспорта: Концепция, методы, модели. М.: Финансы и статистика, 2016. 277 с.
26. Макаров А.Д. Динамика и статика прямой и обратной задачи // Интеллектуальная инженерная экономика и индустрия 5.0 (инпром): Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 399-402.
27. Макаров А.Д. Динамика и статика прямой и обратной задачи в научных исследованиях в новых геополитических условиях // Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-западного федерального округа России. 2023. №2(58). С. 84-89.
28. Макаров А.Д. Степень надёжности // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В.Хрулева. 2022. №2(30). С. 124-136.

29. Макаров А.Д., Макаров Д.А. Современные тренды и технологии в управлении персоналом // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: Сборник трудов всероссийской научной и учебно-практической конференции. Ч. 3 Санкт-Петербург. 2020. С. 40-45.

30. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 2016. 288 с.

31. Резер С.М. Логистика экспедирования грузовых перевозок. М., 2017. 469 с.

32. Руденко А.А., Бiryukov А.Н., Бiryukov Ю.А. Техничко-экономические и организационные аспекты восстановления объектов военной инфраструктуры. Санкт-Петербург, 2021.

Карагодин Дмитрий Михайлович

Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала Армии А.В. Хрулёва

Адрес: 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Набережная Макарова, д. 8

Подполковник, адъютант отдела (организации научной работы и подготовки научно-педагогических кадров)

E-mail: dimonsiber@bk.ru

D.M. KARAGODIN

FUNDAMENTALS OF THE SITUATIONAL APPROACH TO TRANSPORTATION MANAGEMENT

***Abstract.** The authors of the article provide theoretical data on modern approaches to managing the processes of truck transportation based on a situational approach, which is based on the formation of a situational (transport) model that responds to input (situational) variables and uses internal (situational) variables.*

***Keywords:** truck transportation, process management, situational approach*

BIBLIOGRAPHY

1. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 27.11.2021 №3363-r [Elektronnyy resurs]. URL: 7enYF2uL5kFZIOOpQhLI0nUT91RjCbeR.pdf (government.ru).
2. Ustav avtomobil'nogo transporta i gorodskogo nazemnogo elektricheskogo transporta: feder. zakon ot 08.11.2007 №259-FZ (red. ot 03.07.2016 g.). Dostup iz sprav. pravovoy sistemy «Garant» [Elektronnyy resurs]. URL: <https://base.garant.ru/12157005>.
3. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: feder. zakon ot 10.12.1995 №196-FZ (red. ot 26.07.2017 g.). Dostup iz sprav. pravovoy sistemy «Garant» [Elektronnyy resurs]. URL: <https://base.garant.ru/10105643>.
4. O litsenzirovanii otdel'nykh vidov deyatel'nosti: feder. zakon ot 04.05.2011 №99FZ (red. ot 31.12.2017 g.). Dostup iz sprav. pravovoy sistemy «Garant» [Elektronnyy resurs]. URL: <https://base.garant.ru/12185475/>.
5. Biryukov A.N., Abramov A.K., Tautiev I.M., Fomin V.P. Programma rascheta zatrat na perebazirovku mashin i mekhanizmov: svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2023666455 № 2023665756; zayavl. 27.07.23.
6. Biryukov A.N., Biryukov Yu.A., Tautiev I.M., Fomin V.P., Petrov V.V., Kurashev N.V., Rozlach S.V. Programma rascheta potrebnosti v mashinakh i mekhanizmax: svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2023666457 № 2023665751; zayavl. 27.07.23.
7. Biryukov A.N., Glushchenko O.I. Proektirovanie vodnogo tura po reke Belaya (Agidel') respubliki Bashkortostan / Otvetstvennyy redaktor K.G. Tomilin // Molodezh` - nauke - VIII. Aktual'nye problemy turizma, sporta i biznesa: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. 2017. S. 526-530.
8. Biryukov A.N., Denisov V.N., Biryukov Yu.A. Demontazhnye raboty na ob'ektakh voennoy infrastruktury: monografiya. SPb.: VI(IT) VAMTO. 2023. 213 s.
9. Biryukov A.N., Petrov V.V., Kurashev N.V., Rozlach S.V., Pchiolkin V.O., Tautiev I.M., Fomin V.P. Programma dlya rascheta godovykh tekushchikh zatrat na ekspluatatsiyu tekhniki: svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2023666456 № 2023665754; zayavl ot 27.07.23.
10. Bobarykin V.A., Prudovskiy B.D., Trofimova G.I. Novye modeli i metody resheniya zadach ispol'zovaniya transportnykh sredstv. M.: Transport, 2015. 56 s.
11. Brodetskiy G.L. Sistemnyy analiz v logistike. Vybor v usloviyakh neopredelennosti. M.: Akademiya, 2016. 336 s.
12. Vel'mozhin A.V., Gudkov V.A., Mirotin L.B. Teoriya organizatsii i upravleniya avtomobil'nymi perevozками: Logisticheskiy aspekt formirovaniya perevozochnykh protsessov. Volgograd, VolgGTU, 2017. 178 s.

13. Vershigora E. E. Menedzhment. M.: INFRA-M, 2017. 283 с.
14. Vlasov V.M. Printsipy organizatsii informatsionnogo vzaimodeystviya uchastnikov transportnykh protsessov v transportno-logisticheskikh sistemakh. M.: KSL, 2016. 81s.
15. Gavrilova I.A., Makarov A.D., Kachestvo zhizni naseleniya: strategiya povysheniya, gosudarstvennoe regulirovaniye // Fundamental'nye issledovaniya. 2017. №4. S. 133-137.
16. Gerami V.D. Upravlenie transportnymi sistemami. Transportnoe obespechenie logistiki. Uchebnik i praktikum. M.: YUrayt, 2016. 440 с.
17. Geronimus B.L. Ekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii na avtomobil'nom transporte. M.: Transport, 2016. 192 s.
18. Gorev A.E. Gruzovye avtomobil'nye perevozki. M.: Akademiya, 2015. 285 s.
19. Ekaterinoslavskiy YU.YU. Upravlencheskie situatsii: analiz i resheniya. M.: Ekonomika, 2017. 191 s.
20. Efremov A.V. Metody sinteza sistem upravleniya gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami. M.: MADI, 2017. 92 s.
21. ZHitkov V.A., Kim K.V. Metody operativnogo planirovaniya avtomobil'nykh perevozk. M.: Transport, 2015. 183 s.
22. Kozhin A.P., Mezentsev V.N. Matematicheskie metody v planirovanii i upravlenii gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami. M.: Transport, 2016. 304 s.
23. Kuznetsov I.N., Makarov A.D., Bushmin O.I. Opredelenie momentov sluchaynykh velichin // Vestnik Voennoy akademii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A.V. Hruleva. 2022. №2(30). S. 115-123.
24. Kurganov V.M. Situatsionnoe upravlenie avtomobil'nymi perevozkami. M.: Tekhnopoligrafsentr, 2015. 197 s.
25. Lukinskiy V.S., Berezhnoy V.I., Berezhnaya E.V., TSvirin'ko I.A. Logistika avtomobil'nogo transporta: Kontseptsiya, metody, modeli. M.: Finansy i statistika, 2016. 277 s.
26. Makarov A.D. Dinamika i statika pryamoy i obratnoy zadachi // Intellektual'naya inzhenernaya ekonomika i industriya 5.0 (inprom): Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg, 2023. S. 399-402.
27. Makarov A.D. Dinamika i statika pryamoy i obratnoy zadachi v nauchnykh issledovaniyakh v novykh geopoliticheskikh usloviyakh // Regional'nye aspekty upravleniya, ekonomiki i prava Severo-zapadnogo federal'nogo okruga Rossii. 2023. №2(58). S. 84-89.
28. Makarov A.D. Stepen' nadiozhnosti // Vestnik Voennoy akademii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A.V.Hruleva. 2022. №2(30). S. 124-136.
29. Makarov A.D., Makarov D.A. Sovremennye trendy i tekhnologii v upravlenii personalom // Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti upravleniya, ekonomiki i torgovli: Sbornik trudov vs Rossiyskoy nauchnoy i uchebno-prakticheskoy konferentsii. Ch. 3 Sankt-Peterburg. 2020. S. 40-45.
30. Pospelov D.A. Situatsionnoe upravlenie: teoriya i praktika. M.: Nauka, 2016. 288 s.
31. Rezer S.M. Logistika ekspedirovaniya gruzovykh perevozk. M., 2017. 469 s.
32. Rudenko A.A., Biryukov A.N., Biryukov Yu.A. Tekhniko-ekonomicheskie i organizatsionnye aspekty vosstanovleniya ob"ektov voennoy infrastruktury. Sankt-Peterburg, 2021.

Karagodin Dmitry Mihailovich

Military Academy of Logistics

Address: 199034, Russia, St.Petersburg Makarova Embankment, 8

Lieutenant Colonel, adjunct of the department (organization of scientific work and training of scientific and pedagogical personnel)

E-mail: dimonsiber@bk.ru

Научная статья

УДК 656.132

doi:10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-52-58

А.Д. ЕФИМОВ, М.Р. КАРАЕВА, А.О. АЛИБАГАНДОВ, В.В. НЕФЕДОВ

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ РЕГУЛЯРНЫХ МАРШРУТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. Выполнен анализ методик оценки потенциальной опасности регулярных маршрутов общественного транспорта в зависимости от характеристик его элементов. Предложена упрощенная методика оценки потенциальной опасности автобусных маршрутов, отличающаяся принципиальным подходом к расчету коэффициента относительной аварийности и оперативного реагирования при превышении его предельно-допустимых значений. Такой подход позволит определять динамически изменяющиеся условия работы водителей на маршрутах и обеспечивать безопасность движения во время работы на линии.

Ключевые слова: маршруты движения, дорожно-транспортные происшествия, конфликтные точки, методика, коэффициент относительной аварийности, пассажирская транспортная система

Введение

Одним из ключевых аспектов, определяющих уровень жизни в крупных городах и мегаполисах, является качество и безопасность пассажирских перевозок. При отсутствии системы метрополитена, основная нагрузка по перевозке пассажиров ложится на автомобильный транспорт. Поэтому на регулярных маршрутах общественного транспорта следует периодически исследовать и анализировать существующую дорожную обстановку, а также контролировать параметры, характеризующие выполнение транспортного процесса в целом [1, 2].

Службы безопасности движения на автотранспортных предприятиях должны учитывать сложность дорожной обстановки при назначении водителей на маршруты работы подвижного состава. Существующая система получения информации за счет обратной связи в виде дорожно-транспортных происшествий или административных нарушений со стороны водителей не позволяет повысить качество и безопасность транспортных услуг. Поэтому разработка удобной и не очень сложной методики расчета сложности регулярных маршрутов городского общественного автомобильного транспорта является актуальной и необходима для решения задач, обозначенных в Транспортной стратегии 2030.

Материал и методы

В настоящее время в литературных источниках находят отражения разнообразные методики оценки потенциальной опасности маршрутов движения автомобилей, в том числе и маршрутных транспортных средств. Некоторые из них учитывают только сложившуюся организацию дорожного движения. В частности, в работах [3, 4] приводятся несколько похожих методик, интерпретирующих вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия из состояния дорожных условий. Наиболее известные расчетные методики данной категории – вероятностный метод, балльная оценка и метод итоговых коэффициентов аварийности [5, 6]. Недостатками их являются достаточно грубые аппроксимации отдельных показателей, сложность учета влияния каждого параметра на суммарную аварийность и специфика адаптации их для городских дорог.

В своих исследованиях некоторые ученые выявили особенности закономерности возникновения дорожно-транспортных происшествий в конфликтных точках [6-8]. Так, М.С. Фильшенсон, предложил расчетную формулу для определения сложности транспортных узлов [8]:

$$M = \sum_{i=1}^n k_i m_i,$$

где M - показатель сложности транспортного узла;

k_i - коэффициент сложности i -го конфликта;

m_i - число конфликтных точек i -го вида.

Общее число ДТП на пересечении определяется как сумма происшествий в каждой конфликтной точке [9, 10]:

$$G = \sum_{i=1}^n g_i ,$$

где n - число конфликтных точек на пересечении.

Показатель безопасности в этом случае определяется как [11-12]:

$$K_a = \frac{G K_T 10^7}{25 (M + N)} ,$$

где G - число ДТП за один год;

K_T - коэффициент годовой неравномерности движения, число ДТП на 10 млн. автомобилей;

M - интенсивность движения на главной дороге, авт./сут;

N - интенсивность движения на второстепенной дорог, авт./сут.

При значении данного показателя более 8, можно говорить о высокой сложности маршрутов и серьезных проблемах с обеспечением безопасности движения на улично-дорожной сети [12-14].

Профессором Максимовым В.А. был разработан подход оценки обобщенного параметра сложности маршрутов городских автобусов [15], заключающийся в решении следующего регрессионного уравнения:

$$Y_m = 27,573 - 0,145 l_m - 0,796 V_э + 5,717 N_o + 12,643 N_c + 55,441 N_{mn} , \quad (1)$$

где Y_m - коэффициент относительной аварийности маршрутных автобусов, ДТП/1 млн. авт-км;

l_m - протяженность маршрута, км;

$V_э$ - эксплуатационная скорость на маршруте, км/ч;

N_o - удельное количество остановочных пунктов на маршруте ед/км;

N_c - удельное количество светофорных объектов на маршруте, ед/км;

N_{mn} - удельное количество пешеходных переходов, ед/км.

Чем выше значение имеет фактор, тем более опасным является маршрут следования городского пассажирского транспорта. Автором предложена шкала оценки уровня опасности маршрутов, а также типовые рекомендации, которыми следует руководствоваться при допуске водителей к работе на них, представленные в таблице 1 [16, 17].

Таблица 1 – Градация городских автобусных маршрутов по уровню опасности движения

| № п/п | Коэффициент относительной аварийности, ДТП / 1 млн. авт-км | Уровень опасности маршрута | Управленческие решения при отборе водителей |
|-------|--|----------------------------|--|
| 1 | до 28 | безопасный | К маршруту допускаются все водители |
| 2 | 28 - 48 | допустимый | Водители со стажем менее года работы в парке и водители, которые входят в группу риска не допускаются к маршруту |
| 3 | более 48 | опасный | Не допускаются к маршруту: водители со стажем менее года работы в парке; водители, которые входят в группу риска. Не допускаются переработки норм рабочего времени |

Расчет опасности автобусных маршрутов позволит оценить потенциальную аварийность на них и разработать комплекс мероприятий по снижению числа дорожно-транспортных происшествий. Результаты расчетов можно использовать как на действующих маршрутах, для внесения в них изменений, так и при проектировании новых. Согласно, методических рекомендаций, начиная со второго уровня опасности маршрута, следует тщательнее подбирать водителей. Не следует допускать к работе на сложных маршрутах водите-

лей, имеющих недостаточный опыт, подверженных к агрессивному стилю вождения в стрессовых ситуациях, а также необходимо строго соблюдать требования трудового и транспортного законодательства при осуществлении перевозок.

Кроме того, расчетные данные позволят сотрудникам службы безопасности движения установить долю влияния каждого фактора в формировании итогового значения показателя опасности и разработать комплекс эффективных мероприятий по их нивелированию и снижению.

Теория и расчет

В своих исследованиях, на наш взгляд, В.А. Максимов недостаточно внимания уделил потенциально аварийно-опасным участкам улично-дорожной сети – транспортным пересечениям. По статистике ГИБДД РФ более 30% всех происшествий с погибшими и пострадавшими совершается на перекрестках. Именно в этих узлах улично-дорожной сети наблюдаются максимально затрудненные условия движения, что и провоцирует возникновение конфликтных ситуаций. Конечно тип пересечения, организация движения на нем, его геометрические параметры, интенсивность транспортных и пешеходных потоков и другие факторы оказывают значительное влияние на вероятность возникновения ДТП на каждом конкретном перекрестке, но для обобщенной оценки опасности маршрута будем оперировать их удельным количеством.

Все транспортные пересечения объединим в две большие группы – регулируемые и нерегулируемые. При этом пересечения в разных уровнях учитывать в расчетах не будем. Удельное количество регулируемых перекрестков [19, 20]:

$$N_{npi}^{y\partial} = \frac{n_{npi}}{l_{Mi}},$$

нерегулируемых перекрестков [19, 20]:

$$N_{nni}^{y\partial} = \frac{n_{nni}}{l_{Mi}},$$

где n_{npi} - общее количество регулируемых перекрестков на i -ом маршруте, ед.;

n_{nni} - общее количество нерегулируемых перекрестков на i -ом маршруте, ед.

По своей природе ДТП является стохастическим событием, вероятность которого тем выше, чем больше потенциальных аварийноопасных участков на маршруте следования транспортного средства. Наибольшая сложность движения и высокая частота возникновения предаварийных ситуаций наблюдается в местах тяготения людей (учебные заведения, торговые центры, крупные предприятия и т.д.). В основном на этих участках фиксируется высокое значение пассажиропотока, а, следовательно, не зависимо от оборудования остановочных пунктов и мест перехода пешеходов через проезжую часть, возможно появление пешеходов на дороге и, соответственно, необходима особая концентрация внимания водителей подвижного состава.

Кроме того, подобные места характеризуется применением дорожных знаков запрещающих парковку на проезжей части, вне специально оборудованных временных стоянок. В результате водители и пассажиры вынуждены оставлять свои легковые автомобили на определенном расстоянии от места назначения и идти к нему вдоль проезжей части.

Удельное количество мест массового скопления людей $N_{cki}^{y\partial}$ определяем по следующему выражению [19, 20]:

$$N_{cki}^{y\partial} = \frac{n_{cki}}{l_{Mi}},$$

где n_{cki} - общее количество школ, детских учреждений, мест массового скопления людей на i -ом маршруте, ед.

Таким образом, в упрощенном виде можно получить следующее выражение для оценки обобщенного параметра сложности маршрутов движения транспортных средств:

$$Y_N = \sum N_{oi}^{y\partial} + N_{ci}^{y\partial} + Y_i + V_{\partial i}^{y\partial} + N_{npi}^{y\partial} + N_{nni}^{y\partial} + N_{npi}^{y\partial} + N_{nni}^{y\partial} + N_{cki}^{y\partial}, \quad (2)$$

где Y_i – коэффициент использования пассажироместимости [20, 21].

$$Y_i = \frac{\sum_{j=1}^l Y_{ji}}{I},$$

где Y_{ji} - коэффициент использования пассажироместимости автобуса на j -ом перегоне i -го маршрута;

I - количество перегонов на маршруте.

Необходимо также отметить, что в качестве уровней вариации критерия сложности маршрутов движения транспортных средств, будем применять значения, приведенные в таблице 1.

Для оценки точности предложенного подхода выполним практические расчеты сложности двух регулярных маршрутов г. Новочеркасска – маршрут №1 «Терапевтический корпус – ж.д. вокзал» и маршрут №27 «Универмаг – ул. Украинская». Маршруты выбирались по критерию сложности, с целью оценки объективности методики в условиях различного массива исходных данных. В данном случае маршрут №1 является одним из самых протяженных и сложных в городе, а маршрут №27 – наиболее простым. Исходные данные для проведения расчетов уровня опасности выбранных регулярных маршрутов общественного транспорта представлены в таблице 2.

Таким образом, значение коэффициента относительной аварийности, рассчитанное по формуле (1), составит:

- для маршрута №1: $Y_{MP}^{№1} = 27,573 - 0,145 \cdot 20 - 0,796 \cdot 25 + 5,717 \cdot 1,8 + 12,643 \cdot 1,75 = 37,2$ ДТП/1 млн.авт.км;

- для маршрута №27: $Y_{MP}^{№27} = 27,573 - 0,145 \cdot 7 - 0,796 \cdot 26 + 5,717 \cdot 2 + 12,643 \cdot 1,71 = 38,91$ ДТП/1 млн.авт.км.

По предложенной методике расчета коэффициента относительной аварийности маршрутных автобусов, формула (2), получим:

$$Y_N^{№1} = 1,8 + 1,75 + 1,57 + 25 + 1,75 + 1,85 + 1,75 + 1,85 + 0,15 + 0,6 = 38,07 \text{ ДТП/1 млн.авт.км};$$

$$Y_N^{№27} = 2 + 1,71 + 1,02 + 26 + 1,71 + 2,29 + 1,71 + 2,29 + 0,42 = 39,15 \text{ ДТП/1 млн.авт.км}.$$

Таблица 2 – Исходные данные для расчета коэффициента относительной аварийности маршрутных автобусов

| Условный номер маршрута | Характеристики маршрута и единицы измерения | | | |
|-------------------------|---|--|--|---|
| | Протяженность маршрута L_m , км | Средняя эксплуатационная скорость $V_э$, км/ч | Удельное количество остановочных пунктов N_o , ед/км | Удельное количество светофоров и светофорных объектов N_s , ед/км |
| 1 | 20 | 25 | 1,8 | 1,75 |
| 27 | 7 | 26 | 2 | 1,71 |

Результаты и обсуждение

Рассуждать об объективности полученных расчетных данных можно только после оценки точности предложенного выражения потенциальной опасности маршрутов. Адекватность любой методики можно оценить, рассчитав погрешность полученных данных. В данном случае погрешности расчетов двух маршрутов составят:

$$\Delta = (Y_N^{№1} / Y_{MP}^{№1}) * 100\% = (38,07 / 37,2) * 100\% = 1,02\%;$$

$$\Delta = (Y_N^{№27} / Y_{MP}^{№27}) * 100\% = (39,15 / 38,91) * 100\% = 1,00\%.$$

Величина погрешности в менее 5 % свидетельствует о допустимости и адекватности предложенной методики.

Таким образом, анализ существующих методик расчета потенциальной опасности маршрутов общественного транспорта, указывает на их высокую трудоемкость и сложность. Поэтому, во многих случаях, службы безопасности движения на пассажирских автотранспортных предприятиях вынуждены реагировать уже на случившееся событие, приведшее к снижению качества оказания транспортных услуг. Предложенная в работе методика расчета сложности коэффициента относительной аварийности регулярных маршрутов общественного транспорта является достаточно простой и может применяться в отделах диспетчерского управления автотранспортных предприятий. Результаты расчетов позволяют своевременно оценить и

отреагировать на изменения условий работы маршрутного транспорта и, тем самым, снизить вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий с их участием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банатов А.В. Оценка безопасности движения в городских условиях. Дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2002.
2. Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. М. Мир, 2003. 368 с.
3. Еремин В.М., Бадалян А.М., Афанасьев М.Б., Попов В.Н. Оценка влияния автомобильных парковок на параметры транспортных потоков на городских улицах методом имитационного моделирования движения автомобилей // Транспорт. Наука, техника, управление: Научный информационный сборник. ВРШТИ. №3. М., 2005. С. 34-38.
4. Кондратьев В.Д. Модели и методы управления безопасностью дорожного движения: Дис. ... д-ра техн. наук. Воронеж, 2008. 213 с.
5. Gupta S., Paichadze N., Gritsenko E., Klyavin V.E., Yurasova E., Hyder A.A. Evaluation of the five-year Bloomberg Philanthropies Global Road Safety Program in the Russian Federation // Public health. 2017. №144. P. 5-14.
6. Пугачев И.Н., Горев А.Э., Олещенко Е.М. Организация и безопасность дорожного движения: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте (автомоб. транспорт)». СПб.: Академия, 2009. 272 с.
7. Vlasov V.M., Novikov A.N., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Definition of perspective scheme of organization of traffic using methods of forecasting and modeling // Automation and Control Systems 2017 – Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment: International Conference on Mechanical Engineering. 2018.
8. Novikov I.A., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Study of the impact of type and condition of the road surface on parameters of signalized intersection // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. P. 548-555.
9. Novikov I.A., Katunin A.A., Novikov I.A., Kravchenko A.A., Shevtsova A.G. Development of a graphical method for choosing the optimal mode of traffic light // Journal of Physics: Conference Series. 2018. T. 1015.
10. Ефимов А.Д., Локтионов В.В., Яркина В.Е., Передерий М.В. Анализ принципов построения систем автомобильной маршрутной навигации // Тенденции и проблемы развития современной науки: Сборник статей II Международной научно-практической конференции. Петрозаводск: МЦНП «Новая Наука», 2023. С. 78-82.
11. Волков В.С., Кастырин Д.Ю., Лебедев Е.Г. Влияние скоростного режима движения транспорта на показатель опасности дорожного пересечения // Мир транспорта и технологических машин. 2017. №2(57). С. 74-80.
12. Khasanov R.I., Saraykin A.I. The integrated simulation model of a promising active safety system for the executive class vehicles // Theoretical & Applied Science. №2. 2017. С. 101-105.
13. Marusin A. Evaluation of Functional Efficiency of Automated Traffic Enforcement Systems /Mukhtar Krimov, Ravil Safiullin, Alexey Marusin, Alexandra Marusin // Organization and Traffic Safety Management in Large Cities SPBOTSIC-2016: 12th International Conference, St. Petersburg, Russia. 2016. С. 288-294.
14. Сборник нормативных документов по обеспечению безопасности движения на автомобильном транспорте / Под. ред. В.В. Бокарева. Н. Новгород: ФГУ «Нижегородский УПК АТ», 2008. 476 с.
15. Смагин А.В. Правовые основы деятельности водителя. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 112 с.
16. Шухман Ю.И. Основы управления автомобилем и безопасность движения. М.: ООО «Книжное издательство за рулем», 2007. 160 с.
17. Эльвик Р., Боргер М.А., Ваа Т. Справочник по безопасности дорожного движения: Пер. с норвеж. / Под ред. В.В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2001. 754 с.
18. Исаева Е.И., Басков В.Н. Энтропия как модель прогноза загруженности транспортной сети // Мир транспорта и технологических машин. Орел, 2016. №4(55). С. 111-117.
19. Bhalla K., Paichadze N., Gupta S., Bishai D., Hyder A.A., Klyavin V.E., Gritsenko E. Rapid assessment of road safety policy change: relaxation of the national speed enforcement law in Russia leads to large increases in the prevalence of speeding // Injury Prevention. 2015. T. 21. №1. P. 53-56.
20. Кашталинский А.С., Петров В.В. Влияние дорожно-транспортных факторов на неравномерность транспортных потоков в городах // Вестник ИРГТУ. 2016. №1(108). С. 116-123.
21. Михеева Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем. Самара: Самар. научн. центр РАН, 2008. 380 с.

Ефимов Артем Дмитриевич

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова

Адрес: 346400, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

К.т.н., доцент, заведующий кафедрой международных логистических систем и комплексы

E-mail: e1984ad@mail.ru

Караева Марина Руслановна

Донской государственный технический университет
Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. ул. Социалистическая, 162
К.э.н., доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения
E-mail: mari.karaeva@gmail.com

Алибагандов Алибаганд Омарович

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: 346400, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Аспирант
E-mail: Alibagand1999@mail.ru

Нефедов Виктор Викторович

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: 346400, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
К.т.н., доцент, доцент
E-mail: nvvnpi@gmail.com

A.D. EFIMOV, M.R. KARAEVA, A.O. ALIBAGANDOV, V.V. NEFEDOV

**ASSESSING THE POTENTIAL DANGER OF REGULAR PUBLIC
TRANSPORTATION ROUTES**

***Abstract.** The analysis of methods for assessing the potential danger of regular public transport routes, depending on the characteristics of its elements, is carried out. A simplified methodology for assessing the potential danger of bus routes is proposed, characterized by a principled approach to calculating the coefficient of relative accident rate and rapid response when exceeding its maximum permissible values. This approach will make it possible to determine the dynamically changing working conditions of drivers on routes and ensure traffic safety while working on the line.*

***Keywords:** traffic routes, road accidents, conflict points, methodology, relative accident rate, passenger transportation system.*

BIBLIOGRAPHY

1. Banatov A.V. Otsenka bezopasnosti dvizheniya v gorodskikh usloviyakh. Dis. ... kand. tekhn. nauk. Volgograd, 2002.
2. Buslaev A.P., Novikov A.V., Prikhod'ko V.M., Tatashev A.G., Yashina M.V. Veroyatnostnye i imitatsionnye podkhody k optimizatsii avtodorozhnogo dvizheniya. M. Mir, 2003. 368 s.
3. Eremin V.M., Badalyan A.M., Afanas'ev M.B., Popov V.N. Otsenka vliyaniya avtomobil'nykh parkovok na parametry transportnykh potokov na gorodskikh ulitsakh metodom imitatsionnogo modelirovaniya dvizheniya avtomobiley // Transport. Nauka, tekhnika, upravlenie: Nauchnyy informatsionnyy sbornik. VRSHITI. №3. M., 2005. S. 34-38.
4. Kondrat'ev V.D. Modeli i metody upravleniya bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. Voronezh, 2008. 213 s.
5. Gupta S., Paichadze N., Gritsenko E., Klyavin V.E., Yurasova E., Hyder A.A. Evaluation of the five-year Bloomberg Philanthropies Global Road Safety Program in the Russian Federation // Public health. 2017. №144. P. 5-14.
6. Pugachev I.N., Gorev A.E., Oleshchenko E.M. Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: ucheb. posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte (avtomob. transport)». SPb.: Akademiya, 2009. 272 s.
7. Vlasov V.M., Novikov A.N., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Definition of perspective scheme of organization of traffic using methods of forecasting and modeling // Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment: International Conference on Mechanical Engineering. 2018.
8. Novikov I.A., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Study of the impact of type and condition of the road surface on parameters of signalized intersection // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. P. 548-555.
9. Novikov I.A., Katunin A.A., Novikov I.A., Kravchenko A.A., Shevtsova A.G. Development of a graphical method for choosing the optimal mode of traffic light // Journal of Physics: Conference Series. 2018. T. 1015.

10. Efimov A.D., Loktionov V.V., Yarkina V.E., Perederiy M.V. Analiz printsipov postroeniya sistem avtomobil'noy marshrutnoy navigatsii // Tendentsii i problemy razvitiya sovremennoy nauki: Sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Petrozavodsk: MTSNP «Novaya Nauka», 2023. S. 78-82.
11. Volkov V.S., Kastyrin D.Yu., Lebedev E.G. Vliyanie skorostnogo rezhima dvizheniya transporta na pokazatel' opasnosti dorozhnogo peresecheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2017. №2(57). S. 74-80.
12. Khasanov R.I., Saraykin A.I. The integrated simulation model of a promising active safety system for the executive class vehicles // Theoretical & Applied Science. №2. 2017. C. 101-105.
13. Marusin A. Evaluation of Functional Efficiency of Automated Traffic Enforcement Systems /Mukhtar Kcrimov, Ravil Safiullin, Alexey Marusin, Alexandra Marusin // Organization and Traffic Safety Management in Large Cities SPbOTSIC-2016: 12th International Conference, St. Petersburg, Russia. 2016. C. 288-294.
14. Sbornik normativnykh dokumentov po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nom transporte / Pod. red. V.V. Bokareva. N. Novgorod: FGU «Nizhegorodskiy UPK AT», 2008. 476 s.
15. Smagin A.V. Pravovye osnovy deyatelnosti voditelya. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2007. 112 s.
16. Shukhman Yu.I. Osnovy upravleniya avtomobilem i bezopasnost' dvizheniya. M.: OOO «Knizhnoe izdatel'stvo za rulem», 2007. 160 s.
17. El'vik R., Borger M.A., Vaa T. Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Per. s norvezh. / Pod red. V.V. Sil'yanova. M.: MADI (GTU), 2001. 754 s.
18. Isaeva E.I., Baskov V.N. Entropiya kak model' prognoza zagruzhennosti transportnoy seti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel, 2016. №4(55). S. 111-117.
19. Bhalla K., Paichadze N., Gupta S., Bishai D., Hyder A.A., Kliavin V.E., Gritsenko E. Rapid assessment of road safety policy change: relaxation of the national speed enforcement law in russia leads to large increases in the prevalence of speeding // Injury Prevention. 2015. T. 21. №1. R. 53-56.
20. Kashtalinskiy A.S., Petrov V.V. Vliyanie dorozhno-transportnykh faktorov na neravnomernost' transportnykh potokov v gorodakh // Vestnik IrGTU. 2016. №1(108). S. 116-123.
21. Mikheeva T.I. Strukturno-parametricheskii sintez intellektual'nykh transportnykh sistem. Samara: Samar. nauchn. tsentr RAN, 2008. 380 s.

Efimov Artem Dmitrievich

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Address: 346400, Russia, Novochoerkassk, Prosvetvaniye str., 132

Candidate of technical sciences

E-mail: e1984ad@mail.ru

Karaeva Marina Ruslanovna

Don State Technical University

Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don, st. Socialist, 162

Candidate of economics sciences

E-mail: mari.karaeva@gmail.com

Alibagandov Alibagand Omarovich

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Address: 346400, Russia, Novochoerkassk, Prosvetvaniya str., 132,

Postgraduate student

E-mail: Alibagand1999@mail.ru

Nefedov Viktor Viktorovich

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Address: 346400, Russia, Novochoerkassk, Prosvetvaniye str., 132

Candidate of technical sciences

E-mail: nvnvpi@gmail.com

Научная статья

УДК 629.113.004.67

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-59-65

А.Т. КУЛАКОВ, В.И. КАРАГОДИН, И.А. ЯКУБОВИЧ

ДИНАМИКА НОРМ РАСХОДА МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ РЕМОНТНЫХ КОМПЛЕКТОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ПОТОКЕ ОТКАЗОВ

Аннотация. Решение вопросов, рассмотренных в статье, вызвано модернизацией подшипникового узла турбокомпрессора ТКР 7Н-1 автомобильного двигателя КАМАЗ при его ремонте. Повышение надежности модернизированного турбокомпрессора меняет характер и количественные характеристики его потока отказов. Рассматриваемый случай отличается тем, что неустановившийся поток отказов имеет положительную динамику, когда со временем показатели надежности парка машин улучшаются. Вероятности отказов на разных интервалах пробега автомобилей определяются по законам математической статистики как вероятности попадания случайной величины в заданный интервал. Вероятности второго и последующих отказов определяются как условные вероятности с учетом вероятностей предыдущих отказов. Установлен характер изменения потребности в ремонтных комплектах: первоначальное ее снижение и последующая волнообразная стабилизация. На основе выявленных закономерностей рассчитаны нормы ежегодного расхода ремонтных комплектов.

Ключевые слова: запасные части, ремонтные комплекты, нормы расхода, поток отказов

Введение

Исследования по надежности турбокомпрессоров производства завода двигателей ПАО КАМАЗ выявили целесообразность модернизации подшипникового узла на ТКР 7Н-1, применяемых в автомобильных двигателях КАМАЗ 740.11-240 [1]. Особенно актуально это в эксплуатации вследствие низкой долговечности [2] и при ремонте из-за низкой ремонтнопригодности [3]. Наряду с этим, проведенные эксплуатационные испытания и наблюдения за подконтрольной партией автомобилей с отремонтированными ТКР 7Н-1 показали [4], что модернизация позволяет повысить их наработку до пробегов не ниже 170 тыс. км по сравнению с серийными компрессорами, имеющими наработку на отказ в среднем 40 тыс. км. При этом ежегодная потребность в ремонте модернизированного ТКР составляет один, а не два ремонта, как для серийного турбокомпрессора [5]. Повышение надежности ТКР потребует пересмотра норм расхода запасных частей.

Материал и методы обоснования норм расхода запасных частей

В работе [6] отмечается, что внедрение на автомобильном предприятии системы управления запасными частями позволит повысить надежность подвижного состава, при этом снизятся затраты на поддержание парка в исправном состоянии. Авторы отмечают важность решения проблемы запасных частей на основе их нормативного расхода. Вопросам обоснования норм потребности в запасных частях и выявления влияющих на них основных факторов посвящены многие исследования. В работе [7] выявлена динамика продаж запасных частей за ретроспективный период с последующим прогнозированием продаж на перспективу. Сформулированы поэтапные решения представленных задач, основанные на использовании принципов корреляционно-регрессионного анализа, анализа временных рядов, теорий вероятностей, математической статистики, а также анализа надежности технических систем. Рассмотрена возможность использования асимптотических зависимостей, что приводит к функции потока отказов [8]. Определено количество отказов на интервалах пробега, и на основе полученных данных построены графики функций основного потока отказов.

Большое внимание уделяется выявлению закономерностей возникновения отказов [9], оптимизации потребности в запасных частях [10] и выявлению номенклатуры деталей, лимитирующих надежность автомобилей и их составных частей [11]. Выявлены зависимости необходимого объема запчастей от пробега автомобилей [12], решены вопросы управления запасами [13] и повышения точности и достоверности управленческих решений при использовании цифровых технологий [14]. Определенный цикл работ посвящен экономическим вопросам снабжения запасными частями: расходам на запасные части, оптимальному уровню запасов, управлению запасами деталей, узлов и агрегатов [15]. Затронуты и весьма важные вопросы неоднородности состава запасных частей [16]. Важность этих вопросов определяется тем, что в ряде случаев они вызывают специфику решаемой задачи и ее принципиальное отличие от уже известных решенных задач. Поскольку при модернизации турбокомпрессоров их наработка на отказ повышается с 40 до 170 тыс. км, а в эксплуатации пока преобладают не модернизированные ТКР, возникает неустановившийся поток отказов [17]. Такие потоки характерны для ситуаций, когда показатели надежности изделий имеют отрицательную динамику, так как послеремонтный ресурс изделия обычно меньше его доремонтного ресурса. А здесь мы имеем противоположную ситуацию, когда со временем показатели надежности парка машин улучшаются.

Теория / Расчеты

Методика и расчеты вероятностей первых отказов ТКР

Пусть среднегодовой пробег автомобилей равен 50 тыс. км, наработки на отказ не модернизированных и модернизированных ТКР подчиняются нормальному закону распределения со средними значениями 40 и 170 тыс. км и коэффициентами вариации 0,25 и 0,30. Соответственно среднеквадратические отклонения – 10 и 51 тыс. км.

Рассмотрим вероятности **п е р в ы х о т к а з о в** ТКР. Будем считать, что для первого ремонта используются имеющиеся на складе АТП не модернизированные ремонтные комплекты ТКР, а для последующих ремонтов – модернизированные ремонтные комплекты. Вероятность отказа ТКР в течение первого года – это вероятность попадания нормально распределенной случайной величины наработки на отказ со средним значением $\bar{x} = 40$ тыс. км и среднеквадратическим отклонением $\sigma = 40 \times 0,25 = 10$ тыс. км в интервал пробега от нуля до верхней границы интервала $u_b^1 = 50$ тыс. км.

Функция вероятности попадания нормально распределенной случайной величины в заданный интервал табулирована (ее значения заданы) для стандартного нормального закона. Напомним, что стандартный нормальный закон – это закон с математическим ожиданием $\bar{x} = 0$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma = 1$.

Согласно ГОСТ Р 50779.21-96 «Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение», для определения вероятности попадания нормально распределенной случайной величины в заданный интервал от нуля до некоторой верхней границы первоначально по известным параметрам фактического распределения случайной величины определяется эквивалентная верхняя граница интервала для стандартного нормального закона:

$$\hat{u}_b = \frac{u_b - \bar{x}}{\sigma}.$$

Затем по таблице А1 ГОСТ Р 50779.21-96 для полученного значения \hat{u}_b определяется значение функции $\Phi(\hat{u}_b) = a$ стандартного нормального закона распределения, которое и является вероятностью попадания случайной величины наработки на отказ ТКР в заданный интервал наработки от нуля до \hat{u}_b (рис. 1).

Расчет числовых характеристик распределений для определения норм расхода запасных частей при неустановившемся потоке отказов производится следующим образом. Определим эквивалентную верхнюю границу интервала для стандартного нормального закона

распределения наработки на отказ ТКР на первом году их эксплуатации:

$$\hat{u}_B^1 = \frac{u_e^1 - \bar{x}_n}{\sigma_n} = \frac{50 - 40}{10} = 1,00 .$$

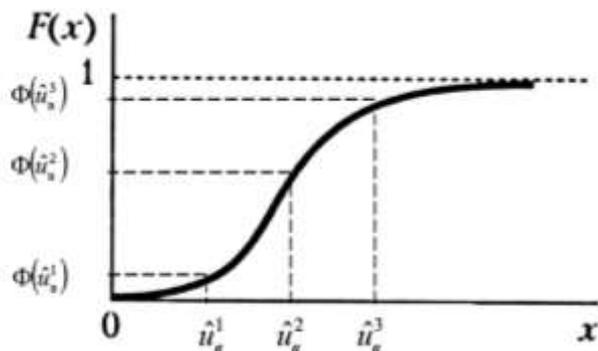


Рисунок 1 – Функция распределения наработки на отказ ТКР в стандартизованном виде

Из таблицы А1 ГОСТ Р 50779.21-96 видим, что для величины 1,00 функция $\Phi(u)$ имеет значение 0,84. Следовательно, вероятность первых отказов ТКР на первом году эксплуатации автомобилей равна 0,84.

Эквивалентная верхняя граница интервала для стандартного нормального закона распределения наработки на отказ ТКР за два года их эксплуатации:

$$\hat{u}_B^2 = \frac{u_e^2 - \bar{x}_n}{\sigma_n} = \frac{2 \cdot 50 - 40}{10} = 6,00 .$$

В таблице А1 ГОСТ Р 50779.21-96 находим, что величина 6,00 выходит за пределы таблицы, а функция $\Phi(u)$ не может иметь значение большее единицы. Это говорит о том, что первый отказ всех ТКР за два года их эксплуатации является достоверным событием, а вероятность первого отказа ТКР на втором году эксплуатации автомобилей равна $1 - 0,84 = 0,16$ (табл. 1).

Результаты расчетов вероятностей последующих отказов ТКР

Второй отказ могут иметь ТКР, для которых первый отказ уже произошел, т.е. вероятность второго отказа – это *условная вероятность*, равная для независимых событий произведению вероятности первого отказа на вероятность второго отказа в соответствующем году эксплуатации [18]. С учетом параметров закона распределения ресурсов модернизированных ТКР определим эквивалентную верхнюю границу интервала на первом году их эксплуатации:

$$\tilde{u}_B^1 = \frac{u_e^1 - \bar{x}_p}{\sigma_p} = \frac{50 - 170}{51} = -2,35 .$$

Значения функции $\Phi(u)$ для отрицательных величин u рассчитывают согласно ГОСТ Р 50779.21-96 по формуле:

$$\Phi(-u) = 1 - \Phi(u).$$

Для полученного значения \tilde{u}_B^1 функция $\Phi_1(u) = 0,009$. Вероятность второго отказа ТКР на первом году их эксплуатации получена умножением значения 0,009 на значение вероятности первого отказа 0,840 и составила 0,008. Поскольку допускается ситуация, что второй отказ произошел в том же году, что и первый, то вероятность второго отказа записана в том же столбце таблицы, что и вероятность первого отказа.

Эквивалентная верхняя граница интервала для двух лет эксплуатации модернизированных ТКР равна $-1,37$, функция $\Phi_2(u) = 0,085$, а с учетом вероятности первого отказа – $0,840 \times 0,085 = 0,072$. Вероятность отказа на втором году эксплуатации ТКР, имевшего первый отказ на первом году эксплуатации, составит $\Phi_2(u) - \Phi_1(u) = 0,072 - 0,008 = 0,064$.

Эквивалентная верхняя граница интервала для трех лет эксплуатации модернизированных ТКР равна

$$\tilde{u}_B^3 = \frac{u_e^3 - \bar{x}_p}{\sigma_p} = \frac{3 \cdot 50 - 170}{51} = -0,39 ,$$

функция $\Phi_2(u) = 0,348$, а с учетом вероятности первого отказа – $0,840 \times 0,348 = 0,292$. Вероятность второго отказа на третьем году эксплуатации ТКР, имевшего первый отказ на первом году эксплуатации, составит $\Phi_3(u) - \Phi_2(u) - \Phi_1(u) = 0,292 - 0,064 - 0,008 = 0,220$.

Таблица 1 – Вероятности отказов ТКР по годам их эксплуатации

| | Номера отказов | Годы | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Годы предыдущего отказа | 1 | 1 | 0,840 | 0,160 | – | – | – | – | – | – |
| | 1 | 2 | 0,008 | 0,064 | 0,220 | 0,314 | 0,185 | 0,045 | 0,000 | 0,000 |
| | 2 | 2 | – | 0,014 | 0,042 | 0,060 | 0,035 | 0,008 | 0,000 | 0,000 |
| | 1,1 | 3 | 0,000 | 0,001 | 0,005 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | 1,2 | 3 | – | 0,005 | 0,017 | 0,024 | 0,014 | 0,004 | 0,000 | 0,000 |
| | 1,3 | 3 | – | – | 0,002 | 0,017 | 0,058 | 0,083 | 0,048 | 0,012 |
| | 1,4 | 3 | – | – | – | 0,003 | 0,024 | 0,082 | 0,116 | 0,044 |
| | 1,5 | 3 | – | – | – | – | 0,002 | 0,014 | 0,048 | 0,070 |
| | 1,6 | 3 | – | – | – | – | – | 0,000 | 0,004 | 0,012 |
| | 2,2 | 3 | – | 0,001 | 0,004 | 0,005 | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| | 2,3 | 3 | – | – | 0,000 | 0,004 | 0,011 | 0,015 | 0,010 | 0,002 |
| | 2,4 | 3 | – | – | – | 0,001 | 0,004 | 0,016 | 0,022 | 0,014 |
| | 2,5 | 3 | – | – | – | – | 0,002 | 0,014 | 0,048 | 0,070 |
| | 2,6 | 3 | – | – | – | – | – | 0,000 | 0,004 | 0,012 |
| | 1,2,3 | 4 | – | – | 0,000 | 0,001 | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,001 |
| | 1,2,4 | 4 | – | – | – | 0,000 | 0,002 | 0,006 | 0,009 | 0,006 |
| | 1,2,5 | 4 | – | – | – | – | 0,000 | 0,001 | 0,004 | 0,005 |
| | 1,3,4 | 4 | – | – | – | 0,000 | 0,001 | 0,005 | 0,006 | 0,004 |
| | 1,3,5 | 4 | – | – | – | – | 0,001 | 0,004 | 0,015 | 0,022 |
| | 1,3,6 | 4 | – | – | – | – | – | 0,001 | 0,007 | 0,021 |
| 1,3,7 | 4 | – | – | – | – | – | – | 0,000 | 0,004 | |
| 1,4,5 | 4 | – | – | – | – | 0,000 | 0,002 | 0,006 | 0,009 | |
| 1,4,6 | 4 | – | – | – | – | – | 0,001 | 0,006 | 0,033 | |
| 1,4,7 | 4 | – | – | – | – | – | – | 0,001 | 0,009 | |
| 1,5,7 | 4 | – | – | – | – | – | – | 0,000 | 0,004 | |
| 2,5,8 | 4 | – | – | – | – | – | – | – | 0,001 | |
| Всего | | | 0,848 | 0,245 | 0,291 | 0,429 | 0,347 | 0,308 | 0,358 | 0,355 |
| Норма расхода на 100 автомобилей | | | 85 | 25 | 29 | 43 | 35 | 31 | 36 | 36 |

Аналогично определены вероятности второго отказа для последующих лет эксплуатации ТКР в ситуации, когда первый отказ произошел на первом году эксплуатации, и в ситуации, когда первый отказ произошел на втором году эксплуатации.

Вероятности третьего отказа определялись для всех возможных сочетаний годов наступления первого и второго отказов. Вероятности четвертого отказа для многих сочетаний годов наступления отказов были заведомо нулевыми, а вероятности наступления пятого отказа на рассматриваемом интервале времени оказались нулевыми с точностью до третьего знака после запятой во всех случаях.

Обсуждение

На первом году эксплуатации автомобилей, когда при ремонте турбокомпрессоров использовались старые ремонтные комплекты с низким уровнем надежности, потребность в запасных частях сохранилась на прежнем высоком уровне и составила 85 ремонтных комплектов в год на 100 автомобилей. Однако за год были израсходованы 84 % старых ремонтных комплектов, а на втором году расчетного периода – оставшиеся 16 %. Резкое повышение наработки на отказ турбокомпрессоров в результате их модернизации (с 40 до 170 тыс. км) в сочетании с условием, что для первого ремонта используются имеющиеся на складе АТП не модернизированные ремонтные комплекты ТКР, а для последующих ремонтов – модернизированные ремонтные комплекты, привело к резкому снижению потребности в запасных частях на втором и третьем годах эксплуатации автомобилей. Некоторый рост потребности в запасных частях на четвертом году эксплуатации вызван исчерпанием ресурса модернизированных ремонтных комплектов. Такого всплеска потребности могло бы не быть при равномерном потреблении ремонтных комплектов, но их большой расход на первом году эксплуатации из-за массовых отказов старых ремонтных комплектов явился причиной этого явления.

Показательно, что спустя еще 3 – 4 года подобного всплеска потребности в комплектах не произошло из-за стабилизации спроса на запасные части, который в результате модернизации подшипникового узла турбокомпрессоров снизился более чем в 2 раза.

Выводы

1. В рассмотренном случае причиной возникновения неустановившегося потока отказов послужила модернизация изделия при ремонте, что привело к повышению его надежности и снижению потребности в запасных частях.

2. В рассмотренной задаче нормы расхода запасных частей и ремонтных комплектов после модернизации изделия, которая привела к неустановившемуся потоку отказов, резко снизились, а затем проявили тенденцию к волнообразной стабилизации с периодами возрастания и спада, соответствующими средней наработке на отказ модернизированного ремонтного комплекта.

3. При других причинах нестабильности потока отказов (старении парка автомобилей, мероприятиях по его обновлению и др.) первоначальными последствиями события или мероприятия могут быть либо снижение, либо рост потока отказов с последующей его стабилизацией.

4. Любой реальный поток отказов для парка автомобилей является неустановившимся. Установившиеся потоки являются всего лишь моделями, описывающими с той или иной степенью приближения неустановившиеся потоки отказов. Ошибки при обосновании норм расхода запасных частей и ремонтных комплектов неизбежны и будут тем больше, чем более отличается реальный поток отказов от его установившейся модели.

5. Гарантию наиболее точного обоснования норм расхода запасных частей и ремонтных комплектов дает применение рассмотренного варианта расчетно-статистического метода, который позволяет учитывать не усредненные показатели надежности парка автомобилей, а дифференцированные показатели отдельных моделей и возрастных групп, вплоть до учета индивидуальных показателей каждого автомобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханнанов М.Д., Алимгулов Э.Р., Фардеев Л.И. [и др.] Повышение эффективности работы системы смазки современного дизельного двигателя внутреннего сгорания // Известия МГТУ МАМИ. 2022. Т. 16. №4. С. 291-301. doi 10.17816/2074-0530-108421.
2. Якубович И.А., Кулаков А.Т., Шафеев Д.Р. Улучшение характеристик двигателей КамАЗ-7403 путем автономной подачи масла к турбокомпрессорам // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. №10(171). С. 219-223. EDN TPNROB.
3. Кулаков А.Т., Денисов А.С., Макушин А.А., Гаффаров А.Г. Совершенствование подшипникового узла турбокомпрессора автотракторного двигателя // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. №10(129). С. 238-241. doi 10.17816/0321-4443-68843.
4. Якубович И.А., Кулаков А.Т. Эксплуатационная надежность КамАЗов // Автотранспортное предприятие. 2013. №3. С. 45-48. EDN PWIKCH.
5. Кулаков А.Т., Карагодин В.И., Якубович И.А. Обеспечение ресурсных и технико-эксплуатационных показателей дизелей за счет восстановления ТКР применением усовершенствованных ремонтных комплектов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2024. №2(77).
6. Поживилов Н.В., Солнцев А.А. Определение объема закупок запасных частей для линейного подвижного состава автобусного автотранспортного предприятия // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2023. №2(73). С. 84-92.
7. Гулый В.В., Солнцев А.А., Акулов А.А., Ершов В.С. Обзор потребности и методов оптимизации запасов запасных частей дилерской сети СТО // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2022. №1(68). С. 11-16.
8. Гулый В.В., Солнцев А.А., Асоян А.Р., Ершов В.С. Разработка математической модели прогнозирования потребности в запасных частях при управлении дилерской сети СТО // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №2(77). С. 125-134.
9. Гулый В.В., Солнцев А.А., Асоян А.Р., Ершов В.С. Определение закономерностей распределения отказов элементов, лимитирующих работоспособность легковых автомобилей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2022. №2 (69). С. 17-13.

10. Солнцев А.А., Зенченко В.А., Гулый В.В. Основные подходы и принципы оптимизации потребности в запасных частях для дилерской сети СТО в районах ее деловой активности // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: Сборник научных трудов кафедры ЭАТиС, посвященный 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники, д.т.н., профессора Евгения Семеновича Кузнецова по материалам 77-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. 2019. С. 91-96.

11. Солнцев А.А., Зенченко В.А., Гулый В.В. К вопросу формирования элементов, лимитирующих надежность легковых автотранспортных средств с целью прогнозирования и оптимизации функционирования систем управления запасами // Транспортное дело России. 2018. №6. С. 371-374.

12. Ременцов А.Н., Зенченко В.А., Фетисов П.Б. Необходимость управления объемами запасных частей на автотранспортных предприятиях // Грузовик. 2014. №9. С. 39-40.

13. Ременцов А.Н., Зенченко В.А., Фетисов П.Б. Управление запасами запасных частей автотранспортных средств, выполняющих перевозку строительных грузов // Технология колесных и гусеничных машин. 2015. №5. С. 41-46.

14. Новиков А.Н., Тебекин М.Д., Недолужко В.В. Использование цифровых технологий в управлении качеством и конкурентоспособностью предприятий автомобильного сервиса // III Арригиевские чтения по теме: «Путь России в будущий мировой порядок»: Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Орёл, 2020. С. 308-318.

15. Чеканов А.Ю., Коньков В.А. Грузовой сервис: факторы формирования и развития фирменной сети // Автотранспортное предприятие. 2012. №7. С. 18-22.

16. Карагодин, В.И. Оптимизация стратегии управления запасами новых и восстановленных деталей в условиях ремонтного завода // Ремонт автомобилей и дорожных машин: Труды. М: МАДИ, 1976. Вып. 123. С. 46-52.

17. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. М.: Наука. 4-е изд., перераб. и доп. 2001. 535 с.

18. Карагодин В.И. Математическое моделирование процессов и систем технического сервиса на транспорте. Прикладные задачи: учебник. Москва: КНОРУС, 2024. 374 с.

Кулаков Александр Тихонович

Казанский федеральный университет

Адрес: Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Д.т.н., профессор, профессор

E-mail: ATKulakov@kpfu.ru

Карагодин Виктор Иванович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64

Д.т.н., профессор, профессор

E-mail: bik250248@yandex.ru

Якубович Ирина Анатольевна

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64

Д.т.н., профессор, профессор

E-mail: i.a. iakubovich@mail.ru

A.T. KULAKOV, V.I. KARAGODIN, I.A. YAKUBOVICH

DYNAMICS OF CONSUMPTION RATES OF UPGRADED TURBOCHARGER REPAIR KITS WITH AN UNSTEADY FAILURE RATE

***Abstract.** The solution of the issues discussed in the article is caused by the modernization of the bearing assembly of the TKR 7N-1 turbocharger of the KAMAZ automobile engine during its repair. Improving the reliability of an upgraded turbocharger changes the nature and quantitative characteristics of its failure rate. The case under consideration differs in that the unsteady flow of failures has a positive trend, when over time the reliability indicators of the fleet improve. The probability of failures at different intervals of car mileage is determined according to the laws of mathematical statistics as the probability of a random variable falling into a given interval. The probabilities of the second and subsequent failures are defined as conditional probabilities, taking into account the probabilities of previous failures. The nature of the change in the need for repair kits has been established: its initial decrease and subsequent wave-like stabilization. Based on the revealed patterns, the annual consumption rates of repair kits are calculated.*

Keywords: spare parts, repair kits, consumption rates, failure rate

BIBLIOGRAPHY

1. Hannanov M.D., Alimgulov E.R., Fardeev L.I. [i dr.] Povyshenie effektivnosti raboty sistemy smazki sovremenogo dizel'nogo dvigatelya vnutrennego sgoraniya // Izvestiya MGTU MAMI. 2022. T. 16. №4. S. 291-301. doi 10.17816/2074-0530-108421.
2. Yakubovich I.A., Kulakov A.T., Shafeev D.R. Uluchshenie kharakteristik dvigateley KamAZ-7403 putem avtonomnoy podachi masla k turbokompressoram // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. №10(171). S. 219-223. EDN TPNROB.
3. Kulakov A.T., Denisov A.S., Makushin A.A., Gaffarov A.G. Sovershenstvovanie podshipnikovogo uzla turbokompressora avtotraktornogo dvigatelya // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. №10(129). S. 238-241. doi 10.17816/0321-4443-68843.
4. Yakubovich I.A., Kulakov A.T. Ekspluatatsionnaya nadezhnost` KamAZov // Avtotransportnoe predpriyatye. 2013. №3. S. 45-48. EDN PWIKCH.
5. Kulakov A.T., Karagodin V.I., Yakubovich I.A. Obespechenie resursnykh i tekhniko-ekspluatatsionnykh pokazateley dizелей za schet vosstanovleniya TKR primeneniem usovershenstvovannykh remontnykh komplektov // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2024. №2(77).
6. Pozhivilov N.V., Solntsev A.A. Opredelenie ob"ema zakupok zapasnykh chastey dlya lineynogo podvizhnogo sostava avtobusnogo avtotransportnogo predpriyatiya // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2023. №2(73). S. 84-92.
7. Gulyy V.V., Solntsev A.A., Akulov A.A., Ershov V.S. Obzor potrebnosti i metodov optimizatsii zapa-sov zapasnykh chastey dilerskoy seti STO // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2022. №1(68). S. 11-16.
8. Gulyy V.V., Solntsev A.A., Asoyan A.R., Ershov V.S. Razrabotka matematicheskoy modeli prognozirovaniya potrebnosti v zapasnykh chastyakh pri upravlenii dilerskoy seti STO // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №2(77). S. 125-134.
9. Gulyy V.V., Solntsev A.A., Asoyan A.R., Ershov V.S. Opredelenie zakonomernostey raspredeleniya otkazov elementov, limitiruyushchikh rabotosposobnost` legkovykh avtomobiley // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2022. №2(69). S. 17-13.
10. Solntsev A.A., Zenchenko V.A., Gulyy V.V. Osnovnye podkhody i printsipy optimizatsii potrebnosti v zapasnykh chastyakh dlya dilerskoy seti STO v rayonakh ee delovoy aktivnosti // Problemy tekhnicheskoy ekspluatatsii i avtoservisa podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta: Sbornik nauchnykh trudov kafedry EATiS, posvyashchenny 90-letiyu so dnya rozhdeniya Zasluzhennogo deyatelya nauki i tekhniki, d.t.n., professora Evgeniya Semenovicha Kuznetsova po materialam 77-oy nauchno-metodicheskoy i nauchno-issledovatel'skoy kon-ferentsii MADI. 2019. S. 91-96.
11. Solntsev A.A., Zenchenko V.A., Gulyy V.V. K voprosu formirovaniya elementov, limitiruyushchikh nadezhnost` legkovykh avtotransportnykh sredstv s tsel'yu prognozirovaniya i optimizatsii funktsionirovaniya sistem upravleniya zapasami // Transportnoe delo Rossii. 2018. №6. S. 371-374.
12. Rementsov A.N., Zenchenko V.A., Fetisov P.B. Neobkhodimost` upravleniya ob"emami zapasnykh chastey na avtotransportnykh predpriyatiyakh // Gruzovik. 2014. №9. S. 39-40.
13. Rementsov A.N., Zenchenko V.A., Fetisov P.B. Upravlenie zapasami zapasnykh chastey avtotransportnykh sredstv, vypolnyayushchikh perevozku stroitel'nykh грузов // Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin. 2015. №5. S. 41-46.
14. Novikov A.N., Tebekin M.D., Nedoluzhko V.V. Iспол'zovanie tsifrovyykh tekhnologiy v upravlenii kachestvom i konkurentosposobnost'yu predpriyatiy avtomobil'nogo servisa // III Arrigievskie chteniya po teme: «Put` Rossii v budushchiy mirovoy poryadok»: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh chastyakh. Oriol, 2020. S. 308-318.
15. Chekanov A.Yu., Kon`kov V.A. Gruzovoy servis: factory formirovaniya i razvitiya firmennoy seti // Avtotransportnoe predpriyatye. 2012. №7. S. 18-22.
16. Karagodin, V.I. Optimizatsiya strategii upravleniya zapasami novykh i vosstanovlennykh detaley v usloviyakh remontnogo zavoda // Remont avtomobiley i dorozhnykh mashin: Trudy. M: MADI, 1976. Vyp. 123. S. 46-52.
17. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: uchebnik dlya vuzov / E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov i dr. M.: Nauka. 4-e izd., pererab. i dop. 2001. 535 s.
18. Karagodin V.I. Matematicheskoe modelirovanie protsessov i sistem tekhnicheskogo servisa na transporte. Prikladnye zadachi: uchebnik. Moskva: KNORUS, 2024. 374 s.

Kulakov Alexander Tikhonovich

Kazan Federal University
Adress: Russia, Kazan, Kremlevskaya str., 18
Doctor of technical sciences
E-mail: ATKulakov@kpfu.ru

Yakubovich Irina Anatolyevna

Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)
Adress: Russia, Moscow, Leningradsky Prospekt, 64
Doctor of technical sciences
E-mail: i.a. iakubovich@mail.ru

Karagodin Victor Ivanovich

Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)
Adress: Russia, Moscow, Leningradsky Prospekt, 64
Doctor of technical sciences
E-mail: bik250248@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.113

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-66-73

В.И. САРБАЕВ, А.П. БОЛДИН, А.С. ЧУСОВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КООПЕРАЦИИ РАБОТ ПО ТО И РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЕЙ МЕЖДУ АТП И СТО

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы организации работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей скорой медицинской помощи, на основе кооперации их проведения в автотранспортных организациях (АТП) и предприятиях автосервиса. Проведены предварительные исследования и сформулированы варианты получения рациональных вариантов организации при использовании методов статистического имитационного моделирования*

***Ключевые слова:** организация технического обслуживания и ремонта автомобилей, автотранспортные организации, предприятия автосервиса, кооперация работ, имитационное моделирование*

Введение

Переход к рыночной экономике неизбежно приводит к необходимости изменения считавшихся ранее стандартными организационных и технологических процессов технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) автомобилей даже на крупных автотранспортных предприятиях общего пользования, которым экономически выгодно иметь свою производственно-техническую базу. Практика показывает, что повышение качества перевозочных процессов в ряде случаев достигается за счёт применения автомобилей производства передовых зарубежных стран, эксплуатация которых вызывает необходимость использования более сложных видов ТО и ТР на фирменных станциях технического обслуживания (СТО), особенно на послегарантийном периоде. В общем виде указанная система соответствует перспективам развития ЦСП (централизованного специализированного производства), научные основы которого применительно к российским условиям были сформулированы докт. техн. наук, профессором В.М. Власовым (в общем виде изложены в работе [2, стр. 71-79]). Однако применительно к конкретным условиям здесь могут возникать определённые задачи, усложняющие данные процессы, решение которых возможно на основе специфического научного подхода.

Отмеченные выше обстоятельства приобрели существенное значение для автокомбината «МОСАВТОСАНТРАНС», в котором широко используются автомобили на платформе Mercedes-Benz Sprinter с дизельными двигателями. Как показано в работе [5], месячная вероятность выполнения работ по ТР по кооперации с фирменным автосервисом составляет в среднем не менее 18%, а при более детальном обследовании выявлена возможность повышения этой вероятности выше 50%. Как известно, выполнение работ по ТО и ТР случайным (неплановым) образом является единственно возможным способом поддержания работоспособности легковых, коммерческих лёгких, грузовых автомобилей и автобусов для индивидуальных владельцев и небольших автотранспортных организаций. Однако для крупных государственных унитарных предприятий с планово-предупредительной системой ТО и ТР, к которым относятся автобазы медицинской скорой помощи, подобная организация связана с такими недостатками как повышение стоимости выполнения работ (в 1,5...2 раза) по сравнению с аналогичными материальными и трудовыми затратами на своём АТП, с одной стороны, и с увеличением времени нахождения в ремонте (в среднем до 2...2,5 недель), а в отдельных случаях до месяца, с другой.

Последнее обуславливает необходимость увеличения количества резервных автомобилей для гарантированного выполнения перевозок, что не только связано с дополнительными затратами, но и существенно усложняет организацию в целом, в частности по содержанию резервных автомобилей без закреплённых водителей на охраняемых площадках.

В связи с последним рассматривалась возможность рассмотрения комплексной задачи определения рациональной организации ТО и ТР для 5-ти автобаз ГУП автокомбината «Мосавтосантранс» прежде всего с целью снижения времени пребывания автомобилей в фирменной СТО и сокращения количества резервных автомобилей. Наиболее предпочтительным вариантом научного решения, с учётом его последующего использования для всех автобаз «Мосавтосантранса» и других организаций, здесь следует считать использование статистического имитационного моделирования, которое ранее (более 30-ти лет назад) уже использовалось при оценке перспективных организационно-производственных структур АТП общего пользования ([2, стр. 163-198], [3, стр. 254-301]). При этом указанные модели, реализованные на стационарных ЭВМ (единой серии ЕС), базировались на статистических показателях надёжности, в основном законах распределения наработок агрегатов и узлов автомобилей на аварийные отказы и неисправности и времени их устранения, наглядно показывали преимущества перспективных организационных систем как в отношении экологической безопасности и безопасности движения, так и в отношении снижения затрат на техническую эксплуатацию. К сожалению, разработанные ранее программы уже не могут быть непосредственно использованы, однако общие принципы статистического имитационного моделирования в настоящее время могут быть реализованы в новых моделях на основе программы GPSS WORLD для персональных и переносных компьютеров (ноутбуков). Это будет способствовать последующему широкому использованию подобных моделей на практике и в целом находиться в русле применения цифровых технологий.

Материал и методы

На начальном этапе имитационное моделирование будет проведено на примере проведения работ ТР автомобилей Mercedes-Benz Spriner на наиболее технологически оснащённой производственной зоне одной из автобаз «Мосавтосантранса» в кооперации с фирменной СТО. Для указанной автобазы все работы по ТО выполнялись только на предприятии, в то время как для остальных автобаз с определённой вероятностью плановое обслуживание проводилось по кооперации с автосервисом, что усложняло моделирование. При этом в программе имитации для наиболее простого случая (в перспективе и для всех остальных организационных структур) были учтены специфические особенности загрузки комплексных постов, на которых сначала должны быть выполнены плановые работы ТО (с учётом установленных на практике статистическими отклонениями от плана подачи автомобиля на посты и нормированного времени выполнения обслуживания, обычно в первой половине дня), а затем проводиться заявочные работы ТР, ежедневная потребность в которых также моделировалась на основе соответствующих законов распределения [5]. На основании полученных результатов затем имитировалась возможность использования резервных автомобилей, если простои в ТР составляли более одного рабочего дня авторемонтных мастерских (АРМ), работающих в одну смену по 5-ти дневной рабочей недели. С учетом дополнительного стимулирования для завершения работ в пределах данной смены дня по согласованию с администрацией предусматривалась возможность увеличения времени работы универсального поста на 1 час (на практике время увеличения может быть значительно больше).

Теория

Сложность данного этапа моделирования заключалась в необходимости получения исходных данных по трудоёмкости работ ТР, которые должны быть выполнены на специализированных постах АРМ, и их статистических характеристик. Для этого обычно принято использовать технологические нормативы (в человеко-часах), принятые на предприятии, в сочетании с показателями надёжности восстанавливаемых агрегатов и узлов автомобиля, которые в настоящее время как для отечественного, так и тем более для зарубежного подвижного состава практически получить невозможно (приблизительно о некоторых из них можно су-

дить по результатам сертификационных испытаний, отражённых в сервисных книжках). Поэтому здесь более целесообразным представляется использование непосредственной оценки закономерности времени рассеяния выполнения заявок по текущему ремонту автомобилей, независимо от его физического содержания. Указанная оценка может быть получена на основе экспериментальных наблюдений за работой постов, проведённых за достаточный календарный период времени и учитывающих индивидуальные наборы характерных операций ТР для различных автомобилей, которые будут повторяться для других календарных периодов. Используемый в данном исследовании естественный месячный период наблюдения по полученным результатам можно считать достаточным для проведения имитационного моделирования, как это можно видеть из представленных на рис.1 результатов обработки номенклатуры заявок по ТР и времени их выполнения по 70 автомобилям за август месяц 2018 года. Особенностью данной обработки являлось использование программы STATISTICA с её возможностями автоматического определения параметров задаваемых из имеющегося набора законов распределения, и последующего выбора наиболее предпочтительного из них для целей моделирования [2]. Удобство обработки обеспечивается предварительно заполненной электронной таблицей, отражающей как номенклатуру, так и продолжительность выполнения работ ТР на посту по каждому автомобилю, при этом для удобства применения закона Вейбулла, дифференциальная плотность которого оценивается с начала координат, оказалось необходимым провести корректировку исходных данных по времени выполнения, уменьшив их на 0,5 часа и поместив полученные цифры в столбец соответствующей переменной. В верхней части гистограммы рис. 1 приведены полученные программой параметры закона распределения, которые составили: параметр масштаба a , косвенно связанный со средним значением, равен 2,63; параметр формы b , косвенно связанный в надёжности с коэффициентом вариации, равен 1,17.

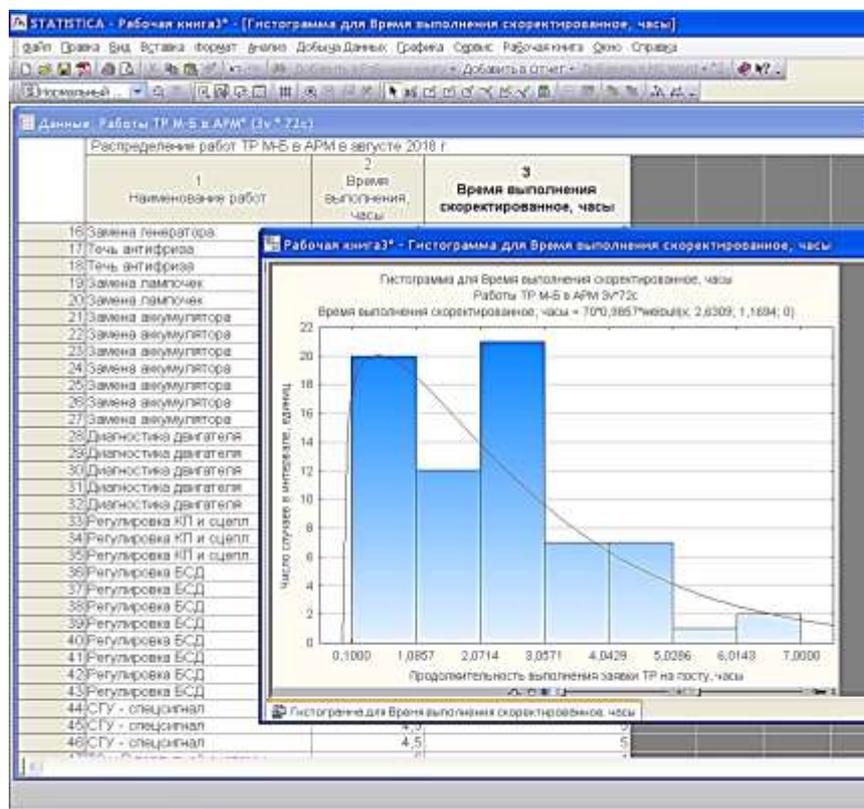


Рисунок 1 - Статистическая оценка параметров закона рассеяния скорректированного времени выполнения заявки ТР автомобилей Mercedes-Benz Sprinter на специализированных постах ТО и ТР в авторемонтных мастерских предприятия при помощи программы STATISTICA: параметры закона Вейбулла отражены в верхней части гистограммы

При моделировании в диапазоне от 0,01 часа до 7 часов обеспечивается вероятность

получения разыгрываемых значений продолжительности пребывания автомобилей на посту ТР с вероятностью не менее $P=0,957$, что можно считать достаточным для данной работы. К полученному значению достаточно прибавить величину, равную 0,5 часа для последующих расчётов. Также необходимо корректировать среднемесячное количество заявок с учетом сезонной неравномерности [4, 5].

Более сложным являлся процесс моделирования выполнения работ ТР автомобилями Mercedes-Benz Sprinter на фирменной СТО. Здесь за основу базовой статистики была взята имевшая место номенклатура работ за август 2018 года по 40-ка автомобилям (отражена в левой части рисунка 2), и на основе имеющихся в интернете данных о стоимости указанных работ и аналогов времени их выполнения в АРМ предприятия были в первом приближении определены продолжительности занятости постов СТО при их производстве. При этом принимались во внимание имеющее место на практике простои автомобилей до начала ремонта (обычно ввиду ожидания подвоза на склад СТО необходимых запасных частей), и при моделировании принималось естественное условие последующего выполнения работ в начале рабочей смены. По полученной статистике для моделирования был принят нормальный закон распределения времени ожидания ремонта со средним значением 10 дней и стандартным отклонением 3 дня, при допустимом диапазоне расчётных величин от 4-х до 16-ти дней. Также из обобщения семимесячных бухгалтерских отчётных показателей проведения работ на СТО исходя из нормального закона со средним значением 27 и стандартным отклонением 6,5 проводилось помесечное моделирование количества автомобилей, направляемых в СТО, в диапазоне от 14 до 40 (в модели были заложены возможности оперативной корректировки исходных показателей). Также принимались во внимание возможные графики работы СТО (наиболее распространёнными являются работа без выходных, за исключением общегосударственных праздников, в одну или две смены).

При анализе номенклатуры работ на СТО и продолжительности занятости постов была выявлена целесообразность выделения в отдельную группу автомобилей с капитальными ремонтами двигателей (35 часов), месячная вероятность которых составила величину 0,075. Моделирование процессов их проведения потребовало разработки специального алгоритма, задающего как количество таких автомобилей, так и моменты их отправки в СТО. С учётом этого была определена закономерность распределения времени занятости постов СТО на остальные виды ремонта по скорректированным данным, уменьшенным на 2 часа (рис. 2). Здесь также наиболее предпочтительным и удобным для имитационного оказался закон Вейбулла с параметрами $a=6,0$ и $b=1,17$ диапазон имитации составил от 0,1 до 18 часов, к полученным таким образом значениям необходимо добавлять величину в 2 часа.

Для подсчета полного времени нахождения автомобиля на СТО, когда используются резервы подвижного состава, необходимо также моделировать процесс его возврата в АТП и включения в перевозочный процесс. Очевидно, что указанный процесс может быть осуществлён не ранее чем на следующий день после завершения ремонта на СТО, а если это произошло в выходные дни, то не ранее, чем в понедельник. Соответственно, включение отремонтированного автомобиля в перевозочный процесс и возврат резервного на охраняемую стоянку реально может быть осуществлено не ранее следующего рабочего дня АРМ. Таким образом, выполнение всех описанных выше этапов имитационных процессов для основного и резервного подвижного состава одной автобазы, в сочетании с работой универсальных постов ТО и ТР АРМ, позволит получить наиболее реалистичную модель организации работ по технической эксплуатации автомобилей Mercedes-Benz Sprinter при кооперации с предприятиями автосервиса. При доводке модели последующие исследования для различных вариантов достаточно осуществлять путём расчётов их основных показателей на персональных компьютерах, т.е. на основе цифровых технологий.

В результате моделирования необходимо получить месячные данные по следующим показателям, по которым затем возможно осуществлять технико-экономические оценки (при непрерывной имитации в пределах одного годового цикла с условиями неизбежных между-месячных переходов):

- количество ТО по каждому месяцу;
- среднее количество ТО, выполняемых в течение рабочей смены АРМ для данного месяца, и минимальные и максимальные значения этого показателя;
- количество ТР, выполняемых в АРМ по каждому месяцу;
- среднее количество ТР, выполняемых в течение рабочей смены АРМ для данного месяца, и минимальные и максимальные значения этого показателя;
- среднее количество используемых резервных автомобилей из-за невозможности выполнения ТО и ТР в АРМ в пределах одной рабочей смены, по каждому месяцу;
- среднее количество используемых резервных автомобилей ввиду выполнения ремонтных работ на СТО, по каждому месяцу, и др.

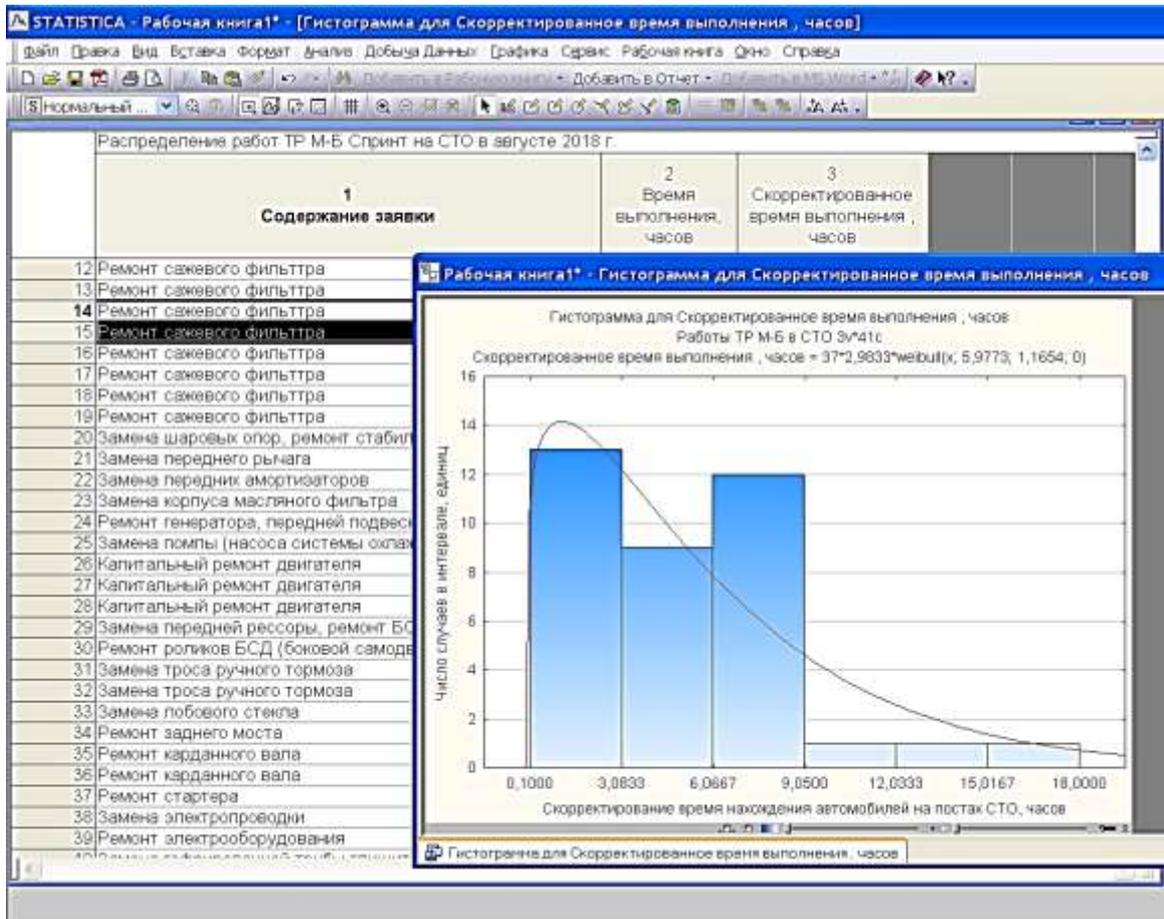


Рисунок 2 - Статистическая оценка параметров закона рассеяния скорректированного времени выполнения заявки ТР автомобилей Mercedes-Benz Sprinter на постах фирменной СТО при помощи программы STATISTICA: параметры закона Вейбулла отражены в верхней части гистограммы

Результаты и обсуждение

В настоящее время ни одно эксплуатационное предприятие не может обеспечить выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей своими силами на 100 % по техническим, технологическим и экономическим причинам. Для обеспечения необходимого качества часть работ выполняется сторонними организациями. Для определения перечня этих работ и для выбора наиболее эффективного исполнителя используется аппарат имитационного моделирования. Предложенные методические подходы и требования к исходной информации, используемой для имитационного моделирования организационных процессов технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств, с учетом того, что часть работ отдается на аутсорсинг специализированным предприятиям автосервиса, позволяют в значительной степени облегчить и сократить время на подготовку исходной ин-

формации, и получить адекватные исследуемым процессам имитационные модели.

Выводы

Сформулированы важнейшие методические предпосылки и требования к составу и качественным характеристикам информации, необходимой для построения имитационных моделей организационных процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей в условиях кооперации работ между автотранспортным предприятием и предприятиями автосервиса. Полученные имитационные модели будут использованы при принятии оптимальных управленческих решений при построении системы ТО и ремонта автомобилей для автотранспортного предприятия с учетом кооперации работ с предприятиями автосервиса, в частности, при определении перечня работ, отдаваемых на аутсорсинг, и выборе конкретного исполнителя этих работ с учетом организационных и экономических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сарбаев В.И., Тарасов В.В. Техническая эксплуатация автотранспортных средств. Выбор стратегии в организации и управлении: учебное пособие / под общ. ред. В.В. Тарасова. М.: МГИУ, 2004. – 192 с.
2. Болдин А.П., Сарбаев В.И. Надежность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта. Теоретические основы: учебное пособие. М.: МАИИ, 2010. 206 с.
3. Болдин А.П., Максимов В.А. Основы научных исследований: учебник для студ. учреждений высш. образования. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2014. 352 с.
4. Сарбаев В.И., Болдин А.П., Чусова А.С. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей на автотранспортных предприятиях скорой помощи // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий: Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-технической конференции. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т., 2018. С. 429-434.
5. Болдин А.П., Сарбаев В.И., Чусова А.С. Особенности технической эксплуатации автомобилей специального назначения // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий: Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-технической конференции. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т., 2018. С. 75-78.
6. Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: учебное пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. 193 с.
7. Савин Л.О., Королёв М.В., Носов М.В. Анализ определяющих параметров и возможностей использования гибких стратегий технического обслуживания для повышения надежности автомобильной техники при ее эксплуатации в особых условиях // Научный результат. Информационные технологии. 2017. №2. С. 9-20.
8. Яговкин А.И. Организация производства технического обслуживания и ремонта машин: учеб. Пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 400 с.
9. Корчагин В.А., Новиков А.Н., Ляпин С.А., Ризаева Ю.Н. Сложные саморазвивающиеся транспортные системы // Мир транспорта и технологических машин. 2016. №2(53). С. 110-116.
10. Управление автосервисом: Учебное пособие для вузов / под общ. ред. д.т.н., проф. Л.Б. Миротина. М.: Издательство «Экзамен», 2004. 320 с.
11. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. М.: Мир, 1978. 418 с.
11. Дж. Ван Гиг. Прикладная общая теория систем. В 2-х книгах. М.: Мир, 1981. 731 с.
12. Ли Р.И. Основы научных исследований: Учебное пособие. Липецк: ЛГТУ, 2013. 188 с.
13. Пономарев А.Б., Пикулева Э.А. Методология научных исследований: Учебное пособие. Пермь: Перм. Нац. Исслед. Политехн. Ун-т, 2014. 186 с.
14. Махмудова Ф.М. Система управления и ее основные положения при ремонте и технического обслуживания автомобилей / под общей редакцией А.И. Вострецова // Инновационные научные исследования: теория, методология, практика: Сб. тр. по материалам Международной (заочной) научно-практической конференции. Кишинев: Научно-издательский центр «Мир науки». 2019. С. 60-65.
15. Панин А.В. Организация технологических процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей: информационно-справочное пособие по курсу «Технологические процессы поддержания работоспособности автомобилей». Барнаул, 2018. 102 с.
16. Романцов Р.В. Разработка рациональных форм централизованных специализированных производств по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10. Саратов, 2002. 19 с.
17. Федоров А.Г., Криков А.М. Оценка эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационной поддержки // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: Сб. тр. по материалам I Всероссийской заочной научно-практической конференции. Чита: Забайкальский государственный университет, 2016. С. 136-143.
18. Федоров А.Г. Информационные системы поддержки принятия решений в системе технического обслуживания автомобилей АПК // Леса России и хозяйство в них. Екатеринбург, 2012. №1-2(42-43). С. 92-94.

19. Хабибуллин Р.Г. Основы формирования фирменной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей (на примере автоцентров КАМАЗ): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Москва, 2000. 20 с.

20. Шахтарин К.В. Совершенствование системы технического обслуживания автомобилей // Студент и аграрная наука: сб. науч. тр. по материалам XII Всероссийской студенческой научной конференции. Изд-во: Башкирский государственный аграрный университет. 2018. С. 179-182.

21. Казаринов Ю.И., Казаринова Е.Ю. Методология построения корпоративной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей на сервисном предприятии // Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса: сб. науч. тр. по материалам VIII Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и ученых. В 2 томах. Нижневартовск: Тюменский индустриальный университет. 2018. С. 148-151.

22. Карпова Л.Ю. Стратегия управления качеством технического обслуживания и ремонта автомобилей на основе логистического подхода: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Самара, 2004. 217 с.

Сарбаев Владимир Иванович

Московский политехнический Университет

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38

Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Наземные транспортные средства»

E-mail: visarbaev@gmail.ru

Болдин Адольф Петрович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский просп., 64

Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис»

E-mail: boldin1940@yandex.ru

Чусова Антонина Сергеевна

Московский политехнический Университет

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38

Аспирант

E-mail: marina-chusova67@yandex.ru

V.I. SARBAEV, A.P. BOLDIN, A.S. CHUSOVA

**METHODOLOGICAL PREREQUISITES FOR SIMULATION
MODELING OF THE PROCESSES OF COOPERATION OF WORKS
ON MAINTENANCE AND REPAIR OF CARS BETWEEN THE ATP AND
THE SERVICE STATION**

***Abstract.** The tasks of organizing the maintenance and repair of ambulances, based on the cooperation of their implementation in road transport organizations (ATP) and car service enterprises, are considered. Preliminary studies have been carried out and options for obtaining rational organization options using statistical simulation methods have been formulated*

***Keywords:** organization of maintenance and repair of cars, motor transport organizations, car service enterprises, cooperation of works, simulation modeling*

BIBLIOGRAPHY

1. Sarbaev V.I., Tarasov V.V. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtotransportnykh sredstv. Vybora strategii v organizatsii i upravlenii: uchebnoe posobie / pod obshch. red. V.V. Tarasova. M.: MGIU, 2004. - 192 s.

2. Boldin A.P., Sarbaev V.I. Nadezhnost` i tekhnicheskaya diagnostika podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta. Teoreticheskie osnovy: uchebnoe posobie. M.: MAII, 2010. 206 s.

3. Boldin A.P., Maksimov V.A. Osnovy nauchnykh issledovaniy: uchebnyk dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. obrazovaniya. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2014. 352 s.

4. Sarbaev V.I., Boldin A.P., Chusova A.S. Organizatsiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley na avtotransportnykh predpriyatiyakh skoroy pomoshchi // Sovershenstvovanie avtotransportnykh sistem i servisnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t., 2018. S. 429-434.

5. Boldin A.P., Sarbaev V.I., Chusova A.S. Osobennosti tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley spetsial'nogo naznacheniya // Sovershenstvovanie avtotransportnykh sistem i servisnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t., 2018. S. 75-78.
6. Hasanov R.H. Osnovy tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley: uchebnoe posobie. Orenburg: GOU OGU, 2003. 193 s.
7. Savin L.O., Koroliov M.V., Nosov M.V. Analiz opredelyayushchikh parametrov i vozmozhnostey ispol'zovaniya gibkikh strategiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya dlya povysheniya nadezhnosti avtomobil'noy tekhniki pri ee ekspluatatsii v osobykh usloviyakh // Nauchnyy rezul'tat. Informatsionnye tekhnologii. 2017. №2. S. 9-20.
8. Yagovkin A.I. Organizatsiya proizvodstva tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashin: ucheb. Posobie dlya stud. Vyssh. Ucheb. Zavedeniy. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2006. 400 s.
9. Korchagin V.A., Novikov A.N., Lyapin S.A., Rizaeva Yu.N. Slozhnye samorazvivayushchiesya transportnye sistemy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2016. №2(53). S. 110-116.
10. Upravlenie avtoservisom: Uchebnoe posobie dlya vuzov / pod obshch. red. d.t.n., prof. L.B. Mirotina. M.: Izdatelstvo «Ekzamen», 2004. 320 s.
11. Shannon R. Imitatsionnoe modelirovanie sistem - iskusstvo i nauka. M.: Mir, 1978. 418 s.
11. Dzh. Van Gig. Prikladnaya obshchaya teoriya sistem. V 2-kh knigakh. M.: Mir, 1981. 731 s.
12. Li R.I. Osnovy nauchnykh issledovaniy: Uchebnoe posobie. Lipetsk: LGTU, 2013. 188 s.
13. Ponomarev A.B., Pikuleva E.A. Metodologiya nauchnykh issledovaniy: Uchebnoe posobie. Perm: Perm. Nats. Issled. Politekh. Un-t, 2014. 186 s.
14. Makhmudova F.M. Sistema upravleniya i ee osnovnye polozheniya pri remonte i tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley / pod obshchey redaktsiyei A.I. Vostretsova // Innovatsionnye nauchnye issledovaniya: teoriya, metodologiya, praktika: Sb. tr. po materialam Mezhdunarodnoy (zaochnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kishinev: Nauchno-izdatel'skiy tsentr «Mir nauki». 2019. S. 60-65.
15. Panin A.V. Organizatsiya tekhnologicheskikh protsessov tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley: informatsionno-spravochnoe posobie po kursu "Tekhnologicheskie protsessy podderzhaniya rabotosposobnosti avtomobiley". Barnaul, 2018. 102 c.
16. Romantsov R.V. Razrabotka ratsional'nykh form tsentralizovannykh spetsializirovannykh proizvodstv po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu avtomobiley: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. Saratov, 2002. 19 s.
17. Fedorov A.G., Krikov A.M. Otsenka effektivnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya gruzovykh avtomobiley s primeneniem sistemy informatsionnoy podderzhki // Nazemnyye transportno-tekhnologicheskie sredstva: proektirovanie, proizvodstvo, ekspluatatsiya: Sb. tr. po materialam I Vserossiyskoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chita: Zabaykal'skiy gosudarstvennyy universitet, 2016. S. 136-143.
18. Fedorov A.G. Informatsionnye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy v sisteme tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley APK // Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh. Ekaterinburg, 2012. №1-2(42-43). S. 92-94.
19. Habibullin R.G. Osnovy formirovaniya firmennoy sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley (na primere avtotstentrov KAMAZ): avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. Moskva, 2000. 20 c.
20. Shakhtarin K.V. Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley // Student i agrarnaya nauka: sb. nauch. tr. po materialam HII Vserossiyskoy studencheskoy nauchnoy konferentsii. Izd-vo: Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2018. S. 179-182.
21. Kazarinov Yu.I., Kazarinova E.Yu. Metodologiya postroeniya korporativnoy sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley na servisnom predpriyatii // Opyt, aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa: sb. nauch. tr. po materialam VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii obuchayushchikhsya, aspirantov i uchenykh. V 2 tomakh. Nizhnevartovsk: Tyumenskiy industrial'nyy universitet. 2018. S. 148-151.
22. Karpova L.Yu. Strategiya upravleniya kachestvom tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley na osnove logisticheskogo podkhoda: dis. ... kand. ekon. nauk: 08.00.05. Samara, 2004. 217 s.

Sarbaev Vladimir Ivanovich
Moscow Polytechnic University
Address: 107023, Russia, Moscow
Doctor of technical sciences
E-mail: visarbaev@gmail.ru

Chusova Antonina Sergeevna
Moscow Polytechnic University
Address: 107023, Russia, Moscow
Graduate student
E-mail: marina-chusova67@yandex.ru

Boldin Adolf Petrovich
Moscow Automobile and Road State Technical University
Address: 125319, Russia, Moscow
Doctor of technical sciences
E-mail: boldin1940@yandex.ru

Научная статья
УДК 629.331.082.2
doi:10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-74-81

Я.С. ТКАЧЕВА, Н.Г. ШАПОВАЛОВА

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ДЕТЕЙЛИНГА САМООБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация. Статья посвящена вопросам организации станции технического обслуживания с функцией детейлинга самообслуживания. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей становятся более научными и трудоёмкими процессами, для выполнения которых необходимы сложные технологические оборудования и персонал. Такая производственная структура реализуется в виде станции технического обслуживания автомобилей с функцией детейлинга самообслуживания. Инвестиции на открытие СТО с функцией детейлинга самообслуживания окупаются за 2 года с открытия сервиса.

Ключевые слова: транспорт, детейлинг, станция технического обслуживания, самообслуживания, этапы строительства помещения, капитальные вложения

Введение

Благодаря развитию автомобильных технологий за несколько лет автопарк России активно вырос. Больше всего за счет выпуска новых автомобилей. Увеличение численности автомобильного парка сказалось на росте численности автовладельцев. По данным статистики за последние восемнадцать лет количество автомобилей в России выросло больше чем в два раза (с 118 машин в 1997 году до 250 в 2023 году на тысячу жителей) [6].

Даже при отсутствии роста авторынка в России количество автовладельцев будет продолжать увеличиваться и примерно через 8 или 10 лет показатель приблизится к странам Восточной Европы (400 автомобилей на тысячу жителей). Рост авторынка привёл к большому спросу на услуги авто ремонтных сервисов и предприятий обеспечения технической эксплуатации автомобиля [14].

Любой автовладелец хочет, чтобы его автомобиль выглядел ухоженным, без вмятин и царапин, поэтому появляется спрос на детейлинговое обслуживание автомобилей. Чтобы удовлетворить спрос автовладельцев на улучшение внешнего вида автомобиля необходимо обеспечить предоставление услуг по детейлингу автомобилей и разнообразить эти услуги введением практики самообслуживания.

Материал и методы

Автомобиль является сложным техническим изделием, которое состоит из множества связанных друг с другом систем и узлов. Каждый элемент автомобиля нуждается в своевременном обслуживании и ремонте.

Внешняя и внутренняя конструкция автомобиля всё больше усложняется и новые технологии развития используются в работе автомобилей. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей становятся более научными и трудоёмкими процессами, для выполнения которых необходимы сложные технологические оборудования и персонал. Такая производственная структура реализуется в виде станции технического обслуживания автомобилей с функцией детейлинга самообслуживания.

Каждый уважающий себя человек следит за своей внешностью, так как это наша визитная карточка. Так же дело обстоит и с кузовом автомобиля, это, бесспорно, лицо транспортного средства. Следует помнить, что от состояния кузова вашего авто зависит комфортность езды и ее безопасность. Потому проведение диагностики и своевременного ремонта - процедуры необходимые и жизненно важные не только для машины, но и для самого владельца.

СТО позволяет:

- устранить любые дефекты кузова, которые появились после ДТП;
- избавиться от коррозии и провести профилактические меры против ее появления;
- защитить авто от губительного воздействия погодных факторов;
- надежно закрепить все кузовные детали, благодаря чему повышается безопасность движения;
- провести своевременную замену износившихся деталей;
- профилактика позволит в будущем избежать замены всего кузова целиком, что существенно экономит ваши деньги.

В отличие от автомойки детейлинг пользуется узкого рода сегментированной химией и специального оборудования, а также тщательностью работы над каждым элементом автомобиля.

Теория / Расчет

В детейлинг сервисе присутствует порядок который обычно состоит как минимум из 10 шагов, которые представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема услуг детейлинга

Разрабатываемый участок будет универсальным, тупиковым. В нём проводятся мойка и полировка автомобиля. Работы проводятся в боксах где демонтируют детали, моют, полируют, очищают с помощью специальных веществ, инструментов и оборудования.

Пост тупикового типа означает, что мойка, полировка, детейлинг и инвентарь располагаются тупиковым методом то есть при поступлении авто автомобиль не движется по конвейеру а выезжает таким же путём которым приехала.

Универсальность поста придает то что используется покраска на как иностранные автомобили с любым типом кузова так и отечественных автомобилей.

Для правильного и экономичного расположения боксов для детейлинга и оборудования необходимого для производства, а так - же для непредвиденных ситуаций, таких как пожар, интоксикация химией применяемой для проведения работ по детейлингу необходимо составить план, схему помещения [10].

В разрабатываемом детейлинг сервисе самообслуживания будет план здания на 3 бокса с учётом длины и ширины изображённый на рисунке 2.

На рисунке 2 показано количество боксов для детейлинга автомобилей с помещением рядом в котором находятся все необходимые инструменты и расходные материалы для проведения детейлинг работ с автомобилем.

Приблизительный интерьер СТО с функцией детейлинга самообслуживания показан на рисунке 3.

Помещения для приёмки, технического узла, котельной, зоной отдыха, кафе и туалетное помещение показаны на рисунке 4.

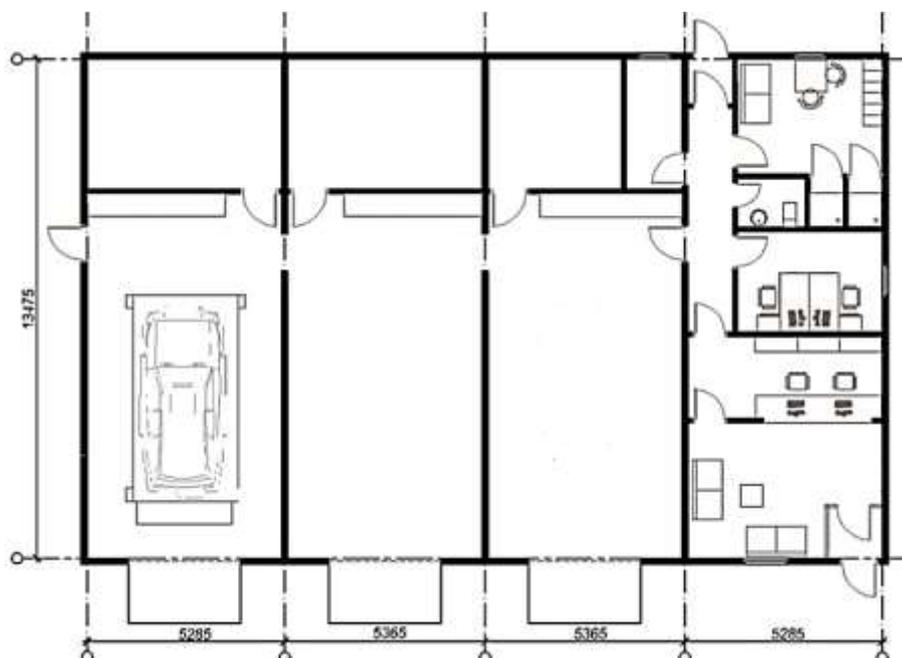


Рисунок 2 - План здания на 3 бокса с учётом длины и ширины



Рисунок 3 - 3D модель интерьера СТО с функцией детейлинга самообслуживания



Рисунок 4 - Помещения для приёмки, технического узла, котельной, зоной отдыха, кафе и туалетное помещение

В проекте создания СТО с функцией детейлинга самообслуживания часто будут производиться уборочно - моечные работы с большим применением воды и очищающей химии. Для СТО с функцией детейлинга самообслуживания потребуются очистные сооружения такие как на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5 потребуется строительство подземной части для внедрения очистной станции с лотками, отстойниками которая будет обеспечивать безотходное потребление воды.

Следующий этап строительства -это возведение стен и крыши.

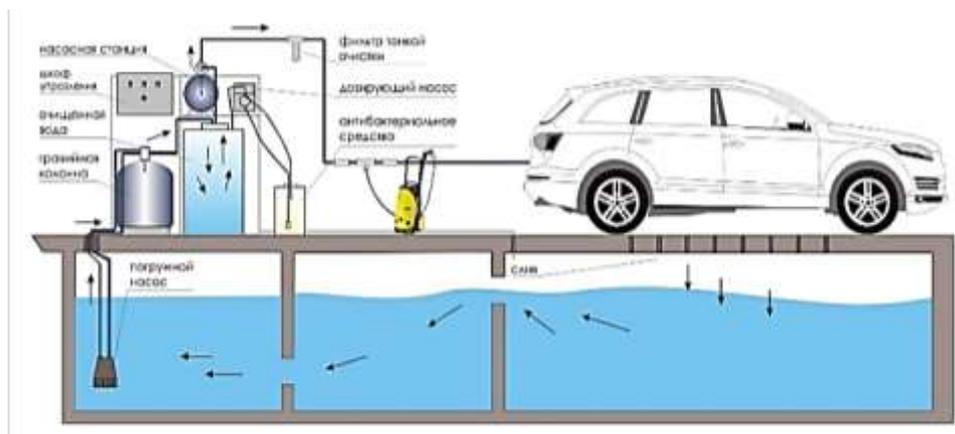


Рисунок 5 - Схема очистного сооружения для СТО с функцией детейлинга самообслуживания

На СТО с функцией детейлинга самообслуживания стены и крыша будут возводиться из метало-конструкционных соединений (рис. 6 и 7)

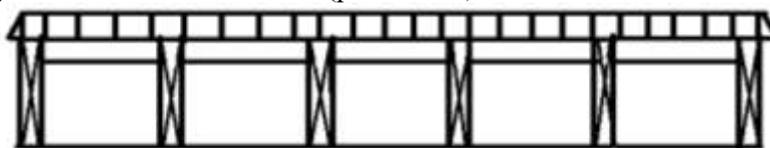


Рисунок 6 - Метало-конструкционное соединение стен и крыши

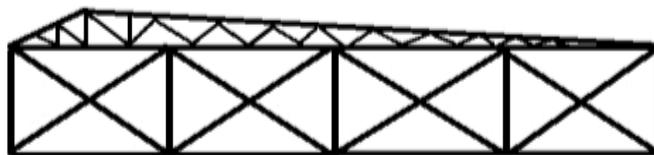


Рисунок 7 - Метало-конструкционное соединение стен и крыши вид сбоку

После установки каркаса стен и крыши их обшивают сэндвич - панелями толщиной 10 см. Современные сэндвич-панели толщиной всего лишь 10 см заменяют стену толщиной 50 см из шлако - блока обладая лучшими характеристиками по теплоизоляции.

Данная конструкция позволит проводить бетонные работы внутри помещений в любое время года так как сэндвич - панели сохраняют плюсовую температуру внутри помещения даже при минус 30 градусах Цельсия.

Во время бетонных работ во вспомогательных помещениях будут установлены теплые полы на водной основе, которые будут обеспечивать тепло в помещениях, а обогрев автомобиля в зоне ожидания будет обеспечиваться с помощью сплит системы

Схема строительства здания на металлокаркасе в большинстве случаев состоит из нескольких этапов:

- 1) подготовка грунта. Производится с учетом размеров спроектированного объекта. Учитывается вероятность вывоза грунта, что связано с привлечением организаций для вывоза;
- 2) возведение фундамента. Включает в себя: армирование, присоединение опалубки, заливка бетона, удаление опалубки. Демонтаж опалубки из пенополистирола не требуется и будет служить для дополнительного утепления;
- 3) установка металлического каркаса. Существует два этапа строительства: покупка готовых металлических ферм, которые рассчитаны на определенную нагрузку и монтаж ферм через подрядчика;
- 4) внешнее зашивание металлического каркаса. Выполняется из профлиста, и обеспечивает дополнительную жесткость конструкции;
- 5) установка утеплителя. Используются многослойные сэндвич панели, толщина утеплителя не должна быть менее 150 мм;
- 6) внутреннее зашивание. Используются легко моющиеся влагозащищенные материалы, панели из ПВХ;
- 7) работы по отделке. Включают в себя разводку электросети, канализации, водоснабжения и отопления.

Постройка СТО с функцией детейлинга самообслуживания складывается из расходов на возведение конструкции и соблюдение всех требований.

Возведение здания из сэндвич панелей обойдется приблизительно в 550000 руб. за 100 квадратных метров. Утепление в сэндвич панелях будет стоить примерно 500 руб. за квадратный метр.

Здание СТО с функцией детейлинга самообслуживания в среднем занимает 68 м² и высоту 5 м². Следовательно возведение здания обойдётся в 374000 руб. Утепление здания будет стоить 35000 руб. Примерное изображение СТО с функцией детейлинга самообслуживания показана на рисунке 8.



Рисунок 8 - 3D модель СТО с функцией детейлинга самообслуживания

Результаты и обсуждение

Объём капитальных вложений в СТО с функцией детейлинга самообслуживания требует капитальных вложений в инструментарий, расходные материалы, стройку и последующая закупка расходных материалов.

Капитальные вложения на оборудование для СТО с функцией детейлинга самообслуживания показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Капитальные вложения на оборудование СТО с функцией детейлинга самообслуживания

| Наименование | Стоимость в руб. |
|--|------------------|
| 1 | 2 |
| Губка крупнопористая для кузова | 180 |
| Губка для кузова поролоновая | 100 |
| Губка для очистки тканевых поверхностей | 80 |
| Аппликатор для очернения резины | 182 |
| Нанокерамическое защитное покрытие | 5000 |
| Щётка - кисть для детейлинга (комплект) | 500 |
| Ёршик для дисков | 700 |
| Насадки ёршик, щётка на шуруповёрт, дрель | 500 |
| Щётка для кожи | 300 |
| Диски для полировальных машинок | 4000 |
| Распылитель | 500 |
| Пенник | 1300 |
| Ведро | 150 |
| Ёмкости для разведения автохимии | 130 |
| Ультратягкое полотенце из микрофибры для сушки | 550 |
| Набор салфеток из микрофибры 30х30см | 300 |
| Очистители дисков, резины | 300 |
| Автошампуни для ручной бесконтактной мойки | 1000 |
| Полировальная паста | 550 |
| Твёрдый воск карнаубы | 5000 |
| Набор чистящих средств для салона автомобиля | 3500 |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 |
|--|-------|
| Лак, эмаль для автомобиля | 350 |
| Обезжириватель, универсальный | 150 |
| Жидкое стекло для кузова автомобиля | 5000 |
| Покрытия для стекла | 1500 |
| Смазка для откручивания | 400 |
| Мастика антикоррозийная полимерно-битумная | 170 |
| Итого | 32900 |

Капитальные вложения на инструменты для СТО с функцией детейлинга самообслуживания приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Капитальные вложения на инструменты для СТО с функцией детейлинга самообслуживания

| Наименование | Стоимость в руб. |
|--|------------------|
| Профессиональный пылесос экстрактор Lavor Pro Constellation IR | 75000 |
| Ротационная полировальная машинка RUPES LH19E LH19E | 36000 |
| Эксцентриковая шлифмашинка CAT DX46 | 5000 |
| Полировальная машина WORX WX856.9 20V аккумуляторная | 6500 |
| Компрессор Fubag COTTAGE MASTER KIT + 8 (VDC/50 + 8 предметов) | 37000 |
| Мойка высокого давления DEKO DKCW170 PRO | 6000 |
| Аппарат для химчистки салона автомобиля Торнадор | 2500 |
| Озонатор Ионизатор генератор озона 60 г/ч | 2000 |
| Мощный парогенератор для автомоек и чистки салона автомобиля BIEFFE Magic Vapor RA BF009FR | 85000 |
| Электрическая тепловая пушка Ресанта ТЭПК-5000К, 5кВт | 5500 |
| Доска для инструментов | 6500 |
| Кронштейны для инструментов | 1300 |
| Стеллаж для расходных материалов | 6000 |
| Стул для детейлинга | 7000 |
| Итого | 281300 |

Таблица 3 - Капитальные вложения в СТО с функцией детейлинга самообслуживания

| Название | Сумма вложений в руб. |
|--|-----------------------|
| Необходимые расходные материалы для детейлинга самообслуживания | 32900 |
| Основные инструменты и необходимое оборудование | 281300 |
| Возведение здания для СТО с функцией детейлинга самообслуживания | 409000 |
| Итого | 784000 |

Ценообразование на оборудование и материалы для проекта СТО с функцией детейлинга самообслуживания взяты во время санкций и уход с рынка большинства производителей. Оборудование и материалы для СТО с функцией детейлинга самообслуживания заменены отечественными и китайскими аналогами, что позволило даже сэкономить на закупке.

Объем работы на СТО с функцией детейлинга самообслуживания могут выполнять 2 детейлера, штат можно расширить. Форма оплаты труда будет в виде оклада с прибавлением процента от выручки.

Администратор на СТО с функцией детейлинга самообслуживания занимается не только бумажной работой, но и может взять на себя создание фото или видео контента для ведения социальных сетей. Зарплата администратора также привязана к выручке. Основные показатели СТО с функцией детейлинга самообслуживания представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Основные показатели СТО с функцией детейлинга самообслуживания

| Название | Сумма в руб. |
|---|--------------|
| Сумма первоначальных инвестиций | 784000 |
| Срок окупаемости (мес.) | 2,4 |
| Ставка дисконтирования, % | 13,00 |
| Чистый дисконтированный доход - NPV, руб. | 1379860 |
| Индекс прибыльности - PI | 4,84 |
| Внутренняя норма рентабельности - IRR, % | 77,76 |
| Рентабельность продаж, % | 29% |

Выводы

Таким образом, в проекте СТО с функцией детейлинга самообслуживания каждая услуга будет приносить прибыль. Первое место в списке популярности займет автомойка, второе место в списке популярности будет за химчисткой салона, третьим закрепится полировка кузова, а четвертым нанесение дорогих защитных покрытий на кузов, пластик, дерево и стекло.

СТО с функцией детейлинга самообслуживания способно приносить ежемесячно примерно 120 тыс. руб. Инвестиции на открытие СТО с функцией детейлинга самообслуживания окупятся за 2 года с открытия сервиса. В дальнейшем, при благоприятном стечении обстоятельств, бизнес начнет приносить больше прибыли, ведь количество клиентов увеличится.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савин Л.О., Королёв М.В., Новиков А.Н. Алгоритм и методика управления периодичностью технического обслуживания автомобильной техники при ее эксплуатации в особых условиях / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VI Международной научно-практической конференции. 2020. С. 229-235.
2. Ременцов А.Н., Егоров В.А., Адиб Р. Анализ системы технического обслуживания автомобилей в странах ближнего востока // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2 (81). С. 3-9.
3. Гришин А.С., Сарбаев В.И., Джованис С., Гусев А.Г. Выбор поставщиков запасных частей для предприятий автосервиса // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №4-1(83). С. 128-135.
4. Лянденбургский В.В., Иванов А.С., Сергеев Н.И. Диагностирование гидросистемы транспортно-технологических машин // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-1(82). С. 3-11.
5. Новиков А.Н., Тебекин М.Д., Недолужко В.В. Использование цифровых технологий в управлении качеством и конкурентоспособностью предприятий автомобильного сервиса // III Арригиевские чтения по теме: «Путь России в будущей мировой порядок»: Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Орёл. 2020. С. 308-318.
6. Бабаев Д.К., Андрющенко С.И., Терюшков В.П. К вопросу организации производственного процесса на станциях технического обслуживания автомобилей // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых. 2020. С. 86-88.
7. Суханов С.А., Тахтамышев Х.М., Новиков А.Н. Математические модели функционирования гаражных автосервисов в рыночных условиях // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. №5. С. 26.
8. Тахтамышев Х.М., Белов С.А. Методика оптимизации мощности технической службы автотранспортных предприятий с учетом обновления парка эксплуатируемых автомобилей // Актуальные научные исследования: Материалы национальной конференции. Невинномысск. 2020. С. 130-139.
9. Семькина А.С., Загородний Н.А., Новиков А.Н. Повышение эффективности деятельности автосервисных предприятий посредством использования цифровых и информационных технологий. Белгород Орел, 2023.
10. Дубских М.К. Развитие рынка уборочно-моечных услуг в городе Оренбурге // Шаг в науку. 2023. №3. С. 20-24.
11. Гришин А.С., Сарбаев В.И., Джованис С. Система показателей оценки эффективности функционирования предприятий автосервиса // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-5(78). С. 112-119.
12. Новиков А.Н., Загородний Н.А., Дуганова Е.В., Новиков И.А. Совершенствование системы автосервисного обслуживания для повышения безопасности дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №1(76). С. 86-94.
13. Чудайкина Т.Н., Лузин М.А. Способы оптимизации прибыли на мойках самообслуживания // Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства: Сборник докладов VI Национальной научно-практической конференции. 2023. С. 65-68.
14. Ашуров С.А. Факторы развития станций технического обслуживания автомобилей // Вестник НГУЭУ. 2018. №4. С. 246-252.
15. Петров А.Д., Стахеева Л.М. Экономическое обоснование внедрения новой услуги «Мойка самообслуживания» на автомойке «Престиж» // НАУКА. ОБРАЗОВАНИЕ. КУЛЬТУРА: Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции «Целищевские чтения – 2022». 2022. С. 207-212.

Ткачева Яна Сергеевна

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

Шапвалова Наталья Георгиевна

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191
К.э.н., доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта
E-mail: shapovalova2472@mail.ru

YA.S. TKACHEVA, N.G. SHAPOVALOVA

JUSTIFICATION OF THE PROJECT OF A MAINTENANCE STATION WITH SELF-SERVICE DETAILING FUNCTION

Abstract. The article is devoted to the issues of organizing a service station with a self-service detailing function. Automotive maintenance and repair are becoming more scientific and labor-intensive processes, requiring sophisticated technological equipment and personnel. This production structure is implemented in the form of a car service station with a self-service detailing function. Investments in opening a service station with a self-service detailing function will pay off within 2 years from the opening of the service.

Keywords: transport, detailing, service station, self-service, stages of building a building, capital investments

BIBLIOGRAPHY

1. Savin L.O., Koroliov M.V., Novikov A.N. Algoritm i metodika upravleniya periodichnost'yu tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobil'noy tekhniki pri ee ekspluatatsii v osobykh usloviyakh / Pod obshechey redaktsiey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2020. S. 229-235.
2. Rementsov A.N., Egorov V.A., Adib R. Analiz sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley v stranakh blizhnego vostoka // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2 (81). S. 3-9.
3. Grishin A.S., Sarbaev V.I., Dzhovanis S., Gusev A.G. Vybor postavshchikov zapasnykh chastey dlya predpriyatiy avtoservisa // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №4-1(83). S. 128-135.
4. Lyandenburskiy V.V., Ivanov A.S., Sergeev N.I. Diagnostirovanie gidrosistemy transportno-tekhnologicheskikh mashin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-1(82). S. 3-11.
5. Novikov A.N., Tebekin M.D., Nedoluzhko V.V. Ispol'zovanie tsifrovyykh tekhnologiy v upravlenii kachestvom i konkurentosposobnost'yu predpriyatiy avtomobil'nogo servisa // III Arrigievskie chteniya po teme: «Put' Rossii v budushchiy mirovoy poryadok»: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh chastyakh. Oriol. 2020. S. 308-318.
6. Babaev D.K., Andryushchenko S.I., Teryushkov V.P. K voprosu organizatsii proizvodstvennogo protsessa na stantsiyakh tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley // Vklad molodykh uchenykh v innovatsionnoe razvitiye APK Rossii: Sbornik materialov Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh. 2020. S. 86-88.
7. Sukhanov S.A., Takhtamyshev H.M., Novikov A.N. Matematicheskie modeli funktsionirovaniya garazhnykh avtoservisov v rynochnykh usloviyakh // Vestnik evraziyskoy nauki. 2020. T. 12. №5. S. 26.
8. Takhtamyshev H.M., Belov S.A. Metodika optimizatsii moshchnosti tekhnicheskoy sluzhby avtotransportnykh predpriyatiy s uchedom obnovleniya parka ekspluatiruemykh avtomobiley // Aktual'nye nauchnye issledovaniya: Materialy natsional'noy konferentsii. Nevinnomysk. 2020. S. 130-139.
9. Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Novikov A.N. Povyshenie effektivnosti deyatel'nosti avtoservisnykh predpriyatiy posredstvom ispol'zovaniya tsifrovyykh i informatsionnykh tekhnologiy. Belgorod Orel, 2023.
10. Dubskikh M.K. Razvitiye rynka uborochno-mochnykh uslug v gorode Orenburge // Shag v nauku. 2023. №3. S. 20-24.
11. Grishin A.S., Sarbaev V.I., Dzhovanis S. Sistema pokazateley otsenki effektivnosti funktsionirovaniya predpriyatiy avtoservisa // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-5(78). S. 112-119.
12. Novikov A.N., Zagorodniy N.A., Duganova E.V., Novikov I.A. Sovershenstvovanie sistemy avtoservisnogo obsluzhivaniya dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №1(76). S. 86-94.
13. Chudaykina T.N., Luzin M.A. Sposoby optimizatsii pribyli na moykakh samoobsluzhivaniya // Aktual'nye problemy nauki i praktiki v razlichnykh otraslyakh narodnogo khozyaystva: Sbornik dokladov VI Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2023. S. 65-68.
14. Ashurov S.A. Faktory razvitiya stantsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley // Vestnik NGUEU. 2018. №4. S. 246-252.
15. Petrov A.D., Stakheeva L.M. Ekonomicheskoe obosnovanie vnedreniya novoy uslugi «Moyka samoobsluzhivaniya» na avtomoyke «Prestizh» // NAUKA. OBRAZOVANIE. KUL'TURA: Materialy Vserossiyskoy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tselishchevskie chteniya – 2022». 2022. S. 207-212.

Tkacheva Yana Sergeevna

Maikop State Technological University
Adress: 385000, Republic of Adygea, Maikop
Candidate of economic sciences
E-mail: tkachev4@mail.ru

Shapovalova Natalya Georgievna

Maikop State Technological University
Adress: 385000, Republic of Adygea, Maikop
Candidate of economic sciences
E-mail: shapovalova2472@mail.ru

Научная статья
УДК 656.05
doi:10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-82-92

Л.Е. КУЩЕНКО, Л.А. КОРОЛЁВА, С.В. ЕРЕМИН, А.Ю. САВЕНКОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ КАНДИДАТОВ В ВОДИТЕЛИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

***Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос выбора рациональной программы подготовки кандидатов в водители с использованием теории нечетких множеств. Методы нечеткой логики применяются для учета различных неопределенностей и нечетких понятий, в данном случае, связанных с процессом обучения водителей. В статье приведены основные принципы теории нечетких множеств и их применение к исследуемому вопросу. Полученные результаты могут быть полезны и информативны при разработке эффективных и адаптивных программ подготовки кандидатов в водители, учитывающих индивидуальные особенности курсантов.*

***Ключевые слова:** теория нечетких множеств, обучение водителей, нечеткая логика, программы подготовки кандидатов в водители, эффективные программы обучения, адаптивные программы обучения, принципы теории нечетких множеств*

Введение

В современном мире определение рациональной программы подготовки кандидатов в водители становится все более важным и требует глубокого анализа. Использование теории нечетких множеств в этом процессе позволяет учесть различные аспекты, которые не всегда могут быть выражены точными числами или условиями [1].

Нечеткие методы помогают учесть неопределенность и размытость в принятии решений, что делает программу более адаптивной и эффективной. В данной статье рассмотрены принципы выбора рационального варианта программы подготовки кандидатов в водители на базе теории нечетких множеств, определены их преимущества и возможности применения в современном образовательном процессе [2].

Материалы и методы

В данной статье изучены алгоритмы подготовки водителей в разных странах мира. При обучении кандидатов в водители в каждой стране имеется своя программа подготовки кандидатов в водители, которая различается количеством часов и условиями обучения.

Целью данной научной работы является анализ программ подготовки в водители на основе теории нечетких множеств и поиски более эффективного метода обучения.

Анализ программ обучения был проведен посредством сбора информации из разных источников за 2023-2024гг. на территории Российской Федерации, Германии, Великобритании, Швеции, Австрии, Финляндии, Польши, Франции и Италии. Информация о методах подготовки водителей была взята из статьи. Статистические данные позволили выявить всю информацию о программах обучения в различных странах, для выявления наилучшего варианта обучения кандидатов в водители [3].

Теория / Расчет

Для повышения эффективности подготовки кандидатов в водители существует необходимость в выборе рационального варианта обучения, основанного на теории нечетких множеств. Сравнительный анализ процесса обучения в автошколах девяти различных стран мира, приведенный в таблице 1, позволяет выявить разумные подходы и методики, способствующие формированию высококвалифицированных водителей [4].

Таблица 1 – Цифровые показатели значимых критериев программ и методов обучения кандидатов в водители различных стран мира

| Страна | Программа обучения кандидатов в водители |
|----------------------|---|
| Российская Федерация | Минимальный возраст 16 лет; 130 часов теории; 56 часов практики; наличие медицинской справки. Экзаменационная часть включает в себя: 6 упражнений в городе, на которые отводится не более 30 минут и 20 вопросов теории длительностью не более 20 минут. |
| Германия | Минимальный возраст 17 лет; 40-50 часов теории; 1 час практики; наличие справки от офтальмолога. Экзаменационная часть включает в себя: 7 упражнений в городе, на которые отводится не более 45 минут и 30 вопросов теории длительностью не более 30 минут. |
| Великобритания | Минимальный возраст 17 лет; 6 месяцев теории; не менее 30 часов практики; тест на зрение; самостоятельная подготовка. Экзаменационная часть включает в себя: 3 упражнения в городе, на которые отводится не более 30 минут и 50 вопросов теории длительностью не более 57 минут. |
| Швеция | Минимальный возраст 16 лет; не менее 3 часов теории; не менее 3 часов практики; тест на зрение; самостоятельная подготовка. Экзаменационная часть включает в себя: 2 упражнения в городе, на которые отводится не более 45 минут и 70 вопросов теории длительностью не более 50 минут. |
| Австрия | Минимальный возраст 17,5 лет; 32 часа теории; 13 часов практики; наличие медицинской справки. Экзаменационная часть включает в себя: 3 упражнения в городе, на которые отводится не более 60 минут и 40 вопросов теории длительностью не более 40 минут. |
| Финляндия | Минимальный возраст 15 лет; не менее 20 часов теории; не менее 20 часов практики; справка от офтальмолога; самостоятельная подготовка. Экзаменационная часть включает в себя: езду по городу в течении 30-40 минут. |
| Польша | Минимальный возраст 16 лет; не менее 30 часов теории; не менее 30 часов практики; наличие медицинской справки. Экзаменационная часть включает в себя: 2 упражнения в городе, на которые отводится не более 30 минут и 68 вопросов теории длительностью не более 70 минут, проверку технического состояния ТС. |
| Франция | Минимальный возраст 16 лет; не менее 20 часов теории; не менее 20 часов практики; декларация о состоянии здоровья; самостоятельная подготовка; упражнения на автодроме не предусмотрены образовательной программой. |
| Италия | Минимальный возраст 18 лет; 6 месяцев теории; более 6 часов практики; справка от офтальмолога. Экзаменационная часть включает в себя: 2 упражнения, на которые отводится не более 30 минут и 40 вопросов теории длительностью не более 40 минут. |

Одной из основных задач является определение оптимального сочетания теоретических знаний и практических навыков, необходимых для успешного прохождения обучения. Этот баланс позволяет не только освоить правила дорожного движения (ПДД), но и научиться применять их на практике в различных ситуациях [5].

Выбор различных соотношений в программах в рамках образовательного процесса играет ключевую роль в формировании компетентности будущих водителей. Эффективное использование ресурсов автошколы, адаптированное к индивидуальным особенностям учащихся, способствует более глубокому и качественному усвоению материала.

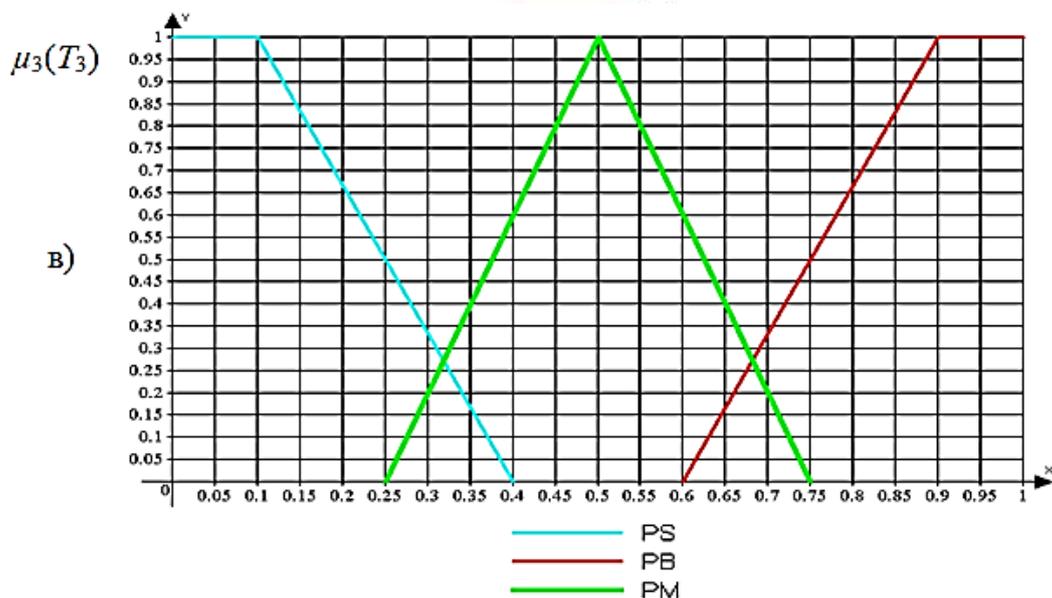
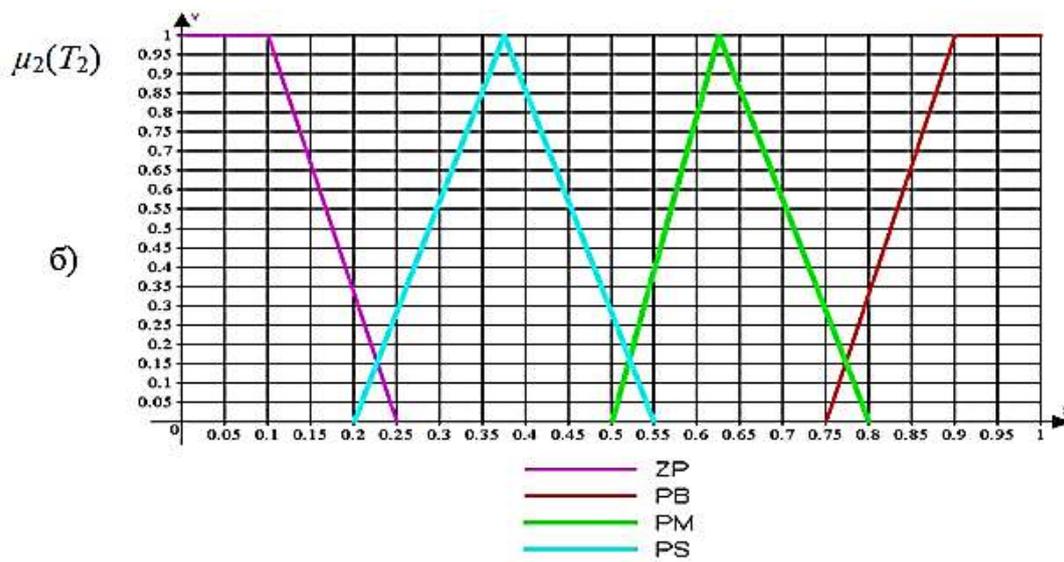
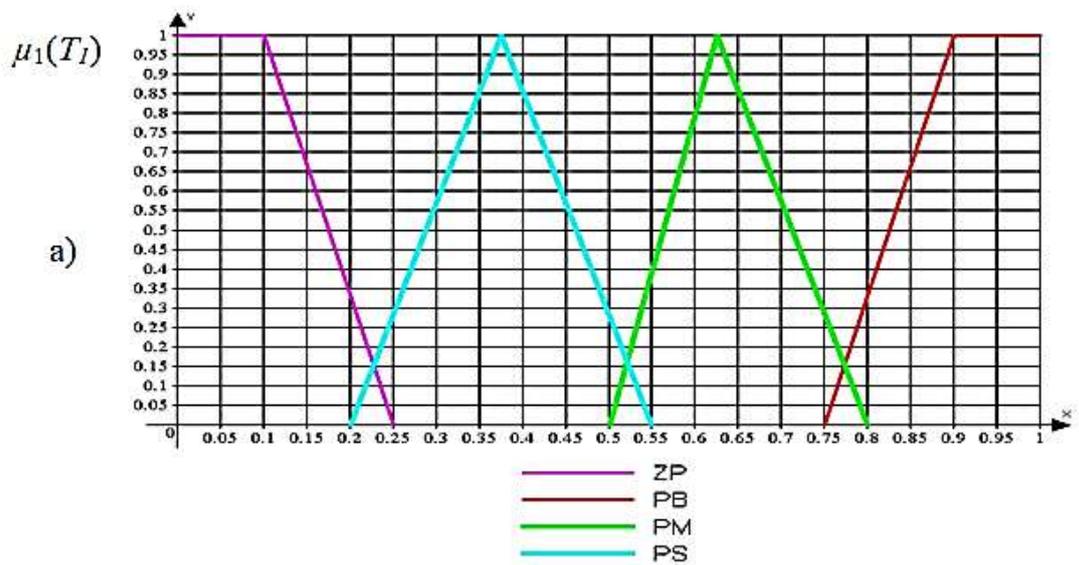


Рисунок 1 – Функции принадлежности лингвистических переменных а – T_1 ; б – T_2 ; в – T_3 (начало)

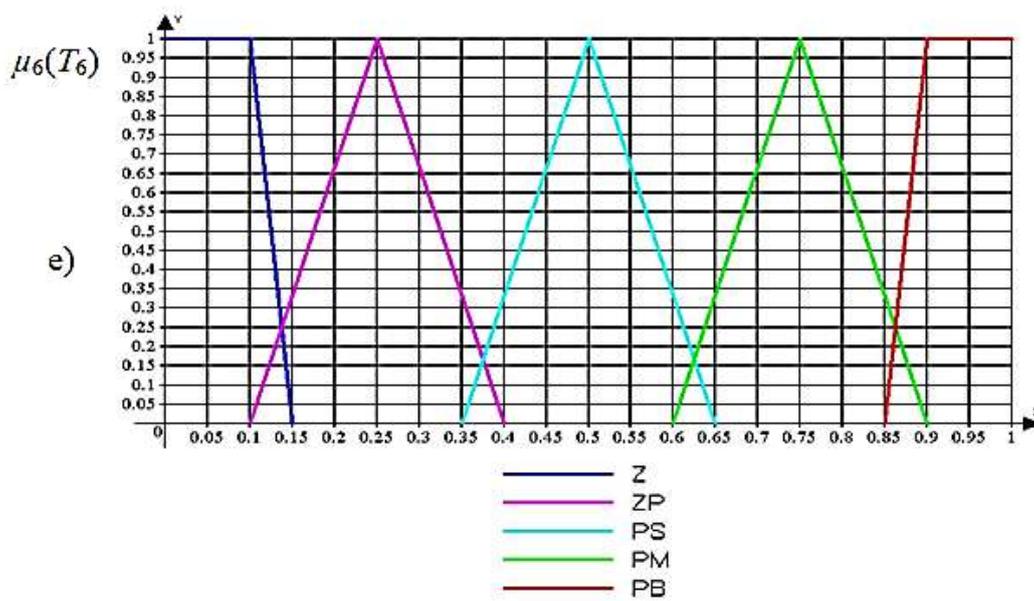
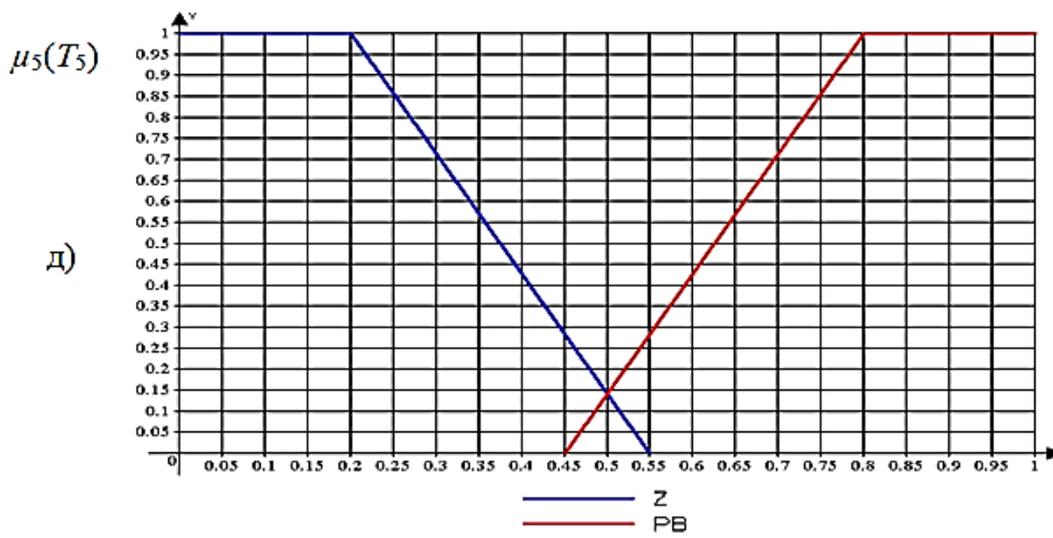
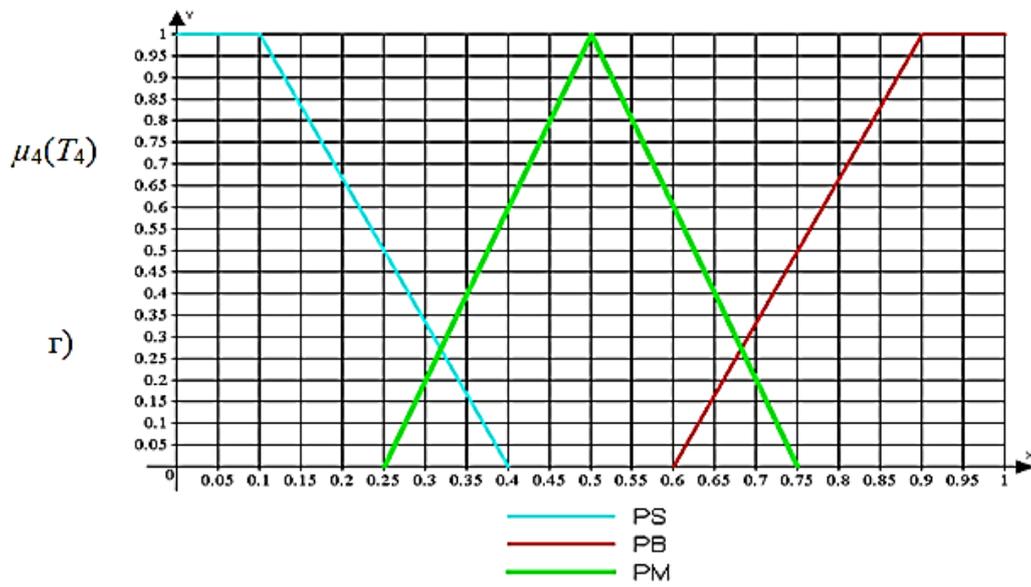


Рисунок 1 – Функции принадлежности лингвистических переменных $z - T_4$; $\delta - T_5$; $e - T_6$ (продолжение)

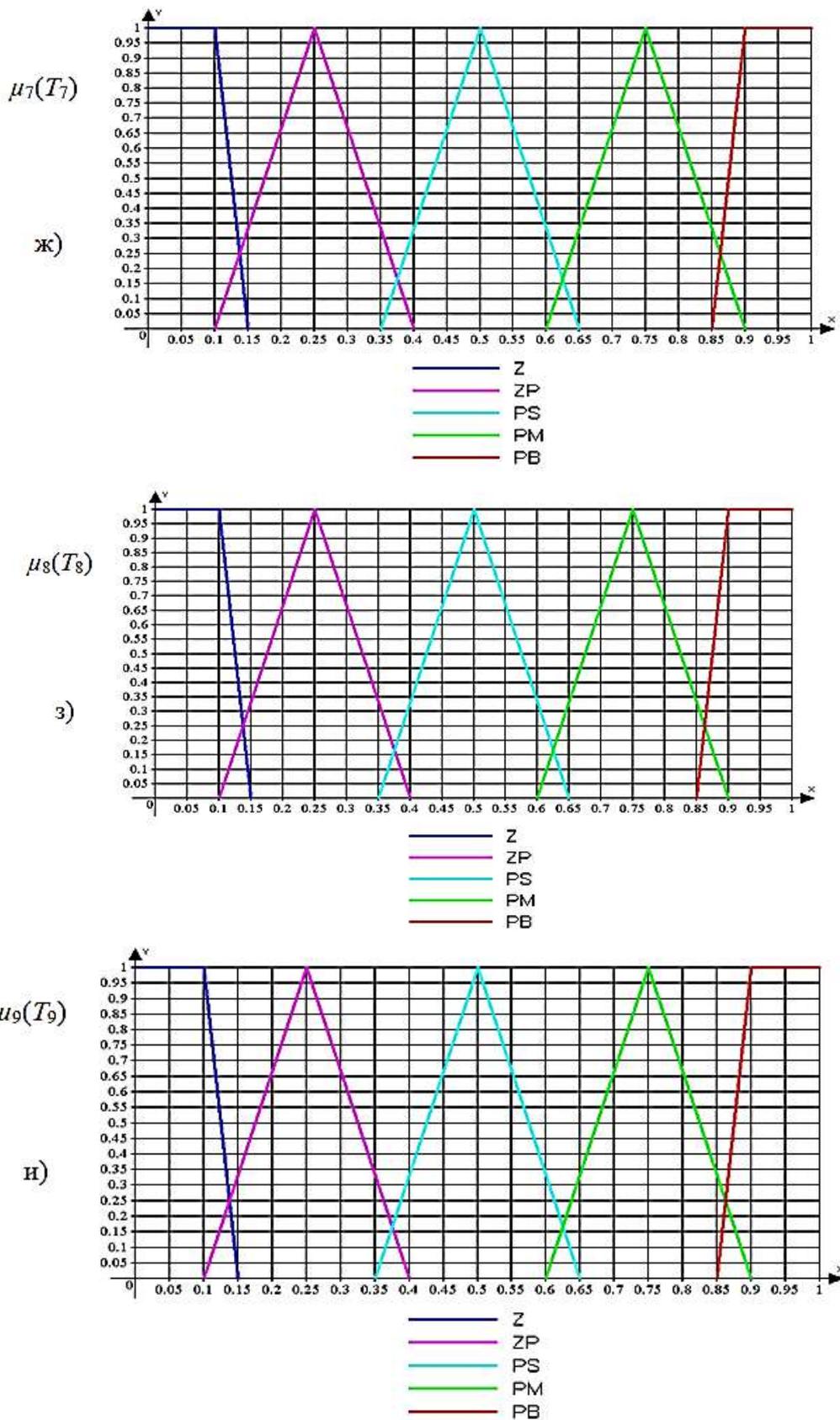


Рисунок 1 – Функции принадлежности лингвистических переменных ж – T_7 ; з – T_8 ; и – T_9 (окончание)

Для осуществления оценки функций принадлежности различных вариантов обучения кандидатов в водители, была сформирована таблица 4, в которой отражены индивидуальные

особенности каждой комбинации обучения кандидатов в водители по каждому критерию в относительных единицах [14].

Таблица 4 – Оценка критериев для разных программ подготовки кандидатов в водители

| № | Тип структуры | T ₁ , о.е. | T ₂ , о.е. | T ₃ , о.е. | T ₄ , о.е. | T ₅ , о.е. | T ₆ , о.е. | T ₇ , о.е. | T ₈ , о.е. | T ₉ , о.е. |
|---|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | C ₁ | 0,95 | 0,97 | 0,61 | 0,97 | 0,11 | 0,62 | 0,39 | 0,31 | 0,48 |
| 2 | C ₂ | 0,46 | 0,21 | 0,69 | 0,52 | 0,11 | 0,96 | 0,61 | 0,41 | 0,64 |
| 3 | C ₃ | 0,97 | 0,45 | 0,69 | 0,21 | 0,96 | 0,43 | 0,81 | 0,74 | 0,48 |
| 4 | C ₄ | 0,21 | 0,13 | 0,61 | 0,21 | 0,96 | 0,22 | 0,98 | 0,68 | 0,70 |
| 5 | C ₅ | 0,31 | 0,24 | 0,71 | 0,97 | 0,11 | 0,43 | 0,72 | 0,58 | 0,97 |
| 6 | C ₆ | 0,63 | 0,34 | 0,16 | 0,52 | 0,96 | 0,11 | 0,10 | 0,15 | 0,61 |
| 7 | C ₇ | 0,41 | 0,40 | 0,61 | 0,97 | 0,11 | 0,43 | 0,91 | 0,96 | 0,52 |
| 8 | C ₈ | 0,29 | 0,38 | 0,16 | 0,52 | 0,96 | 0,22 | 0,10 | 0,15 | 0,12 |
| 9 | C ₉ | 0,97 | 0,10 | 0,95 | 0,52 | 0,11 | 0,22 | 0,72 | 0,58 | 0,49 |

Результаты

Используя оценки альтернатив, определяем функции принадлежности каждой переменной по полученным зависимостям лингвистических переменных, исходя из рис. 1. Записываем для каждого критерия T_j нечеткое множество [15]:

- T₁ = {1/ C₁; 0,53/ C₂; 1/C₃; 0,05/ C₄; 0,06/C₅; 0,9/ C₆; 0,8/C₇; 0,55/ C₈; 1/C₉};
- T₂ = {1/ C₁; 0,05/ C₂; 0,55/C₃; 0,75/ C₄; 0,05/C₅; 0,83/ C₆; 0,85/C₇; 0,95/ C₈; 1/C₉};
- T₃ = {0,03/ C₁; 0,23/ C₂; 0,23/C₃; 0,03/ C₄; 0,18/C₅; 0,81/ C₆; 0,03/C₇; 0,93/ C₈; 1/C₉};
- T₄ = {1/ C₁; 0,93/ C₂; 0,63/C₃; 0,63/ C₄; 1/C₅; 0,93/ C₆; 1/C₇; 0,93/ C₈; 0,93/C₉};
- T₅ = {1/ C₁; 1/ C₂; 1/C₃; 1/ C₄; 1/C₅; 1/ C₆; 1/C₇; 1/ C₈; 1/C₉};
- T₆ = {0,13/ C₁; 1/ C₂; 0,5/C₃; 0,78/ C₄; 0,55/C₅; 0,05/ C₆; 0,55/C₇; 0,78/ C₈; 0,78/C₉};
- T₇ = {0,04/ C₁; 0,04/ C₂; 0,6/C₃; 1/ C₄; 0,76/C₅; 0,01/ C₆; 1/C₇; 0,01/ C₈; 0,76/C₉};
- T₈ = {0,6/ C₁; 0,4/ C₂; 0,9/C₃; 0,55/ C₄; 0,45/C₅; 0,01/ C₆; 1/C₇; 0,01/ C₈; 0,45/C₉};
- T₉ = {0,85/ C₁; 0,02/ C₂; 0,85/C₃; 0,68/ C₄; 1/C₅; 0,05/ C₆; 0,9/C₇; 0,1/ C₈; 0,95/C₉};

В соответствие с проведенными математическими операциями в отношении выбора рационального варианта, установлены значения минимальных критериев. В результате минимальных значений определено максимальное. Такой подход позволяет определить наиболее рациональную программу подготовки кандидатов в водители [16].

$$M = \max \left\{ \begin{array}{l} \min (1; 1; 0,03; 1; 1; 0,01; 0,04; 0,6; 0,85; C_1); \\ \min (0,53; 0,05; 0,23; 0,93; 1; 1; 0,04; 0,04; 0,02; C_2); \\ \min (1; 0,03; 0,23; 0,63; 1; 0,5; 0,6; 0,9; 0,85; C_3); \\ \min (0,05; 0,75; 0,03; 0,63; 1; 0,78; 1; 0,55; 0,68; C_4); \\ \min (0,06; 0,05; 0,18; 1; 1; 0,55; 0,76; 0,45; 1; C_5); \\ \min (0,9; 0,83; 0,81; 0,93; 1; 0,05; 0,01; 0,01; 0,05; C_6); \\ \min (0,8; 0,85; 0,03; 1; 1; 0,55; 1; 1; 0,9; C_7); \\ \min (0,55; 0,95; 0,93; 0,93; 1; 0,78; 0,01; 0,01; 0,1; C_8); \\ \min (1; 1; 1; 0,93; 1; 0,78; 0,76; 0,45; 0,95; C_9); \end{array} \right. = \\
 = \max \left\{ \begin{array}{l} (0,01/C_1; 0,02/C_2; 0,03/C_3; 0,03/C_4; 0,05/C_5); \\ (0,01/C_6; 0,03/C_7; 0,01/C_8; 0,45/C_9) \end{array} \right\}$$

В итоге разумным вариантом обучения кандидатов в водители по основным рассмотренным критериям является девятая программа подготовки кандидатов в водители:

$$C_9 = \{0,85/ C_1; 0,02/ C_2; 0,85/C_3; 0,68/ C_4; 1/C_5; 0,05/ C_6; 0,9/C_7; 0,1/ C_8; 0,95/C_9\}.$$

На иллюстрации, представленной на рисунке 4, наглядно демонстрируется влияние каждого критерия нечеткого множества на выбор рациональной программы подготовки кандидатов в водители [17].

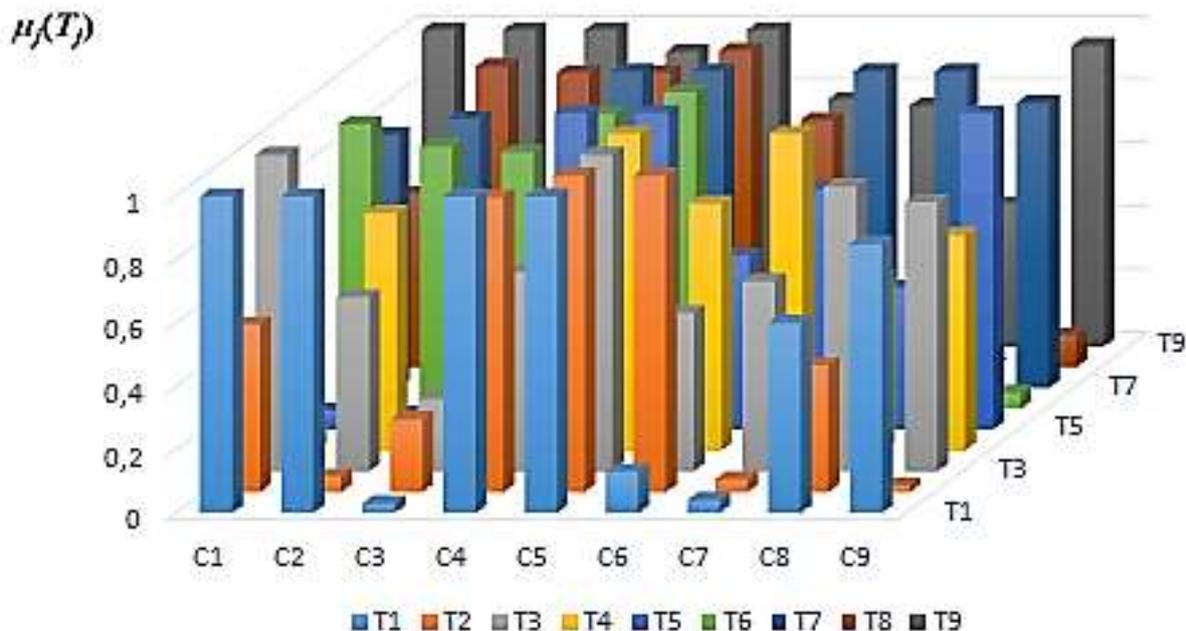


Рисунок 2 – Оценка функции принадлежности обучения кандидата в водители при различных критериях с одинаковой степенью важности

Итак, рациональным является девятый вариант программы подготовки кандидатов в водители, базирующийся на поставленной задаче с равной степенью важности критериев [18].

Обсуждение

В ходе выполнения научного исследования в области подготовки кандидатов в водители с точки зрения теоретических знаний и практических навыков решена задача, связанная с выбором наилучшего пути формирования будущих водителей на основе теории нечетких множеств, представляющая собой значимый анализ факторов, воздействующих в дальнейшем на уровень безопасности дорожного движения. Результаты позволяют выявить наиболее рациональный вариант обучения кандидата в водители. В ходе исследования было обнаружено, что самый рациональный вариант программы подготовки в водители в Италии [19].

Выводы

Исходя из всех полученных данных, можно смело сказать о недостаточной подготовке кандидатов в водители в разных странах мира. Недостаточность подготовки влияет на вероятность возникновения ДТП, а, следовательно, на уровень БДД.

Из всех рассмотренных программ подготовки кандидатов в водители рациональным вариантом обучения оказалась программа подготовки кандидатов в водители в Италии, включающая в себя оптимальное количество часов практических занятий и теории [20].

Благодарность

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С. 166-169.
2. Организация дорожного движения / Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, А.Н. Новиков, И.А. Новиков. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2020. 196 с.
3. Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Королева Л.А., Лапшина Д.И. Особенности подготовки водителей в различных странах мира // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-1(82). С. 108-115.
4. Родионов М.А., Зудина Т.А. Введение в «FUZZY LOGIC»: Учебное пособие. Пенза: ПГПУ им. В.Г. Белинского, 2006.

5. Кущенко Л.Е., Новиков И.А., Новиков А.Н. Применение нечеткого моделирования в транспортной сфере // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 5. С. 157-162.
6. Аньшин В.М., Демкин И.В., Царьков И.Н., Никонов И. М. Применение теории нечётких множеств к задаче формирования портфеля проектов // Проблемы анализа риска. 2008. Т. 5. №3. С. 8-21.
7. Kushchenko L.E., Novikov I.A., Novikov A.N., Fuzzy V.I. Logic-based traffic flow modeling // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. P. 24856-24867.
8. Архипова Н.И., Кульба В.В., Косяченко С.А. Теория системного анализа и управления: учебное пособие для вузов. М.: ПРИОР, 2008. 384 с.
9. Агеев Е.В., Виноградов Е.С. Формирование водительских навыков в процессе профессиональной подготовки // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее: сб. ст. 3-й сб. Международный. науч.-практ. конф. Курск. 2021. С.16-18.
10. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov A.N., Koroleva L.A. The statistical assessment of the traffic situation based on sample data of traffic accidents in the urban agglomeration // Journal of Applied Engineering. 2023. Vol. 21. №4. 2023. P. 1-9
11. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление: пер. с англ. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с..
12. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
13. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. М.: Мир, 1978. 165 с.
14. Borisov A., Krumberg O. Possibility theory for decision making // Fuzzy Sets Systems. 1983. Vol. 9. №1. S. 13-24.
15. Mamdani E.H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis // IEEE Transactions on Computers. Vol. 26. №12. 1977. P. 1182-1191.
16. Mamdani E.H., Baaklini N. Prescriptive methods for deriving control policy in a fuzzy logic controller // Electron. Lett. 11. 1975.
17. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 15. №1. 1985. P. 116-132.
18. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982.
19. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
20. Якимов А.Ю. Совершенствование системы подготовки водителей автотранспортных средств на основе оптимального определения категорий (видов) водителей (с учетом отечественного и зарубежного опыта) // Безопасность дорожного движения: Сборник научных трудов. Вып. 13. М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России. 2013. С. 128-138.

Кущенко Лилия Евгеньевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»
E-mail: lily-041288@mail.ru

Еремин Сергей Васильевич

Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации
Адрес: 103265, Россия, г. Москва, ул. Охотный ряд, д. 1
Д.т.н., депутат
E-mail: eremin@duma.gov.ru

Королева Лилия Александровна

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

Савенкова Арина Юрьевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
Студент
E-mail: savenkovaa81@gmail.com

L.E. KUSHCHENKO, S.V. EREMIN, L.A. KOROLEVA, A.Y. SAVENKOVA

**DETERMINATION OF THE RATIONAL VARIANT DRIVER CANDIDATE
TRAINING PROGRAM BASED ON THE FUZZY SET THEORY**

Abstract. The article considers the issue of choosing the rational program for training driver candidates using the theory of fuzzy sets. Fuzzy logic methods are used to account for various uncertainties and fuzzy concepts, in this case, related to the driver training process. The article presents the basic principles of the theory of fuzzy sets and their application to the issue under study. The results obtained can be useful and informative in the development of effective and adaptive driver candidate training programs that take into account the individual characteristics of student.

Keywords: fuzzy set theory, driver training, fuzzy logic, driver candidate training programs, effective training programs, adaptive training programs, principles of fuzzy set theory

BIBLIOGRAPHY

1. Gay L.E., Shutov A.I., Volya P.A., Kushchenko S.V. Zatorovye yavleniya. Vozможности preduprezhdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2013. №3. S. 166-169.
2. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, A.N. Novikov, I.A. Novikov. Belgorod: BGTU im. V. G. Shukhova, 2020. 196 s.
3. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Koroleva L.A., Lapshina D.I. Osobennosti podgotovki voditeley v razlichnykh stranakh mira // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-1(82). S. 108-115.
4. Rodionov M.A., Zudina T.A. Vvedenie v «FUZZY LOGIC»: Uchebnoe posobie. Penza: PGPU im. V.G. Belinskogo, 2006.
5. Kushchenko L.E., Novikov I.A., Novikov A.N. Primenenie nechetkogo modelirovaniya v transportnoy sfere // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. № 5. S. 157-162.
6. An`shin V.M., Demkin I.V., Tsar`kov I.N., Nikonov I. M. Primenenie teorii nechiotkikh mnozhestv k zadache formirovaniya portfelya proektov // Problemy analiza riska. 2008. T. 5. №3. S. 8-21.
7. Kushchenko L.E., Novikov I.A., Novikov A.N., Fuzzy V.I. Logic-based traffic flow modeling // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. R. 24856-24867.
8. Arkhipova N.I., Kul`ba V.V., Kosyachenko S.A. Teoriya sistemnogo analiza i upravleniya: uchebnoe posobie dlya vuzov. M.: PRIOR, 2008. 384 s.
9. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Formirovanie voditel`skikh navykov v protsesse professional`noy podgotovki // Avtomobili, transportnye sistemy i protsessy: nastoyashchee, proshloe i budushchee: sb. st. 3-y sb. Mezhdunar. nauch.-prakt. kursk. 2021. S.16-18.
10. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov A.N., Koroleva L.A. The statistical assessment of the traffic situation based on sample data of traffic accidents in the urban agglomeration // Journal of Applied Engineering. 2023. Vol. 21. №4. 2023. R. 1-9
11. Pegat A. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie: per. s angl. 2-e izd. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. 798 s..
12. Saati T. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy. M.: Radio i svyaz`, 1993. 278 c.
13. Zade L.A. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh resheniy: Per. s angl. M.: Mir, 1978. 165 s.
14. Borisov A., Krumberg O. Possibility theory for decision making // Fuzzy Sets Systems. 1983. Vol. 9. №1. S. 13-24.
15. Mamdani E.H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis // IEEE Transactions on Computers. Vol. 26. №12. 1977. P. 1182-1191.
16. Mamdani E.H., Baaklini N. Prescriptive methods for deriving control policy in a fuzzy logic controller // Electron. Lett. 11. 1975.
17. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 15. №1. 1985. R. 116-132.
18. Kofman A. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv. M.: Radio i svyaz`, 1982.
19. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie. SPb.: BHV-Peterburg, 2005. 736 s.
20. Yakimov A.Yu. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley avtomototransportnykh sredstv na osnove optimal`nogo opredeleniya kategoriy (vidov) voditeley (s uchetom otechestvennogo i zarubezhnogo opyta) // Bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya: Sbornik nauchnykh trudov. Vyp. 13. M.: FKU NITS BDD MVD Rossii. 2013. C. 128-138.

Kushchenko Liliya Evgen`evna

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical science
E-mail: lily-041288@mail.ru

Koroleva Liliya Aleksandrovna

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Graduate student
E-mail: koroleva_liliy@mail.ru

Eremin Sergey Vasilievich

State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation
Address: 103265, Russia, Moscow, Okhotny Ryad str., 1
Doctor of technical sciences
E-mail: eremin@duma.gov.ru

Savenkova Arina Yurievna

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Student
E-mail: savenkovaa81@gmail.com

Научная статья
УДК 629.1
doi:10.33979/2073-7432-2023-4-1(83)-93-98

А.Ю. РОДИЧЕВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗНОСНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ БАЛАНСИРНОЙ ПОДВЕСКИ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Аннотация. Статья представляет подход к построению предиктивной износной модели высоконагруженного подшипника скольжения балансирной подвески грузового автомобиля, работающего в циклических условиях эксплуатации. Проведенный анализ нескольких различных износных моделей показал наибольшую релевантность модели на основе закона износа Дж. Ф. Арчарда. Одной из сложностей применения данной модели является адекватная оценка коэффициента износа, который обычно определяется экспериментально и зависит от условий работы пары трения. Разработанная математическая модель позволяет провести оценку ресурса подшипника скольжения с учетом изменяющихся условий работы автомобиля в период его эксплуатации до очередного технического обслуживания.

Ключевые слова: подшипник скольжения, износ, балансирная подвеска, прогнозирование остаточного ресурса

Введение

При выборе подхода к оценке износа подшипников скольжения важно учесть общие факторы, влияющие на их работу, и определить рамки для его прогнозирования. Наше основное внимание направлено на нестандартный вид использования подшипника скольжения в конструкции балансирной подвески грузового автомобиля. При выборе подхода к оценке износа подшипников скольжения важно учесть общие факторы, влияющие на их работу, и определить рамки для прогнозирования износа. Подшипник скольжения в составе балансирной подвески работает в условиях граничного, полусухого или даже сухого трения. Износ рабочей поверхности подшипника скольжения балансирной подвески грузового автомобиля - это разрушение внутреннего слоя антифрикционного материала при механическом контакте с осью балансира или с окружающей средой. Когда механическое взаимодействие выражается в виде трения, этот процесс можно назвать износом при трении. Этот процесс износа интересен для прогнозирования остаточного ресурса работы узла или агрегата [1-3].

При износе имеет место повреждение на небольшом участке материала, который впоследствии удаляется из зоны трения в виде частиц износа. Как правило, величина износа определяется по уменьшению начальных размеров детали, в данном случае подшипника скольжения, в направлении, перпендикулярном поверхности трения (в простом понимании это - линейный износ). В данном случае выделяются три стадии этого процесса: приработка (нестабильная стадия износа, которая занимает небольшую долю общего времени работы), установившийся режим (самая продолжительная стадия) и катастрофический износ (стадия, которая следует за установившимся режимом и в свою очередь характеризуется значительным изменением величины износа в процессе дальнейшей эксплуатации) [4]. Анализ накопленных экспериментальных данных показывают, что величина износоустойчивости различных компонентов машин и механизмов широко варьируется от 10^{-3} до 10^{-12} . Для правильного выбора оценки состояния подшипника скольжения рассмотрим методы и подходы к определению степени износа, являющиеся основными в современных учениях о трении, износе и смазке [5].

Материал и методы

Классификация по представленным категориям часто производится с точки зрения физико-механического происхождения рассматриваемых явлений. Множество существующих теорий трения и износа рабочих поверхностей деталей также могут быть разделены на феноменологические теории и модели [6], с помощью которых возможно, в определенной степени, количественно оценивать процессы износа на практике (рис. 1). Можно с уверенностью утверждать, что все разработанные методы прогнозирования износа требуют большого количества данных, полученных в результате экспериментов. В контексте условий работы трибологических сопряжений двигателя принципиальное использование возможных следующих методов [7]: теории износа усталости (по И.В. Крагельскому) [8], прогнозирования износа с помощью метода «IBM», расчета износа сопряжения (по А.С. Проников) [9], износа с позиций термофлукуационной теории прочности (по С.Н. Журков, СБ. Ратнер), энергетиче-

ской теории износа (Флайшер) [10, 11], структурно-энергетическая теория износа (Л.И. Погодаев), метод оценки износа по статистическим данным.



Рисунок 1 – Теоретические методы оценки износа

Для проведения инженерных расчетов процессов износа в механических узлах наиболее широко используются следующие методы: теория износа усталости, структурно-энергетический подход и статистические методы. Важно отметить, что с развитием этих методов границы между ними становятся менее четкими и они начинают дополнять друг друга. Например, теория износа усталости, базирующаяся на молекулярно-механическом подходе к описанию трения, перекликается с множеством современных теорий износа [12]. Зачастую, теория износа И.В. Крагельского выступает в качестве образца для сравнения при разработке этих теорий, являясь весьма авторитетной в настоящее время.

Отдельное внимание заслуживает теория износа Дж.Ф. Арчарда, она является одной из основных теорий износа и трения. Дж.Ф. Арчард (Archard) разработал наиболее известную и распространенную модель для описания износа в результате непрерывной эрозии [13]. Согласно этой модели следует, что износ материалов происходит из-за взаимодействия двух поверхностей, при котором происходит перенос материала с одной поверхности на другую, при этом износ пропорционален нагрузке, продолжительности контакта и материалу контактирующих поверхностей. Неотъемлемым преимуществом данной модели является простота ее использования при численных расчетах [14].

Теория

Расчётная схема подшипника скольжения балансирующей подвески автомобиля КамАЗ, включающая геометрические параметры самого подшипника и зоны изнашивания, представлена на рисунке 2.

В таблице 1 представлены геометрические и физические характеристики подшипника скольжения для расчетной схемы, представленной на рисунке 1.

Расчёт ресурса втулки подшипника скольжения балансирующей подвески основывается на решении уравнения Дж. Ф. Арчарда. Данная модель износа наиболее часто используется для расчёта износа различных материалов и характеризуется линейной, объёмной или массовой скоростью износа [15, 16].

Таблица 1 – Геометрические и физические характеристики подшипника скольжения

| Параметр | Размерность | Величина |
|--|-------------|------------------|
| Диаметр втулки, D | м | 0,088 |
| Длина втулки, L | м | 0,08 |
| Средний радиальный зазор, h_0 | м | 0,004 |
| Твердость втулки, НВ | МПа | 85 |
| Угол контакта, α | град | 120 |
| Эксцентриситет, e | мм | граничное трение |
| Толщина допустимого изнашивания, d_0 | мм | 2,5 |

Объемный износ рассчитывается с помощью следующего соотношения [17]:

$$V = \frac{K S_n P}{HB}, \quad (1)$$

где K – безразмерный коэффициент износа;

S_n – путь трения за 1 час, мм/ч;

P – суммарная нагрузка, Н;

HB – твердость материала втулки, МПа.

Разделив на площадь контакта трущихся тел A_K (мм²) находится интенсивность линейного износа:

$$I_h = \frac{K S_n P}{HBA_K}. \quad (2)$$

Основная сложность применения данной модели заключается в нахождении экспериментальным путём коэффициента износа различных пар трения в различных условиях работы. В данной работе подшипник скольжения балансира работает только в режиме сухого трения, что упрощает задачу расчёта. На основании данных, представленных в источниках [18-21], безразмерный коэффициент износа может иметь разброс в несколько порядков, прием усреднённое значение безразмерного коэффициента износа в режиме граничного трения для подшипника скольжения балансирной подвески $K = 4,3 \times 10^{-5}$.

Степень износа подшипника скольжения значительно зависит от соотношения действующих силовых факторов в текущий момент. В общем случае, среди эксплуатационных параметров, наиболее существенно определяющих процесс износа, можно выделить радиальную силу P (кгс), воспринимаемую подшипником и длину пути скольжения S_n (мм/ч).

Результаты и обсуждение

Для оценки работы представленной модели и имитации рабочих условий подшипников были использованы усредненные условия эксплуатации автомобиля на маршруте «Карьер Сухочево» – «г. Орёл, Кромское шоссе, 21» (рис. 3). Анализ маршрута позволил выявить отдельные скоростные режимы автомобиля на различных типах дорожного покрытия.

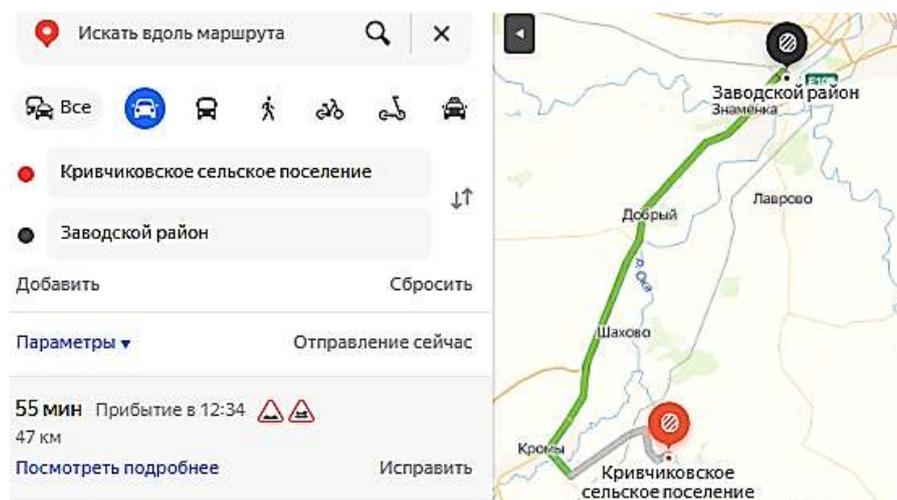


Рисунок 3 – Маршрут движения грузового автомобиля

Режимы работы автомобиля (скоростной режим, условия работы и время работы в заданном режиме) представлены в таблице 2.

Таким образом, суммарная интенсивность изнашивания на маршруте, (мм/час)

$$I_{h_sum} = \frac{\sum I_{h_i} t_i}{\sum t_i}, \quad (3)$$

где I_{h_i} – интенсивность износа на i -ом участке,

t_i – время движения на i -ом участке.

Таким образом, общий ресурс подшипника находится по соотношению:

$$L_h = \frac{d_0}{I_{h_sum}} \text{ [час]}, \quad (4)$$

$$S = L_h \frac{\sum vt_i}{\sum t_i} \text{ [км]}, \tag{5}$$

Таблица 2 – Режимы работы грузового автомобиля

| Скорость, км/ч | Время работы на заданном режиме, мин | | | | | |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|
| | Без груза по шоссе | Без груза по просёлочной дороге | Без груза по карьёру | Гружёный по карьёру | Гружёный по просёлочной дороге | Гружёный по шоссе |
| 0-10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 10-20 | 1 | 1 | 1,5 | 2,5 | 2 | 2 |
| 20-30 | 2 | 2 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| 30-40 | 4 | 2 | - | - | 3 | 5 |
| 40-50 | 4 | 3 | - | - | 3 | 6 |
| 50-60 | 15 | 3 | - | - | 1 | 10 |
| 60-70 | 16 | - | - | - | - | 10 |
| 70-80 | 11 | - | - | - | - | 2 |
| 80-90 | 0,5 | - | - | - | - | - |
| 90-100 | 0,5 | - | - | - | - | - |

Полученные результаты можно представить в виде графиков, приведенных на рисунках 4 и 5.

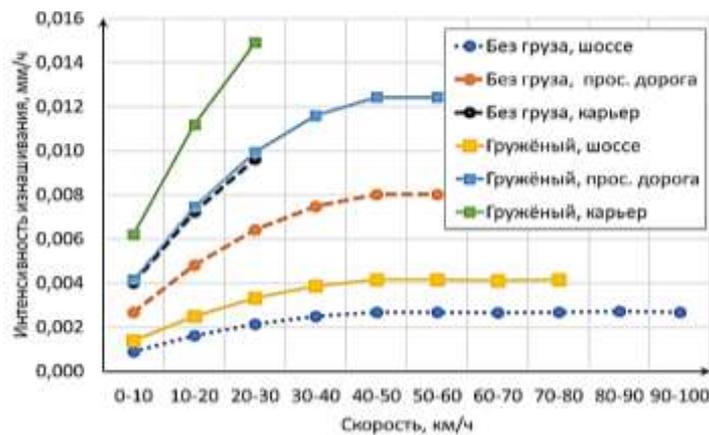


Рисунок 4 – Зависимость интенсивности изнашивания подшипника скольжения от скорости перемещения автомобиля

Представленная математическая модель позволяет провести оценку ресурса подшипника скольжения с учетом изменяющихся условий работы автомобиля в период его эксплуатации до очередного технического обслуживания.

Выводы

На основе результатов аналитического исследования износных моделей был осуществлен выбор, наиболее подходящий для представления работы подшипника скольжения балансирной подвески грузового автомобиля в условиях его эксплуатации.

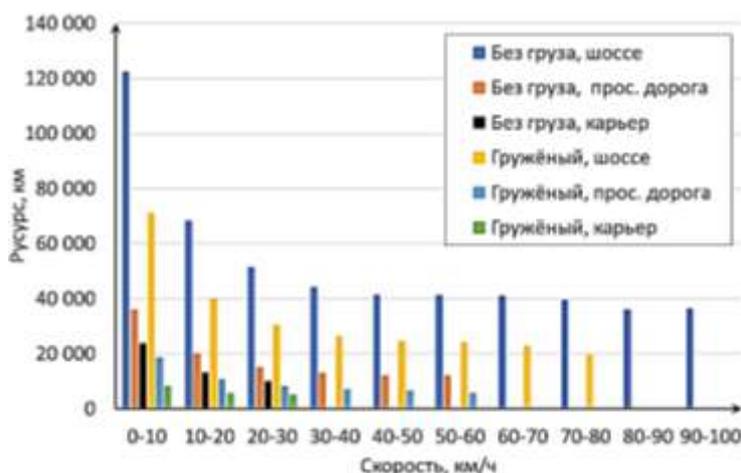


Рисунок 5 – Изменение ресурса работы подшипника скольжения от скорости перемещения автомобиля

В результате проведённого исследования были сделаны следующие предположения и выводы:

– проведенный анализ нескольких различных износных моделей показал наибольшую релевантность модели на основе закона износа Дж. Ф. Арчарда;

– отсутствие точных экспериментальных данных для коэффициента изнашивания для пары материалов «бронза – сталь» позволяют говорить лишь о предположительном ресурсе, что требует дальнейшего уточнения модели путём проведения прямых экспериментальных исследований по определению коэффициента изнашивания и сравнения с результатами опытной эксплуатации;

– с учетом определенных допущений представленная математическая модель позволяет провести оценку ресурса подшипника скольжения с учетом, изменяющихся условий работы автомобиля в период его эксплуатации до очередного технического обслуживания.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00789, <https://rscf.ru/project/22-19-00789/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крагельский И.В. О трении несмазанных поверхностей // Всесоюзная конференция по трению и износу в машинах. М.: АН СССР. 1939. Т. 1. С. 543-561.
2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 526 с.
3. ГОСТ 27674-88. Трение, изнашивание и смазка: Термины и определения.
4. Лебедев В.М. Износостойкость трибосопряжений деталей машин. СПб.: СПбГТУ, 1995. 133 с.
5. Польцер Г., Майсснер Ф. Основы трения и изнашивания / Пер. с нем. О.Н. Озерского, В.Н. Пальянова; Под ред. М.Н. Добычина. М.: Машиностроение, 1984. - 264 с.
6. Дроздов Ю.Н., Юдин Е.Г., Белов А.И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка) / под. ред. Ю.Н. Дроздова. М.: Эко-Пресс, 2010. 604 с
7. Григорьев А.Н., Шабанов А.Ю., Черепанов Д.А. Анализ применимости различных моделей износа к условиям работы трибологических сопряжений ДВС // Материалы межвузовской научной конференции в рамках XXVIII Недели науки СПбГТУ. СПб.: СПбГТУ, 2000. Ч. I. С. 96-98.
8. Крагельский И. В., Михин Н.М. Узлы трения машин: Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 320 с.
9. Проников А.С. Основы надежности и долговечности машин. М.: Изд-во стандартов, 1969. 160 с.
10. Fleischer G. Energiebilanzierung der Festkoerperreibung als Grundlage zur energetischen Verschleissberechnung Part I // Schmierungstechnik. 1976. P. 225-230, Part II: Schmierungstechnik. 1976. P. 271-279.
11. Fleischer G., Groeger H., Thum H. Verschleiss und Zuverlaessigkeit. 1st edn. Berlin: Verlag Technik, 1980. 244 p.
12. Польцер Г., Майсснер Ф. Основы трения и изнашивания / Пер. с нем. О.Н. Озерского, В.Н. Пальянова; Под ред. М. Н. Добычина. М.: Машиностроение, 1984. 264 с
13. Archard J.F. Contact and rubbing of flat surfaces // Journal Appl Phys. 1953. №24. P. 981-988.
14. Kato K. Classification of wear mechanisms models // Proc IMechE Part J: J Engineering Tribology. 2002. №216. P. 349-355.
15. König F., Ouald Chaib A., Jacobs G., Sous C.A. Multiscale-Approach for Wear Prediction in Journal Bearing Systems – from Wearing-in towards Steady-State Wear. // Wear 2019, 426-427, 1203-1211. doi:10.1016/J.WEAR.2019.01.036.
16. Fu X., Wei L., Zhang Y., Li S. Comparative Study of Bearing Wear in Spindle System at Different Working Conditions // Mechanics Based Design of Structures and Machines. 2022. doi:10.1080/15397734.2022.2038616.
17. Archard J.F. Contact and Rubbing of Flat Surfaces // J Appl Phys. 2004. 24. 981. doi:10.1063/1.1721448.
18. Chihos H., Habig K.-H. Manual of tribology, tribometry, tribomaterials, tribotechnology // 3rd, revised and expanded edition, Vieweg and Teubner. 2010.
19. Khonsary M., Booser E.R. Applied tribology. Bearing design and lubrication // Third edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc., 2017. 658 p.
20. Rabinowicz E. Friction and Wear of Materials // 2nd edn. John Wiley & Sons, New York. 1995.
21. Rabinowicz, E. Handbook of Lubrication // Vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Fla. 1984.

Родичев Алексей Юрьевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

К.т.н., доцент кафедры мехатроники, механики и робототехники

E-mail: rodfox@yandex.ru

PREDICTION OF WEAR BEHAVIOR OF A SLIDING BEARING OF A BALANCER SUSPENSION UNDER DYNAMIC LOADS

Abstract. The article presents an approach to constructing a predictive wear model of a highly loaded sliding bearing for the balance suspension of a truck operating under cyclic operating conditions. The analysis of several different wear models showed the greatest relevance of the model based on the law of wear of J.F. Archard. One of the difficulties in using this model is the adequate assessment of the wear coefficient, which is usually determined experimentally and depends on the operating conditions of the friction pair. The developed mathematical model makes it possible to assess the service life of a sliding bearing, taking into account the changing operating conditions of the vehicle during its operation until the next maintenance.

Keywords: plain bearing, wear, balance suspension, residual life prediction

BIBLIOGRAPHY

1. Kragel'skiy I.V. O trenii nesmazannykh poverkhnostey // Vsesoyuznaya konferentsiya po treniyu i iznosu v mashinakh. M.: AN SSSR. 1939. T. 1. S. 543-561.
2. Kragel'skiy I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S. Osnovy raschetov na trenie i iznos. M.: Mashinostroenie, 1977. 526 s.
3. GOST 27674-88. Trenie, iznashivanie i smazka: Terminy i opredeleniya.
4. Lebedev V.M. Iznosostoykost' tribosopryazheniy detaley mashin. SPb.: SPbGTU, 1995. 133 s.
5. Pol'tser G., Mayssner F. Osnovy treniya i iznashivaniya / Per. s nem. O.N. Ozerskogo, V.N. Pal'yanova; Pod red. M.N. Dobychina. M.: Mashinostroenie, 1984. - 264 s.
6. Drozdov Yu.N., YUdin E.G., Belov A.I. Prikladnaya tribologiya (trenie, iznos, smazka) / pod. red. Yu.N. Drozdova. M.: Eko-Press, 2010. 604 s
7. Grigor'ev A.N., Shabanov A.YU., Cherepanov D.A. Analiz primenimosti razlichnykh modeley iznosa k usloviyam raboty tribologicheskikh sopryazheniy DVS // Materialy mezhdvuzovskoy nauchnoy konferentsii v ramkakh XXVIII Nedeli nauki SPbGTU. SPb.: SPbGTU, 2000. CH. I. S. 96-98.
8. Kragel'skiy I. V., Mikhin N.M. Uzly treniya mashin: Spravochnik. M.: Mashinostroenie, 1983. 320 s.
9. Pronikov A.S. Osnovy nadezhnosti i dolgovechnosti mashin. M.: Izd-vo standartov, 1969. 160 c.
10. Fleischer G. Energiebilanzierung der Festkoerperreibung als Grundlage zur energetischen Verschleissberechnung Part I // Schmierungstechnik. 1976. P. 225-230, Part II: Schmierungstechnik. 1976. P. 271-279.
11. Fleischer G., Groeger H., Thum H. Verschleiss und Zuverlaessigkeit. 1st edn. Berlin: Verlag Technik, 1980. 244 p.
12. Pol'tser G., Mayssner F. Osnovy treniya i iznashivaniya / Per. s nem. O.N. Ozerskogo, V.N. Pal'yanova; Pod red. M. N. Dobychina. M.: Mashinostroenie, 1984. 264 s
13. Archard J.F. Contact and rubbing of flat surfaces // Journal Appl Phys. 1953. №24. P. 981-988.
14. Kato K. Classification of wear mechanisms models // Proc IMechE Part J: J Engineering Tribology. 2002. №216. P. 349-355.
15. K?nig F., Ouald Chaib A., Jacobs G., Sous C.A. Multiscale-Approach for Wear Prediction in Journal Bearing Systems - from Wearing-in towards Steady-State Wear. // Wear 2019, 426-427, 1203-1211. doi:10.1016/J.WEAR.2019.01.036.
16. Fu X., Wei L., Zhang Y., Li S. Comparative Study of Bearing Wear in Spindle System at Different Working Conditions // Mechanics Based Design of Structures and Machines. 2022. doi:10.1080/15397734.2022.2038616.
17. Archard J.F. Contact and Rubbing of Flat Surfaces // J Appl Phys. 2004. 24. 981. doi:10.1063/1.1721448.
18. Chihos H., Habig K.-H. Manual of tribology, tribometry, tribomaterials, tribotechnology // 3rd, revised and expanded edition, Vieweg and Teubner. 2010.
19. Khonsary M., Booser E.R. Applied tribology. Bearing design and lubrication // Third edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc., 2017. 658 p.
20. Rabinowicz E. Friction and Wear of Materials // 2nd edn. John Wiley & Sons, New York. 1995.
21. Rabinowicz, E. Handbook of Lubrication // Vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Fla. 1984.

Rodichev Alekse Yrievich

Orel State University

Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29

Candidate of technical sciences

E-mail: rodfox@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.1

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-99-105

В.А. РАКОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. В статье приводится комплекс методов оценки, позволяющих сформировать критерии эффективности гибридных автомобилей. Для прогнозирования топливной экономичности гибридных автомобилей в заданных условиях эксплуатации использован теоретический расчетный метод, в котором комбинированная установка рассматривается как система, в которой энергия от ДВС передается на ведущие колеса по нескольким цепочкам энергии. С учетом особенностей конструкции, типа энергоустановки определяются потери при передаче энергии и расход топлива.

В качестве примера приведены результаты оценки расхода топлива и выбросов CO₂ гибридных автомобилей с тремя типами энергоустановок при движении по испытательному циклу ВЦИМГ по ГОСТ 59890-2021.

На основе разработанных методов оценки эффективности эксплуатации и метода прогнозирования расхода топлива гибридных автомобилей определены границы экономически эффективной их эксплуатации.

Ключевые слова: гибридный автомобиль, критерии оценки эффективности, топливная экономичность, экологическая безопасность, заданные условия эксплуатации, методы оценки

Введение

Согласно Стратегии развития транспортного комплекса РФ до 2035 для снижения затрат на осуществление перевозочного процесса Министерством транспорта предлагается ряд направлений среди которых постепенный переход на гибридные и электрические автомобили. Согласно целевым показателям к 2035 году их доля в общей численности парка должна достигнуть 20 %. Одновременно ожидается снижение расхода углеводородного топлива двигателями внутреннего сгорания (ДВС) на 15 %. Вместе с тем полный переход на электромобили, прогнозируемый к 2050 году по последним прогнозам откладывается [1]. В связи с этим становится более актуальным расширение использования гибридных автомобилей.

В России эксплуатация гибридных автомобилей осуществляется с 2005 года. Их типаж и конструктивные характеристики продолжают развиваться, а цена становится более доступной. Так в 2024 году в Липецкой области на предприятии ООО «Моторинвест» наряду с электромобилями началась сборка гибридного автомобиля EVOLUTE i-SPACE, за основу которого взят выпускаемый в Китае автомобиль Dongfeng Fengon E5.

Гибридные автомобили имеют более высокую стоимость, чем аналогичные с бензиновым ДВС. Это вызывает вопрос о целесообразности и эффективности их использования в эксплуатации за счет низкого расхода топлива. Спрогнозировать возможную выгоду с учетом условий эксплуатации всегда не просто, а проведение полноценных испытаний слишком затратный и длительный процесс.

Для эксплуатирующих организаций расход топлива рекомендованный заводом-изготовителем или рекомендованный Министерством транспорта РФ не всегда дает представление о реальной топливной экономичности в заданных условиях эксплуатации. Объективную информацию о топливной экономичности удастся получить после практического использования нового автомобиля, что занимает не мало времени. Вместе с тем существует возможность прогнозирования расхода топлива на основе теоретических зависимостей. Методики теоретического прогнозирования расхода топлива автомобилем известны.

Немало работ по расчету эксплуатационных свойств гибридных автомобилей представлено учеными из МАДИ [2], НАМИ [3], ИжГУ [4], ДонНАСА [5], РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева [6] и др. В известной теории эксплуатационных свойств существует методики приближенного построения топливно-экономических характеристик на основе параметров мониторинга движения [7]. Рядом Российских и зарубежных исследователей предложены модели вычисления топливной экономичности отдельных типов энергоустановок [8-9]. Все представленные методы и методики имеют определенную достоверность и применимость, однако не учитывают особенности КЭУ автомобилей, цикл движения, дистанция поездки, тип энергоустановки, климатические условия.

Отсутствие методов и методик оценки эффективности гибридных автомобилей разных категорий затрудняет их практическое использование в автомобильном транспорте и введение стимулирующих мероприятий их производства и эксплуатации, что предусмотрено индикаторными показателями Стратегии развития транспортного комплекса РФ до 2035. Как следствие: индикаторные показатели доли гибридных и электрических автомобилей в автопарке РФ по данным Минпромторга РФ не выполняются.

Материал и методы

С 2007 года на кафедре автомобилей и автомобильного хозяйства Вологодского государственного университета проводятся исследования по оценке эффективности автомобилей в условиях неустановившегося режима работы с разными типами комбинированных энергоустановок (КЭУ); разработке мероприятий по повышению их надежности и топливной экономичности в эксплуатации [10].

Задача прогнозирования условий эффективной эксплуатации гибридных автомобилей решается методом теоритического определения топливной экономичности в заданных условиях и методике сравнительной экономической оценки затрат на эксплуатацию существующего и рассматриваемого автомобилей.

Теория / Расчет

Предложенный автором метод определения топливной экономичности основан на элементах тягового [11] и энергетического расчета [12].

Энергоустановка рассматривается как система цепочек, по которым энергия передается от ДВС к ведущим колесам автомобиля между основными элементами: ДВС; М/Г1, М/Г2 – электрические двигатели; Р – редуктор; Ин. – инвертор; ТНЭ – тяговый накопитель энергии; К- ведущие колеса. На рисунке 1 приведены все цепочки передачи энергии.

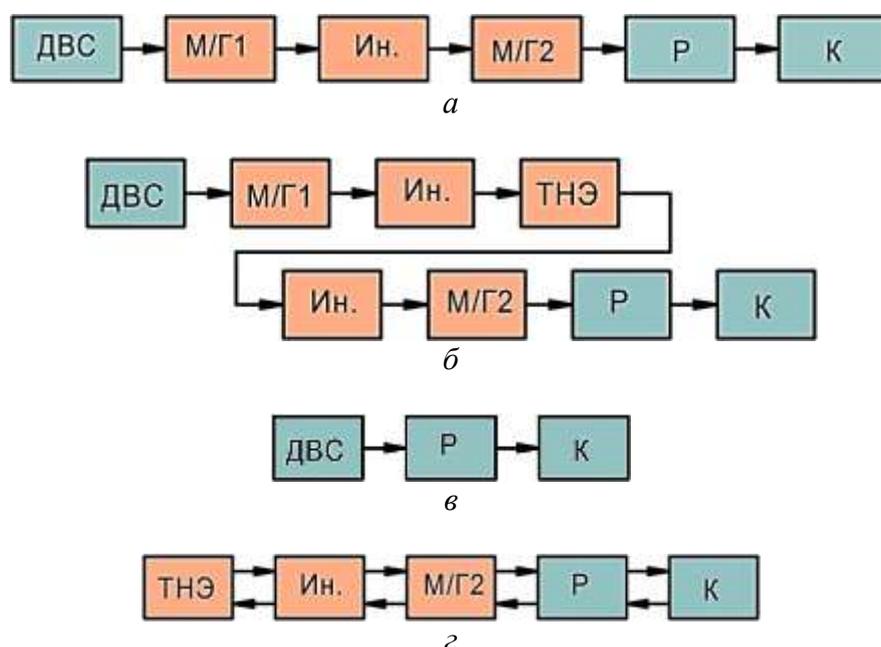


Рисунок 1 – Схема цепочек передачи энергии от ДВС на ведущие колеса: а – электрическая цепочка

передачи энергии (N_1), б - электрическая цепочка передачи энергии через ТНЭ (N_2), в - механическая цепочка передачи энергии (N_3), г - цепочка передачи энергии при рекуперации (N_4)

Учитываются особенности передачи энергии в каждой схеме энергоустановки [13-15]. В процессе расчета вычисляется: количество энергии в накопителе, мощность электрических двигателей и ДВС, расход топлива, выбросы CO_2 , а также мощность на ведущих колесах в каждый момент времени.

Исходя из закона сохранения энергии, вся мощность ДВС передается на движитель – ведущие колеса по 4 цепочкам (1) с учетом потерь.

$$N_{\text{ДВС}} = N_1 + N_2 + N_3 - N_4, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где N_1 - мощность, передаваемая по электрической цепи с учётом потерь в цепочке привода:

$$N_1 = \frac{(1 - U_T) \cdot (N_{\text{СР}} - N_{\text{НЭСР}})}{K \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{ПР}} \cdot \eta_{\text{Э}} \cdot \eta_{\text{ТР}}}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где U_T – доля энергии, передаваемая на ведущие колеса механическим путем;

η_{Γ} – КПД генератора;

$\eta_{\text{Э}}$ – КПД электродвигателя;

$\eta_{\text{ПР}}$ – КПД преобразователя;

$\eta_{\text{Т}}$ – КПД трансмиссии.

N_2 - мощность, передаваемая по электрической цепи с учётом потерь в цепочке привода

$$N_2 = \frac{N_{\text{НЭСР}}}{K \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{ПР}} \cdot \eta_{\text{ТНЭ}} \cdot \eta_{\text{Э}} \cdot \eta_{\text{ТР}}}, \text{ кВт}; \quad (3)$$

N_3 - механическим путем энергия передается в схемах КЭУ параллельного и смешанного типа. С учетом потерь в цепочке мощность в цепочке N_3 будет находится по формуле (4)

$$N_3 = \frac{U_T \cdot (N_{\text{Т.И}} - N_{\text{НЭСР}})}{\eta_{\text{ТР}}}, \text{ кВт}; \quad (4)$$

N_4 - Часть энергии торможения, переданная от колёс, возвратится в ТНЭ, после чего повторно расходуется на движение. Мощность, дополнительно получаемую, благодаря рекуперации находится по формуле (5).

$$N_4 = N_{\text{Т.СР}} \cdot \eta_{\text{Р}} \cdot \eta_{\text{ПР}}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где $\eta_{\text{Р}}$ – КПД рекуперации;

$\eta_{\text{ПР}}$ – КПД электропривода.

В качестве примера приведены результаты прогнозирования расхода топлива автомобиля категории М1 с энергоустановкой разных типов при движении по испытательному циклу ВЦИМГ по (ГОСТ Р 59890-2021). Данный испытательный цикл повторяет цикл WLTC и интересен тем, что приближен к реальным условиям движения автомобилей категории М1.

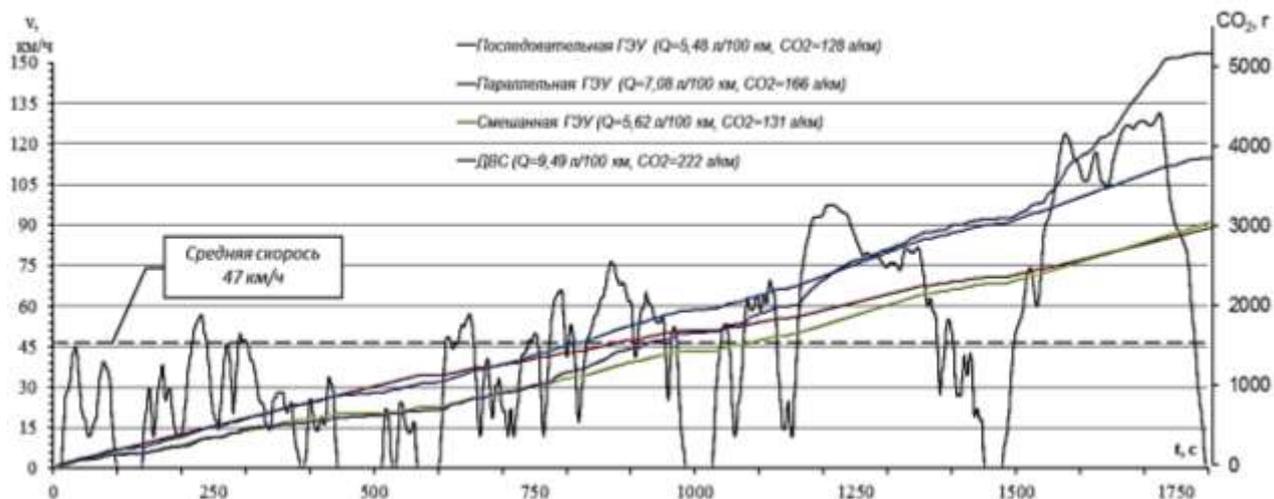


Рисунок 2 – Результаты прогнозирования расхода топлива автомобилями с ДВС и КЭУ при движении по стандартному испытательному циклу ВЦИМГ (ГОСТ Р 59890-2021)

В таблице 1 приведены результаты расчета характеристик энергоустановок автомобиля для 3-х наиболее интересных участков, характерных для городских условий эксплуатации.

Таблица 1 – Результаты расчета параметров движения автомобиля категории М1 с разными типами энергоустановок

| Показатели (средние) | Низкоскоростной участок | | | | Среднескоростной участок | | | | Скоростной участок | | | |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|-----|--------------------------|------------|-----------|-----|--------------------|------------|-----------|-----|
| | Тип энергоустановки | | | | | | | | | | | |
| | Посл. КЭУ* | Парал. КЭУ** | Смеш. КЭУ*** | ДВС | Посл. КЭУ | Парал. КЭУ | Смеш. КЭУ | ДВС | Посл. КЭУ | Парал. КЭУ | Смеш. КЭУ | ДВС |
| Мощность ДВС, кВт | 5,2 | 10,4 | 5,3 | 27 | 12 | 17 | 12 | 37 | 18 | 22 | 16,6 | 43 |
| Расход топл., л/100 км | 5,1 | 5,4 | 4,9 | 9,9 | 5,3 | 5,4 | 5,0 | 9 | 5 | 5,5 | 5,2 | 8,6 |
| Выбросы CO ₂ , г/км | 121 | 126 | 116 | 230 | 124 | 125 | 118 | 208 | 115 | 128 | 120 | 200 |

Посл. КЭУ – комбинированная энергоустановка последовательного типа в которой отсутствует механическая связь между ДВС и ведущими колесами.

Паралл. КЭУ - комбинированная энергоустановка параллельного типа в которой основная часть энергии от ДВС к ведущим колесам передается механическим путем

Смеш. КЭУ - комбинированная энергоустановка смешанного типа в трансмиссиях типа DHT Chery или HSD Toyota.

Результаты расчета выборочно подтверждены испытаниями, проведенными в дорожных условиях на серийном гибридном автомобиле, который эксплуатировался в течение 7 лет вместе с аналогичным по мощности и массе автомобилем с бензиновым ДВС. Гибридный автомобиль за указанный период наблюдений расходовал на 38 % меньше топлива, чем аналог с бензиновым ДВС. Каждые 10 тыс. км гибридный автомобиль сэкономил 410 литров бензина.

Метод прогнозирования расхода топлива был заложен в алгоритм программы расчета расхода топлива гибридными автомобилями по заданному циклу движения КЭУ-АВТО [16].

Топливная экономичность автомобиля говорит о затратах при эксплуатации. Для того чтобы судить об оценке эффективности предполагаемого к эксплуатации автомобиля необходимо учитывать все основные затраты, а также продолжительность и интенсивность работы автомобиля. С этой целью предлагается использовать методику экономической оценки затрат. Для удобства использования методика сгруппирована в одну зависимость (6), в которой используются Ц_А – цена существующего автомобиля с ДВС, n – период эксплуатации, (лет); Q₁₀₀ – расход топлива существующего автомобиля, л/100км; L_Г – предполагаемый го-

довой пробег автомобиля, км; C_T – цена ед. топлива, руб./л; $K_{Ц}$ – повышения цены гибридного автомобиля по сравнению с существующим аналогом; K_T – коэффициент, снижения расход топлива.

Эффективность эксплуатации оценивается стоимостью пробега в руб./км. Предполагается, что по истечении периода эксплуатации сравниваемые автомобили продаются по остаточной стоимости.

$$P_{ГА} = \frac{(C_A e^{-0,11n}) + \frac{L_T C_T Q_{100}}{100} - (K_{Ц} C_A e^{-0,11n}) - \frac{K_T L_T C_T Q_{100}}{100}}{L_T}, \text{ руб./км} \quad (6)$$

Если значения $P_{ГА}$ имеют отрицательные значения – выгода от использования гибридного автомобиля отсутствует, если положительные значения – эксплуатация гибридного автомобиля будет эффективной.

Результаты и обсуждение

Проведены расчеты стоимости эксплуатации автомобилей для категорий М1, М3, М3, N1 с разными типами КЭУ. Для разных ежегодных пробегов и предполагаемого периода эксплуатации. Пример построения приведен для автомобилей категории М1 с КЭУ параллельного типа (табл. 1). Зеленым выделены зоны эффективной эксплуатации.

Таблица 2 – Экономическая эффективность эксплуатации гибридного автомобиля категории М1 с параллельной схемой КЭУ

| Годовой пробег | общий пробег / годы эксплуатации | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | руб./км | | | | | | | | | |
| 10 тыс. км | 10/1 | 20/2 | 30/3 | 40/4 | 50/5 | 60/6 | 70/7 | 80/8 | 90/9 | 100/10 |
| | -11,2 | -8,4 | -6,2 | -5,0 | -4,1 | -3,5 | -2,9 | -2,4 | -2,0 | -1,7 |
| 20 тыс. км | 20/1 | 40/2 | 60/3 | 80/4 | 100/5 | 120/6 | 140/7 | 160/8 | 180/9 | 200/10 |
| | -4,7 | -3,3 | -2,2 | -1,6 | -1,2 | -0,9 | -0,6 | -0,3 | -0,1 | 0,1 |
| 30 тыс. км | 30/1 | 60/2 | 90/3 | 120/4 | 150/5 | 180/6 | 210/7 | 240/8 | 270/9 | 300/10 |
| | -2,6 | -1,6 | -0,9 | -0,5 | -0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| 40 тыс. км | 40/1 | 80/2 | 120/3 | 160/4 | 200/5 | 240/6 | 280/7 | 320/8 | 360/9 | 400/10 |
| | -1,5 | -0,8 | -0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 50 тыс. км | 50/1 | 100/2 | 150/3 | 200/4 | 250/5 | 300/6 | 350/7 | 400/8 | 450/9 | 500/10 |
| | -0,8 | -0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| 60 тыс. км | 60/1 | 120/2 | 180/3 | 240/4 | 300/5 | 360/6 | 420/7 | 480/8 | 540/9 | 600/10 |
| | -0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 |
| 70 тыс. км | 70/1 | 140/2 | 210/3 | 280/4 | 350/5 | 420/6 | 490/7 | 560/8 | 630/9 | 700/10 |
| | -0,1 | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 |

Из таблицы следует, что эксплуатация рассматриваемого гибридного автомобиля эффективна при среднегодовом пробеге 30 тыс. км. в течение 7 лет эксплуатации. При среднегодовом пробеге 50 тыс. км такие автомобили выгодно эксплуатировать уже через 3 года эксплуатации. Т.е. гибридные автомобили рассматриваемого типа КЭУ наиболее выгодно использовать в городских условиях движения, например при коммерческом использовании в таксопарках.

Выводы

Предлагаемый комплекс методик и методов позволяет априорно оценить условия эффективного использования гибридных автомобилей в зависимости от предполагаемого пробега, цикла движения и числа лет эксплуатации. Для эксплуатирующих предприятий и пред-

принимателей это позволит более точно на основе расчетов прогнозировать периоды эксплуатации и принимать решения по обновлению автопарка. Для государства предлагаемые критерии оценки эффективности позволяют скорректировать налоговое законодательство и выработать мероприятия по стимулированию производства, покупки и эксплуатации более эффективных гибридных автомобилей, что решает задачи поставленные в Стратегии развития транспортного комплекса РФ на период до 2035.

Немаловажные вопросы при прогнозировании затрат за период эксплуатации связаны с надежностью и ремонтом гибридных автомобилей в эксплуатации, а также пониманием причин отказов комбинированной энергоустановки. Эти вопросы рассматриваются в другой части работ автора, которые будут опубликованы в следующих статьях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофименко Ю.В., Комков В.И. Актуализированный прогноз численности, структуры автомобильного парка России по типу энергоустановок и выбросов парниковых газов до 2050 года // Вестник СибАДИ. 2023. №20(3). С. 350-361.
2. Сидоров К.М. Энергетическая и топливная эффективность автомобилей с гибридной силовой установкой: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук: 05.09.03 - электротехнические комплексы и системы Москва: МАДИ, 2010. 24 с.
3. Тимков А.Н., Иванов А.С., Луцик А.П. Разработка гибридного автомобиля на базе автомобиля ЗАЗ-1102 // Труды НАМИ. 2012. №251. С. 48-52.
4. Филькин Н.М., Кондрашкин А.С. Разработка новых технологических решений по созданию гибридной энергоустановки для легковых и малотоннажных грузовых автомобилей // Успехи современного естествознания. 2004. №7. С. 49-50.
5. Савенков Н.В., Золотарев О.О. Рациональный выбор режимных параметров автомобильной гибридной силовой установки // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №1(35).
6. Дидманидзе О.Н., Асадов Д.Г., Иванов С.А. Основы проектирования комбинированных энергоустановок. Москва: ООО «Автограф», 2020. 130 с.
7. Смирнов П.И. Метод определения расхода топлива автомобилей на основе анализа телематических данных // Т-Сопп: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т. 12. №7. С. 69-75.
8. Ломакин В.В., Шабанов А.А., Шабанов А.В. К определению расхода топлива и потребления энергии гибридных подзаряжаемых автомобилей // Актуальные вопросы машиноведения. 2016. Т. 5. С. 12-14.
9. Wang J., Rakha H.A. Modeling fuel consumption of hybrid electric buses: Model development and comparison with conventional buses // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (2539). 2016. P. 94-102.
10. Александров И.К. Энергетический анализ механизмов и машин. 3-е издание, исправленное и дополненное. Вологда: Вологодский государственный университет, 2017. 299 с.
11. Александров И.К., Несговоров Е.В., Раков В.А. Тяговый расчет транспортных средств с адаптивным приводным двигателем // Вестник машиностроения. 2010. №2. С. 16-18.
12. Раков В.А. Расчет мощности ДВС гибридной силовой установки параллельного типа // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы Международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ. 2016. С. 129-134.
13. Denton T. Automobile Electrical and Electronic Systems. Fourth Edition. New York: Routledge, 2012. 740 p.
14. Husain I. Electric and Hybrid Vehicles. New York: CRC Press, 2021. 498 p.
15. Halderman J. Electric and hybrid electric vehicles. NJ: Pearson Education, Inc., 2023. 337 p.
16. КЭУ-АВТО. Программа для расчета расхода топлива гибридными автомобилями по заданному циклу движения: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2023666519 / Раков В.А.; опубл. 01.08.23.

Раков Вячеслав Александрович

Вологодский государственный университет

Адрес: 160024, Россия, г. Вологда, ул. Ленина, 15

К.т.н., доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства

E-mail: vyacheslav.rakov@mail.ru

V.A. RAKOV

FORECASTING CONDITIONS FOR EFFECTIVE OPERATION OF HYBRID VEHICLES

Abstract. The article provides a set of assessment methods that allow us to formulate criteria for the efficiency of hybrid cars. To predict the fuel efficiency of hybrid vehicles under given operating conditions, a theoretical calculation method is used, in which the hybrid engine is considered as a system in which energy from the gasoline engine is transmitted to the drive wheels through several energy chains. Taking into account the design features and the type of hybrid engine, energy transfer losses and fuel consumption are determined.

As an example, the results of assessing the fuel consumption and CO₂ emissions of cars with three types of hybrid engines when driving on the WLTC test cycle are presented.

Based on the developed methods for assessing the operating efficiency and the method for predicting the fuel consumption of hybrid vehicles, the boundaries of their economically efficient operation were determined.

Keywords: hybrid car, efficiency evaluation criteria, fuel efficiency, environmental safety, specified operating conditions, evaluation methods

BIBLIOGRAPHY

1. Trofimenko Yu.V., Komkov V.I. Aktualizirovanny prognoz chislennosti, struktury avtomobil`nogo parka rossi po tipu energoustanovok i vybrosov parnikovyykh gazov do 2050 goda // Vestnik SibADI. 2023. №20(3). S. 350-361.
2. Sidorov K.M. Energeticheskaya i toplivnaya effektivnost` avtomobiley s gibridnoy silovoy ustanovkoy: avtoref. na soisk. uchenoy step. kand. tekhn. nauk: 05.09.03 - elektrotekhnicheskie komplekxy i sistemy Moskva: MADI, 2010. 24 s.
3. Timkov A.N., Ivanov A.S., Lutsik A.P. Razrabotka gibridnogo avtomobilya na baze avtomobilya ZAZ-1102 // Trudy NAMI. 2012. №251. S. 48-52.
4. Fil`kin N.M., Kondrashkin A.S. Razrabotka novykh tekhnologicheskikh resheniy po sozdaniyu gibridnoy energoustanovki dlya legkovykh i malotonnazhnykh gruzovykh avtomobiley // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2004. №7. S. 49-50.
5. Savenkov N.V., Zolotarev O.O. Ratsional`nyy vybor rezhimnykh parametrov avtomobil`noy gibridnoy silovoy ustanovki // Avtomobil`. Doroga. Infrastruktura. 2023. №1(35).
6. Didmanidze O.N., Asadov D.G., Ivanov S.A. Osnovy proektirovaniya kombinirovannykh energoustanovok. Moskva: OOO «Avtograf», 2020. 130 s.
7. Smirnov P.I. Metod opredeleniya raskhoda topliva avtomobiley na osnove analiza telematicheskikh dannykh // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2018. T. 12. №7. S. 69-75.
8. Lomakin V.V., Shabanov A.A., Shabanov A.V. K opredeleniyu raskhoda topliva i potrebleniya energii gibridnykh podzaryazhaemykh avtomobiley // Aktual`nye voprosy mashinovedeniya. 2016. T. 5. S. 12-14.
9. Wang J., Rakha H.A. Modeling fuel consumption of hybrid electric buses: Model development and comparison with conventional buses // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (2539). 2016. P. 94-102.
10. Aleksandrov I.K. Energeticheskyy analiz mekhanizmov i mashin. 3-e izdanie, ispravlennoe i dopolnennoe. Vologda: Vologdskiy gosudarstvennyy universitet, 2017. 299 s.
11. Aleksandrov I.K., Nesgovorov E.V., Rakov V.A. Tyagovyy raschet transportnykh sredstv s adaptivnym privodnym dvigatelem // Vestnik mashinostroeniya. 2010. №2. S. 16-18.
12. Rakov V.A. Raschet moshchnosti DVS gibridnoy silovoy ustanovki parallel`nogo tipa // Avtomatizatsiya i energosberezhenie mashinostroitel`nogo i metallurgicheskogo proizvodstv, tekhnologiya i nadezhnost` mashin, priborov i oborudovaniya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Vologda: VoGU. 2016. S. 129-134.
13. Denton T. Automobile Electrical and Electronic Systems. Fourth Edition. New York: Routledge, 2012. 740 p.
14. Husain I. Electric and Hybrid Vehicles. New York: CRC Press, 2021. 498 p.
15. Halderman J. Electric and hybrid electric vehicles. NJ: Pearson Education, Inc., 2023. 337 p.
16. KEU-AVTO. Programma dlya rascheta raskhoda topliva gibridnymi avtomobilyami po zadannomu tsiklu dvizheniya: svidetel`stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № RU 2023666519 / Rakov V.A.; opubl. 01.08.23.

Rakov Vyacheslav Alexandrovich

Vologda State University

Address: 160024, Russia, Vologda, st. Lenina, 15

Candidate of technical sciences

E-mail: vyacheslav.rakov@mail.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК656.13

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-106-112

Ж. ВАН, В.В. ЗЫРЯНОВ

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

***Аннотация.** В данной статье анализируются различные методы разработки архитектуры интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Показано, что архитектура ИТС является одним из основных условий, определяющих успешность проектирования и создания ИТС, поскольку архитектура ИТС описывает потребности участников ИТС, функции, потоки данных и взаимодействие подсистем. В статье приведены основные направления развития архитектуры ИТС. Выполнен анализ двух основных подходов к разработке архитектуры ИТС: процессно-ориентированный и объектно-ориентированный. Приводятся результаты сравнения этих методов по таким параметрам как метод анализа, обновление и обслуживание, сложность логической архитектуры, сложность физической архитектуры.*

***Ключевые слова:** архитектура, интеллектуальные транспортные системы, метод разработки, процессно-ориентированный, объектно-ориентированный*

Введение

Начиная с 1990-х годов, при появлении нового поколения программно-моделирующих комплексов, техники и технологии управления дорожным движением, средств передачи данных интеллектуальные транспортные системы стали одним из драйверов развития транспортных систем. в условиях сокращения земельных ресурсов, доступных для строительства новой транспортной инфраструктуры, и все более заметного противоречия между спросом на транспорт и его предложением, использование высоких технологий для повышения операционной эффективности существующей дорожно-транспортной системы стало неизбежным выбором [1]. Таким образом, развитие интеллектуального транспорта стало решением современных проблем дорожного движения. Интеллектуальные транспортные системы (Intelligent Transport Systems, ITS) в мире стремительно развиваются, люди все больше и больше пользуются интеллектуальным транспортом для поездок, чтобы привести изменения [2].

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) представляют собой широкий спектр сложных систем, их проектирование и развитие не может быть отделено от поддержки их архитектуры. ИТС состоит из множества подсистем, таких как управление движением, управление дорожным движением и обеспечение безопасности движения и т.д. Разработка архитектуры ИТС позволяет определить взаимосвязи между подсистемами, установить стандарты передачи данных между подсистемами, а также создать основу для планирования, интеграции и строительства ИТС [3]. Взаимозаменяемость систем и сервисов, кооперация соответствующих организаций и участников - непростые задачи. Архитектура ИТС -руководящая основа для планирования и строительства ИТС, а также важное средство регулирования развития ИТС [4].

В 1996 году Соединенные Штаты выпустили первую методическую основу для разработки архитектуры ИТС - NITSA (National ITS Architecture Framework), а с обновлением ее версии разработали ARC-IT (Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation) и тем самым внесли свой вклад в развитие архитектуры региональных транспортных систем [5].

В 2000 году Европа выпустила FRAME (Framework Architecture Made for Europe) - руководящую основу для разработки ИТС. Поскольку разработчики FRAME не относятся к отдельному национальному органу, её использование не является обязательным. Некоторые европейские страны разработали свои собственные национальные архитектуры ИТС на основе FRAME [6]. Другие страны, такие как Япония, Канада и Австралия, также представили независимые национальные архитектуры ИТС.

В 2003 году Китай разработал собственную национальную архитектуру ИТС - China ITS Architecture Version 1, в качестве эталонной архитектуры для развития ИТС в Китае [7].

Промышленный консорциум The Open Group начала разрабатывать стандарты системной архитектуры в 1993 году в ответ на запросы клиентов, а в 1995 году опубликовала стандарт The Open Group Architecture Framework (TOGAF), который основан на технической архитектуре управления информацией министерства обороны США (TAFIM, Technical Architecture for Information Management) [8]. The Open Group Architecture Framework (TOGAF) - это стандартная основа для разработки архитектуры предприятия, которая, помимо руководства по процессу создания и поддержки архитектуры предприятия, включает в себя - методология разработки архитектуры (ADM, Architecture Development Method), поддерживающие технологии, мета-модель содержания и артефакты, представляющие представления архитектуры предприятия [9]. Хотя TOGAF в основном используется для разработки архитектуры предприятия, ADM содержит несколько архитектурных доменов, таких как домен ITS, и может быть адаптирована к потребностям конкретного проекта [10]. Немецкая эталонная архитектура ИТС была разработана на основе TOGAF, и в 2018 году были получены результаты [11].

Методы и материалы

В настоящее время существует два основных способа построения архитектуры ИТС: процессно-ориентированный метод построения и объектно-ориентированный метод построения. Метод построения, ориентированный на процессы в интеллектуальной транспортной системе, в основном использует концепцию абстрактной модели, формирует функции ИТС в соответствии с потребностями пользователей, описывает потоки данных в каждой функциональной области и полный цикл их прохождения, реализует физическую архитектуру ИТС. Объектно-ориентированный метод разработки архитектуры ИТС разработан на основе объектно-ориентированного языка программирования с моделированием функций ИТС через атрибуты, объекты поведения и координацию между этими объектами [12, 13].

Теория

1. Процессно-ориентированный метод

Применение процессно-ориентированной методологии в архитектуре ИТС в основном отражается в построении функциональной и физической архитектуры, содержательном анализе пользовательских сервисов, функциональной декомпозиции. Поскольку ИТС не является единой программно-инструментальной системой, а включает в себя ряд модулей и подсистем [14, 15], при разработке логической архитектуры ИТС необходимо интегрировать процессы в аналогичных функциональных областях с описанием иерархии логических функций, построить диаграмму потоков данных на каждом уровне как показано на рисунке 1 [16], и предоставить соответствующий словарь данных для анализа соответствующих сервисов ИТС. Эти процедуры функционального анализа проводятся от запроса на соответствующий сервис до его завершения, включая обмен информацией между системой и внешним миром, ответы на запросы в процессе выполнения сервиса.

При разработке физической архитектуры ИТС базируются на логической архитектуре с сохранением процессно-ориентированных методов и формированием через декомпозицию логической диаграммы потоков данных таких компонентов, как система, подсистемы, модули. Физическая архитектура определяет конкретные физические компоненты для данной ИТС таким образом, чтобы было обеспечены связи отдельных элементов, модулей и подсистем в функциональной архитектуре с соответствующими физическими объектами. для раз-

работанной физической архитектуры создаются потоки данных в интеллектуальной транспортной системе. Это ключевые данные для коммуникационной архитектуры, которая показывает необходимые связи между каждой подсистемой, модулем и объектом.

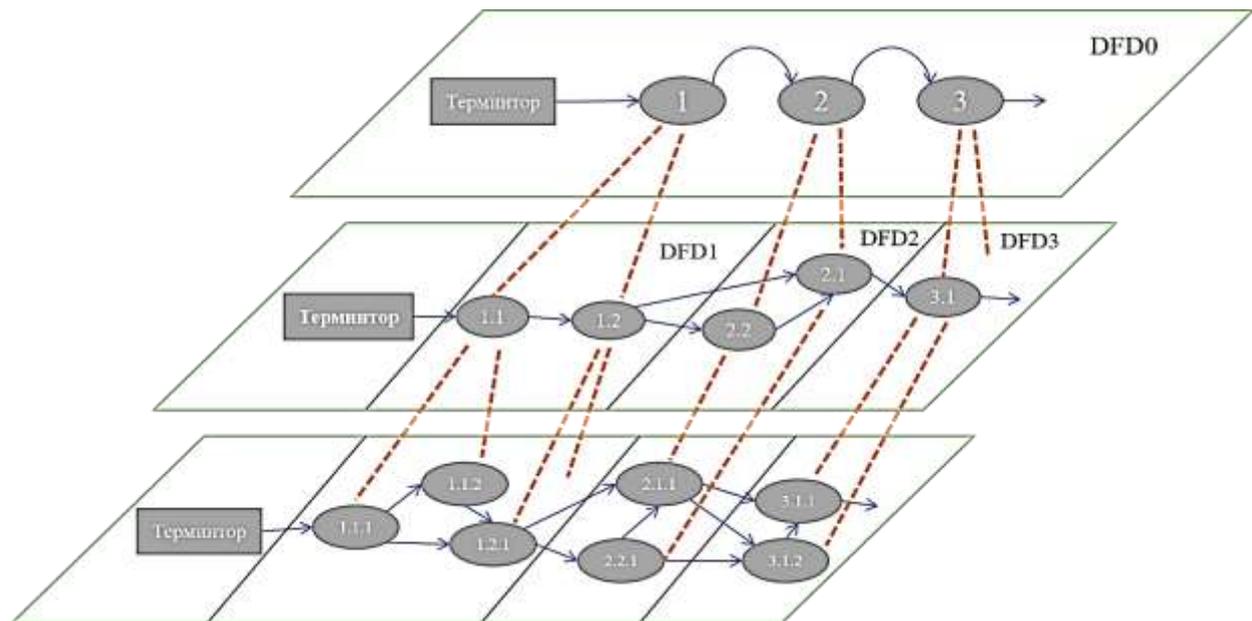


Рисунок 1 – Диаграмма уровней взаимосвязи потоков данных логической архитектуры ИТС (DFD)

Следовательно, процессно-ориентированный метод формализует структуру и функциональные процессы ИТС используя диаграммы потоков данных. Однако хотя диаграммы потоков данных детально показывают передачу и получение информации компонентами ИТС, этот подход является недостаточно гибким. Для полномасштабных ИТС диаграммы потоков данных разрастаются до значительных размеров, могут возникать трудности при разработке и модификации архитектуры ИТС.

2. Объектно-ориентированный метод

Основным принципом объектно-ориентированного метода является приближение к моделированию образа мышления человека с постоянной связью методов и процессов сложных систем [17]. Пространство проблемы (также известное как проблемная область), описывающее проблему, максимально структурно согласовано с пространством реалистичных решений (также известное как область решения). Объектно-ориентированное проектирование во многом состоит в управлении зависимостями. Поэтому системный анализ, руководствуясь объектно-ориентированным методом, рассматривает состав системы не как совокупность ряда процедур или функций, работающих с данными, а как совокупность взаимодействующих друг с другом и независимых друг от друга объектов [18-20].

Подобно процессно-ориентированному методу, который требует создания модели данных, функциональной модели и модели поведения, объектно-ориентированный метод анализирует системные требования с трех разных, но тесно связанных точек зрения и включает в себя: объектную модель, описывающую статическую структуру системы; динамическую модель, описывающую структуру управления системой; функциональную модель, описывающую вычислительную структуру системы. Среди них объектная модель является самой основной и самой важной. При объектно-ориентированной подходе можно использовать универсальный язык программирования UML для создания моделей и диаграмм, а также для интерфейса между компонентами ИТС.

Создание объектной модели является основной задачей объектно-ориентированного анализа. Объектная модель крупномасштабных систем в основном включает пять действий: выяснить «класс-объект», определить структуру, определить субъект, определить свойства, определить сервисы. Они не выполняются в строгом порядке сверху вниз, и модель можно

постепенно уточнять снова и снова, как показано на рисунке 2 [16].

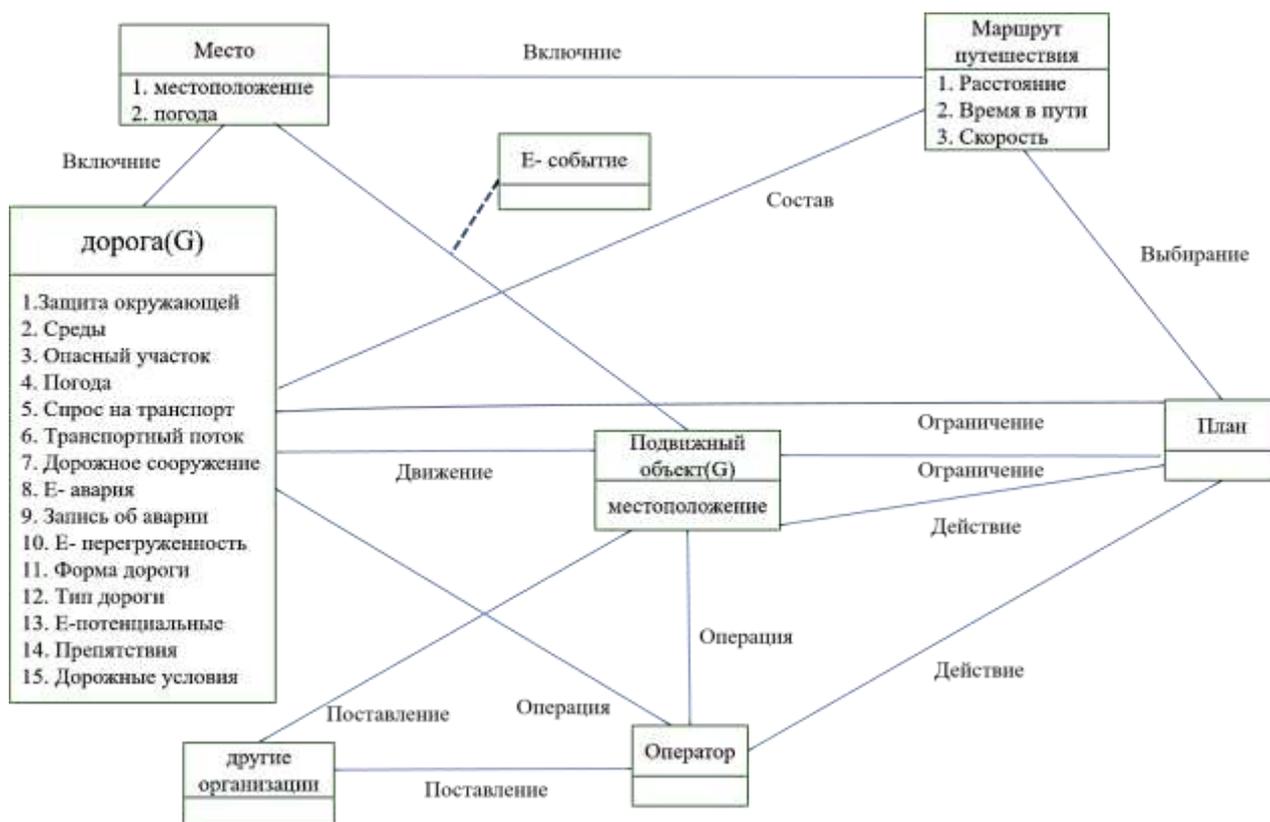


Рисунок 2 – Объектная модель верхнего уровня архитектуры ИТС

Динамическая модель - это представление серии событий, происходящих в системе в течение определенного периода выполнения. Диаграмма отслеживания событий показывает взаимодействие событий между классами и объектами в системе, а диаграмма состояний показывает взаимосвязь между событиями и состояниями объектов для важных классов в системе.

Функциональная модель похожа на процессно-ориентированную функциональную модель и представлена диаграммой потока данных.

После завершения построения трех вышеуказанных моделей анализ требований к системе завершается, и начинается этап проектирования системы. Границы между анализом и проектированием не столь четкие, как в процессно-ориентированном подходе. Шаблоны объектно-ориентированной разработки программного обеспечения естественным образом поддерживают принцип проектирования, заключающийся в разбиении системы на модули, т.е. объект - это модуль, который тесно сочетает в себе структуры данных и методы манипулирования этими данными.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ этих методов анализа разработки архитектуры ИТС проводился по таким факторам как метод анализа сервисов ИТС, особенности обновления и обслуживания, сложность логической архитектуры, сложность модулей физической архитектуры.

Результаты сравнения и анализа двух методов разработки архитектуры ИТС приведены в таблице 1.

Сравнение двух методов разработки архитектуры может обеспечить более глубокое понимание характеристик различных методов разработки. Это имеет большое значение для

стран, выбирающих собственные методы развития архитектуры интеллектуальных транспортных систем.

Таблица 1 - Сравнение применения процессно-ориентированных и объектно-ориентированных методов разработки архитектуры ИТС

| Сравнительные факторы | Процессно-ориентированный метод | Объектно-ориентированный метод | Сравнение |
|--|---|--|---|
| Метод анализа | Сервисы ИТС анализируются с точки зрения функциональных процессов, и считается, что ИТС завершается комбинацией функций. | При анализе с точки зрения объектов, участвующих в ИТС, считается, что системы ИТС состоят из объектов и связей между ними. | Первый вариант подходит для задач в области обработки данных, где состав системы рассматривается как совокупность процессов или функций, работающих с данными; второй вариант больше соответствует человеческому пониманию мира, где системы рассматриваются как совокупности взаимодействующих, но независимых друг от друга объектов. |
| Обновление и обслуживание | При модификации или добавлении новых сервисов необходимо еще раз пройти этапы разработки архитектуры, которая должна быть интегрирована с существующим содержанием. | При изменении или добавлении сервиса необходимо найти соответствующий класс объекта и т.д. и изменить его содержимое. | При первом обновлении необходимо задействовать всю структуру содержания обновления, что легко пропустить; при втором - для соответствующего класса объектов необходимо изменить соответствующее содержание; в отличие от этого, второй вариант имеет очевидные преимущества. |
| Сложность моделирования логической архитектуры | Представление его логических функциональных элементов и связей между ними, в основном с помощью диаграмм потоков данных. | Для наглядного описания логических архитектурных элементов необходимы объектная, динамическая и функциональная модели. | Первый вариант более прост и соответствует лишь функциональной модели одной из моделей второго варианта; логическое моделирование второго варианта относительно сложно. |
| Сложность модульности физической архитектуры | Требует меньшего анализа и разграничения функций логической архитектуры. | Анализируются логические функциональные элементы, соответствующие каждому пользовательскому сервису, что представляет собой большой объем анализа. | Модульность логических функциональных элементов требует многостороннего анализа физической реализации каждого логического функционального элемента; второй вариант более требователен с точки зрения объема работы. |

Вывод

Из приведенного выше анализа видно, что оба метода имеют свои особенности в рамках системы ИТС. Процессно-ориентированный метод проще и практичнее, но для более сложных систем, когда требуются новые пользовательские сервисы, его сложнее пересматривать; объектно-ориентированный метод требует логического анализа каждого пользовательского сервиса ИТС по отдельности, что является большой нагрузкой, но его удобно обновлять и поддерживать.

Поэтому при выборе метода разработки архитектуры ИТС можно учитывать существующий фундамент разработки, уровень знаний разработчиков и другие факторы. С учетом существующего в Китае фундамента для разработки архитектуры ИТС, в качестве руководства принят процессно-ориентированный метод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. National ITS Architecture Team (U. S.). Regional ITS Architecture Guidance // Developing, Using and Maintaining on ITS Architecture for Your Region. 2001. №10. P. 12-13.
2. Wang X. The development history of China's intelligent transportation - the first experience of ITS // China

Highway. 2022. №609 (5). P. 56-61. DOI:10.3969/j.issn.1006-3897.2022.05.019.

3. Zhang J., Li B., Wang X. et al. Smart Expressway Architecture and Development Path Design // Highway Transportation Technology. 2018. №35 (1). 7. P. 88-94. DOI: CNKI: SUN: GLJK.0.2018-01-012.

4. Wang R. Zyryanov V. A Method for Designing the Architecture of Intelligent Transportation Systems in the People's Republic of China // Environmentally Sustainable Cities and Settlements: Problems and Solutions: XII International Scientific and Practical Forum (ESCP-2023). E3S Web of Conferences. 2023. 403. 07022. 7 p. doi.org/10.1051/e3sconf/202340307022.

5. Sun W., Han J. Application of GPS and GIS technologies in road transportation systems. Automotive Practice Technology. 2018. 000(023). P. 29-30.

6. Ван Ж., Зырянов В. В. Интеллектуальные системы управления дорожным движением // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Том 1. Орел: Орловский государственный университет. 2021. С. 157-169.

7. «China Intelligent Transportation System Architecture» Special Group. China Intelligent Transportation System Architecture. Beijing: People's Transportation Publishing House, 2003(1). P. 14-15.

8. Jesty P.H., Bossom R.A.P. Using the FRAME Architecture for planning integrated Intelligent Transport Systems // 2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems. Vienna, Austria. 2011. P. 370-375. doi: 10.1109/FISTS.2011.5973610.

9. Wang X. The development history of China's intelligent transportation - the first experience of ITS // China Highway. 2022. 609(5). P 56-61. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3897.2022.05.019.

10. Zhang J., Li B., Wang X., Zhang F., Sun X. Design of Architecture and Development Roadmap of Smart Expressway // Journal of Highway and Transportation Research and Development. 2018. 35(1). P. 88-94.

11. Susel Fernandez, Takayuki Ito, Rafik Hadfi. Architecture for intelligent transportation system based in a general traffic ontology. Transportation Engineering. 2016. №10. DOI:10.1007/978-3-319-23467-0_4.

12. Belinova Z., Bures P., Jesty P. Intelligent Transport System Architecture Different Approaches and Future Trends [Электронный ресурс] / Data and Mobility. Advances in Intelligent and Soft Computing. Vol 81. Springer, Berlin, Heidelberg. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-15503-1_11.

13. Meier R., Harrington A., Cahill V. A framework for integrating existing and novel intelligent transportation systems // Proceedings. 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems. 2005. Vienna, Austria. 2005. P. 154-159. doi: 10.1109/ITSC.2005.1520124.

14. Salazar-cabrera R., Pachon A. Methodology for Design of an Intelligent Transport System (ITS) [Электронный ресурс] / Architecture for Intermediate Colombian City. Ing. compet. 2019. Vol.21. №1. P. 49-62. ISSN 0123-3033. URL: <https://doi.org/10.25100/iyc.v21i1.7654>.

15. Osorio A.L., Afsarmanesh H., Camarinha-Matos L.M. Towards a Reference Architecture for a Collaborative Intelligent Transport System Infrastructure [Электронный ресурс] / Collaborative Networks for a Sustainable World. PRO-VE 2010. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Vol 336. Springer, Berlin, Heidelberg. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-15961-9_56.

16. Zhang K., Liu H., Liu D., Wang C., Li Z. Construction method and application of intelligent transportation system architecture. Beijing: People's Communications Publishing House, 2013. P. 20-35.

17. Sun L., Li Y., Gao J. Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems. Procedia Engineering 137. 2016. P. 747-753.

18. Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Гаврилюк М.В. Принципы формирования государственной системы сертификации элементов ИТС в Российской Федерации. Транспорт Российской Федерации. 2020. №6(91). С. 46-49.

19. Çapalı B. Intelligent Transportation Systems Architecture: Recommendation for K-AUS. ECJSE. Vol. 9 №4. 2022. P. 1249-1254. doi: 10.31202/ecjse.1132804.

20. Talih O., Tektas N. A brief survey on cooperative intelligent transportation systems and applications. ija-stech. 2023;7(3). –P 259-68. <https://doi.org/10.30939/ijastech..1256856>.

Ван Жуньчжоу

Донской государственный технический университет

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

Аспирант

E-mail: 1021553988@qq.com

Зырянов Владимир Васильевич

Донской государственный технический университет

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

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой организации перевозок и дорожного движения

E-mail: tolbaga@mail.ru

R. WANG, V.V. ZYRYANOV

ANALYSIS OF METHODS FOR DEVELOPING THE ARCHITECTURE OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Abstract. This paper analyses various methods of developing the architecture of intelligent transportation systems (ITS). It is shown that ITS architecture is one of the main conditions determining the success of ITS design and creation, because ITS architecture describes the needs of ITS par-

participants, functions, data flows and subsystems interaction. The main directions of ITS architecture development are given in the article. Two main approaches to ITS architecture development are analysed: process-oriented and object-oriented. The results of comparison of these methods by such parameters as method of analysis, updating and maintenance, complexity of logical architecture, complexity of physical architecture are given.

Keywords: architecture, intelligent transportation systems, development method, process-oriented, object-oriented

BIBLIOGRAPHY

1. National ITS Architecture Team (U. S.). Regional ITS Architecture Guidance // Developing, Using and Maintaining on ITS Architecture for Your Region. 2001. №10. P. 12-13.
2. Wang X. The development history of China's intelligent transportation - the first experience of ITS // China Highway. 2022. №609 (5). P. 56-61. DOI:10.3969/j.issn.1006-3897.2022.05.019.
3. Zhang J., Li B., Wang X. et al. Smart Expressway Architecture and Development Path Design // Highway Transportation Technology. 2018. №35 (1). 7. P. 88-94. DOI: CNKI: SUN: GLJK.0.2018-01-012.
4. Wang R. Zyryanov V. A Method for Designing the Architecture of Intelligent Transportation Systems in the People's Republic of China // Environmentally Sustainable Cities and Settlements: Problems and Solutions: XII International Scientific and Practical Forum (ESCP-2023). E3S Web of Conferences. 2023. 403. 07022. 7 p. doi.org/10.1051/e3sconf/202340307022.
5. Sun W., Han J. Application of GPS and GIS technologies in road transportation systems. Automotive Practice Technology. 2018. 000(023). P. 29-30.
6. Van ZH., Zyryanov V. V. Intellektual'nye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh tomakh. Tom 1. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet. 2021. S. 157-169.
7. «China Intelligent Transportation System Architecture» Special Group. China Intelligent Transportation System Architecture. Beijing: People's Transportation Publishing House, 2003(1). P. 14-15.
8. Jesty P.H., Bossom R.A.P. Using the FRAME Architecture for planning integrated Intelligent Transport Systems // 2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems. Vienna, Austria. 2011. R. 370-375. doi: 10.1109/FISTS.2011.5973610.
9. Wang X. The development history of China's intelligent transportation - the first experience of ITS // China Highway. 2022. 609(5). P. 56-61. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3897.2022.05.019.
10. Zhang J., Li B., Wang X., Zhang F., Sun X. Design of Architecture and Development Roadmap of Smart Expressway // Journal of Highway and Transportation Research and Development. 2018. 35(1). P. 88-94.
11. Susel Fernandez, Takayuki Ito, Rafik Hadfi. Architecture for intelligent transportation system based in a general traffic ontology. Transportation Engineering. 2016. №10. DOI:10.1007/978-3-319-23467-0_4.
12. Belinova Z., Bures P., Jesty P. Intelligent Transport System Architecture Different Approaches and Future Trends [Elektronnyy resurs] / Data and Mobility. Advances in Intelligent and Soft Computing. Vol 81. Springer, Berlin, Heidelberg. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-15503-1_11.
13. Meier R., Harrington A., Cahill V. A framework for integrating existing and novel intelligent transportation systems // Proceedings. 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems. 2005. Vienna, Austria. 2005. R. 154-159. doi: 10.1109/ITSC.2005.1520124.
14. Salazar-cabrera R., Pachon A. Methodology for Design of an Intelligent Transport System (ITS) [Elektronnyy resurs] / Architecture for Intermediate Colombian City. Ing. compet. 2019. Vol.21. №1. R. 49-62. ISSN 0123-3033. URL: <https://doi.org/10.25100/iyc.v21i1.7654>.
15. Osorio A.L., Afsarmanesh H., Camarinha-Matos L.M. Towards a Reference Architecture for a Collaborative Intelligent Transport System Infrastructure [Elektronnyy resurs] / Collaborative Networks for a Sustainable World. PRO-VE 2010. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Vol 336. Springer, Berlin, Heidelberg. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-15961-9_56.
16. Zhang K., Liu H., Liu D., Wang C., Li Z. Construction method and application of intelligent transportation system architecture. Beijing: People's Communications Publishing House, 2013. P. 20-35.
17. Sun L., Li Y., Gao J. Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems. Procedia Engineering 137. 2016. R. 747-753.
18. Zhankaziev S.V., Vorob`ev A.I., Gavriluk M.V. Printsipy formirovaniya gosudarstvennoy sistemy sertifikatsii elementov ITS v Rossiyskoy Federatsii. Transport Rossiyskoy Federatsii. 2020. №6(91). S. 46-49.
19. ?apali B. Intelligent Transportation Systems Architecture: Recommendation for K-AUS. ECJSE. Vol. 9 №4. 2022. R. 1249-1254. doi: 10.31202/ecjse.1132804.
20. Talih O., Tektas N. A brief survey on cooperative intelligent transportation systems and applications. ija-stech. 2023;7(3). -P 259-68. <https://doi.org/10.30939/ijastech.1256856>.

Wang Runzhou

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don, str. Sotsialisticheskaya, 162
Postgraduate student
E-mail: 1021553988@qq.com

Zyryanov Vladimir Vasilievich

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don, str. Sotsialisticheskaya, 162
Doctor of technical sciences
E-mail: tolbaga@mail.ru

Научная статья

УДК 378.016

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-113-119

В.М. НИГМЕТЗЯНОВА, А.Р. КАМАЛЕЕВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ САПЭТнТМО

Аннотация: рассмотрен вопрос использования цифрового двойника в процессе обучения студентов технического вуза, выявлены достоинства и недостатки использования цифрового двойника в образовательном процессе, предложены условия для организации учебного процесса с использованием системы учебного взаимодействия студентов, преподавателя и используемых цифровых технологий.

Ключевые слова: технический вуз, цифровые технологии, цифровой двойник, цифровые навыки, компетенции, взаимодействие

Введение

Всеобщая цифровизация всех сфер жизнедеятельности современного общества затрагивает и высшее техническое образование, когда есть необходимость организовывать учебный процесс в цифровой среде с активным применением возможностей глобальной сети Интернет.

При использовании цифровых технологий в обучении следует обратить внимание на применение цифровых двойников. Цифровые двойники могут быть использованы при изучении дисциплин профильного цикла и будут способствовать росту практической вовлеченности студентов в учебный процесс и более четкому представлению использования цифровых двойников на производстве: в секторе производства, в моделировании будущих продуктов, в процессе их производства и эксплуатации.

Принято считать, что термин «цифровой двойник» (англ. *Digital Twin*) ввёл в 2003 г. доктор Технологического института во Флориде (США) М. Гривз (*Michael W. Grieves*) в соавторстве с экспертом NASA Дж. Викерсом (*John Vickers*). [19]

По М. Гривзу, цифровой двойник является «набором виртуальных информационных конструкций», которые полностью потенциальный или фактически произведенный физический продукт [17]. Модель концепции цифровых двойников включает в себя следующие компоненты: физические продукты в реальном пространстве; виртуальные продукты в виртуальном пространстве; связи данных и информации, которые объединяют виртуальные и реальные продукты вместе [18].

Существует множество определений цифрового двойника [1, 4, 7]. Для данного исследования придерживаемся следующего определения: цифровой двойник – это виртуальный прототип реального объекта [2]. Для его создания используются разнообразные данные в соответствии с техническим заданием, используются методы моделирования, симуляции и расчётов. Цифровой двойник позволяет разрабатывать изделия, проводить виртуальные испытания и вносить изменения в конструкцию без необходимости изготовления реальных прототипов, учитывать на стадии проектирования большее число характеристик будущего изделия и вносить корректировки при необходимости. Для реализации цифрового двойника необходимо многоуровневое моделирование реального объекта с помощью компьютера и специального программного обеспечения [2].

Цифровые двойники можно использовать не только на производстве, но и в учебном процессе технического вуза. Внедрение технологии цифрового двойника позволит студентам полностью погрузиться в виртуальное пространство, получить новые знания, повысить мотивацию к учебе [4, 8, 9].

Одновременно с приобретением новых знаний, студенты приобретают: опыт пользования инструментария для создания цифровых двойников, цифровые навыки, необходимые компетенции [2, 5, 10].

Материал и методы

В процессе исследования были применены методы анализа, обобщения моделирования и описания [7]. Для исследования использования цифрового двойника в учебном процессе у студентов профиля подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» Набережно-челнинского института (филиал) КФУ была проведена актуализация рабочей программы дисциплины «Системы автоматизированного проектирования элементов транспорта и транспортно-технологических машин и оборудования» (САПЭТиТМО) с применением цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ с использованием графического пакета *UNIGRAPHICS NX*.

Теория / Расчет

В данном исследовании рассматривается построение цифрового двойника, который является цифровой копией бортовой платформы автомобиля КАМАЗ.

Цифровой двойник бортовой платформы автомобиля КАМАЗ представляет собой близкую к реальной расчётную модель, построенную на основании соответствующих входных и выходных параметров, и, в соответствии с управляющими сигналами, предназначенными для оценки адекватности поведения бортовой платформы на всех стадиях жизненного цикла.

Под жизненным циклом подразумевается такие стадии, как:

- проектирование;
- испытание;
- эксплуатация.

На стадии проектирования и конструирования можно выявить ошибки конструирования, оценить взаимное влияние деталей бортовой платформы, учитывать воздействие факторов внешней среды [12].

Результаты и обсуждение

Для создания цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ применялись инструменты двух- и трехмерной системы проектирования [1], использовались модули «Модель», «Листовой металл NX» графического пакета *UNIGRAPHICS NX* [10].

Графический пакет *UNIGRAPHICS NX* является интерактивной системой автоматизации проектирования и изготовления изделий для различных отраслей промышленности, машиностроения. Данный графический пакет используется для автоматизации проектных, конструкторских и чертежных работ (подсистема *CAD*), для обеспечения автоматизированной подготовки управляющих программ для оборудования на основе математической модели, созданной в *UNIGRAPHICS NX* (подсистема *CAM*) и для функции инженерного анализа (*CAE*). *UNIGRAPHICS NX* является трехмерной системой, позволяющей произвести любую геометрическую форму [6, 10, 11].

На рисунке 1 представлено диалоговое окно графического пакета.

Основой создания цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ является интерактивная 3D-модель [1, 11].

Построение цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ проводилось в следующей последовательности:

1. Создание деталей бортовой платформы в проекции 2-D в модуле «Модель» графического пакета *UNIGRAPHICS NX*. Пример создания чертежа в проекции 2-D представлен на рисунке 2.

2. Дальнейший перевод в проекцию 3-D по чертежам в двух- и трехмерной системы проектирования в графическом пакете *UNIGRAPHICS NX*. На рисунке 3 представлен чертеж скобы уже после перевода в проекцию 3-D.

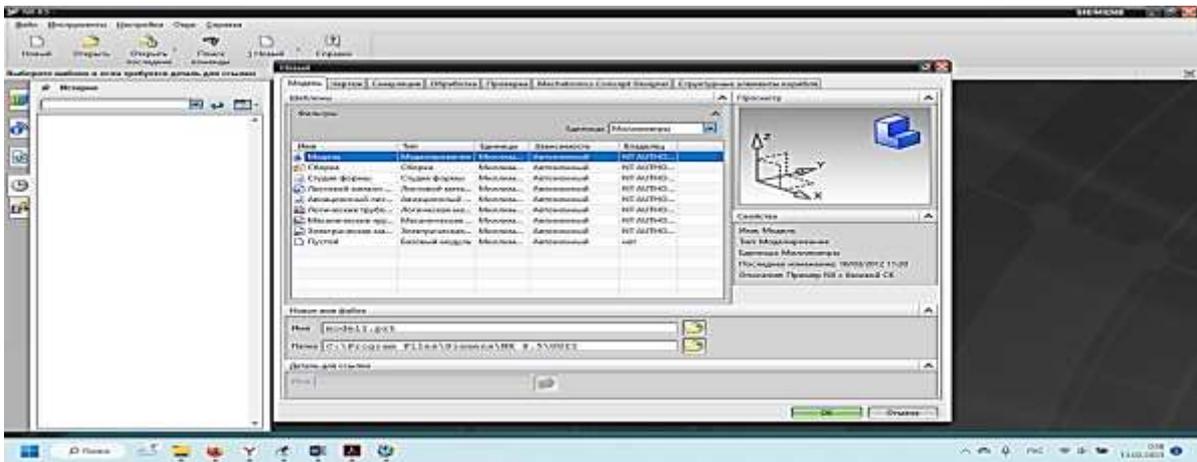


Рисунок 1 – Диалоговое окно графического пакета UNIGRAPHICS NX

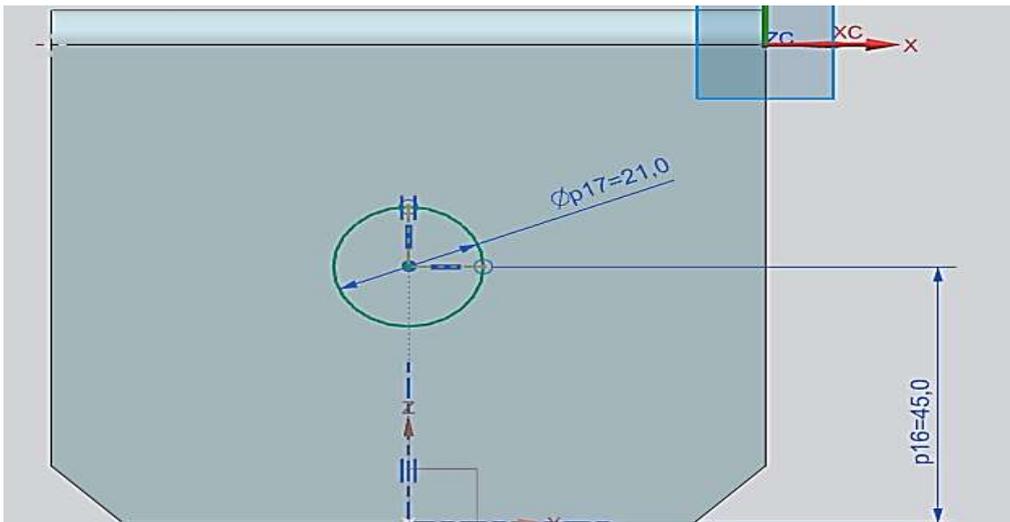


Рисунок 2 – Чертеж скобы в проекции 2-D

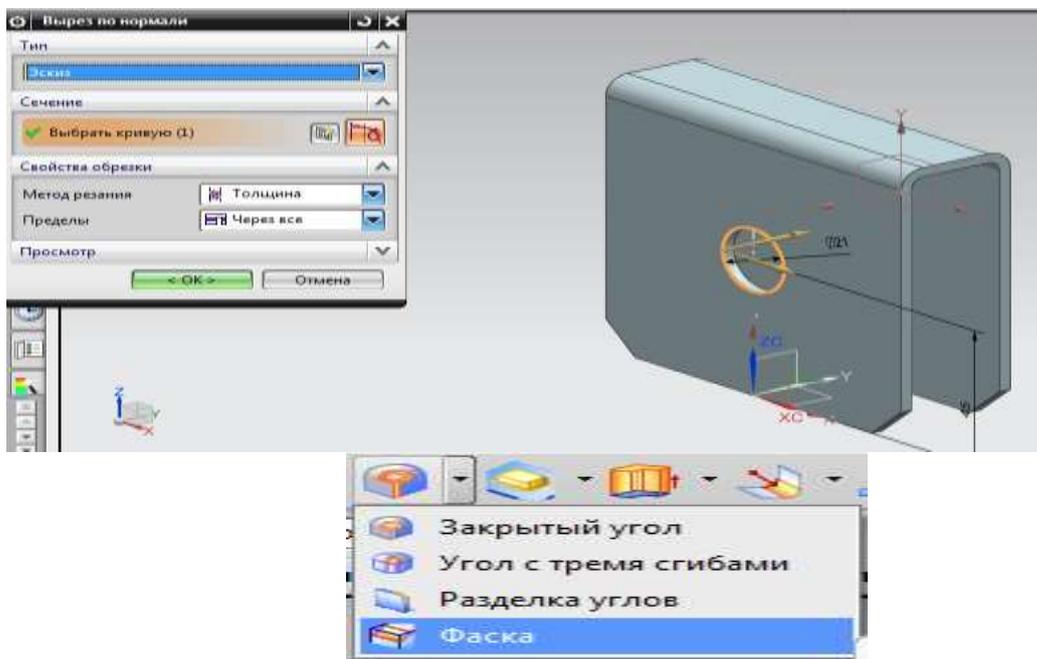


Рисунок 3 – Чертеж скобы в проекции 3-D

3. В такой же последовательности выполнение построения остальных деталей платформы в модулях «Модель» и «Листовой металл NX».

4. После поэтапного выполнения всех деталей бортовой платформы по чертежам в 2-D, сборка платформы в проекции 3-D.

Собранная модель цифрового двойника бортовой платформы в проекции 3-D представлена на рисунке 4.

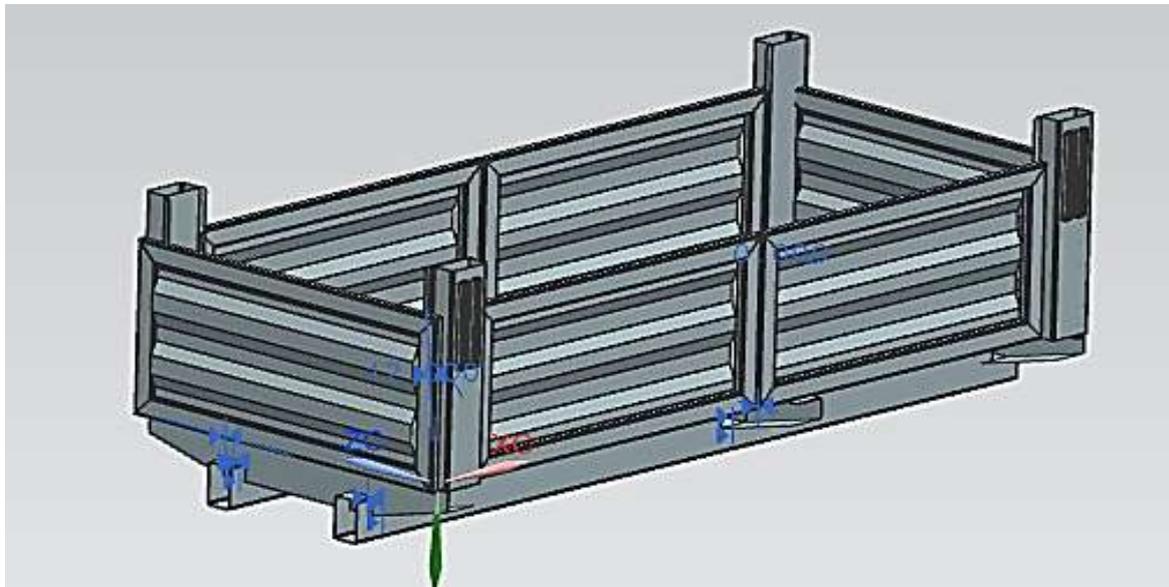


Рисунок 4 – Цифровой двойник, бортовая платформа автомобиля КАМАЗ

После сборки цифрового двойника дальнейшие расчеты платформы на прочность проводились в модуле «*NX Advanced Simulation*». В данном модуле происходит запуск модуля, подбор необходимых данных, проведение расчетов и натурных испытаний, выявление проблемы, принятие решения об исправлении недостатков.

На рисунке 5 представлен алгоритм выполнения расчетов в модуле «*NX Advanced Simulation*».

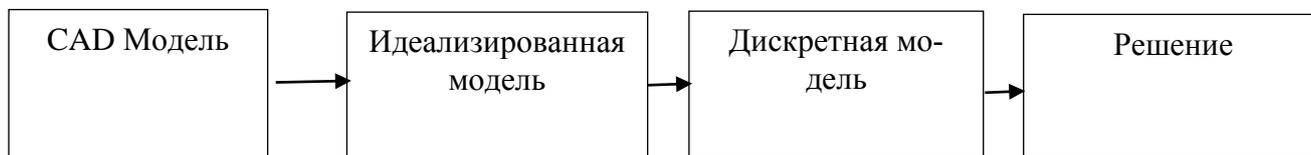


Рисунок 5 – Последовательность выполнения расчетов в модуле «*NX Advanced Simulation*»

В процессе создания цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ студенты приобретают следующие цифровые навыки (*hard skills*) работы с графическим пакетом *UNIGRAPHICS NX*: поэтапное выполнение необходимых чертежей для сборки бортовой платформы, запуск расчета бортовой платформы на прочность.

Для улучшения качества обучения и организации учебного процесса были использованы преимущества организации учебно-информационного взаимодействия субъектов учебного процесса с использованием идеи трех составляющих: преподаватель, модераторы-студенты, студенты. В результате такой организации учебного процесса студенты приобретали навыки взаимодействия и взаимопомощи (*soft-skills*). Для проведения лабораторных занятий были составлены методические задания с описанием последовательности их выполнения, с перечислением конкретных цифровых инструментов для выполнения лабораторных и самостоятельных работ [10, 11].

Выводы

В процессе создания цифрового двойника с использованием модулей «Модель», «Листовой металл NX», «NX Advanced Simulation» студенты знакомятся с устройством бортовой платформы, назначением его деталей; с возможностью подбора необходимых данных для проведения расчетов и натурных испытаний; приобретают навыки выполнения чертежей и исправления полученных результатов при необходимости.

Достоинствами цифрового двойника являются наглядность и возможность ознакомления с деталями бортовой платформы в виртуальной среде, получения опыта проведения расчетов и натурных испытаний.

К недостаткам можно отнести использование для обучения только в режиме стимулятора.

Для улучшения качества обучения необходимо организовать учебный процесс с использованием системы учебно-информационного взаимодействия субъектов образовательного процесса на основе использования идеи трех составляющих, который обеспечил бы быстрый и качественный переход знаний в умения, а умения – в цифровые навыки (*soft-skills* и *hard-skills*).

Приобретенные цифровые навыки позволят студентам в дальнейшем применять приобретенные навыки не только в аудиторной и внеаудиторной учебной деятельности, при выполнении самостоятельных работ, но и в дальнейшей трудовой деятельности на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов В.Н., Безруких А.И., Константинов И.Л., Рудницкий Э.А., Солопеко Н.С., Байковский Ю.В. Использование цифрового двойника для обучения студентов металлургического профиля // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. №2. С. 135-148.
2. Васильева Е. Компоненты Индустрии 4.0: Цифровые двойники // Автоматизация проектирования. 2019. №3. С. 22-38.
3. Вербицкий А.А. Цифровое обучение: проблемы, риски и перспективы [Электронный ресурс] // Электронный научно-публицистический журнал «HomoCyberus». 2019. №1(6). URL: http://journal.homocyberus.ru/Verbitskiy_AA_1_2019
4. Вихман В.В., Ромм М.В. «Цифровые двойники» в образовании: перспективы и реальность // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. №2. С. 22-32.
5. Волкова И.А., Петрова В.С. Формирование цифровых компетенций в профессиональном образовании // Вестник Нижневартского государственного университета. 2019. №1. С. 17-24.
6. Гончаров П.С., Ельцов М.Ю., Коршиков С.Б., Лаптев И.В., Осюк В.А. NX для конструктора-машиностроителя. М.: ДМК-Пресс, 2010. 504 с.
7. Гончарук Н.П., Хромова Е.И. Модели интеграции цифровых и педагогических технологий в процессе подготовки будущих инженеров // Казанский педагогический журнал. 2019. №1. С. 31-35.
8. Горлушкина Н.Н., Насыров Н.Ф., Липина О.А. Цифровой двойник преподавателя как инструмент управления процессом формирования индивидуальных заданий // Экономика, право, инновации. 2021. №2. С. 49-55.
9. Навыки будущего. Что нужно знать и уметь в новом сложном мире / Е. Лошкарева, П. Лукша, И. Ниненко [и др.]. Москва: WorldSkills Russia, 2017. 98 с.
10. Нигметзянова В.М., Нигметзянов А.А. Основы работы в САПР UNIGRAPHICS NX: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Система автоматизированного проектирования элементов ТИТ-МО» для студентов дневного и заочного отделения специальности 23.03.03 ЭТТМиК. Набережные Челны: Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, 2020. 72 с.
11. Нигметзянова В.М., Камалеева А.Р. Формирование цифровых навыков у магистрантов профиля подготовки «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте» / Под общей редакцией д.п.н. Р.С. Сафина; к.п.н. И.Э. Вильданова // Цифровая трансформация в высшем и профессиональном образовании: Материалы 16-ой Международной научно-практической конференции. Казань: Казанск. гос.архитект.-строит. ун-т. 2022. С. 324-326.
12. Приходько О.В. Особенности формирования цифровой компетентности студентов вуза [Электронный ресурс] / Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2020. Т. 9. №1(30). С.235-238. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-tsifrovoy-kompetentnosti-studentov-vuza/viewer>.

13. Смирнова Л.А., Хусаинов Р.Н., Сагадеев В.В. Цифровые 3D-технологии в инженерной графике: учебное пособие [Электронный ресурс]. Казань: КНИТУ, 2019. 144 с. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788226606.html>.

14. Шамова Н.В. Онлайн-обучение в образовательном процессе; сильные и слабые стороны // Казанский педагогический журнал. 2019. №2. С. 20-24.

15. Шаронин Ю.В. Цифровые технологии в высшем и профессиональном образовании: от личностно-ориентированной smart-дидактики к блокчейну в целевой подготовке специалистов [Электронный ресурс] / Современные проблемы науки и образования. 2019. №1. URL: <https://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=28507>.

16. Ячина Н.П., Фернандез О.Г. Развитие цифровой компетентности будущего педагога в образовательном пространстве вуза // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2018. №1. С. 134-138.

17. Autiosalo J. Platform for industrial internet and digital twin focused education, research, and innovation: Imatar the overhead crane // IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT. Proceedings. 2018. P. 241-244.

18. David J., Lobov A., Lanz M. Leveraging Digital Twins for Assisted Learning of Flexible Manufacturing Systems, Proceedings – IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN. 2018. P. 529-535.

19. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems [Электронный ресурс] / Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer, Cham. 2017. P. 85-113. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Нигметзянова Венера Марсовна

Набережночелнинский институт (филиал) КФУ

Адрес: 423809, Россия, г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68/18

К.п.н., доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта

E-mail: nigmatzianova@mail.ru

Камалеева Алсу Рауфовна

Институт педагогики, психологии и социальных проблем

Адрес: 420039, Россия, г. Казань, ул. Исхаева, д. 12

Д.п.н., доцент, ведущий научный сотрудник

E-mail: kamaleeva_kazan@mail.ru

V.M. NIGMETZYANOVA, A.R. KAMALEEVA

**THE USE OF A DIGITAL TWIN IN THE EDUCATIONAL PROCESS
OF A TECHNICAL UNIVERSITY IN THE STUDY
OF THE DISCIPLINE SAPETITMO**

Abstract: this issue of using a digital twin in the process of teaching students at a technical university is considered. the advantages and disadvantages of using a digital twin in the educational process have been identified, conditions have been proposed for organizing the educational process using a system of educational interaction between students, teachers and the digital technologies used.

Keywords: technical university, digital technologies, digital twin, digital skills, competencies, interaction

BIBLIOGRAPHY

1. Baranov V.N., Bezrukikh A.I., Konstantinov I.L., Rudnitskiy E.A., Solopeko N.S., Baykovskiy Yu.V. Ispol'zovanie tsifrovogo dvoynika dlya obucheniya studentov metallurgicheskogo profilya // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2022. T. 31. №2. S. 135-148.

2. Vasil'eva E. Komponenty Industrii 4.0: Tsifrovye dvoyniki // Avtomatizatsiya proektirovaniya. 2019. №3. S. 22-38.

3. Verbitskiy A.A. Tsifrovoye obucheniye: problemy, riski i perspektivy [Elektronnyy resurs] // Elektronnyy

- nauchno-publitsisticheskiy zhurnal «HomoCyberus». 2019. №1(6). URL: <http://journal.homocyberus.ru> / Verbitskiy_AA_1_2019
4. Vikhman V.V., Romm M.V. «Tsifrovye dvoyniki» v obrazovanii: perspektivy i real`nost` // Vyshee obrazovanie v Rossii. 2021. T. 30. №2. S. 22-32.
 5. Volkova I.A., Petrova V.S. Formirovanie tsifrovyykh kompetentsiy v professional`nom obrazovanii // Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2019. №1. S. 17-24.
 6. Goncharov P.S., El`tsov M.YU., Korshikov S.B., Laptev I.V., Osiyuk V.A. NX dlya konstruktora-mashinostroytelya. M.: DMK-Press, 2010. 504 s.
 7. Goncharuk N.P., Hromova E.I. Modeli integratsii tsifrovyykh i pedagogicheskikh tekhnologiy v protsesse podgotovki budushchikh inzhenerov // Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal. 2019. №1. S. 31-35.
 8. Gorlushkina N.N., Nasyrov N.F., Lipina O.A. Tsifrovoy dvoynik prepodavatelya kak instrument upravleniya protsessom formirovaniya individual`nykh zadaniy // Ekonomika, pravo, innovatsii. 2021. №2. S. 49-55.
 9. Navyki budushchego. CHto nuzhno znat` i umet` v novom slozhnom mire / E. Loshkareva, P. Luksha, I. Ni-nenko [i dr.]. Moskva: WorldSkills Russia, 2017. 98 s.
 10. Nigmatzyanova V.M., Nigmatzyanov A.A. Osnovy raboty v SAPR UNIGRAPHICS NX: Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam po kursu «Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya elementov TiT-TMO» dlya studentov dnevnogo i zaochnogo otdeleniya spetsial`nosti 23.03.03 ETTMiK. Naberezhnye Chelny: Naberezhno-chelninskiy institut (filial) KFU, 2020. 72 s.
 11. Nigmatzyanova V.M., Kamaleeva A.R. Formirovanie tsifrovyykh navykov u magistrantov profilya podgotovki «Organizatsiya perevozok i upravlenie na avtomobil`nom transporte» / Pod obschey redaktsiey d.p.n. R.S. Safina; k.p.n. I.E. Vil`danova // Tsifrovaya transformatsiya v vysshem i professional`nom obrazovanii: Materialy 16-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kazan`: Kazansk. gos.arkhitekt.-stroit. un-t. 2022. S. 324-326.
 12. Prikhod`ko O.V. Osobennosti formirovaniya tsifrovoy kompetentnosti studentov vuza [Elektronnyy resurs] / Azimut nauchnykh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya. 2020. T. 9. №1(30). S.235-238. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-tsifrovoy-kompetentnosti-studentov-vuza/viewer>.
 13. Smirnova L.A., Husainov R.N., Sagadeev V.V. Tsifrovye 3D-tekhnologii v inzhenernoy grafike: uchebnoe posobie [Elektronnyy resurs]. Kazan`: KNITU, 2019. 144 s. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788226606.html>.
 14. Shamova N.V. Onlayn-obucheniye v obrazovatel`nom protsesse; sil`nye i slabye storony // Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal. 2019. №2. S. 20-24.
 15. Sharonin Yu.V. Tsifrovye tekhnologii v vysshem i professional`nom obrazovanii: ot lichnostno-orientirovannoy smart-didaktiki k blokcheynu v tselevoy podgotovke spetsialistov [Elektronnyy resurs] / Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2019. №1. URL: <https://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=28507>.
 16. YAchina N.P., Fernandez O.G. Razvitie tsifrovoy kompetentnosti budushchego pedagoga v obrazovatel`nom prostranstve vuza // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Problemy vysshego obrazovaniya. 2018. №1. S. 134-138.
 17. Autiosalo J. Platform for industrial internet and digital twin focused education, research, and innovation: Ilmatar the overhead crane // IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT. Proceedings. 2018. R. 241-244.
 18. David J., Lobov A., Lanz M. Leveraging Digital Twins for Assisted Learning of Flexible Manufacturing Systems, Proceedings - IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN. 2018. R. 529-535.
 19. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems [Elektronnyy resurs] / Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer, Cham. 2017. P. 85-113. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Nigmatzyanova Venera Marsovna

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of KFU

Address: 423809, Russia, Naberezhnye Chelny, Mira Ave., 68/18

Candidate of pedagogical sciences

E-mail: nigmatzyanova@mail.ru

Kamaleeva Alsu Raufovna

FGNU Institute of Pedagogy, Psychology and Social Problems

Address: 420039, Russia, Kazan, Isvaeva str. 12

Doctor of pedagogical sciences

E-mail: kamaleyeva_kazan@mail.ru

Научная статья

УДК 656.021.8

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-120-126

П.В. ТИХОМИРОВ, Н.С. МИТРЯЕВ, К.С. КУХАРЕВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТЬЮ

***Аннотация.** Авторы статьи рассматривают специальные технические средства, с помощью которых появляется возможность повышения эффективности систем управления улично-дорожной сетью Орловской городской агломерации. Будут рассмотрены уже существующие технологии, используемые на улицах города, и теоретически возможные способы управления. Подробно рассмотрены виды детекторов, установленных в городе, и их принципы работы, а также способы повышения пропускной способности с их помощью. Более подробно описан процесс получения данных и адаптивное управление светофорными объектами, благодаря этим данным. Также подробно описан способ адаптивного управления объектом при помощи данных с детекторов, установленных на улично-дорожной сети.*

***Ключевые слова:** архитектура подсистем управления, подсистема, транспортная система, улично-дорожная сеть, управление дорожным движением, светофорный объект*

Введение

Современный мир становится все больше зависимым от технологий. Большинство процессов становятся автоматизированными и наличие людей необходимо исключительно для контроля и обслуживания оборудования, либо для настройки и программирования систем управления. Также человек необходим при возникновении проблем и ошибок для их выявления и решения, а также для контроля качества.

Как и в большинстве автоматизированных производств в системе управления дорожным движением также используются современные технологии и автоматизированные системы управления дорожным движением. В городе Орле обеспечением безопасности дорожного движения частично занимается отдел интеллектуальных транспортных систем (далее ИТС). С каждым годом все больше светофоров становятся «умными» и управляемыми с помощью автоматизированной системы управления дорожным движением (далее АСУДД). Управление светофорами вышло на совершенно новый уровень при использовании специального оборудования. Таким оборудованием являются детекторы транспорта, подсчитывающие количество автотранспорта, интенсивность потока, среднюю скорость потока и много другое. Повышение эффективности управления дорожным движением на улично-дорожной сети города Орла неразрывно связано со сбором актуальных данных по вышеперечисленным составляющим транспортного потока.

Материал и методы

В зависимости от собранных данных настраиваются пофазные проезды перекрестков и циклограммы на светофорных объектах города. Так при определении загруженности на одном из управляемых объектов запускается программа для разгрузки перекрестка на данном объекте и ближайших к нему объектах.

Все программы настроены таким образом, чтобы реализовать большую пропускную способность на перекрестке и повысить скорость его проезда. Прежде чем подготавливать такую программу, необходимо проверить все данные с детекторов, провести необходимые расчеты и загрузить программу на контроллер объекта для получения новых данных.

Теория

Сбором и обработкой данных занимается комплексная подсистема управления дорожным движением (КПУДД) отдела ИТС города Орла. Сбор данных осуществляется с помощью разнотипных детекторов. Ниже будут описаны основные типы детекторов и принципы их работы:

1. Видеодетектор транспорта – предназначен для обнаружения и мониторинга движущихся и неподвижных транспортных средств в заданной зоне проезжей части (рис. 1). Принцип работы основан на бесконтактном зондировании проезжей части дорожного полотна сигналом сверхвысокой частоты с линейной частотной модуляцией. Он контролирует до восьми полос движения.

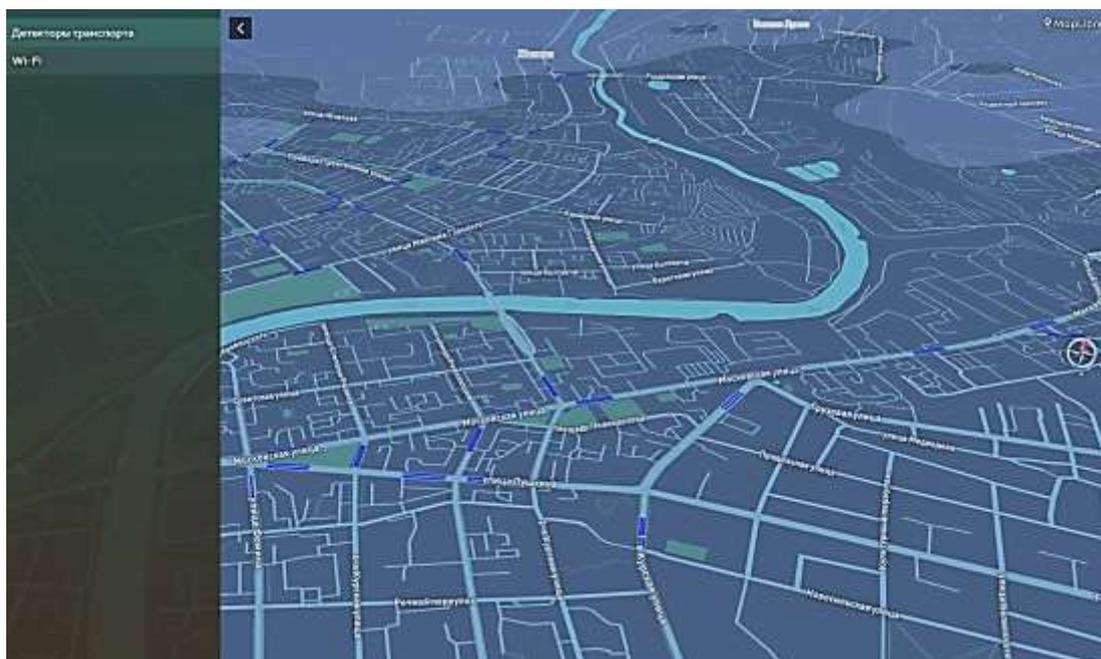


Рисунок 1 – Зоны детектирования видеодетекторами транспорта

2. i-Fi детектор транспорта – предназначен для дополнения видеодетекторов транспорта в заданной зоне улично-дорожной сети. Комплекс сканирует все каналы Wi-Fi в диапазоне 2,4 ГГц и 5 ГГц, определяет и сохраняет в памяти MAC адреса источника и приемника данных, определяет уровень сигнала и анализирует объем передаваемых данных. Фиксируются маршрут передвижения (функция GPS-трекера) и географические координаты обнаруженных на маршруте Wi-Fi устройств. Система работает автономно по сбору данных, которые автоматически отправляются в систему ЕПУТС (рис. 2).



Рисунок 2 – Зоны детектирования Wi-Fi детектор транспорта

3. Радио детектор транспорта – представляет собой радиолокационный датчик, который предназначен для автоматизированного мониторинга параметров транспортных потоков. Данный вид детекторов излучает радиосигнал, отражающийся от транспортного средства (далее ТС), и возвращается обратно. Время, которое необходимо для возвращения сигнала в дальнейшем используется для определения расстояния до ТС. На основе этих данных и скорости распространения радиоволн вычисляется расстояние до объекта (рис. 3).

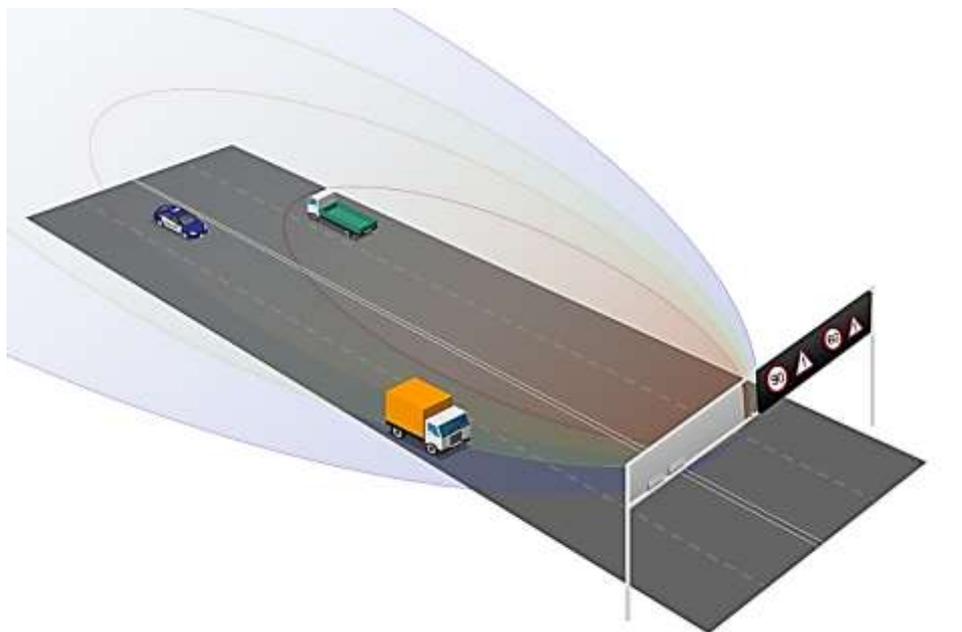


Рисунок 3 – Схематичное изображение принципа действия радио детектора транспорта

Обработанные данные с детекторов поступают в ЕПУТС, где происходит их систематизация путем создания Excel-файла. Для более точного получения отчета в ЕПУТС имеется возможность гибкой настройки отчета (рис. 4), в которой можно выбрать категорию, группировку и период отчета.

Данные, полученные в файле Excel (рис. 5), представлены в виде адреса детектора, направления, номера полосы, даты, времени и показателя интенсивности.

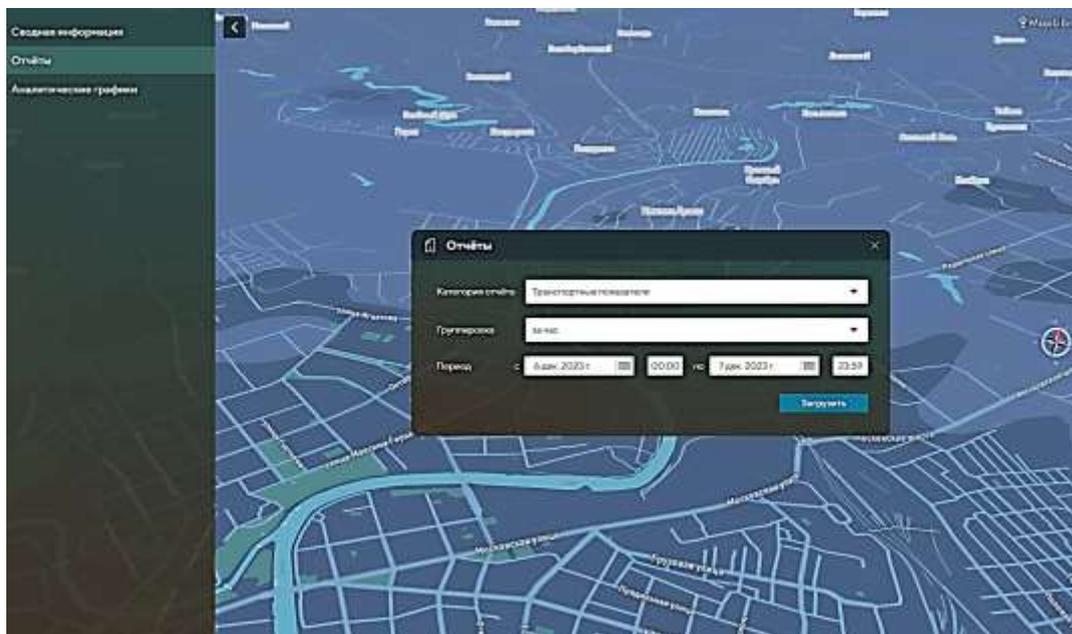


Рисунок 4 – Запрос в системе ЕПУТС транспортного отчета

| А | В | С | Д | Е | Ж | З | И | К | Л | М | Н | О | П | Р | С | Т | У | Ф | Х | Ц | Ч | Ш | Щ | Ъ | Ы | Э | Ю | Я |
|----|--|-------------------------------------|-------------|------------|----------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Категория объекта | Транспортные средства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Город | 06.12.2022 00:00 - 07.12.2022 23:59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Группировка | За час | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Адрес | Направление | Направление | Дата | Время | Показатель | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | ост, м/сек, м/ч (за период) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 00:00:00 | 30,14333 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 01:00:00 | 25,54919 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 02:00:00 | 13,04566 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 03:00:00 | 30,84240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 04:00:00 | 30,13101 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 05:00:00 | 34,05269 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 06:00:00 | 33,41211 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 07:00:00 | 34,028 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 08:00:00 | 35,11489 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 09:00:00 | 29,12275 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 10:00:00 | 34,94882 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 11:00:00 | 29,11254 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 12:00:00 | 32,41081 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 13:00:00 | 29,04041 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 14:00:00 | 30,00390 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 15:00:00 | 34,94882 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 16:00:00 | 31,67020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 17:00:00 | 45,39917 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 18:00:00 | 30,62711 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 19:00:00 | 43,34634 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 20:00:00 | 34,34791 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 21:00:00 | 27,77938 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 06.12.2022 | 00:00:00 | 31,24888 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 00:00:00 | 26,7925 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 01:00:00 | 29,41133 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 02:00:00 | 27,06241 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 03:00:00 | 22,33087 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 04:00:00 | 28,11873 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 05:00:00 | 30,30950 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 06:00:00 | 26,34929 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 07:00:00 | 44,34713 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 08:00:00 | 53,60335 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 09:00:00 | 48,30037 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 10:00:00 | 24,02744 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 11:00:00 | 40,30089 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | ул. Московский - ул. Мира - ул. Пушкина - ул. Фрунзе на Московский | 0 | 0 | 07.12.2022 | 12:00:00 | 44,33260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок 5 – пример Excel-файла с транспортным отчетом

Результаты и обсуждение

Как было ранее описано, данные, собранные с детекторов, активно используются в оптимизации движения на улично-дорожной сети города.

Так же с помощью видео детекторов транспорта предполагается создать адаптивное управление светофорными объектами в городе Орле (рис. 6). Данная адаптационная схема работы будет функционировать следующим образом:

- детектор транспорта считывает показания на улично-дорожной сети;
- отправляет информацию на сервер в ЦОДД;
- сервер обрабатывает информацию;
- при увеличении/уменьшении интенсивности потока автомобилей на заранее прописанные величины, сервер отправляет сигнал на светофорный объект;
- светофорный объект переключает управляющую программу.



Рисунок 6 – схематичное отображение адаптивного управления

Способ адаптивного управления работой светофора на регулируемом перекрестке, включающий регулирование движения с помощью светофора, переключение сигналов светофора с использованием, определение длины участка дороги, занятой транспортными средствами на данном участке дороги, с учетом определения среднего расстояния между ТС и числа машин на данном участке дороги, а также с учетом времени задержки на перекрестке

движения последующего, после начала движения предыдущего автомобиля. Определение длины участка дороги, занятой автомашинами от ограничивающей линии перед перекрестком до конечной границы участка дороги, занятой ТС на данном участке дороги, определяют по радиосигналу или сигналу проводной сети видеодетектора транспорта, установленного над улично-дорожной сетью и настроенного на стоп-линию и на расстоянии 30 м, 60 м, 90 м и 150 м от стоп-линии, при этом время включения разрешающей фазы сигнала светофорного объекта устанавливается дифференцированно в зависимости от поступающих сигналов от упомянутых детекторов.

Выводы

Подводя итоги, можно отметить, что с развитием технологий управление движением на улично-дорожной сети получило новые возможности. Благодаря этому автомобильные дороги субъектов Российской Федерации становятся более безопасными и автоматизированными, а также менее загруженными. Благодаря современным способам повышения эффективности управления УДС уже возможно обеспечивать легкий и быстрый проезд ряда перекрестков без задержек и остановок. С последующим развитием технологий появляется возможность выйти на новый уровень управления УДС с минимальным количеством заторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении правил предоставления и распределения в 2020 - 2024 годах иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях внедрения интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек, в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы»: Постановление Правительства Российской Федерации от 21.12.2019 г. №1762.
2. Об утверждении методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги»: Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 25 марта 2020 г. №АК-60-р.
3. Бодров А.С., Кулев М.В., Девятина Д.Ш., Лобынцева О.А. Оценка готовности Орловской городской агломерации к внедрению интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. 2020. №3(70). С. 64-72.
4. Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги»: Методика оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия; утв. распоряжением Минтранса № АК-60-р от 25.03.2020 г.
5. Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы»: Методические рекомендации по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия (Распоряжение Минтранса РФ АК-74-р от 21.03.2022 г.)
6. ГОСТ Р 56294-2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем, 2015.
7. Жанказиев С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01. М., 2012. 450 с.
8. Новиков А., Пржибыл П., Катунин А. Перевозки как наука // Мир транспорта и технологических машин. 2014. №3(46). С. 96-109.
9. Корягин М.Е. Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов. Новосибирск: Наука, 2011. 40 с.
10. Новиков А.Н., Севостьянов А.Л., Катунин А.А., Кулев А.В. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2013. №1(40). С. 85-90.
11. Ломакин Д.О. Мезоскопические модели транспортных потоков / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Орел. 2016. С. 53-59.
12. Новиков А.Н., Васильева В.В., Катунин А.А. Прогнозирование воздействия автотранспортных потоков на акустическую среду урбанизированных территорий на основе моделирования // Вестник гражданских

инженеров. 2016. №2(55). С. 210-215.

13. Новиков А.Н., Иващук О.А., Васильева В.В. Управление воздействием потоков автотранспорта на качество акустической среды города на основе информационных технологий // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2007. №4-16. С. 226-232.

14. Новиков А.Н., Голенков В.А., Баранов Ю.Н., Катунин А.А., Бодров А.С. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. №6. С. 128-139.

15. Новиков А.Н., Катунин А.А., Кулев А.В., Пешехонов М.В. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах // Мир транспорта и технологических машин. 2013. №2(41). С. 109-113.

16. Novikov A.N., Vasileva V.V., Katunin A.A. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems // Наука и техника в дорожной отрасли. 2014. № S5. С. 49-51

17. Sevryugina N.S., Melikhova S.B., Volkov E.A. The solution of applied problems of optimization of stability of system «environment-man-technics» // Modern applied science. 2015. Т. 9. № 3. С. 200-207.

18. Savrasov M. Development of new approach for simulation and analysis of traffic flows on mesoscopic level: doctoral thesis. Riga, 2013. 161 p.

19. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Driver's reaction time in evaluation of the road capacity Applied Mechanics and Materials. Vols. 725-726. 2015. P. 1212-1217.

20. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Research of influence of time of reaction of driver on the calculation of the capacity of the highway Transport problems. Vol. 10. P. 53-59.

Тихомиров Петр Викторович

Брянский государственный инженерно-технологический университет
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, Станке Димитрова пр., 3
Д.т.н., доцент, зав. кафедрой ТТМиС, научный руководитель
E-mail: vtichomirov@mail.ru

Митряев Никита Сергеевич

Администрация города Орла
Адрес: 302028, Россия, г. Орел, Пролетарская Гора ул., 1
Начальник управления строительства, дорожного хозяйства и благоустройства
E-mail: mitryaev-ns@orel-adm.ru

Кухарев Кирилл Сергеевич

Брянский государственный инженерно-технологический университет
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, Станке Димитрова пр., 3
Аспирант
E-mail: kk1459@ya.ru

P.V. TIKHOMIROV, N.S. MITRYAEV, A.S. BODROV, K.S. KUKHAREV

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF ROAD NETWORK
MANAGEMENT SYSTEMS**

***Abstract.** The authors of the article consider special technical means by which it becomes possible to increase the efficiency of the management systems of the street and road network of the Oryol urban agglomeration. The existing technologies used on the streets of the city and theoretically possible management methods will be considered. The types of detectors installed in the city and their principles of operation, as well as ways to increase throughput with their help, are considered in detail. The process of obtaining data and adaptive control of traffic light objects, thanks to these data, is described in more detail. The method of adaptive control of the object using data from detectors installed on the road network is also described in detail.*

***Keywords:** architecture of control subsystems, subsystem, transport system, street and road network, traffic management, traffic light facility*

BIBLIOGRAPHY

1. Ob utverzhdenii pravil predostavleniya i raspredeleniya v 2020 - 2024 godakh inykh mezhbyudzhethnykh transfertov iz federal'nogo byudzheta byudzheta sub'ektov Rossiyskoy Federatsii v tselyakh vnedreniya intellektual'nykh transportnykh sistem, predusmatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vkluychayushchikh goroda s naseleniem svyshe 300 tysyach chelovek, v ramkakh federal'nogo proekta «Obshchesistemnye mery razvitiya dorozhnogo khozyaystva» gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie transportnoy sistemy»: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 21.12.2019 g. №1762.

2. Ob utverzhdenii metodiki otsenki i ranzhirovaniya lokal'nykh projektov v tselyakh realizatsii meropriyatiya «Vnedrenie intellektual'nykh transportnykh sistem, predusmatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vkluychayushchikh goroda s naseleniem svyshe 300 tysyach chelovek» v ramkakh federal'nogo proekta «Obshchesistemnye mery razvitiya dorozhnogo khozyaystva» natsio-

nal'nogo proekta «Bezopasnye i kachestvennye avtomobil'nye dorogi»: Rasporyazhenie Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 25 marta 2020 g. №AK-60-r.

3. Bodrov A.S., Kulev M.V., Devyatina D.SH., Lobyntseva O.A. Otsenka gotovnosti Orlovskoy gorodskoy aglomeratsii k vnedreniyu intellektual'nykh transportnykh sistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2020. №3(70). S. 64-72.

4. Vnedrenie intellektual'nykh transportnykh sistem, predusmatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vklyuchayushchikh goroda s naseleniem svyshe 300 tysyach chelovek v ramkakh federal'nogo proekta «Obshchesistemnye mery razvitiya dorozhnogo khozyaystva» natsional'nogo proekta «Bezopasnye i kachestvennye avtomobil'nye dorogi»: Metodika otsenki i ranzhirovaniya lokal'nykh proektov v tselyakh realizatsii meropriyatiya; utv. rasporyazheniem Mintransa № AK-60-r ot 25.03.2020 g.

5. Vnedrenie intellektual'nykh transportnykh sistem, predusmatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vklyuchayushchikh goroda s naseleniem svyshe 300 tysyach chelovek» v ramkakh federal'nogo proekta «Obshchesistemnye mery razvitiya dorozhnogo khozyaystva» gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie transportnoy sistemy»: Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke zayavok (vklyuchaya lokal'nye proekty po sozdaniyu i modernizatsii intellektual'nykh transportnykh sistem) sub"ektov Rossiyskoy Federatsii na poluchenie inykh mezhbyudzhethnykh transfertov iz federal'nogo byudzheta byudzheta sub"ektov Rossiyskoy Federatsii v tselyakh realizatsii meropriyatiya (Rasporyazhenie Mintransa RF AK-74-r ot 21.03.2022 g.)

6. GOST R 56294-2014. Intellektual'nye transportnye sistemy. Trebovaniya k funktsional'noy i fizicheskoy arkhitekturam intellektual'nykh transportnykh sistem, 2015.

7. Zhankaziev S.V. Nauchnye osnovy i metodologiya formirovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem v avtomobil'no-dorozhnykh kompleksakh gorodov i regionov: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.01. M., 2012. 450 s.

8. Novikov A., Przhibyl P., Katunin A. Perevozki kak nauka // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2014. №3(46). S. 96-109.

9. Koryagin M.E. Ravnovesnye modeli sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta v usloviyakh konflikta interesov. Novosibirsk: Nauka, 2011. 40 s.

10. Novikov A.N., Sevost'yanov A.L., Katunin A.A., Kulev A.V. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2013. №1(40). S. 85-90.

11. Lomakin D.O. Mezoskopicheskie modeli transportnykh potokov / Pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Orel. 2016. S. 53-59.

12. Novikov A.N., Vasil'eva V.V., Katunin A.A. Prognozirovaniye vozdeystviya avtotransportnykh potokov na akusticheskuyu sredyu urbanizirovannykh territoriy na osnove modelirovaniya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2016. №2(55). S. 210-215.

13. Novikov A.N., Ivashchuk O.A., Vasil'eva V.V. Upravlenie vozdeystviem potokov avtotransporta na kachestvo akusticheskoy sredy goroda na osnove informatsionnykh tekhnologiy // Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i transport. 2007. №4-16. S. 226-232.

14. Novikov A.N., Golenkov V.A., Baranov Yu.N., Katunin A.A., Bodrov A.S. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoy telemekhaniki // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2014. №6. S. 128-139.

15. Novikov A.N., Katunin A.A., Kulev A.V., Peshekhonov M.V. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primeneniye v intellektual'nykh transportnykh sistemakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2013. №2(41). S. 109-113.

16. Novikov A.N., Vasileva V.V., Katunin A.A. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2014. № S5. S. 49-51

17. Sevryugina N.S., Melikhova S.B., Volkov E.A. The solution of applied problems of optimization of stability of system «environment-man-technics» // Modern applied science. 2015. T. 9. № 3. C. 200-207.

18. Savrasov M. Development of new approach for simulation and analysis of traffic flows on mesoscopic level: doctoral thesis. Riga, 2013. 161 p.

19. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Driver's reaction time in evaluation of the road capacity Applied Mechanics and Materials. Vols. 725-726. 2015. P. 1212-1217.

20. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Research of influence of time of reaction of driver on the calculation of the capacity of the highway Transport problems. Vol. 10. P. 53-59.

Tikhomirov Pyotr Viktorovich

Bryansk State University of Engineering and Technology
Address: 241037, Russia, Bryansk, Stanke Dimitrova ave.
Doctor of technical sciences
E-mail: vtichomirov@mail.ru

Kukharev Kirill Sergeevich

Bryansk State University of Engineering and Technology
Address: 241037, Russia, Bryansk, Stank Dimitrova ave.
Graduate student
E-mail: kk1459@ya.ru

Mitryaev Nikita Sergeevich

Administration of the city of Oryol
Address: 302028, Russia, Orel, Proletarskaya Gora str.
Head of the Department of Construction
E-mail: mitryaev-ns@orel-adm.ru

Научная статья

УДК 656.1

doi:10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-127-135

А.Н. СЕМКИН

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ИНФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Аннотация. Автор статьи приводит результаты работы по совершенствованию алгоритмов информирования пассажиров на остановочных пунктах городских агломераций, основанных на проведенных им теоретических и экспериментальных исследованиях по использованию глобальных навигационных спутниковых систем и технологий искусственного интеллекта для формирования прогноза времени прибытия маршрутных транспортных средств на остановочные пункты.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, управление общественным транспортом, глобальные навигационные спутниковые системы, нейронные сети

Введение

Создание и развитие интеллектуальных транспортных систем в нашей стране направлено на решение важной задачи повышение качества транспортного обслуживания городских агломераций (ГА). Одним из направлений повышения качества транспортного обслуживания городских агломераций являются показатели информационного обслуживания населения [1, 2, 4, 10, 12-15], которое заключается в предоставлении информации об отправлении и прибытии транспортных средств.

Развитию данных информационных сервисов для пассажиров общественного транспорта способствует широкое внедрение «умных остановок» (УО) в транспортную инфраструктуру ГА. «Умные остановки» представляют собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из периферийного оборудования и специализированного программного обеспечения (ПО). Для эффективного функционирования УО используются различные алгоритмы, которые имеют свои достоинства и недостатки [7-9].

Материал и методы

Принципы информирования пассажиров на остановочных пунктах (ОП) базируются на положениях, приведенные в ПНСТ 892-2023 [3]. В соответствии с данным нормативным документом, предусмотрены следующие виды информирования пассажиров:

- информирование в сети Интернет, с использованием персональных устройств;
- информирование на остановочных пунктах, посредством табло отображения информации;
- информирование в транспортном средстве, посредством табло отображения информации;
- информирование в сети Интернет, с использованием стационарных устройств.

Основным устройством отображения информации на ОП является информационное табло (табло переменной информации (ТПИ)). На основании данных приведенных в ПНСТ 892-2023 [3], ТПИ должно отображать следующую информацию:

- сообщения о времени открытия/закрытия движения на маршруте;
- о времени прибытия транспортного средства на остановочный пункт маршрута в виде специального текстового сообщения;
- о наполнении салона в виде специального текстового сообщения.

В документе [3] также предложен алгоритм информирования пассажиров на остановочном пункте при помощи ТПИ.

Теория

Алгоритм информирования пассажиров о времени прибытия маршрутного транспортного средства (МТС) на остановочный пункт включает в себя следующие операции (рис. 1 а):

- определяются пространственные координаты МТС по данным глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС);

- строится прогноз прибытия МТС на остановочный пункт, при наличии статистических данных (количество выполненных предыдущих рейсов не менее 3-х) по методу скользящего среднего по формуле:

$$T_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta_{ij}^k}{n}, \quad (1)$$

где Δ_{ij}^k - фактическое время прохождения участка маршрута между остановочными пунктами в k -м рейсе, $k = 1, 2, \dots, n$;

n – количество статистических данных о фактическом времени прохождения участка маршрута между i -м и j -м остановочными пунктами в рейсах, непосредственно предшествующих рейсу, для которого строится прогноз.

В случае количества предшествующих рейсов менее трёх прогноз формируется в соответствии с плановым временем движения МТС на перегоне (расписанием движения);

Вывод информации прогнозом времени прибытия МТС на остановочный пункт в одном из двух видов: вывод информации о прибытии в виде времени прибытия (минуты – секунды) или в виде времени движения между двумя ОП.

В предложенном алгоритме, по нашему мнению, недостатком является способ построения прогноза прибытия МТС на ОП. Так, в частности, построение прогноза по плановому времени прибытия не учитывает текущей ситуации на участке УДС, по которому движется МТС. В свою очередь, формирование прогноза по трем предшествующим рейсам предоставляет более объективную информацию (особенно при наличии достаточной выборки), однако, так же не учитывает текущее состояние транспортного потока на рассматриваемом участке УДС.

Поэтому наиболее рациональным способом определения является получение данных от подсистемы мониторинга параметров транспортного потока (ПМПТП) о среднем времени движения ТС (если МТС движется в общем транспортном потоке) или среднем времени движения МТС (если имеются выделенные полосы движения для общественного транспорта) [18-22]. Этот информационный поток формируется на основании данных детекторов транспорта, с последующей обработкой АСУДД и переданной подсистеме управления «умной остановкой» посредством интеграционной платформы. При этом среднее время прохождения перегона определяется по формуле:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{m}, \quad (2)$$

где t_i – время проезда участка дороги, зафиксированное при i -ом проезде ТС;

m – количество проездов ТС по участку дороги.

Тогда алгоритм формирования и вывода информации о времени прибытия транспортного средства на ОП маршрута примет вид (рис. 1 б).

При реализации данных алгоритмов необходимо принять ограничение о том, что будет обеспечен сигнал, с предыдущего ОП. В противном случае необходимо брать наиболее приближенный ОП к анализируемому [11].

Алгоритм, приведенный в документе [3] предполагает следующие операции по порядку обработки и формированию телематических данных. Первоначальной операцией является определение пространственных координат МТС, осуществляемое при помощи ГНСС. При попадании МТС в зону влияния ОП, формируется прогноз прибытия МТС на ОП в соответствии с алгоритмом, приведенном выше (рис. 1).

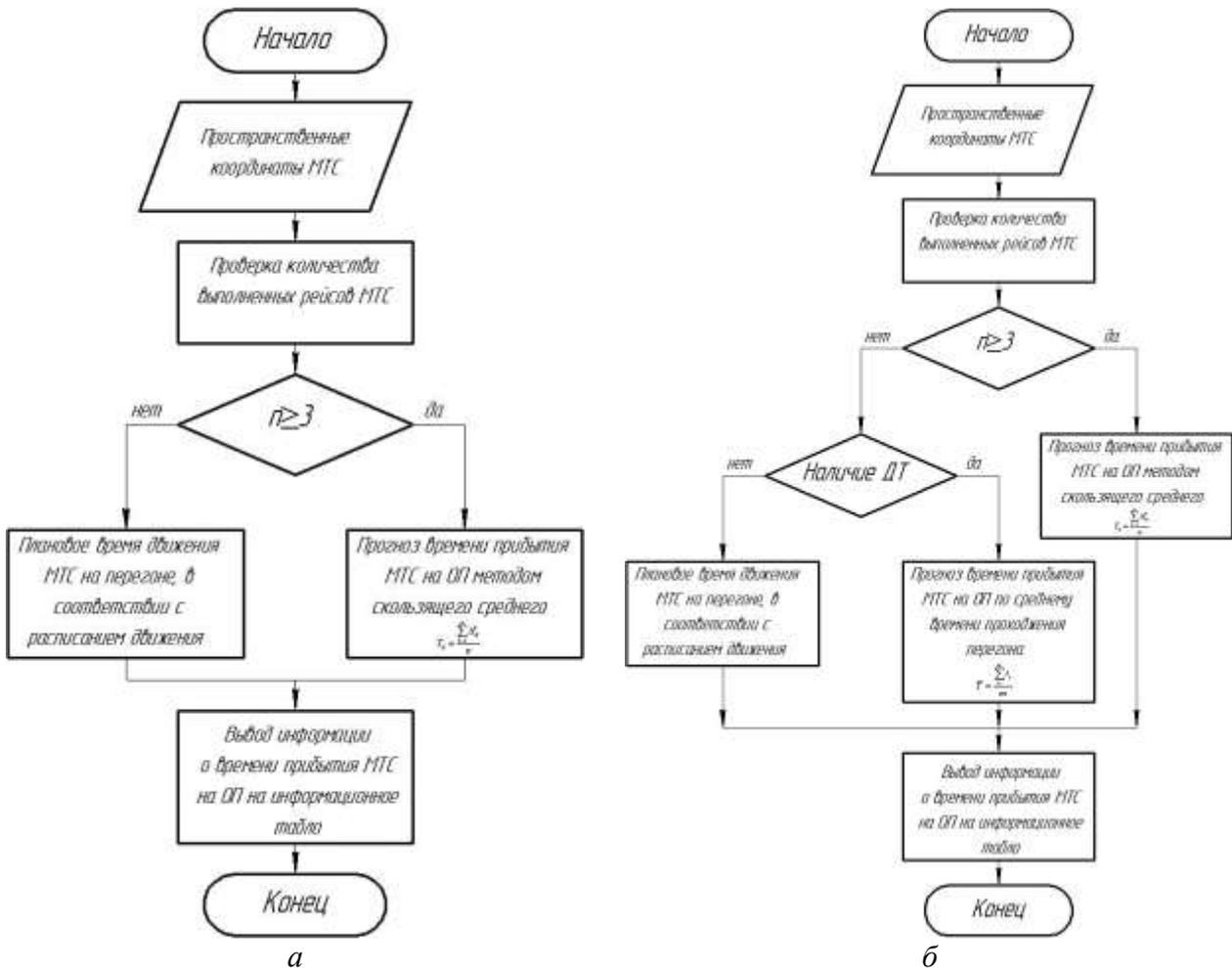


Рисунок 1 – Алгоритм формирования и вывода информации о времени прибытия транспортного средства на остановочный пункт маршрута:
 а – в соответствии с ПНСТ 892-2023 [3]; б – усовершенствованный алгоритм

В дальнейшем, также по данным ГНСС производится определение прибытия МТС на ОП. По прибытии МТС на ОП, при открытии дверей транспортного средства предполагается подача сигнала на контроллер остановочного табло, на котором, перестает отображаться информация о времени прибытия МТС. Следующим шагом является определение выхода МТС из зоны влияния текущего ОП и передача в зону влияния следующего ОП (рис. 2).

В рассматриваемом алгоритме можно выделить сразу несколько направлений совершенствования:

- 1) совершенствование определения нахождения МТС в зоне влияния ОП;
- 2) совершенствование определения нахождения МТС на ОП;
- 3) совершенствование определения убытия МТС с ОП.

Проблема определения нахождения МТС в зоне ОП связана с тем, что в системах мониторинга перемещения МТС имеется понятие «геозона», представляющая собой зону определения пространственных координат МТС. В ряде случаев в одной и той же геозоне могут находиться несколько ОП, имеющих одинаковое название, но различающееся направлением движения МТС (прямое или обратное направление движения на маршруте). Примером этого могут служить ОП «Сквер Гуртьева» УДС Орловской городской агломерации, которые расположены на расстоянии 31,3 м друг от друга (рис. 3).

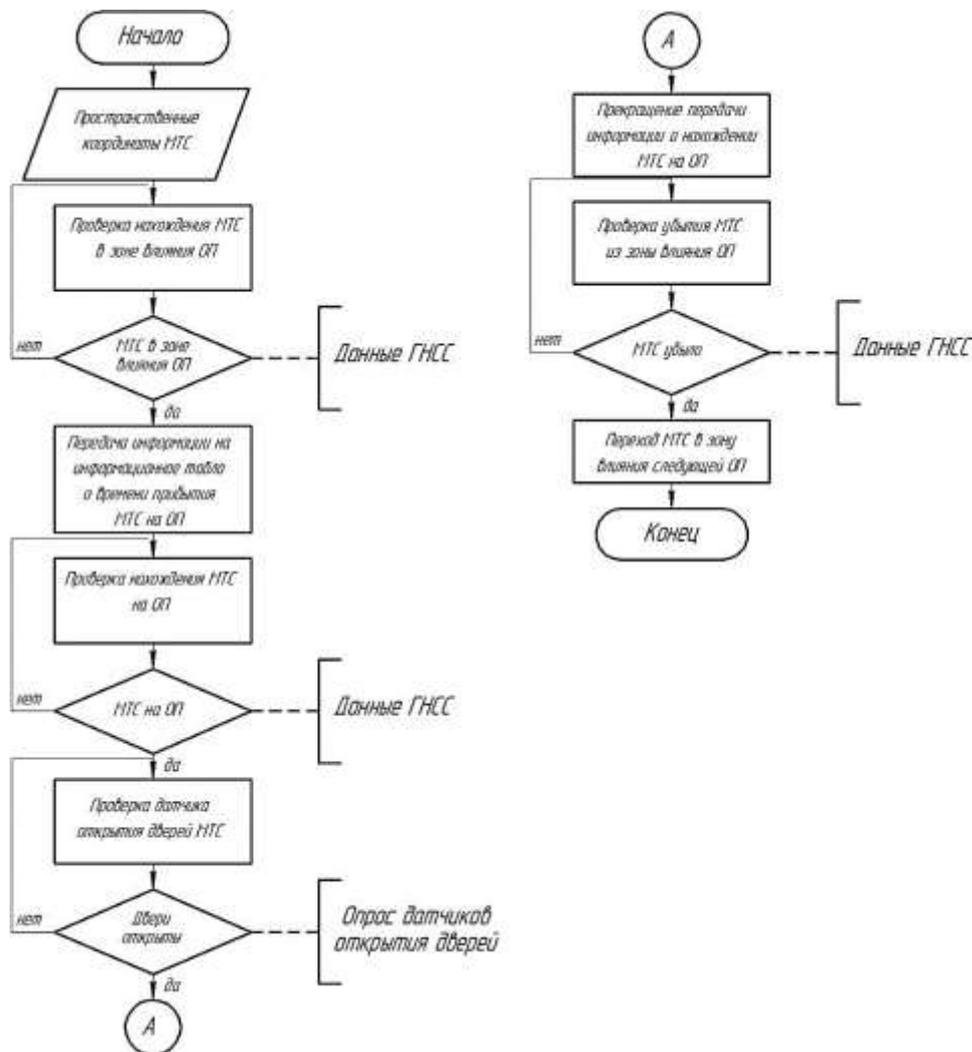


Рисунок 2 – Алгоритм обработки телематических данных для информирования пассажиров при подходе транспортного средства на остановочный пункт, полной остановки и убытии с остановочного пункта

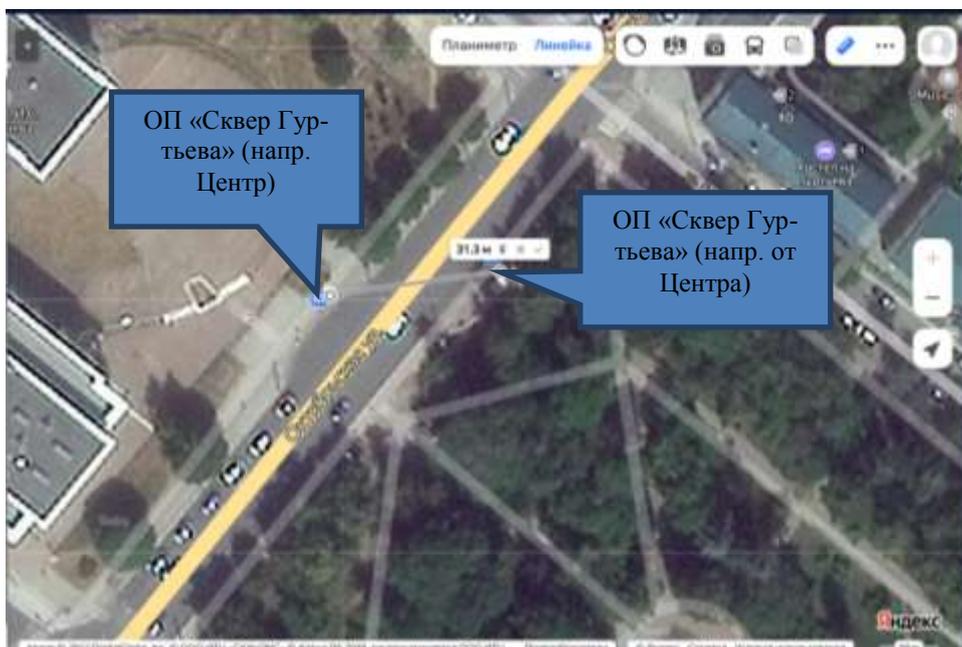


Рисунок 3 – Пример расположения ОП в одной геоzone (г. Орел, ул. Октябрьская, ОП «Сквер Гуртьева»)

Также определенную проблему создает, то, что приемник спутниковой навигационной системы осуществляет получение сигналов от спутников не постоянно, а как правило с определённой периодичностью, либо при наступлении какого-либо события. В общем случае координаты объекта в пространстве определяются как расстояние до навигационного спутника в определённый момент времени (t):

$$\begin{cases} \tilde{R}_i(t) = \sqrt{(X_{0i} - x_0)^2 + (Y_{0i} - y_0)^2 + (Z_{0i} - z_0)^2} + (\delta - \delta_i) \cdot c, \\ \tilde{R}_j(t) = \sqrt{(X_{0j} - x_0)^2 + (Y_{0j} - y_0)^2 + (Z_{0j} - z_0)^2} + (\delta - \delta_j) \cdot c, \\ \tilde{R}_k(t) = \sqrt{(X_{0k} - x_0)^2 + (Y_{0k} - y_0)^2 + (Z_{0k} - z_0)^2} + (\delta - \delta_k) \cdot c, \\ \tilde{R}_m(t) = \sqrt{(X_{0m} - x_0)^2 + (Y_{0m} - y_0)^2 + (Z_{0m} - z_0)^2} + (\delta - \delta_m) \cdot c. \end{cases}, \quad (3)$$

где (X_{0i}, Y_{0i}, Z_{0i}) - координаты навигационных спутников, измеренные в инерциальной «небесной» системе координат;

(x_0, y_0, z_0) - координаты искомого объекта;

δ – погрешность часов приемника;

δ_i – погрешность часов i -го спутника;

c – скорость света в пространстве.

Ясно, что решение данной системы уравнений даст точные координаты объекта, однако определить направление движения в данном случае не представляется возможным, соответственно практически невозможно отнесение того или иного МТС к какой-то определенной «зоне влияния ОП». Поэтому, для определения принадлежности МТС к зоне влияния конкретного ОП необходимо определение угла направления движения относительно направления на север – путевого угла. Таким образом, алгоритм определения нахождения МТС в зоне влияния ОП будет иметь следующий вид. Данный алгоритм функционирует на основании базовых принципов спутниковой навигации, нашедших отражение в ряде различных исследований [5, 17] и был реализован в программном обеспечении «Навигатор – С 2020» [16].

Для разработки алгоритма определения нахождения МТС на ОП и открытия дверей МТС в нормативном документе [3] предлагается использование данных ГНСС и передача сигнала от датчика открытия дверей на контроллер информационного табло. Проблема реализации данного алгоритма заключается в том же, что и в предыдущем случае, а именно в дискретности получения сигнала от аппаратуры спутниковой навигации (АСН) МТС. Таким образом при необходимости передачи информации об остановке МТС и открытии дверей, сигнал может быть получен достаточно поздно для реализации требований нормативного документа [3]. В связи с этим необходимо предусмотреть другой механизм определения прибытия МТС на ОП. Предлагается применение нейросетевых моделей определения прибытия МТС на ОП.

Применение нейросетевых моделей определения прибытия МТС на остановочный пункт основывается на определении государственного регистрационного знака (ГРЗ) и бортового номера (БН) МТС. В работе [6] приводятся данные о перспективности применения сверточных нейронных сетей (СНС) для определения ГРЗ автомобилей. Результатом реализации

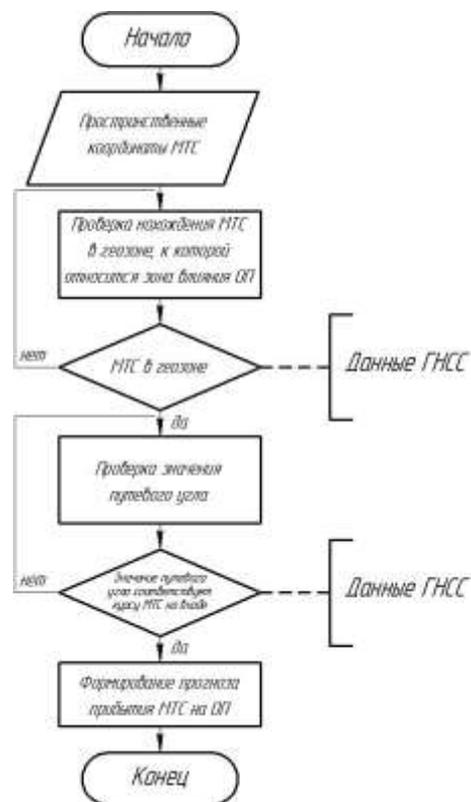


Рисунок 4 – Алгоритм определения нахождения МТС в зоне влияния ОП

алгоритма распознавания ГРЗ на ОП является функционал программного обеспечения «Навигатор С-2020» [16] (рис. 5).



Рисунок 5 – Пример определения ГРЗ МТС на ОП «Троллейбусное депо» Орловской городской агломерации

Финальным этапом реализации данного алгоритма является проверка видеоизображения при помощи ПО «Навигатор С-2020», которое проверяет наличие МТС с определенным ГРЗ на данном ОП. При получении информации об отсутствии МТС, принимается решение о его убытии с ОП. Таким образом, алгоритм обработки телематических данных для информирования пассажиров примет следующий вид (рис. 6). Для обеспечения режима реального времени комплексной задачи обнаружения и сопровождения МТС применялась быстрая действующая СНС YOLO седьмой версии.

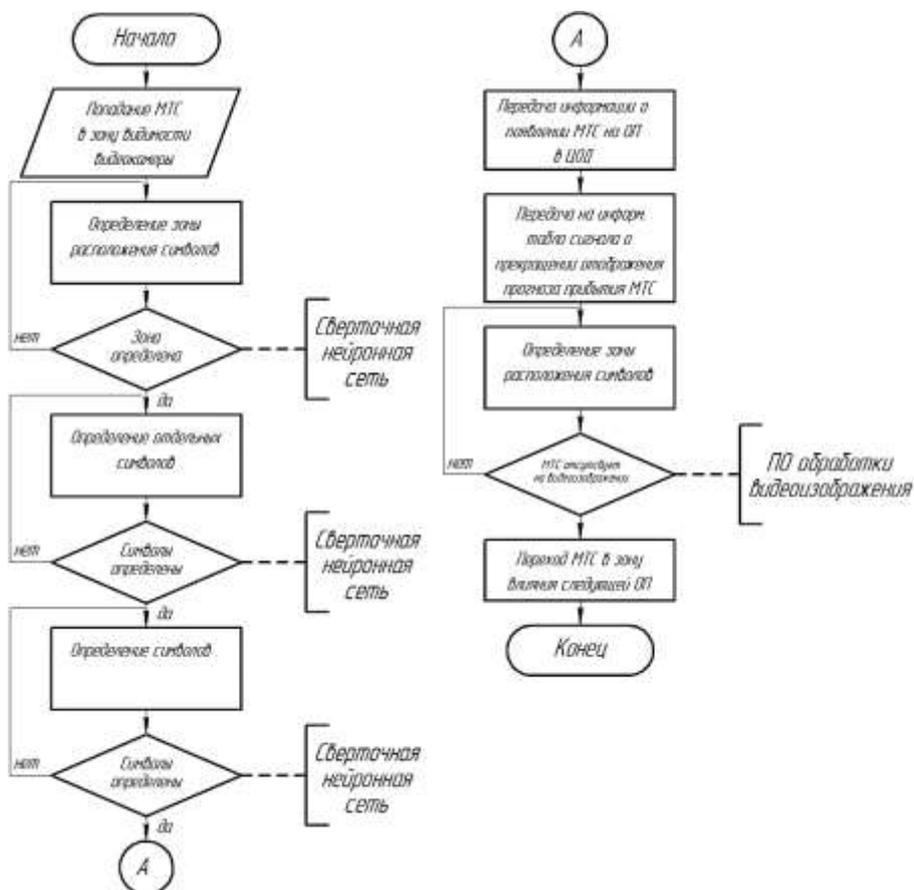


Рисунок 6 – Алгоритм определения нахождения МТС на ОП и убытия с ОП на основе СНС

Результаты и обсуждение

Применение СНС для определения времени прибытия и отбытия МТС на остановочные пункты является аналогом натуральных исследований деятельности МТС на маршрутной

сети ГА и в данной ситуации основным направлением определения эффективности данного алгоритма является проверка точности СНС, которая определяется по двум показателям [6]:

- Precision;
- Recall.

Параметр Recall характеризует способность СНС к выявлению из совокупности объектов, относящиеся к заданному классу. Т.е. в нашем случае выделение из транспортного потока маршрутных транспортных средств. А параметр Precision показывает точность СНС, т.е. правильность определения ГРЗ. Достижение высоких значений данных параметров обуславливается набором данных для обучения (DataSet) СНС и количеством эпох обучения. В данном случае объем набора данных составлял 2500 фотографий, а количество эпох – 50. Набор данных формировался на изображениях, собранных на территории нашей страны в результате выполнения НИР для различных муниципальных образований и коммерческих организаций нашей страны. Всё это позволило получить высокие результаты по параметрам точности СНС (рис. 7).

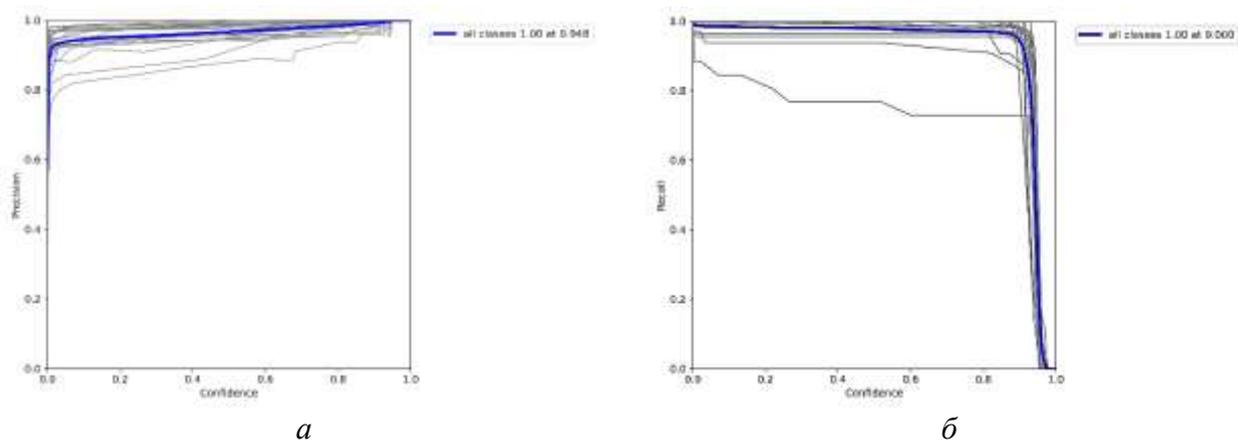


Рисунок 7 – Параметры точности СНС

Выводы

Широкое внедрение современных цифровых технологий и искусственного интеллекта в транспортную отрасль страны позволит существенно повысить качество транспортного обслуживания населения. Причем, должен превалировать комплексный подход к совершенствованию управления транспортными процессами. Т.е. подсистемы ИТС наряду с выполнением своих специфичных задач, должны обеспечивать и функционирование смежных подсистем. Ведущую роль в управлении транспортными системами ГА в данном случае отводится интеграционной платформе ИТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. Москва: Госстандарт России, 1997. 12 с.
2. ГОСТ Р 56294-2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем.
3. ПНСТ 892-2023. Интеллектуальные транспортные системы. Системы диспетчерского управления городским наземным пассажирским транспортом. Требования к архитектуре и функциям подсистемы информирования пассажиров, использующей фактическую и прогнозную информацию о движении транспортных средств на маршрутах.
4. Бодров А.С., Кулев М.В., Девятина Д.Ш., Лобынцева О.А. Оценка готовности Орловской городской агломерации к внедрению интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. 2020. №3(70). С. 64-72.
5. Галигузова Е.В., Илларионова Ю.Е. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) [Электронный ресурс] / Символ науки. 2023. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-navigatsionnye-sputnikovye-sistemy-gnss>.
6. Друки А.А. Применение сверточных нейронных сетей для выделения и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном [Электронный ресурс] / Известия ТПУ. 2014. №5.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-svertochnyh-neyronnyh-setey-dlya-vydeleniya-i-raspoznavaniya-avtomobilnyh-nomernyh-znakov-na-izobrazheniyah-so-slozhnym>.

7. Жанказиев С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01. М., 2012. 450 с.

8. Корягин М.Е. Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов. Новосибирск: Наука, 2011. 140 с.

9. Ломакин Д.О. Мезоскопические модели транспортных потоков / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Орел. 2016. С. 53-59.

10. Новиков А.Н., Васильева В.В., Катунин А.А. Прогнозирование воздействия автотранспортных потоков на акустическую среду урбанизированных территорий на основе моделирования // Вестник гражданских инженеров. 2016. №2(55). С. 210-215.

11. Новиков А.Н., Катунин А.А., Кулев А.В., Пешехонов М.В. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах // Мир транспорта и технологических машин. 2013. №2(41). С. 109-113.

12. Новиков А.Н., Пржибыл П., Катунин А.А. Перевозки как наука // Мир транспорта и технологических машин. 2014. №3(46). С. 96-109.

13. Новиков А.Н., Севостьянов А.Л., Катунин А.А., Кулев А.В. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2013. №1(40). С. 85-90.

14. Новиков А.Н., Голенков В.А., Баранов Ю.Н., Катунин А.А., Бодров А.С. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. №6. С. 128-139.

15. Новиков А.Н., Иващук О.А., Васильева В.В. Управление воздействием потоков автотранспорта на качество акустической среды города на основе информационных технологий // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2007. №4-16. С. 226-232.

16. Мультисервисная платформа совместного использования транспортных средств в городской среде «НАВИГАТОР-С2020». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2020614909 Российской Федерация. №2020613633 / А.Н. Семкин; заявл. 26.03.2020; опубл. 29.04.2020. 1 с.

17. Фатеев Ю.Л. Определение пространственной ориентации объектов по сигналам радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS [Электронный ресурс] / Исследовано в России. 2004. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-prostranstvennoy-orientatsii-obektov-po-signalam-radionavigatsionnyh-sistem-ghonass-gps>.

18. Novikov A.N., Vasileva V.V., Katunin A.A. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems // Наука и техника в дорожной отрасли. 2014. №55. С. 49-51.

19. Sevryugina N.S., Melikhova S.B., Volkov E.A. The solution of applied problems of optimization of stability of system «environment-man-technics» // Modern applied science. 2015. Т. 9. №3. С. 200-207.

20. Savrasov M. Development of new approach for simulation and analysis of traffic flows on mesoscopic level: doctoral thesis. Riga, 2013. 161 p.

21. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Driver's reaction time in evaluation of the road capacity // Applied Mechanics and Materials. Vols. 725-726. 2015. P. 1212-1217.

22. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Research of influence of time of reaction of driver on the calculation of the capacity of the highway // Transport problems. Vol. 10. Issue 3. P. 53-59.

Семкин Александр Николаевич

ЗАО Группа компаний «НАВИГАТОР»

Адрес: 302006, Россия, г. Орел, Московская ул, д. 155

Генеральный директор

E-mail: nvg@ntcnvg.ru

A.N. SEMKIN

EXPERIENCE IN THE IMPLEMENTATION OF PUBLIC TRANSPORT COORDINATION SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE OREL URBAN AGGLOMERATION

Abstract. The author of the article presents the results of work on improving algorithms for informing passengers at bus stops in urban agglomerations, based on theoretical and experimental studies conducted by him on the use of global navigation satellite systems and artificial intelligence technologies to form a forecast of the arrival time of route vehicles at bus stops.

Keywords: intelligent transport systems, public transport management, global navigation satellite systems, neural networks

BIBLIOGRAPHY

1. GOST R 51004-96. Uslugi transportnye. Passazhirskie perevozki. Nomenklatura pokazateley kachestva. Moskva: Gosstandart Rossii, 1997. 12 s.
2. GOST R 56294-2014. Intellektual`nye transportnye sistemy. Trebovaniya k funktsional`noy i fizicheskoy arkhitekturam intellektual`nykh transportnykh sistem.
3. PNST 892-2023. Intellektual`nye transportnye sistemy. Sistemy dispetcherskogo upravleniya gorodskim nazemnym passazhirskim transportom. Trebovaniya k arkhitekture i funktsiyam podsystemy informirovaniya passazhirov, ispol`zuyushchey fakticheskuyu i prognoznuyu informatsiyu o dvizhenii transportnykh sredstv na marshrutakh.
4. Bodrov A.S., Kulev M.V., Devyatina D.SH., Lobyntseva O.A. Otsenka gotovnosti Orlovskoy gorodskoy aglomeratsii k vnedreniyu intellektual`nykh transportnykh sistem // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2020. №3(70). S. 64-72.
5. Galiguzova E.V., Illarionova Yu.E. Global`nye navigatsionnye sputnikovye sistemy (GNSS) [Elektronnyy resurs] / *Simvol nauki*. 2023. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-navigatsionnye-sputnikovye-sistemy-gnss>.
6. Druki A.A. Primenenie svertochnykh neyronnykh setey dlya vydeleniya i raspoznavaniya avtomobil`nykh nomernykh znakov na izobrazheniyakh so slozhnym fonom [Elektronnyy resurs] / *Izvestiya TPU*. 2014. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-svertochnykh-neyronnykh-setey-dlya-videleniya-i-raspoznavaniya-avtomobilnykh-nomernykh-znakov-na-izobrazheniyakh-so-slozhnym>.
7. ZHankaziev S.V. Nauchnye osnovy i metodologiya formirovaniya intellektual`nykh transportnykh sistem v avtomobil`no-dorozhnykh kompleksakh gorodov i regionov: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.01. M., 2012. 450 s.
8. Koryagin M.E. Ravnovesnye modeli sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta v usloviyakh konflikta interesov. Novosibirsk: Nauka, 2011. 140 s.
9. Lomakin D.O. Mezoskopicheskie modeli transportnykh potokov / Pod obshchey redaktsiey A.N. Novikova // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Orel. 2016. S. 53-59.
10. Novikov A.N., Vasil`eva V.V., Katunin A.A. Prognozirovaniye vozdeystviya avtotransportnykh potokov na akusticheskuyu sredu urbanizirovannykh territoriy na osnove modelirovaniya // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2016. №2(55). S. 210-215.
11. Novikov A.N., Katunin A.A., Kulev A.V., Peshekhonov M.V. Svravneniye sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primeneniye v intellektual`nykh transportnykh sistemakh // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2013. №2(41). S. 109-113.
12. Novikov A.N., Przhibyl P., Katunin A.A. Perevozki kak nauka // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2014. №3(46). S. 96-109.
13. Novikov A.N., Sevost`yanov A.L., Katunin A.A., Kulev A.V. Primeneniye intellektual`nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2013. №1(40). S. 85-90.
14. Novikov A.N., Golenkov V.A., Baranov YU.N., Katunin A.A., Bodrov A.S. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s ispol`zovaniem sredstv transportnoy telematiki // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2014. №6. S. 128-139.
15. Novikov A.N., Ivashchuk O.A., Vasil`eva V.V. Upravleniye vozdeystviem potokov avtotransporta na kachestvo akusticheskoy sredy goroda na osnove informatsionnykh tekhnologiy // *Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i transport*. 2007. №4-16. S. 226-232.
16. Mul'tiservisnaya platforma sovmestnogo ispol`zovaniya transportnykh sredstv v gorodskoy srede «NAVIGATOR-S2020». Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM 2020614909 Rossiyskaya Federatsiya. №2020613633 / A.N. Semkin; zayavl. 26.03.2020; opubl. 29.04.2020. 1 s.
17. Fateev Yu.L. Opredeleniye prostranstvennoy orientatsii ob'ektov po signalam radionavigatsionnykh sistem GLONASS/GPS [Elektronnyy resurs] / *Issledovano v Rossii*. 2004. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredeleniye-prostranstvennoy-orientatsii-obektov-po-signalam-radionavigatsionnykh-sistem-glonass-gps>.
18. Novikov A.N., Vasileva V.V., Katunin A.A. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems // *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*. 2014. №S5. S. 49-51.
19. Sevryugina N.S., Melikhova S.B., Volkov E.A. The solution of applied problems of optimization of stability of system «environment-man-technics» // *Modern applied science*. 2015. T. 9. №3. C. 200-207.
20. Savrasov M. Development of new approach for simulation and analysis of traffic flows on mesoscopic level: doctoral thesis. Riga, 2013. 161 p.
21. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Driver's reaction time in evaluation of the road capacity // *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 725-726. 2015. R. 1212-1217.
22. Shevtsova A.G., Novikov I.A., Borovskoy A.E. Research of influence of time of reaction of driver on the calculation of the capacity of the highway // *Transport problems*. Vol. 10. Issue 3. P. 53-59.

Semkin Aleksandr Nikolayevich

NAVIGATOR Group of Companies

Address: 302006, Russia, Orel, Moskovskaya str., 155

CEO

E-mail: nvg@ntcnvg.ru

Научная статья

УДК 339.19:004:656.022.8

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-136-142

Н.В. КУРГАНОВА, А.А. САЗОНОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УЧЕТ ИНТЕРКУРРЕНТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ СИНХРОМОДАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ, В СИСТЕМЕ СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗОК

***Аннотация.** Исследование авторов в части моделирования учета интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок - крайне важная, актуальная и релевантная научная проблематика развития современной логистики. Цель работы - дать определение авторскому термину, представить формулу оценки эффективности интеркуррентных транспортных затрат и провести практическую апробацию на примере производственной-коммерческой организации.*

***Ключевые слова:** интеркуррентные затраты, система смешанных перевозок, коэффициент эффективности синхромодальной доставки, коэффициент эффективности интеркуррентных транспортных затрат, коэффициент уровня оптимального соотношения, облачные технологии, моделирование учета затрат в ERP-системе*

Введение

Транспортная логистика как часть системы смешанных перевозок уже давно вышла на такой уровень значимости логистической компетенции, что, в существующих реалиях постоянно меняющегося под воздействием внешних и внутренних факторов, становится едва ли не определяющим фактором успешности развития организации.

В современном мире, где на рынке существуют множество торговых и производственных организаций, готовых предложить свой продукт, скорость и стоимость логистических процессов является конкурентно образующей движущей силой на рынке [1]. В таких масштабах, большое внимание организации стали уделять транспортным затратам, поскольку их учет напрямую зависит от финансовых результатов организации [2]. Правильный и своевременный учет, позволяющий корректно определить себестоимость доставленной продукции, является необходимым и достаточным фактором формирования базовой себестоимости, от которой рассчитывается цена товара к реализации и, как следствие, прибыль. Все неучтенные, несвоевременно разнесенные логистические затраты компания вынуждена компенсировать из чистой прибыли, что в долгосрочной перспективе ведет к недополученным доходам и снижению уровня благосостояния сотрудников.

Важным фактором интеркуррентных транспортных затрат является временной фактор. Особенно это отражается на импортных и экспортных перевозках, когда дополнительные затраты, возникающие сверх согласованных тарифов при перевозке, выставляются с большим временным лагом вследствие специфики учетной работы, например, морских линий, железнодорожной станции или морских портов. Задача научно-исследовательской работы заключается в возможности организации оперативной системы учета интеркуррентных затрат, их отображении и обеспечении возможности контроля и снижения их доли в общем объеме затрат. Большим прикладным инструментарием авторского подхода к проблематике является использование облачных технологий, интегрированных в ERP-систему организации и позволяющей учитывать, обрабатывать, корректировать большие объемы информации с минимизацией простоев и загрузки основной операционной системы оперативной работы компании.

Материал и методы

Востребованность моделирования учета интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок, увеличи-

© Н.В. Курганова, А.А. Сазонов, 2024

вается при неопределенном и стремительном развитии логистических процессов [3]. В ситуации полной непредсказуемости, в которую наша страна попала после введения беспрецедентных экономических и политических санкций, логистические процессы и маршруты доставки оказались в первых сферах деятельности, которые потребовали быстрых изменений. Усложнили ситуацию факторы контейнерного коллапса, практически парализовавшего мультимодальные контейнерные перевозки в IV квартале 2019 г., а также мировая пандемия COVID-19, начавшаяся в 2020 г., и ограничительные меры по борьбе с ее распространением, которые вводили компании, города и страны, что привело практически к остановке взаимоотношений и мировой торговли. С другой стороны, возможно, события 2019 и 2020 годов позволили научиться работать под влиянием непреодолимых внешних факторов, благодаря чему после февраля 2022 г. удалось перестроить экономику России и логистические потоки.

Кризис, перестроение процессов и маршрутов привели к изменению логистических потоков, а также способствовали развитию новых инфраструктурных проектов [4]. К сожалению, не везде это удалось сделать быстро и своевременно, во многих местах развитие шло параллельно с обеспечением движения оперативного потока продукции. В таких ситуациях неизбежным фактором является возникновение интеркуррентных затрат в процессе транспортировки, когда к определенной и согласованной ставке добавляются дополнительные затраты. При этом затраты могут быть вызваны не только негативными факторами, но и могут быть заранее запланированы и согласованы, в связи с чем необходимо разделить их на две категории: плановые логистические затраты и внеплановые интеркуррентные затраты (рис. 1).

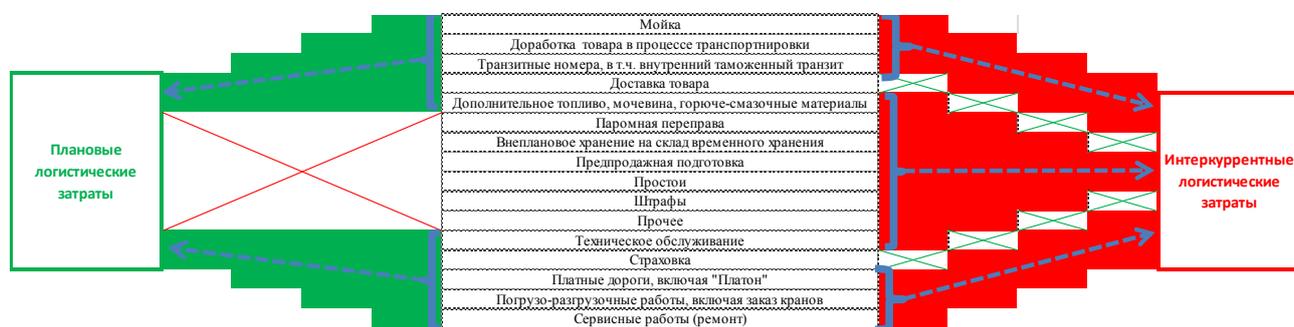


Рисунок 1 – Тип транспортных затрат в системе смешанных перевозок

Чем больше неопределенностей и непредсказуемых факторов, на которые сложно повлиять грузовладельцам или перевозчикам, тем больше величина интеркуррентных затрат и тем более весомой является влияние логистических затрат на деятельность организации. Более того, важным моментом остается и скорость выставления и распределения этих затрат на себестоимость продукции, поскольку при выставлении интеркуррентных затрат с отсрочкой по времени она может оказаться под влиянием двух основных факторов. Первым фактором является неправильное определение базисной себестоимости в варианте, если часть товара, выгруженная на склады из общей партии, может быть уже реализована клиентам без учета этого вида затрат, а, значит, базис определения себестоимости окажется некорректным. Вторым фактором является то, что интеркуррентные затраты вообще могут быть выставлены в момент, когда уже весь товар будет реализован, что в таком случае будет относиться к чистой прибыли компании, а, значит, уменьшит ее прибыльность, и, как следствие, снизит привлекательность для инвесторов и приведет к негативному восприятию ситуации у собственников или акционеров [5]. В связи с этим, область интеркуррентных затрат становится для компаний чрезвычайно важным фактором как для оценки логистических компетенций, так и для обеспечения финансовой устойчивости производственных процессов или торгово-коммерческого бизнеса.

Теория / Расчет

Для дальнейшего исследования проблематики интеркуррентных затрат в составе логистических затрат системы смешанных перевозок [6] необходимо уточнить понятийный аппарат и дать определение для дальнейшего описания процесса.

Интеркуррентные логистические затраты - это затраты в процессе перевозки, которые не были запланированы и учтены при согласовании стоимости доставки и возникающие непосредственно в процессах перемещения, хранения и управления материалами от момента загрузки и до выгрузки в точке назначения.

Таким образом, все возникающие затраты, неучтенные и несогласованные в стоимости непосредственно перед началом процесса смешанной доставки, относятся к интеркуррентным.

В существующих условиях организации логистических процессов, при большом количестве неопределенных факторов, необходимо определить показатель оценки эффективности синхромодальной доставки в целом и показатель эффективности интеркуррентных транспортных затрат в процессе перевозки, в частности. Для этого необходимо уточнить терминологические аспекты, для этого определим в качестве оценки показатели эффективности.

Коэффициент эффективности синхромодальной доставки ($k_{эд}$) в системе смешанных перевозок - показатель, характеризующий эффективность логистического процесса сквозь призму логистических затрат синхромодальной доставки. Он рассчитывается по формуле (1) как отношение общих затрат на перевозку ($\sum_{зп}$), возникших в процессе доставки, к общей себестоимости перевозимого товара ($\sum_{с/с}$). Единицей измерения коэффициента эффективности синхромодальной доставки являются проценты.

$$k_{эд} = \sum_{зп} / \sum_{с/с} * 100\%, \quad (1)$$

где $k_{эд}$ - коэффициент эффективности синхромодальной доставки;

($\sum_{зп}$) - общие затраты на перевозку;

($\sum_{с/с}$) – себестоимость перевозимого товара.

Коэффициент эффективности интеркуррентных транспортных затрат ($k_{и}$) в системе смешанных перевозок — показатель, характеризующий эффективность логистической системы на воздействие неопределенных факторов сквозь призму дополнительных затрат, возникших в процессе синхромодальной доставки. Рассчитывается по формуле (2) как отношение интеркуррентных транспортных затрат ($\sum_{и}$), возникших вследствие непредвиденных и незапланированных факторов в процессе перевозки, к общей себестоимости перевозимого товара ($\sum_{с/с}$). Единицей измерения интеркуррентных транспортных затрат являются проценты.

$$k_{и} = \sum_{и} / \sum_{с/с} * 100\% , \quad (2)$$

где ($k_{и}$) - коэффициент эффективности интеркуррентных транспортных затрат;

($\sum_{и}$) - интеркуррентные транспортные затраты;

($\sum_{с/с}$) - общая себестоимость перевозимого товара.

Анализ в области исследования интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок, позволяет определить цифровой уровень коэффициента эффективности синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок [7], который авторы предлагают считать оптимальным, если он не превышает 8 %, а коэффициент эффективности интеркуррентных транспортных затрат в системе смешанных перевозок считается оптимальным, если он не превышает 0,5 %. Важным моментом является обязательное условие, что затраты и себестоимость перевозимого товара учитываются только по той партии товара, по которой возникли дополнительные расходы. В результате моделирование интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок позволяет определить соотношение, при котором система логистических потоков является стабильной и способной быстро и эффективно справляться с воздействием внешних и внутренних факторов, а уровень интеркуррентных затрат является оптимальным, если достигается коэффициент уровня оптимального соотношения ($k_{о}$), при котором коэффициент эффективности интеркуррентных транспортных затрат меньше или равно 6,25 % от коэффициента эффективности синхромодальной доставки (3).

$$k_{о} = k_{и} / k_{эд} * 100\% \leq 6,25\% , \quad (3)$$

где ($k_{о}$) - коэффициент уровня оптимального соотношения;

($k_{и}$) - коэффициент эффективности интеркуррентных транспортных затрат;

$k_{эд}$ - коэффициент эффективности синхромодальной доставки.

Для того чтобы обеспечить контроль коэффициентов эффективности, необходимо несколько условий. Во-первых, это моделирование системы учета в системе ERP, которое позволит оперативно фиксировать все возникающие затраты в процессе логистики, а, во-вторых, необходима система, позволяющая мгновенно обрабатывать полученную информацию и переводить данные в цифровые значения для принятия быстрых решений. Поскольку ни одна система ERP, существующая в настоящее время на рынке, не позволяет быстро и оперативно обрабатывать массивы цифровых значений, потребуется современная система облачных технологий, интегрированная в ERP и позволяющая полномасштабно учитывать все необходимые показатели для расчета коэффициентов.

Результаты и обсуждение

В качестве пилотного проекта, на котором будет смоделирован учет интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок [8], возьмем систему «1С: Предприятие» и его модуль «1С «Управление торговлей», а в качестве интегрированного решения облачных технологий с 1С рассмотрим QlikView. Обе системы позволяют быстро доработать недостающие модули при качественной синхронизации.

С точки зрения учета, система ERP должна поддерживать возможность внесения следующих данных, характеризующих логистический процесс доставки:

- 1) номер Заказа на перемещение;
- 2) наименование товара;
- 3) маршрут:
 - а) адрес отправления;
 - б) адрес назначения.
- 4) количество товаров в заказе;
- 5) себестоимость перевозимого товара в заказе;
- 6) сумма логистических затрат на доставку;
- 7) сумма простоя;
- 8) наименование статьи логистических затрат;
- 9) причина возникновения затрат (это поле заполняется логистом в текстовом формате).

Моделирование в ERP-системе на примере «1С: Предприятие» реализовано в представленном на рисунке 2 виде, где информацию и характеристику товара прописывают во вкладке «Товары», а дополнительную информацию — во вкладке «Дополнительно». При этом все необходимые комментарии, возникающие в процессе доставки в системе смешанных перевозок, заносят во вкладку «Комментарий».

В облачной системе QlikView, система учета интеркуррентных затрат позволит своевременно обеспечить фиксацию всех незапланированных затрат и причин, повлиявших на их возникновение (табл. 1), а также обеспечить быструю обработку данных для принятия управленческих решений для нивелирования внешних воздействий.

При этом в облачную систему в автоматическом режиме дублируются данные из 1С в следующем алгоритме:

- Графа 1 — автоматическая сквозная нумерация;
- Графы 2, 3, 4 — из Заказа на перемещение в 1С, вкладка «Доставка»;
- Графы 5, 7, 8 — из Заказа на перемещение в 1С, вкладка «Товары»;
- Графы 6, 9, 10 — из Заказа на перемещение в 1С, вкладка «Дополнительно»;
- Графа 11 — из Заказа на перемещение в 1С, вкладка «Комментарий»;
- Графа 12, 13, 14 — расчетные коэффициенты эффективности.

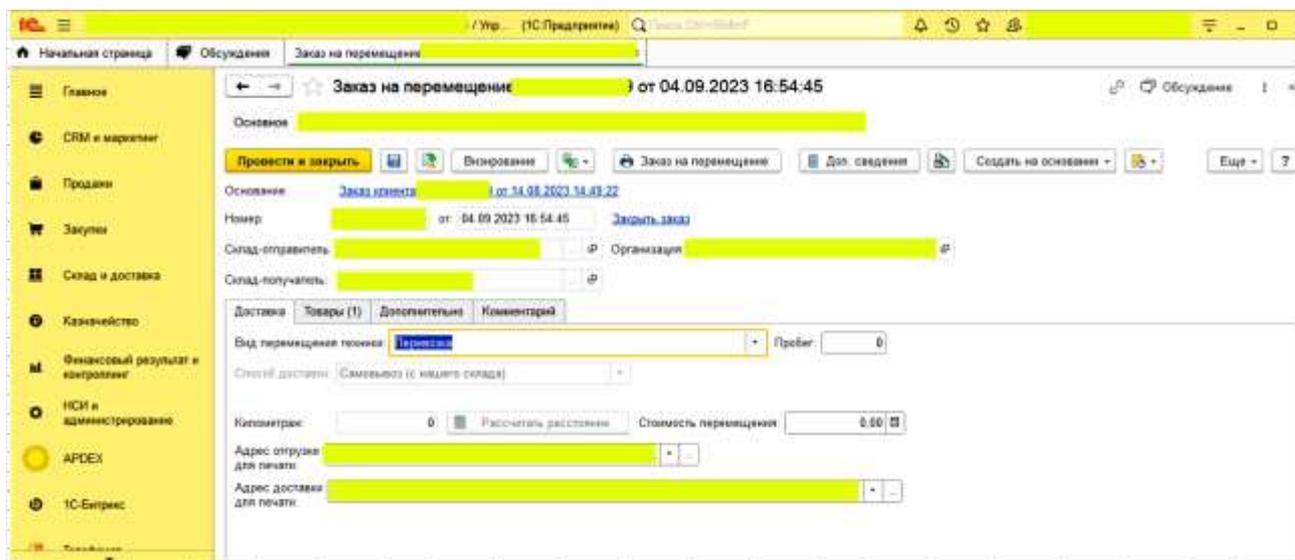


Рисунок 2 – Заказ на доставку товара в системе 1С: Предприятие

Таблица 1 - Учет интеркуррентных затрат в облачной системе QlikView

| № п/п | Номер Заказа на перемещение | Маршрут | | Наименование товара | Стоимость доставки, тыс. руб. | Количество техники в заказе, ед. | Себестоимость техники в заказе, тыс.руб. | Сумма простоя, тыс.руб. | Статья затрат | Причина | Относительные | | |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|---------------|---------|---|--|--|
| | | Адрес отправления | Адрес назначения | | | | | | | | Коэффициент эффективности синхромодальной доставки, % | Коэффициент эффективности интеркуррентных транспортных затрат, % | Коэффициент уровня оптимального соотношения, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 Перевозки | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Российские перевозки | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 Импортные доставки | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Перегоны | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Российские перегоны | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2 Импортные перегоны | | | | | | | | | | | | | |

Проведенное теоретико-прикладное тестирование предложенной авторами автоматизации и учета интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок, выявили большой недостаток при организации перевозок с учетом затрат применительно к партиям. В связи с временным лагом между возникновением затрат, их фактическим выставлением и оплатой грузовладельцем, оказывается, что часть товара из этой партии уже реализована клиентам, а, значит, интеркуррентные затраты уже нельзя отнести на себестоимость доставленного товара по причине его продажи [10]. В результате, организации не остается ничего, кроме как отнести и оплачивать эти затраты из чистой прибыли, что крайне негативно отражается на финансово-хозяйственных результатах и благосостоянии компании. Этот фактор необходимо учитывать при оценке логистических компетенций и расчете финансовой стабильности процесса синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок [9].

Выводы

Авторская работа в части моделирования учета интеркуррентных транспортных затрат, возникающих в процессе синхромодальной доставки в системе смешанных перевозок, выявила основные критические характеристики логистического процесса, которые необходимо учитывать в процессе неопределенной внешней среды, влияния и непредсказуемости внешних и внутренних факторов, влияющих и на срок, и на стоимость перевозки, находящих отражение в логистических затратах [11]. К таким необходимо отнести минимально необходимую автоматизацию учета интеркуррентных транспортных затрат в ERP-системе любой организации. Также немаловажным оказывается привлечение информационно-технических решений в виде облачных технологий для обработки и цифровизации логистических потоков

[12]. Основной же задачей любой компании, производственной или коммерческой, является оценка логистических затрат как прямых, так и интеркуррентных, своевременность реализации которой станет оперативная реакция и нивелирование возникающих рисков для логистических потоков в системе смешанных перевозок, что обеспечит уникальное конкурентное преимущество и лидерство компании в своей отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шумаев В.А., Сазонов А.А. Логистика как эффективная технология управления // Экономика и управление в машиностроении. 2015. №5. С. 15-18. EDN: UYBTFF.
- 2.. Курганова Н.В., Сазонов А.А. Влияние внешних факторов как ключевого элемента глобальной трансформации логистических потоков в смешанных перевозках. Транспорт. 2023. №2. С. 184-186. EDN: OENIPQ. DOI: 10.52375/20728689_2023_2_184.
3. Сазонов А.А., Шумаев В.А. Синхрологистика как определяющий фактор эффективности функционирования организации // Логистика сегодня. 2018. № 3 (85). С. 202-209. EDN: XZIJCP.
4. Курганова Н.В., Сазонов А.А. Роль и эффективность логистического таможенного склада в системе смешанных перевозок // Транспортное дело России - 2023. №3. С. 220-224. EDN: OENIPQ. DOI: 10.52375/20728689_2023_2_184 ISSN: 2072-8689
5. Курганова Н.В., Сазонов А.А. Синхрологистика контейнерных перевозок как перспективный вектор развития логистических процессов // Транспортное дело России - 2023. №3. С. 128-130. EDN: XAJRON. DOI 10.52375/20728689_2023_3_128 ISSN: 2072-8689.
6. Куренков П.В., Сафронова А., Кахриманова Д. Логистика международных интермодальных грузовых перевозок. Логистика. 2018. №3(136). С. 24-27. EDN: YXJIRJ ISSN: 2219-7222.
7. Астафьев А.В., Кахриманова Д.Г., Кизимиров М.В., Преображенский Д.А., Эгерман Л.К. Синхромодальность, интермодальность, мультимодальность, трансмодальность и тримодальность смешанных перевозок // Вестник транспорта. 2018. №8. С. 12-15. EDN: XUJVOP .
8. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. Пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп – Бизнес». 2010. 640 с.
9. Сыщиков Д.А. Проблемы организации смешанных перевозок в России // Наука через призму времени-2018. №2 (11).
10. Кропивенцева С.А. Перевозка грузов в международном направлении: организационные и практические вопросы: учебное пособие. Самара: Самарского университета. 2018. 56 с.
11. Горельцев С.В., Полякова М.Н. Перспективы развития терминально-логистической инфраструктуры на «пространстве 1520» [Электронный ресурс]. Институт экономики и развития транспорта. 2019. URL: <http://iert.com.ru/images/Gorelcev.pdf>
12. Залукаева Н.Ю., Гуськов А.А., Пеньшин Н.В. Транспортно-экспедиционное обслуживание: учебное пособие. Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ». 2017. С. 72.
13. Кизимиров М.В. Основные этапы развития синхромодальных перевозок через морские и речные порты в СССР и РФ // Вестник транспорта. 2018. №8. С. 33-36.
14. Куренков П.В. Синхромодальные перевозки и тримодальные терминалы как перспективные направления развития логистических технологий // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. №11. С. 13-17. EDN: SKZHRP.
15. Куренков П.В. Синхромодальность, КО-модальность, А-модальность и ТРИмодальность – важные составляющие современной политранспортной логистики // Бюллетень ОСЖД. 2018. №5-6. С. 37-44.
16. Вакуленко С.П., Куренков П.В. Интермодальные и мультимодальные перевозки в транспортных коридорах Европы и Азии // Железнодорожный транспорт. 2016. №6. С.73-77.

Курганова Надежда Владимировна
Российский университет транспорта (МИИТ)
Адрес: 127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д. 9
Аспирант
E-mail: kurganovanadya@inbox.ru

Сазонов Алексей Александрович
ООО «Сим-Авто»
Адрес: 125130, Россия, г. Москва, ул.Выборгская, д. 22
К.э.н., директор по логистике ООО «Сим-Авто»
E-mail: sazalex@mail.ru

N.V. KURGANOVA, A.A. SAZONOV

DEFINITION AND ACCOUNTING OF INTERCURRENT TRANSPORT COSTS ARISING IN THE PROCESS OF SYNCHROMODAL DELIVERY IN THE SYSTEM OF MULTI-TRANSPORTATION

Abstract. *The authors' research in terms of modeling the accounting of intercurrent transport costs arising in the process of synchromodal delivery in a multimodal transport system is an extremely important, relevant and relevant scientific issue in the development of modern logistics. The purpose of the work is to define the author's term, present a formula for assessing the effectiveness of intercurrent transport costs and conduct practical testing using the example of a production and commercial organization.*

Keywords: *intercurrent costs, intermodal transport system, synchromodal delivery efficiency coefficient, efficiency coefficient of intercurrent transport costs, optimal ratio level coefficient, cloud technologies, modeling of cost accounting in an ERP system*

BIBLIOGRAPHY

1. Shumaev V.A., Sazonov A.A. Logistika kak effektivnaya tekhnologiya upravleniya // *Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii*. 2015. №5. S. 15-18. EDN: UYBTFF.
2. Kurganova N.V., Sazonov A.A. Vliyanie vneshnikh faktorov kak klyuchevogo elementa global'noy transformatsii logisticheskikh potokov v smeshannykh perevozkakh. *Transport*. 2023. №2. S. 184-186. EDN: OENIPQ. DOI: 10.52375/20728689_2023_2_184.
3. Sazonov A.A., Shumaev V.A. Sinkhrologistika kak opredelyayushchiy faktor effektivnosti funktsionirovaniya organizatsii // *Logistika segodnya*. 2018. № 3 (85). S. 202-209. EDN: XZIJCP.
4. Kurganova N.V., Sazonov A.A. Rol' i effektivnost' logisticheskogo tamozhennogo sklada v sisteme smeshannykh perevozok // *Transportnoe delo Rossii - 2023*. №3. S. 220-224. EDN: OENIPQ. DOI: 10.52375/20728689_2023_2_184 ISSN: 2072-8689
5. Kurganova N.V., Sazonov A.A. Sinkhrologistika konteynernykh perevozok kak perspektivnyy vektor razvitiya logisticheskikh protsessov // *Transportnoe delo Rossii - 2023*. №3. S. 128-130. EDN: XAJRON. DOI 10.52375/20728689_2023_3_128 ISSN: 2072-8689.
6. Kurenkov P.V., Safronova A., Kakhriyanova D. Logistika mezhdunarodnykh intermodal'nykh gruzovykh perevozok. *Logistika*. 2018. №3(136). S. 24-27. EDN: YXJIRJ ISSN: 2219-7222.
7. Astaf'ev A.V., Kakhriyanova D.G., Kizimirov M.V., Preobrazhenskiy D.A., Egerman L.K. Sinkhromodal'nost', intermodal'nost', mul'timodal'nost', transmodal'nost' i trimodal'nost' smeshannykh perevozok // *Vestnik transporta*. 2018. №8. S. 12-15. EDN: XUJVOP.
8. Bauersoks D.Dzh., Kloss D.Dzh. *Logistika: integrirovannaya tsep' postavok*. 2-e izd. Per. s angl. M.: ZAO "Olimp - Biznes". 2010. 640 s.
9. Syshchikov D.A. Problemy organizatsii smeshannykh perevozok v Rossii // *Nauka cherez prizmu vremeni*-2018. №2 (11).
10. Kropiventseva S.A. *Perevozka gruzov v mezhdunarodnom napravlenii: organizatsionnye i prakticheskie voprosy: uchebnoe posobie*. Samara: Samarskogo universiteta. 2018. 56 s.
11. Gorel'tsev S.V., Polyakova M.N. Perspektivy razvitiya terminal'no-logisticheskoy infrastruktury na «prostranstve 1520» [Elektronnyy resurs]. Institut ekonomiki i razvitiya transporta. 2019. URL: <http://iert.com.ru/images/Gorelcev.pdf>
12. Zalukaeva N.YU., Gus'kov A.A., Pen'shin N.V. *Transportno-ekspeditsionnoe obsluzhivanie: uchebnoe posobie*. Tambov: FGBOU VO "TGTU". 2017. C. 72.
13. Kizimirov M.V. Osnovnye etapy razvitiya sinkhromodal'nykh perevozok cherez morskies i rechnye porty v SSSR i RF // *Vestnik transporta*. 2018. №8. S. 33-36.
14. Kurenkov P.V. Sinkhromodal'nye perevozki i trimodal'nye terminaly kak perspektivnye napravleniya razvitiya logisticheskikh tekhnologiy // *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*. 2018. №11. S. 13-17. EDN: SKZHRP.
15. Kurenkov P.V. Sinkhromodal'nost', KO-modal'nost', A-modal'nost' i Trimodal'nost' - vazhnye sostavlyayushchie sovremennoy politransportnoy logistiki // *Byulleten' OSZHD*. 2018. №5-6. S. 37-44.
16. Vakulenko S.P., Kurenkov P.V. Intermodal'nye i mul'timodal'nye perevozki v transportnykh koridorakh Evropy i Azii // *Zheleznodorozhnyy transport*. 2016. №6. S.73-77.

Kurganova Nadegda Vladimirovna

Russian University of Transport (MIIT)
Address: 127994, Russia, Moscow, Obraztsova str., 9
Graduate student
E-mail: kurganovanadya@inbox.ru

Sazonov Aleksey Aleksandrovich

Sim-Auto LLC
Address: 125130, Russia, Moscow, Vyborgskaya st., 22
Candidate of Economic Sciences
E-mail: sazalex@mail.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 24.06.2024 г.
Дата выхода в свет 24.09.2024 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 9,2
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 181

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95