

УДК 629.113

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-5-666-679>

EDN: LDWKYO

Научная статья



ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ

А. С. Денисов, Е. В. Феклин, А. В. Игнатов*

СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Саратов, Россия

denisov0307@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4732-0648>feklin_2013@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6778-4458>camoxod1990@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7166-1354>

*ответственный автор

АННОТАЦИЯ

Введение. Акцент сделан на совершенствование системы технического обслуживания и ремонта городских автобусов в масштабах крупных городов в частности и регионов в целом. В связи с повышением количества подвижного состава увеличивается нагрузка на существующие организации технического сервиса, что в свою очередь приводит к их перегрузке. Следовательно, снижаются показатели эффективности и безопасности эксплуатации автобусов. Предлагаемое решение – разработка системы централизованных специализированных производств.

Материалы и методы. Рассмотрена система технического обслуживания и ремонта с точки зрения теории предельной полезности. Представлены зависимости общей и предельной полезности от количества товаров (услуг). Дано описание термина «специализация» с точки зрения автотранспортной отрасли. Обоснована необходимость совмещения универсальных и специализированных постов.

Результаты. Представлены итоги экспериментального исследования по десяти пассажирским предприятиям. Приведены результаты вычислений показателей эффективности зоны текущего ремонта. Отражена зависимость годовых затрат и прибыли зоны текущего ремонта из десяти постов от уровня специализации. Проанализирована зависимость коэффициента технической готовности автобусов от масштаба парков по России. Представлены натуральные факторы, влияющие на коэффициент технической готовности. Получена адекватная математическая модель с физическими переменными зависимости коэффициента технической готовности от масштаба предприятия и уровня специализации с последующей обработкой и верификацией результатов.

Обсуждение и заключение. Результаты исследования предназначены для предприятий пассажирского транспорта. Полученные данные позволят разработать систему кооперации производственных мощностей технического сервиса с целью повышения производительности выполнения заявок на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: техническое обслуживание и ремонт, автобус, кооперация, специализация, централизованное специализированное производство, эффективность, безопасность, теория предельной полезности, коэффициент технической готовности, сервис.

БЛАГОДАРНОСТИ: коллектив авторов благодарит руководство и коллектив пассажирских предприятий Саратовской области, на которых проводилось исследование, редакцию журнала «Вестник СибАДИ», а также рецензентов статьи.

Статья поступила в редакцию 11.05.2022; одобрена после рецензирования 05.10.2022; принята к публикации 14.10.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Денисов А. С., Феклин Е. В., Игнатов А. В. Влияние уровня специализации производства на эффективность технического сервиса и безопасность эксплуатации автобусов // Вестник СибАДИ. 2022. Т. 19, № 5 (87). С. 666-679. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-5-666-679>

© Денисов А. С., Феклин Е. В., Игнатов А. В., 2022



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-5-666-679>
EDN: LDWKYO

INFLUENCE OF PRODUCTION SPECIALISATION LEVEL ON EFFICIENCY OF TECHNICAL SERVICE AND BUSES OPERATION SAFETY

Alexander S. Denisov, Evgeny V. Feklin, Anton V. Ignatov*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Saratov, Russia

denisov0307@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4732-0648>

feklin_2013@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6778-4458>

camoxod1990@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7166-1354>

**corresponding author*

ABSTRACT

Introduction. The focus is on improving the maintenance and repair system of city buses on the scale of large cities in particular and regions in general. Due to the increase in the number of rolling stock, the load on the existing technical service organisations increases, which in turn leads to their overload. Consequently, the efficiency and safety indicators of bus operation are reduced. The proposed solution is to develop a system of centralised specialised production.

Materials and methods. The system of maintenance and repair is considered from the point of view of the marginal utility theory. Dependences of total and marginal utility on the quantity of goods (services) are presented. The term 'specialization' is described from the point of view of the motor transport industry. The necessity of combining universal and specialised posts is justified.

Results. The results of the experimental study on ten passenger enterprises are presented. The results of calculations of the efficiency indicators of the current repair area are given. The dependence of annual costs and profit of the current repair zone of ten posts on the level of specialisation is reflected. The dependence of the coefficient of technical readiness of buses on the scale of parks in Russia is analysed. The natural factors, influencing the coefficient of technical readiness are presented. An adequate mathematical model with physical variables of the dependence of the coefficient of technical availability on the scale of the enterprise and the level of specialisation was obtained with further processing and verification of the results.

Discussion and conclusions. The results of the study are intended for the enterprises of passenger transport. The data obtained will allow to develop a system of cooperation of technical service production facilities in order to improve the performance of requests for maintenance and repair of rolling stock.

KEYWORDS: maintenance and repair, bus, cooperation, specialisation, centralised specialised production, efficiency, safety, marginal utility theory, technical availability factor, service.

ACKNOWLEDGEMENTS: the team of authors would like to thank the management and staff of passenger enterprises in Saratov region, where the research was carried out, the editorial board of the Russian Automobile and Highway Industry Journal, as well as the reviewers of the article.

The article was submitted 11.05.2022; approved after reviewing 05.10.2022; accepted for publication 14.10.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Denisov A. S., Feklin E. V., Ignatov A. V. Influence of production specialisation level on efficiency of technical service and safety of buses operation. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2022; 19 (5): 666-679. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-5-666-679>

© Denisov A. S., Feklin E. V., Ignatov A. V., 2022



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности и качества проведения технического обслуживания и ремонта (ТОиР) подвижного состава пассажирского автотранспорта является одной из первоочередных задач. Пассажирские автотранспортные предприятия (АТП) в значительной своей массе состоят из подвижного состава, возрастом старше 10 лет. В последнее время количество АТП в классическом понимании значительно сократилось, тем самым повысив нагрузку на оставшуюся технику, а следовательно, и увеличив количество возникающих отказов и неисправностей, которые могут привести к дорожно-транспортным происшествиям. Частыми причинами технического характера, которые способствуют возникновению ДТП, являются: неисправность тормозной системы, рулевого управления, световой сигнализации, входных дверей, элементов салона (поручни) и т. д. Неудовлетворительное техническое состояние подвижного состава также является причиной увеличения расхода эксплуатационных материалов (топливо, масла и т. д.). Даже обладая всем необходимым оборудованием, при неэффективной организации работы производственно-технической базы экономический эффект для ПТБ снижается. Следовательно, в рамках крупных городов возникает необходимость укрупнения производственных предприятий автотехнического сервиса для увеличения объемов выполняемых заявок при сокращении срока их выполнения.

Ключевым элементом региональной системы обеспечения работоспособности автобусов становятся централизованные специализированные производства (ЦСП), т. е. предприятия, объединенные по определенным типам работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава. Таким образом, заявки будут распределяться на специализированные посты в рамках ЦСП.

Одним из вариантов укрупнения системы ТОиР в масштабах крупных городов является концентрация производства – это действенная форма его общественной организации, представляющая сосредоточение производства на более крупных предприятиях. Концентрация производства происходит или за счёт роста доли крупных предприятий в общем объеме производства региона или отрасли (перевозок пассажиров мегаполиса) или за счёт роста размеров самих предприятий.

Вопросы организации и проведения технического обслуживания и ремонта подвижного

состава, а также влияния его состояния на безопасность дорожного движения затрагивались в работах следующих авторов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Главной причиной развития концентрации производства является повышение прибыли, что в свою очередь обуславливает укрупнение масштабов производства. Для этого предприятию необходимо инвестировать часть прибыли в добавочные средства производства (в основном в технологическое оборудование) и исполнительный квалифицированный персонал. Основным показателем уровня концентрации производства является удельный вес крупных предприятий в общем объеме производства отрасли:

$$Y_k = O_k / O_o, \quad (1)$$

где Y_k – уровень концентрации, %; O_k – объем производства (или перевозок на транспорте) крупных предприятий; O_o – общий объем производства (перевозок).

Целью настоящего исследования является выявление влияния уровня концентрации и специализации производства на эффективность технического сервиса и безопасность эксплуатации городских автобусов для последующей разработки единой системы технического сервиса подвижного состава в рамках крупных городов в частности и регионов в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работах [16, 17] экстенсивный характер развития организаций автотехнического сервиса имеет свои экономические пределы. Следовательно, необходимо повышать эффективность его работы интенсивными методами, к которым относится и система управления производством. Согласно теории предельной полезности различают две формы полезности: общую (TU), т. е. совокупную полезность, получаемую в результате потребления всех благ (рисунок 1) и предельную (MU) – дополнительную полезность, извлекаемую потребителем из добавочной единицы конкретной продукции. То есть предельная полезность – это производная от общей полезности dTQ по количеству товара или услуг dQ (рисунок 2) $MU = dTU/dQ$.

Количество услуг городских автобусов, то есть их полезность пассажирам, напрямую связано с их количеством на маршрутах, которое во многом определяется коэффициентом технической готовности. Следовательно, коэффициенты технической готовности и использования парка могут быть приняты в качестве параметров полезности.

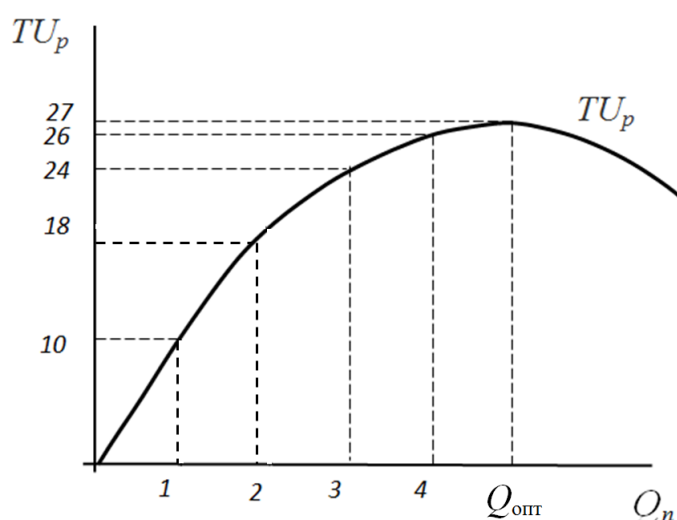


Рисунок 1 – Зависимость общей полезности от количества товара или услуг [17]

Figure 1 - Dependence of total utility on the amount of goods or services [17]

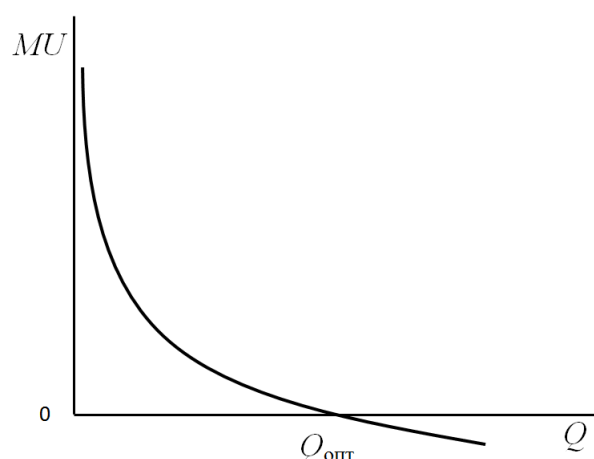


Рисунок 2 – Зависимость предельной полезности от количества товара или услуг [17]

Figure 2 - Dependence of marginal utility on the quantity of a good or service [17]

Параметр оптимизации – это коэффициент технической готовности, который принимает максимум при искомом значении параметра полезности, то есть уровня концентрации. Для его определения необходимо обработать статистические данные методом наименьших квадратов по полиному второй степени. Затем взять производную и, приравняв её к нулю, определить оптимальное значение уровня концентрации. Аналогично определяется и оптимальное значение уровня централизации по другому массиву статистических данных.

Что касается термина «специализация», то с точки зрения автотранспортной отрасли – это ориентация производства на определенный тип ограниченной номенклатуры работ по выполнению ТОиР подвижного состава.

Исходя из анализа преимуществ и недостатков специализированных и универсальных постов текущего ремонта и положений предельной полезности, по статистическим данным определены зависимости прибыли ремонтного комплекса от уровня специализации (рисунок 3).

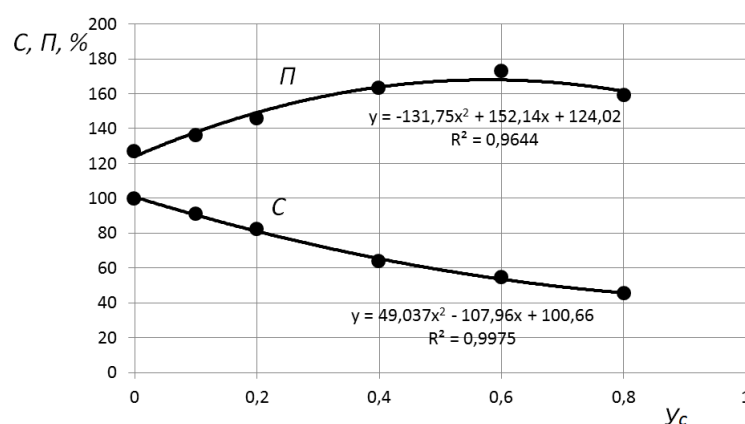


Рисунок 3 – Зависимость годовых затрат С и прибыли П зоны ТР из 10 постов от уровня специализации $У_c$ относительно затрат при всех универсальных постах
Источник: на основе статистических данных АО «Межгородтранс».

Figure 3 – Dependence of annual costs C and profit P of the TR zone of 10 posts on the level of specialisation of U_s in relation to the costs of all universal posts
Source: based on statistical data of AO Mezghorodtrans.

Практически целесообразно совмещение универсальных и специализированных постов. При этом преимущества одних становятся недостатками других видов постов [18, 19, 20]. Допустим, что все посты зоны универсальные. В этом случае производительность зоны составит

$$P_3 = P_n \cdot n \cdot K_{нз} \cdot K_{рв}, \quad (2)$$

где P_n – расчётная годовая производительность поста; n – число постов; $K_{нз}$ – коэффициент нагруженности зоны; $K_{рв}$ – коэффициент использования рабочего времени.

Годовые доходы от работы зоны ТР с учётом тарифа (T_3) составят

$$Дг = P_3 \cdot T_3, \quad (3)$$

Годовые затраты на содержание составят с учётом себестоимости (С) работы одного поста

$$Z_r = C \cdot P_3, \quad (4)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

С увеличением доли специализированных постов эти показатели работы зон ТР будут изменяться. Повысится коэффициент загрузки оборудования, сократятся затраты на оплату

труда, так как уровень квалификации исполнителей тоже снизится. Поскольку специализированное оборудование существенно дешевле универсального, то будут снижаться и затраты на приобретение оборудования [21].

Однако при этом из-за повышения простоев постов в ожидании работ и на перемещение с поста на пост возрастают затраты на ремонт [22, 23]. Этот процесс специализации постов зоны ТР относится к стохастическим, то есть имеет и детерминирующую и вероятностную составляющие. Поэтому определить параметры зависимости показателей зоны можно по экспериментальным данным с использованием метода наименьших квадратов.

Такие наблюдения (пассивные эксперименты) были проведены в десяти пассажирских предприятиях. Результаты вычислений показателей эффективности зоны ТР по методике [24, 25] приведены в таблице 1.

Обработка этих данных по методу наименьших квадратов с использованием программного средства EXCEL позволила получить параметры показателей эффективности зоны ТР от доли специализированных постов. Зависимости показателей эффективности зоны ТР от уровня специализации и их параметры приведены на рисунке 3.

Таблица 1

Показатели эффективности зоны ТР при различной доле специализированных постов

Источник: на основе статистических данных АО «Межгородтранс».

Table 1

Performance indicators of the TR zone with a different proportion of specialised posts

Source: based on statistical data of AO Mezhorodtrans.

Показатели	Диапазон	Среднее значение	Коэффициент вариации
K_e	0,7–0,92	0,84	0,28
K_{pe}	0,8–0,95	0,88	0,31
K_{nz}	0,48–1,2	0,86	0,32
Z_e	410–520	465	0,35
D_e	850–1100	975	0,37
Y_c	0,1–0,7	0,38	0,38

Примечание: K_e – коэффициент выпуска; K_{pe} – коэффициент реализации выпуска; K_{nz} – коэффициент нагруженности зоны; Z_e – годовые расходы на пост, тыс. руб.; D_e – годовые доходы поста, тыс. руб.; Y_c – уровень специализации зоны ТР (доля специализированных постов).

При использовании аппроксимирующего полинома второй степени, параметры которого приведены на графике, оптимум уровня специализации при равенстве нулю производной функции. Её значение составит 0,577 (57,7%). По сравнению с фактическим средним уровнем специализации постов (см. таблицу 1) это почти на 20% выше.

Уровень специализации постов во многом определяется масштабом предприятия (уровнем концентрации). С ростом уровня концентрации обычно повышается и уровень специализации [26, 27]. Для более конкретного анализа этой взаимосвязи провели дифференциацию отчётных данных по влиянию масштаба предприятий на КТГ (рисунок 4) при различных уровнях специализации постов (рисунок 5).

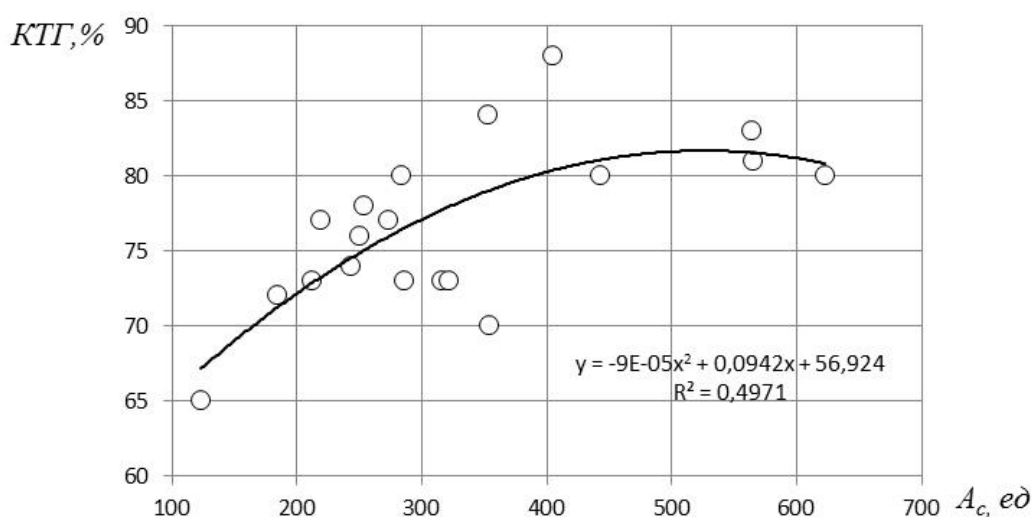


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента технической готовности автобусов от масштаба парков по России

Источник: на основе статистических данных из открытых источников.

Figure 4 – Dependence of the coefficient of technical readiness of buses on the scale of fleets in Russia

Source: based on statistical data from open sources.

Для математического моделирования исследуемого процесса приняли решение использовать полиномиальную модель в виде отрезка ряда Тейлора. Поскольку количество факторов $n = 2$, то для проведения исследований достаточно ограничиться полиномиальным рядом второго порядка, который для двухфакторного эксперимента принимает вид

$$Z = A_0 + A_1 \cdot X + B_1 \cdot Y + C \cdot X \cdot Y + D_1 \cdot X^2 + D^2 \cdot Y^2. \quad (5)$$

Сведем в таблицу 2 значения натуральных факторов, влияющих на КТГ.

Из рисунка 5 видно, что по мере концентрации подвижного состава несколько сокращается оптимум его по КТГ. Для более конкретного анализа обработали массив данных по методике программ Eureka: The Solver и Matlab 6.5. В качестве параметра оптимизации, позволяющего оценить эффективность ЦСП, принимали величину КТГ как показателя полезности.

В результате обработки данных по методике полного факторного эксперимента и соответствующих расчетов была получена адекватная математическая модель с физическими переменными зависимости КТГ (Z) от масштаба предприятия X и уровня специализации Y .

Подставляя полученные значения в общую формулу, получаем уравнение поверхности отклика

$$Z = 49,66 + 0,1134 \cdot X + 0,209 \cdot Y + 0,0001 \cdot X \cdot Y - 0,000124 \cdot X^2 - 0,00166 \cdot Y^2. \quad (6)$$

Результаты обработки представлены на рисунке 6. Полученное уравнение поверхности проверяли на адекватность, т. е. способность достаточно точно описывать действительный процесс с помощью критерия Фишера.

Таблица 2

Натуральные факторы, влияющие на КТГ. Характеристики опыта

Источник: на основе статистических данных пассажирских предприятий Саратовской области.

Table 2

Natural factors affecting CTG. Characteristics of experience

Source: based on statistical data of passenger enterprises of Saratov region.

Влияющие факторы	Верхний уровень	Основной уровень	Нижний уровень	Интервал варьирования
Масштаб ЦСП, ед.	600	350	100	100
Уровень специализации, %	80	40	20	20

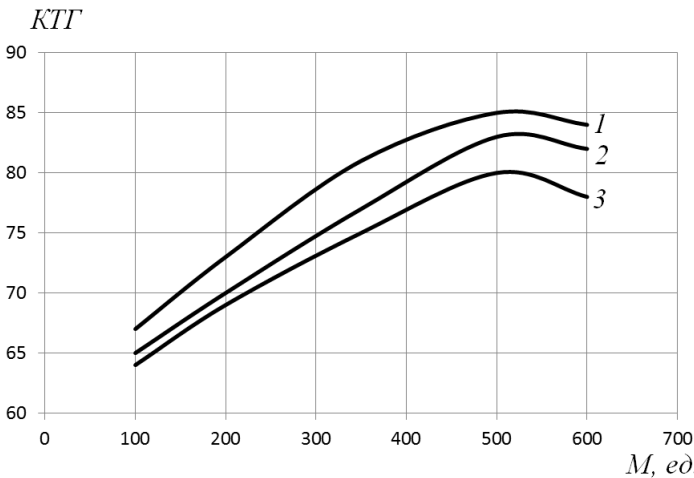


Рисунок 5 – Зависимость КТГ автобусных предприятий от масштаба M при различных значениях уровня специализации постов: 1 – 80 %; 2 – 40 %; 3 – 20 %

Источник: на основе статистических данных пассажирских предприятий Саратовской области.

Figure 5 – Dependence of CTG of bus enterprises on the scale M with different values of the level of specialisation of posts: 1 - 80%; 2 - 40%; 3 - 20%

Source: based on statistical data of passenger enterprises of the Saratov region.

Таблица 3

Величины коэффициентов уравнения регрессии

Источник: на основе статистических данных пассажирских предприятий Саратовской области.

Table 3

Values of the regression equation coefficients

Source: based on statistical data of passenger enterprises of the Saratov region.

Коэффициент	A0	A1	B1	C	D1	D2
Значение	49,66	0,1134	0,209	0,0001	-0,000124	-0,00166

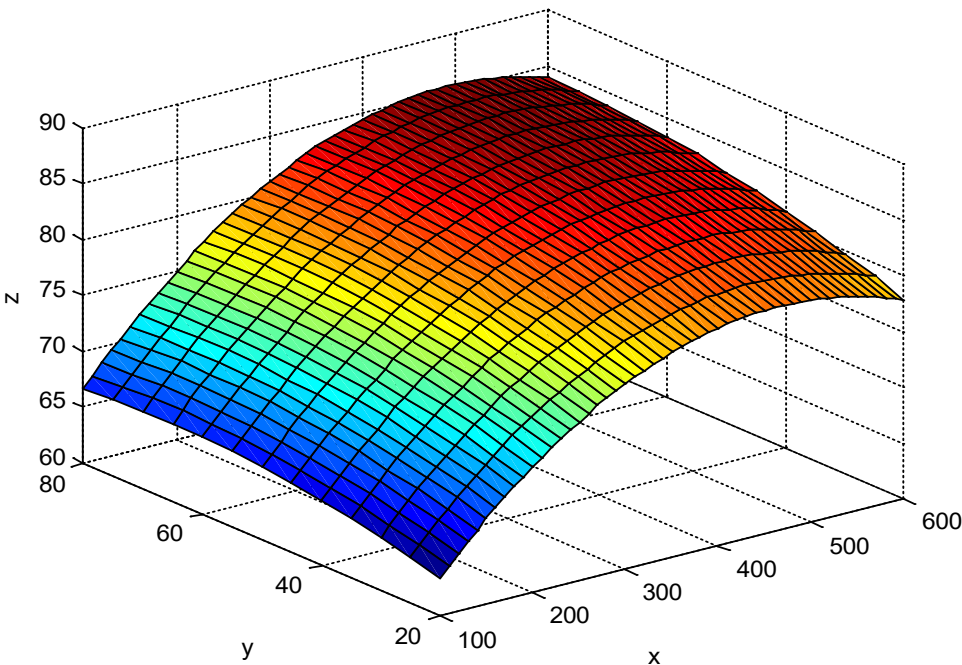


Рисунок 6 – Поверхность отклика КТГ автобусного парка на масштаб и на уровень специализации

Источник: на основе статистических данных пассажирских предприятий Саратовской области.

Figure 6 – Response surface of the CTG of the bus fleet to scale and to the level of specialisation

Source: based on statistical data of passenger enterprises of the Saratov region.

Дисперсионный анализ показал адекватность математической модели, ее работоспособность и воспроизводимость. Дифференцирование уравнений регрессии, решение систем уравнений, нахождение экстремумов функции и графическое построение поверхно-

сти функции отклика производили с помощью программ Eureka: The Solver и Matlab 6.5. Анализ уравнения и функции поверхности отклика (рисунок 6) показал линии равной эффективности факторов M и Y_c (рисунок 7).

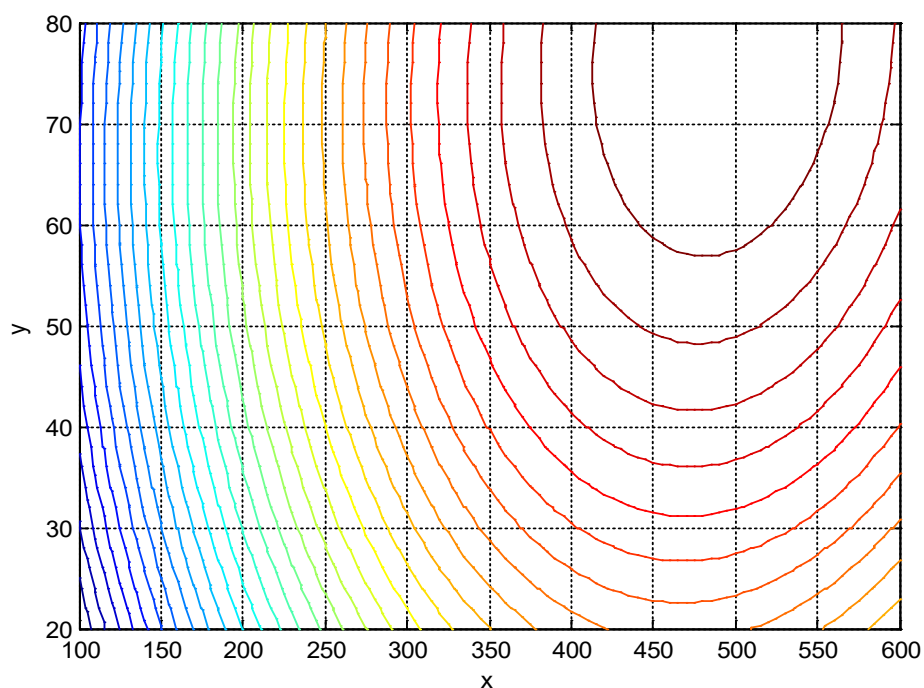


Рисунок 7 – Линии равной эффективности факторов M и U_s
 Источник: на основе статистических данных пассажирских предприятий Саратовской области.

Figure 7 – Lines of equal effectiveness of M and U_s factors
 Source: based on statistical data of passenger enterprises in Saratov region.

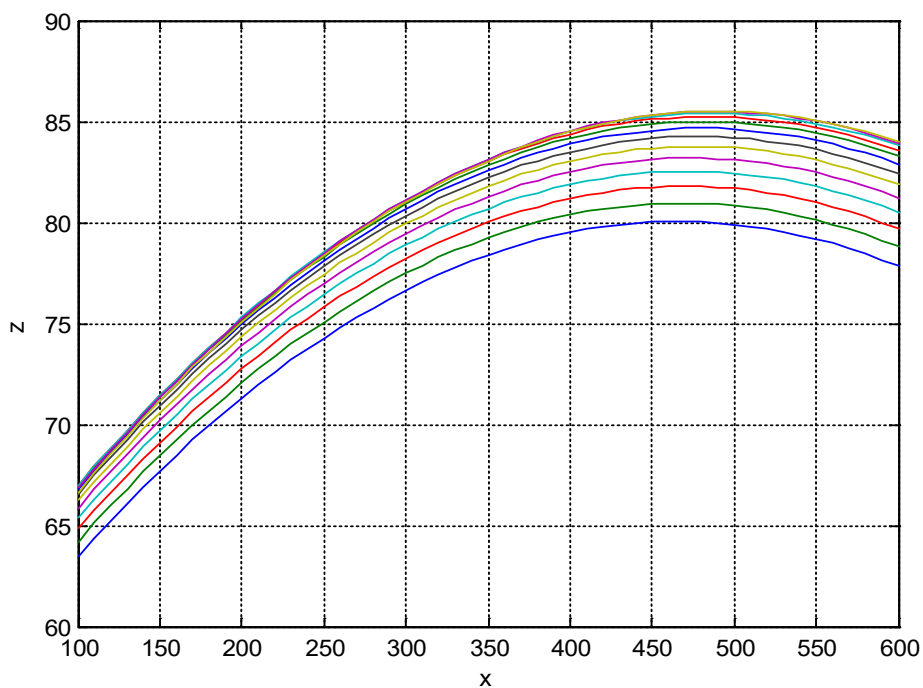


Рисунок 8 – Влияние масштаба предприятий (y) на КТГ (Z)
 при различных уровнях специализации (от 20 до 80 %)
 Источник: на основе статистических данных пассажирских предприятий Саратовской области

Figure 8 – Impact of the scale of enterprises (y) on CTG (Z) at different levels of specialisation (from 20 to 80%)
 Source: based on statistical data of passenger enterprises in Saratov region.

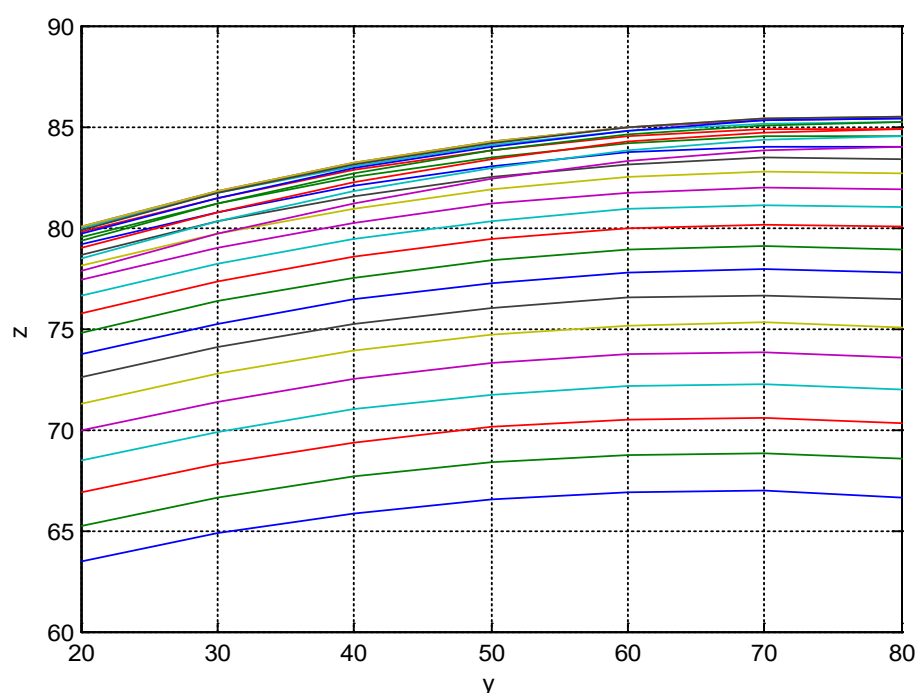


Рисунок 9 – Влияние уровня специализации (y) на КТГ (Z) при различных масштабах предприятий (от 100 до 600 единиц)
 Источник: на основе статистических данных пассажирских предприятий Саратовской области.

Figure 9 – Impact of the level of specialisation (y) on CTG (Z) at different scales of enterprises (from 100 to 600 units)

Source: based on statistical data of passenger enterprises in Saratov region.

Оптимальное значение M для заданного значения Y_c найдем, продифференцировав функцию по Y и приравняв полученную производную к нулю. Графически влияние факторов представлено на рисунках 8, 9.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Аргументировать процесс концентрации можно с позиций принципов синергетики.
2. Из исследуемых факторов наибольшее влияние на КТГ оказывает в пределах от 100 до 600 ед. концентрация – 19–20%, а затем специализация от 20 до 80 % – 9–10%.
3. Недостаточный уровень специализации постов зоне ТР увеличивает затраты на их со-

держание и приобретение в среднем на 10% и сокращает прибыльность работ на 14%. Следовательно, при создании или реорганизации ЦСП целесообразно использовать не менее 60% специализированных по видам агрегатов и узлов постов.

Результаты настоящего исследования предназначены для предприятий пассажирского транспорта. Полученные данные позволят разработать систему кооперации производственных мощностей технического сервиса с целью повышения производительности выполнения заявок на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава. Что в свою очередь позволит унифицировать и систематизировать процесс ТОиР в крупных масштабах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Boryaev, A., Malygin, I., & Marusin, A. (2020). Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport. *Transportation Research Procedia* 50 68-76. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.009.
2. Chernyaev, I., Oleshchenko, E., & Danilov, I. (2020). Methods for continuous monitoring of compliance of vehicles' technical condition with safety requirements during operation. *Transportation Research Procedia* 50 77-85. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.010.
3. Grayevskiy, I., Marusin, A., & Marusin, A. (2020). CDF simulation-based research of influence of mechanical defects in nozzles on environmental parameters of automotive diesel engines. *Transportation Research Procedia* 50 182-191. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.023.
4. Kapustin, A., Vorobiev, S., Gordienko, V., & Marusin, A. (2020). Method for improving the safety of diesel vehicles when operating on gas engine fuel (gas diesel engines). *Transportation Research Procedia* 50 226-233. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.028.
5. Malshakov, A., & Akzholov, A. (2020). Method to determine required amount of spare parts for air suspension in large-size buses. *Transportation Research Procedia* 50 414-421. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.049.
6. Rakov, V. (2020). Determination of optimal characteristics of braking energy recovery system in vehicles operating in urban conditions. *Transportation Research Procedia* 50 566-573. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.068.
7. Rakov, V., Kapustin, A., & Danilov, I. (2020). Study of braking energy recovery impact on cost-efficiency and environmental safety of vehicle. *Transportation Research Procedia* 50 559-565. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.067.
8. Repin, S., Bukirov, R., & Vasilieva, P. (2020). Study on effects of damping characteristics of base chassis suspension on operational safety of transport and handling machinery. *Transportation Research Procedia* 50 574-581. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.069.
9. Lobanova, Y., & Evtiukov, S. (2020). Role and methods of accident ability diagnosis in ensuring traffic safety. *Transportation Research Procedia* 50 363-372. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.043.
10. Taysayev, K., Terentyev, A., Evtukov, S., & Arifullin, I. (2020). Efficiency ratio assessment model for buses. *Transportation Research Procedia* 50 674-680. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.079.
11. Apatenco, A. S. Methods of recruiting of mobile repair services and maintenance of machines performing reclamation works / A. S. Apatenco, N. S. Sevryugina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference Interstroyem - 2019, ISM 2019, Kazan, 12-13 сентября 2019 года. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012037. DOI 10.1088/1757-899X/786/1/012037.
12. Maintenance and repair management taking into account specialization, cooperation and unification within a united bus company consisting of several branches / N. V. Pozhivilov, V. A. Maksimov, G. A. Krylov, A. A. Zavgorodniy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2019 International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control, DS ART 2019, Cholpon-Ata, 01 ноября 2019 года. BRISTOL: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012065. DOI 10.1088/1757-899X/832/1/012065.
13. The calculation program of the technical service enterprise of transport-technological machines in agriculture / M. Buraev, P. Ilyin, S. Ilyin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, IC12AE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. – Irkutsk: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012019. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012019.
14. Нгендакумана М., Ременцов А. Н. К вопросу оценки надежности автомобилей, выполняющих пассажирские перевозки в Бурунди // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2021. № 1(64). С. 91-99.
15. Лерман Е. Б. Современные проблемы оценки экономической эффективности управления городским транспортом в крупном мегаполисе / Е. Б. Лерман // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2020. № 6. С. 211-214. DOI 10.23672/x2436-2587-0343-р.
16. Карабашева М. Р. Методы системного анализа в исследовании транспортных систем / М. Р. Карабашева // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10. № 6. С. 15. EDN YXYTRB.
17. Жданов С.А. Экономические модели и методы в управлении / С.А. Жданов. М.: Издательство «Дело и Сервис», 1998. 176 с.
18. Бондаренко Е. В., Дрючин Д. А., Булатов С. В. Оценка целесообразности организации входного контроля качества запасных частей в условиях автотранспортного предприятия // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. № 2. С. 71-78. DOI 10.25198/2077-7175-2021-2-71.
19. Крючков Е. Ю. Разработка паспорта планово-предупредительной системы проведения ТО и ТР для автобусов YUTONG на примере ТОО «Автобусный парк №3» г. Караганды / Е. Ю. Крючков, С. Ж. Кабикенов, Т. С. Интыков // Труды университета. 2020. № 3(80). С. 97-101.
20. Шипов Н. В. Применение планово-предупредительного ремонта при эксплуатации линейных городских автобусов / Н. В. Шипов, В. А. Максимов, Н. В. Поживилов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. № 1. С. 77-83. DOI 10.15593/24111678/2021.01.10.
21. Тузов Н. С. Техническая подготовка производства технического обслуживания и ремонта автобусов - основа эффективности / Н. С. Тузов, Е. В. Попов // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2019. Т. 1. № 3. С. 216-220.

22. Бойко Н. Е. Повышение эффективности функционирования автотранспортного предприятия на базе системного подхода к управлению службой ремонта / Н. Е. Бойко, Е. А. Калинина // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2019. Т. 2. № 1. С. 49-59.

23. Шиловский В. Н. Методические основы обоснования мощностей объекта технического сервиса / В. Н. Шиловский, Г. Ю. Гольштейн // Resources and Technology. 2020. Т. 17. № 4. С. 95-106. DOI 10.15393/j2.art.2020.5462.

24. Клейнер Б. С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Организация и управление / Б.С. Клейнер, В.В. Тарасов. М.: Транспорт, 1986. 237 с.

25. Денисов А. С. Совершенствование сервиса автобусов в условиях мегаполисов / А. С. Денисов, Е. В. Феклин; Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.. Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2020. – 160 с. ISBN 978-5-7433-3378-3.

26. Пестриков С. А., Шумков А. Г. Методика оценки эффективности организации технического обслуживания и ремонта на примере транспортного подразделения филиала ОАО «МРСК Урала» - «Пермэнерго» // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2019. №1. С 233-244.

27. Халиуллин Ф. Х. Влияние технического состояния автотранспортных средств на периодичность их обслуживания / Ф. Х. Халиуллин, Р. А. Яковлев, А. В. Матяшин [и др.] // Инновации и инвестиции. 2021. № 7. С. 170-174. EDN PQCUNU.

REFERENCES

1. Boryaev, A., Malygin, I., & Marusin, A. (2020). Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport. Transportation Research Procedia 50 68-76. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.009.

2. Chernyaev, I., Oleshchenko, E., & Danilov, I. (2020). Methods for continuous monitoring of compliance of vehicles' technical condition with safety requirements during operation. Transportation Research Procedia 50 77-85. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.010.

3. Grayevskiy, I., Marusin, A., & Marusin, A. (2020). CDF simulation-based research of influence of mechanical defects in nozzles on environmental parameters of automotive diesel engines. Transportation Research Procedia 50 182-191. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.023.

4. Kapustin, A., Vorobiev, S., Gordienko, V., & Marusin, A. (2020). Method for improving the safety of diesel vehicles when operating on gas engine fuel (gas diesel engines). Transportation Research Procedia 50 226-233. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.028.

5. Malshakov, A., & Akzholov, A. (2020). Method to determine required amount of spare parts for air suspension in large-size buses. Transportation Research Procedia 50 414-421. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.049.

6. Rakov, V. (2020). Determination of optimal characteristics of braking energy recovery system in vehicles operating in urban conditions. Transportation Research Procedia 50 566-573. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.068.

7. Rakov, V., Kapustin, A., & Danilov, I. (2020). Study of braking energy recovery impact on cost-efficiency and environmental safety of vehicle. Transportation Research Procedia 50 559-565. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.067.

8. Repin, S., Bukirov, R., & Vasilieva, P. (2020). Study on effects of damping characteristics of base chassis suspension on operational safety of transport and handling machinery. Transportation Research Procedia 50 574-581. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.069.

9. Lobanova, Y., & Evtukov, S. (2020). Role and methods of accident ability diagnosis in ensuring traffic safety. Transportation Research Procedia 50 363-372. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.043.

10. Taysayev, K., Terentyev, A., Evtukov, S., & Arifullin, I. (2020). Efficiency ratio assessment model for buses. Transportation Research Procedia 50 674-680. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.079.

11. Apatenco, A. S. Methods of recruiting of mobile repair services and maintenance of machines performing reclamation works / A. S. Apatenco, N. S. Sevryugina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Scientific Conference Interstroyemeh - 2019, ISM 2019, Kazan, 12–13 сентября 2019 года. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012037. – DOI 10.1088/1757-899X/786/1/012037.

12. Maintenance and repair management taking into account specialization, cooperation and unification within a united bus company consisting of several branches / N. V. Pozhivilov, V. A. Maksimov, G. A. Krylov, A. A. Zavgorodniy // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2019 International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control, DS ART 2019, Cholpon-Ata, 01 ноября 2019 года. – BRISTOL: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012065. – DOI 10.1088/1757-899X/832/1/012065.

13. The calculation program of the technical service enterprise of transport-technological machines in agriculture / M. Buraev, P. Ilyin, S. Ilyin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019, Irkutsk, 27 мая – 01 2019 года. – Irkutsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012019. – DOI 10.1088/1757-899X/632/1/012019.

14. Ngendakumana M., Remencov A. N. K vo-prosu ocenki nadezhnosti avtomobilej, vypolnjajushhih passazhirskie perevozki v Burundi [On the issue of assessing the reliability of vehicles performing passenger transportation in Burundi]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (MADI)*. 2021; 1(64): 91-99. (In Russ.)

15. Lerman E. B. Sovremennye problemy ocenki jekonomicheskoy jeffektivnosti upravlenija gorodskim transportom v krupnom megapolise [Modern problems of assessing the economic efficiency of urban transport management in a large metropolis]. *Gumanitarnye, social'no-jekonomicheskie i obshhestvennye nauki*. 2020; 6: 211-214. DOI 10.23672/x2436-2587-0343-p. (In Russ.)
16. Karabasheva M. R. Metody sistemnogo analiza v issledovanii transportnyh sistem [Methods of system analysis in the study of transport systems / M. R. Karabasheva]. *Vestnik evrazijskoj nauki*. 2018; T. 10. № 6: 15. EDN YXYTRB. (In Russ.)
17. Zhdanov S. A. *Jekonomicheskie modeli i metody v upravlenii* [Economic models and methods in management]. Moscow, Izdatel'stvo «Delo i Servis», 1998. 176 p. (In Russ.)
18. Bondarenko E. V., Drjuchin D. A., Bulatov S. V. Ocenka celesoobraznosti organizacii vhodnogo kontrolja kachestva zapasnyh chastej v uslovijah avtotransportnogo predprijatija [Assessment of expediency of organization of input quality control of spare parts in the conditions of motor transport enterprise]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. 2021; 2: 71-78. DOI 10.25198/2077-7175-2021-2-71. (In Russ.)
19. Krjuchkov E. Ju., Kabikenov S. Zh., Intykov T. S. Razrabotka pasporta planovo-predupreditel'noj sistemy provedenija TO i TR dlja avtobusov YUTONG na primere TOO "Avtobusnyj park №3" g. Karagandy [Development of a passport of preventive maintenance and repair for buses YUTONG on the example of LLP "Bus Park 13" Karaganda]. *Trudy universiteta*. 2020; 3(80): 97-101. (In Russ.)
20. Shipov N. V., Maksimov V. A., Pozhivilov N. V. Primenenie planovo-predupreditel'nogo remonta pri ekspluatcii linejnyh gorodskih avtobusov [The use of preventive maintenance in the operation of linear city buses]. *Transport. Transportnye sooruzhenija. Jekologija*. 2021; 1: 77-83. DOI 10.15593/24111678/2021.01.10.
21. Tuzov N. S., Popov E. V. Tehnicheskaja podgotovka proizvodstva tehničeskogo obsluzhivanija i remonta avtobusov - osnova jeffektivnosti [Technical preparation of bus maintenance and repair - the basis of efficiency]. *Dal'nij Vostok: problemy razvitiya arhitekturno-stroitel'nogo kompleksa*. 2019; T. 1. № 3: 216-220. (In Russ.)
22. Bojko N. E., Kalinina E. A. Povyshenie jeffektivnosti funkcionirovaniya avtotransportnogo predprijatija na baze sistemnogo podhoda k upravleniju sluzhboj remonta [Improving the efficiency of a motor transport enterprise on the basis of a systematic approach to managing the repair service]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishheva*. 2019; T. 2. № 1: 49-59. (In Russ.)
23. Shilovskij V. N., Gol'shtejn G. Ju. Metodicheskie osnovy obosnovaniya moshhnostej ob'ekta tehničeskogo servisa [Methodological bases of justification of capacity of the object of technical service]. *Resources and Technology*. 2020; T. 17. № 4: 95-106. DOI 10.15393/j2.art.2020.5462. (In Russ.)
24. Klejner B. S., Tarasov V. V. Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej. Organizacija i upravlenie [Maintenance and repair of cars. Organization and management]. Moscow, Transport, 1986: 237. (In Russ.)
25. Denisov A. S., Feklin E. V. *Sovershenstvovanie servisa avtobusov v uslovijah megapolisov* [Improvement of bus service in megapolis conditions]. Saratovskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet imeni Gagarina Ju. A. Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet imeni Gagarina Ju. A., 2020: 160. ISBN 978-5-7433-3378-3. (In Russ.)
26. Pestrikov S. A., Shumkov A. G. Metodika ocenki jeffektivnosti organizacii tehničeskogo obsluzhivanija i remonta na primere transportnogo podrazdelenija filiala OAO "MRSK Urala" - "Permenergo" [Methodology for assessing the effectiveness of maintenance and repair organization on the example of the transport division of the branch of JSC "MRSK Urals" - "Permenergo"]. *Vestnik PNIPU. Social'no-jekonomicheskie nauki*. 2019;1: 233-244. (In Russ.)
27. Haliullin F. H., Jakovlev R. A., Matjashin A. V. Vlijanie tehničeskogo sostojanija avtotransportnyh sredstv na periodichnost' ih obsluzhivanija [Influence of technical condition of motor vehicles on the frequency of their maintenance]. *Innovacii i investicii*. 2021; 7: 170-174. EDN PQCUNU.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Денисов А. С. Формирование направления исследования, цели и задач, научной новизны, описание математической модели и методов, результатов исследований в части разработки системы централизованных специализированных производств по проведению ТОиР. (40%).

Феклин Е. В. Формирование направления исследования, цели и задач, научной новизны, описание математической модели и методов, результатов исследований в части исследования факторов, влияющих на коэффициент технической готовности в рамках разрабатываемой системы централизованных специализированных производств (35%).

Игнатов А. В. Описание математической модели и методов, результатов исследований в части статистической обработки первичной информации, полученной от пассажирских предприятий автомобильного транспорта Саратовской области (25%).

AUTHORS' CONTRIBUTION

Alexander S. Denisov. Formation of research area, goal and objectives, scientific novelty, description of mathematical model and methods, research results in terms of development of centralised specialised production system for maintenance and repair. (40%).

Evgeny V. Feklin. Formation of research area, goals and objectives, scientific novelty, description of mathematical model and methods, research results

in terms of research of factors affecting the technical availability factor within the developed system of centralised specialised production (35%).

Anton V. Ignatov. Description of mathematical model and methods, research results in the part of statistical processing of primary information received from passenger enterprises of motor transport of Saratov region (25%).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Денисов Александр Сергеевич – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей».

Феклин Евгений Викторович – канд. экон. наук, доц., доц. кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей».

Игнатов Антон Валерьевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander S. Denisov – Dr. of Sci., Professor, Transport Organisation, Traffic Safety and Vehicle Service Department.

Evgeny V. Feklin – Cand. of Sci., Associate Professor, Transport Organisation, Traffic Safety and Vehicle Service Department.

Anton V. Ignatov – Cand. of Sci., Associate Professor, Transport Organisation, Traffic Safety and Vehicle Service Department.