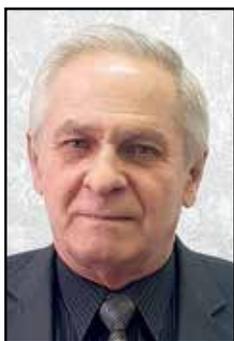




## Методология проектирования объектов дорожного сервиса автомобилей



Валерий МАСЛЕННИКОВ



Максим ЗАЙКА



Александр МАРКЕЛОВ

*Валерий Александрович Масленников<sup>1</sup>, Максим Валерьевич Заика<sup>2</sup>, Александр Владимирович Маркелов<sup>3</sup>*

<sup>1, 2</sup> Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Россия.

<sup>3</sup> Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия.

✉ <sup>3</sup> [aleksandr203.37@mail.ru](mailto:aleksandr203.37@mail.ru).

### АННОТАЦИЯ

В современных методиках технологического проектирования мощность объектов сервиса зависит от числа заездов на них автомобилей в единицу времени. При этом независимо от вида объекта сервиса число заездов так или иначе связывают с интенсивностью их движения на данной дороге, а также с одной из характеристик, определяющих скорость наступления данного события. Такой характеристикой, например, для СТО, является интенсивность отказов автомобилей, для АЗС – интенсивность расходования топлива, для гостиниц и стоянок – интенсивность наступления утомления водителей и пассажиров. Это позволяет сделать заключение о существенном сходстве процессов, в результате которых возникает событие, именуемое заездом. Таким образом, целью данного теоретического исследования являлась разработка единого для всех объектов дорожного сервиса подхода к определению числа таких событий, а также общей методологии их проектирования.

Характерной особенностью работы объектов сервиса является изменяющийся во времени поток требований на ра-

боту средств обслуживания, а также переменные трудоёмкость и продолжительность устранения неисправностей или предоставление других услуг сервиса. Системы, в которых переменными и случайными являются моменты поступления требований на обслуживание и продолжительность самих обслуживаний, называют системой массового обслуживания. Поэтому авторами для обоснования числа заездов автомобилей на объекты дорожного сервиса предложен вероятностный метод, основным инструментом которого являются положения и математический аппарат теории массового обслуживания.

Основным условием функционирования системы массового обслуживания является соотношение между входящим потоком требований и абсолютной пропускной способностью системы. Таким образом, математическая модель, предложенная авторами, рассматривает показатели эффективности средств обслуживания в зависимости с одной стороны от величины входящего потока требований и его вариации, а с другой – от пропускной способности и производительности средств обслуживания.

**Ключевые слова:** автомобильный транспорт, объекты дорожного сервиса, методика технологического проектирования, теория массового обслуживания.

**Для цитирования:** Масленников В. А., Заика М. В., Маркелов А. В. Методология проектирования объектов дорожного сервиса автомобилей // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 2 (105). С. 61–67. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-2-7>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.  
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что расположенные в европейской части Российской Федерации мощности таких объектов дорожного сервиса (ОДС) автомобилей, как станции технического обслуживания (СТО), автозаправочные станции (АЗС), транзитные гостиничные учреждения (ТГУ), к которым относятся мотели, кемпинги, площадки для отдыха (ПО) и стоянки (ПС), имеют среднегодовой уровень загрузки не более 30–40 % [1–3]. Это говорит о том, что проектная мощность указанных объектов не соответствует требуемой, то есть имеют место явные недостатки в методологии их проектирования [4–7].

Вместе с тем интенсивность, с которой появляются условия, вызывающие потребность заезда автомобилей на объекты сервиса, носит стохастический характер, следовательно, о количественной оценке такого события можно судить лишь с определённой вероятностью.

Таким образом, совершенствование методологии проектирования объектов дорожного сервиса автомобилей является задачей важной и актуальной.

*Целью* данного исследования является развитие концептуальных положений общей методологии технологического проектирования объектов дорожного сервиса автомобилей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать универсальную математическую модель для определения числа заездов автомобилей на объект дорожного сервиса;
- разработать экономико-математическую модель оптимизации главных параметров объектов дорожного сервиса;
- разработать схему-алгоритм реализации общей методологии технологического расчёта и проектирования объектов дорожного сервиса.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процессы функционирования таких сложных систем, как ОДС, лучше всего поддаются описанию с помощью вероятностного метода, из числа основных инструментов которого предлагается использовать положения и математический аппарат теории массового обслуживания (ТМО) [2; 8].

В ТМО рассматриваются системы массового обслуживания (СМО) с ожиданием

и отказами в обслуживании заявок [9]. Логический анализ показывает, что для описания процессов функционирования дорожных СТО и АЗС целесообразно использовать аналитический аппарат СМО с ожиданием, а для объектов типа ТГУ, ПО и ПС – с отказами в обслуживании заявок [10–14]. Основными элементами СМО с отказами являются входящий и выходящий потоки заявок, а для СМО с ожиданием – очередь заявок [10–14].

Исследования показывают, что поступление заявок в различные СМО отличается от простейшего пуассоновского потока [12; 13]. Однако при замене характеристик потоков, не относящихся к простейшим, на соответствующие им характеристики стационарного пуассоновского потока событий можно получить удовлетворительные по точности результаты при существенном упрощении аналитического аппарата. Кроме этого, можно получить технологический эффект, заключающийся в том, что СМО, рассчитанные на простейшие потоки, являющиеся наиболее напряжёнными, при появлении менее напряжённых потоков других структур работают более устойчиво [12; 14].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Универсальная математическая модель обоснования числа заездов автомобилей на ОДС

При наличии простейшего потока вероятность появления за время  $t$  точно  $K$  заездов автомобилей на ОДС определяется по закону Пуассона [9]:

$$P_k(t) = \sum_{k=0}^k \frac{a^k}{K!} \cdot e^{-a} \geq [P_H], \quad (1)$$

где  $a$  – параметр Пуассона, определяющий среднее значение числа заездов автомобилей на ОДС за время  $t$ , ед.;

$[P_H]$  – заданная вероятность, с которой определяется значение  $K$ .

В основе определения среднего числа заездов автомобилей на дорожную СТО лежит понятие отказа [12]. В теории надёжности под отказом понимают случайное событие, заключающееся в утрате автомобилем работоспособного состояния [15]. Это понятие относится к конструкции автомобиля, но может наступить и по другим причинам, например, из-за отсутствия топлива в баке, утомления водителя и т.д. Следовательно, для определения среднего числа заездов на любые ОДС

можно использовать математический аппарат, разработанный для оценки вероятности наступления отказов по техническим причинам. В этом случае количественное значение  $a$  можно определить по формулам [9; 12; 13; 16]:

$$a = p \cdot N = \frac{(1 - e^{-\omega t}) \cdot U_c \cdot \varphi \cdot \beta \cdot T}{T_c}, \quad (2)$$

где  $p$  – вероятность отказа одного автомобиля;  
 $N$  – число автомобилей, проезжающих в течение времени  $t$  в зоне обслуживания ОДС, ед.;

$\omega$  – интенсивность отказов, км<sup>-1</sup>;

$R$  – ширина зоны обслуживания, м;

$U_c$  – среднегодовая суточная интенсивность движения автомобилей на дороге в зоне обслуживания ОДС, авт./сут.;

$\varphi$  – корректирующий коэффициент, зависящий от вида ОДС;

$\beta$  – коэффициент, определяемый как отношение среднечасовой интенсивности движения в часы работы ОДС к среднечасовой суточной интенсивности движения;

$T$  – время работы ОДС в сутки, ч;

$T_c$  – продолжительность времени суток, ч.

Выражение (2) устанавливает зависимость среднего числа заездов автомобилей на ОДС от интенсивности наступления событий  $\omega$ , следствием наличия которых этот заезд является, протяжённости части дороги  $R$ , обслуживаемой данным объектом, и, одновременно, определяющей долю общего числа автомобилей, которые могут воспользоваться его услугами при заданной интенсивности движения, а также от времени работы объекта в течение суток. Причём величина отношения  $T/T_c$  определяет долю суточной интенсивности движения автомобилей, приходящуюся на время работы ОДС. Характеристики  $R$ ,  $U_c$ ,  $T$  и  $T_c$  являются общими для всех видов ОДС, а величины  $\omega$ ,  $\varphi$  и  $\beta$  – устанавливающими особенности функционирования различных объектов сервиса с точки зрения возникновения потребности заезда на них автомобилей.

Для определения числа заездов на дорожную СТО в российских строительных нормах<sup>1</sup>

<sup>1</sup> РСН 62–86. Методические указания по определению состава объектов автосервиса и их размещение на автомобильных дорогах общегосударственного и республиканского значения в РСФСР. – М.: ГипродорНИИ, 1987. – 68 с. [Электронный ресурс]: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854732.pdf?ysclid=ln0um811v804686776>. Доступ 26.02.2023.

в форме таблицы приведена зависимость числа сходов автомобилей с дороги от расстояния пробега. На её основе нами в работе [17] получена функциональная зависимость интенсивности отказов автомобилей от ширины зоны обслуживания данного объекта, имеющая вид:

$$\omega = c + \frac{b}{R}, \quad (3)$$

где  $c$  и  $b$  – коэффициенты аппроксимации:

$$c = 1,02305 \cdot 10^{-4} \text{ км}^{-1};$$

$$b = 4,92184 \cdot 10^{-4}.$$

Для дорожных АЗС интенсивность заездов автомобилей определяется темпом опорожнения топливных баков, зависящим от их вместимости и расхода топлива<sup>1</sup>:

$$\omega = \sum_{i=1}^n \frac{\psi_i \cdot q_i}{\varepsilon \cdot V_i}, \quad (4)$$

где  $n$  – число видов автомобилей, учитываемых в расчёте;

$\psi_i$  – доля автомобилей  $i$ -го вида в потоке транспорта: легковые  $\psi_1 = 0,7$ ; грузовые  $\psi_2 = 0,25$ ; автобусы  $\psi_3 = 0,05$ ;

$q_i$  – средний расход топлива автомобилями  $i$ -го вида: легковые  $q_1 = 0,1$  л/км; грузовые  $q_2 = 0,305$ ; автобусы  $q_3 = 0,41$ ;

$\varepsilon$  – средний коэффициент использования номинальной вместимости топливных баков автомобилей  $\varepsilon = 0,55$ ;

$V_i$  – средняя номинальная вместимость топливных баков автомобилей  $i$ -го вида: легковые  $V_1 = 51$  л; грузовые  $V_2 = 140$  л; автобусы  $V_3 = 146$  л<sup>1</sup>.

Для гостиниц, moteлей, кемпингов и площадок для стоянок и отдыха интенсивность заездов автомобилей определяется в зависимости от величины дневного пробега автомобилей, пользующихся их услугами<sup>1</sup>:

$$\omega = \frac{1}{l_T}, \quad (5)$$

где  $l_T$  – дневной пробег транзитных автомобилей,  $l_T = 400$ – $600$  км<sup>1</sup>.

Методика определения ширины зоны обслуживания  $R$  различных ОДС в формуле (2) подробно изложена в документе<sup>1</sup>.

Для дорожных СТО коэффициент  $\varphi$  в формуле (2) определяет долю общего числа автомобилей, получивших отказы, наличие которых требует обязательного заезда на этот объект. По данным МАДИ и РСН62–86 его величина составляет  $\varphi = 0,35$ – $0,45$  [11].

Для дорожных АЗС величина коэффициента  $\varphi = 1,0$ , поскольку все автомобили, у ко-



торых исчерпан запас топлива, требуют заправки [11].

При расчёте ТГУ следует учитывать, что дорожные гостиницы рассчитываются для автотуристов и водителей грузовых автомобилей, выполняющих дальние рейсы. Причем вместимость объектов ТГУ определяется исходя из полного зимнего потока транзитного транспорта, а для кемпингов принимают разность между летним «пиком» и зимним потоком транспорта<sup>1</sup>. При этом показателем, определяющим мощность ТГУ, является не число заездов, а количество захвативших клиентов. По указанным причинам значение коэффициента  $\varphi$  в формуле (2) определяется по выражениям:

а) для гостиниц и мотелей:

$$\varphi = \delta_{зп} \cdot \alpha \cdot \beta_{зп} \cdot (\psi_{л} \cdot \gamma_{л} \cdot m_{л} + \psi_{г} \cdot \gamma_{г} \cdot m_{г}), \quad (6)$$

где  $\delta_{зп}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность интенсивности движения автотранспорта в течение года, для зимнего периода:  $\delta_{зп} = 0,5^1$ ;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий среднегодовую долю транзитного транспорта в общем потоке автомобилей;

$\beta_{зп}$  – коэффициент, учитывающий снижение транзита в зимний период по отношению к его среднегодовому суточному значению,  $\beta_{зп} = 0,5^1$ ;

$\psi_{л}, \psi_{г}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно долю транзитных легковых и грузовых автомобилей междугородного движения в транспортном потоке;

$\gamma_{л}, \gamma_{г}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно долю пассажиров транзитных легковых и водителей грузовых автомобилей, пользующихся услугами гостиниц и мотелей,  $\gamma_{л} = 0,5, \gamma_{г} = 0,8^1$ ;

$m_{л}, m_{г}$  – средний коэффициент соответственно заполнения транзитных легковых автомобилей и количества водителей междугородного грузового движения на один автомобиль:  $m_{л} = 2,6, m_{г} = 1,5^1$ ;

б) для кемпингов:

$$\varphi = (\delta_{лп} \cdot \beta_{лп} - \delta_{зп} \cdot \beta_{зп}) \cdot \alpha \cdot (\psi_{л} \cdot \gamma_{л} \cdot m_{л} + \psi_{г} \cdot \gamma_{г} \cdot m_{г}), \quad (7)$$

где  $\delta_{лп}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность интенсивности движения автотранспорта в течение года, для летнего периода  $\delta_{лп} = 1,6^1$ ;

$\beta_{лп}$  – коэффициент, учитывающий увеличение транзита в летний период по отношению к его среднегодовому суточному значению  $\beta_{лп} = 1,6^1$ ;

в) расчёт площадок отдыха как самостоятельных объектов осуществляется исходя из среднесуточной годовой интенсивности движения только грузовых и легковых автомобилей по формуле:

$$\varphi = \alpha_{л} \cdot \psi_{л} \cdot \gamma_{л} + \alpha_{г} \cdot \psi_{г} \cdot \gamma_{г}, \quad (8)$$

где  $\alpha_{л}, \alpha_{г}$  – коэффициент, учитывающий среднегодовую долю транзитного транспорта в потоке соответственно легковых и грузовых автомобилей.

Время работы ОДС в течение суток определяется назначением объекта и особенностями его функционирования. Требования к режиму работы в действующих нормативах противоречивы.

Так, нормами технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта для дорожных СТО рекомендована круглогодичная работа (365 дней), в двухсменном режиме, с продолжительностью смены 8,2 ч<sup>2</sup>. В строительных нормах<sup>1</sup> данные объекты рассчитываются на работу в односменном режиме, 357 дней в году, с продолжительностью смены 10,5 ч.

Для АЗС и других ОДС рекомендуется круглогодичный, круглосуточный режим работы<sup>1</sup>.

Задавшись значением доверительной вероятности (надёжности)  $[PH]$  результата вычисления  $P_k(t)$  в формуле (1), получим для СТО, АЗС и ПО (ПС) значения суточного числа заездов автомобилей на данные объекты, а для ТГУ – суточного числа заездов клиентуры. Поскольку вычисленное по формуле (1) значение  $K$  отнесено к определённому времени, оно одновременно является и интенсивностью заездов автомобилей или клиентуры на данный объект в течение времени работы ОДС. В этом случае часовая интенсивность заездов  $\lambda$  (ед./ч) определится по выражению:

$$\lambda = \frac{K}{T}. \quad (9)$$

Для ОДС, работающих круглосуточно (АЗС, ТГУ, ПО, ПС):

$$T = T_c, \quad (10)$$

а для других объектов (СТО):

$$T = n_{см} \cdot T_{см}, \quad (11)$$

где  $n_{см}$  – число смен работы объекта в сутки;

<sup>2</sup> ОНТП-01-91/РОСАВТОТРАНС (РД 3107938-0176-91). Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. – М.: Гипроавтотранс, 1991. – 76 с. [Электронный ресурс]: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/b00/4294848591.pdf>. Доступ 26.11.2022

$T_{\text{СМ}}$  – продолжительность времени смены, ч.

Важнейшей характеристикой любых СМО является коэффициент их загрузки или, иначе, приведенная плотность потока заявок (заездов)  $\rho$ , которая определяется из соотношения [9; 10]:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (12)$$

где  $\mu$  – интенсивность обслуживания заявок, ед./ч.

Значение  $\mu$  определяется как величина, обратная среднему времени обслуживания одной заявки  $t_0(r)$  [9, 10], т.е.:

$$\mu = \frac{1}{t_0}. \quad (13)$$

По формуле (12) одновременно можно вычислить главную характеристику любого ОДС, определяющую его размеры или мощность:

$$n_{\Gamma} = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (14)$$

где  $n_{\Gamma}$  – главный параметр ОДС: для СТО – число рабочих постов; для АЗС – потребность в топливораздаточных колонках, для ТГУ – потребность в местах для размещения постов; для ПО (ПС) – число машино-мест.

При этом для СМО с ожиданием (СТО, АЗС), полученное расчётом по формуле (14) значение  $n_{\text{ОСН}}$  округляют в сторону уменьшения до ближайшего целого числа, а в системах с отказами (ТГУ, ПО, ПС) – в сторону увеличения.

### Экономико-математическая модель оптимизации главных параметров ОДС

Следующим этапом развития общей методологии технологического проектирования объектов дорожного сервиса является оптимизация управляющих параметров, переменных величин, определяющих направление и скорость изменения или эффективного функционирования таких систем.

Управляющие параметры  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\rho$ ,  $n_{\Gamma}$  позволяют определить все характеристики эффективности функционирования систем, которые идентифицируются как СМО с отказами в обслуживании заявок (ТГУ, ПС, ПО). В качестве таких характеристик для указанных ОДС используют:

$P_0$  – вероятность того, что все каналы обслуживания (койко-место, автомобиль-место) свободны;

$P_{\text{отк}}$  – вероятность отказа в обслуживании заявки;

$Q$  и  $A$  – относительная и абсолютная пропускная способность ОДС;

$n_{\text{зк}}$ ,  $n_{\text{ПК}}$  – среднее число занятых обслуживанием и простаивающих каналов обслуживания;

$t_{\text{СМО}}$  – среднее время пребывания заявки в системе ОДС [10].

Для СМО с ограниченной длиной очереди (СТО, АЗС) необходимо предварительно вычислить ещё один параметр системы – число мест в очереди. Способ его определения изложен нами в работе [17]. Кроме этого, необходимо вычислить среднюю длину очереди заявок  $r_{\text{оч}}$ , а также среднее время пребывания заявки в очереди  $t_{\text{оч}}$  [9; 10; 17]. В этом случае появляется возможность вычислить все характеристики эффективности функционирования АЗС и СТО.

В связи с вышеизложенным предлагается к использованию экономико-математическая модель как упрощённое отображение исследуемого процесса, с помощью которого можно оценить изменение его эффективности при возможных изменениях его входных параметров, и имеющая следующую структуру:

$$u_0 = S_{\text{уд}} \cdot \lambda \cdot P_{\text{отк}} + S_{\text{ЭК}} \cdot n_{\text{зк}} + S_{\text{ПК}} n_{\text{ПК}} + S_{\text{ПТ}} (r_{\text{оч}} + r_{\text{обс}}) \rightarrow \min, \quad (15)$$

где  $u_0$  – общие издержки от функционирования системы в составе ОДС, руб./ч;

$S_{\text{уд}}$  – упущенный доход ОДС из-за отказа в обслуживании заявки (автомобиля или клиентуры), руб./ед., руб./чел.;

$S_{\text{ЭК}}$  – затраты на эксплуатацию одного канала обслуживания: для СТО – одного рабочего поста; для АЗС – одной топливораздаточной колонки; для ТГУ – одного койко-места; для ПС и ПО – одного машино-места, руб./ед. ч;

$S_{\text{ПК}}$  – затраты от простоя одного канала обслуживания, руб./ед. ч;

$S_{\text{ПТ}}$  – потери, обусловленные простоем автомобиля, руб./авт. ч;

$r_{\text{обс}}$  – среднее число заявок, находящихся в обслуживании.

Практическая значимость предложенной экономико-математической модели в основном заключается в прогнозировании поведения эндогенных переменных при определённых допущениях относительно поведения экзогенных переменных и в возможности значительно уменьшить трудоёмкость расчётов. Критерием оптимизации управляемых





Рис. 1. Методика обоснования параметров ОДС [выполнено авторами].

параметров являются минимальные общие издержки системы, повышающие экономическую устойчивость функционирования ОДС [18; 19].

### Методика обоснования параметров ОДС

Использование предложенной общей методологии технологического расчёта и проектирования объектов дорожного сервиса предполагает реализацию ряда этапов (рис. 1).

На первом этапе предполагается получение значений характеристик внешних и внутренних факторов, определяющих условия функционирования ОДС. К внешним факторам относятся: среднегодовая суточная интенсивность движения на дороге в месте расположения объекта, структура потока транспорта и интенсивность его отказов, размер зоны обслуживания. К внутренним факторам относят: число дней работы в году, число смен, продолжительность времени смены, среднее время обслуживания заявки. Кроме этого, на первом этапе на основе изучения действующих нормативов определяются требования к расположению, размерам, структуре и безопасности ОДС.

Второй этап направлен на формирование банка данных по ОДС, необходимых для обеспечения его технологического расчёта и проектирования.

Третий этап предполагает развитие экономико-математической модели функционирования ОДС с определением количественных значений показателей, входящих в выражения (2) и (15).

Четвёртый этап реализуется на основе математических моделей (1), (2), (15) и предполагает поиск значения вероятности  $P_k(t)$ , которой соответствует минимум величины критерия эффективности  $u_0$ , а также соответствующего ему значения главного параметра ОДС.

На пятом этапе производится расчёт количественных значений характеристик эффективности ОДС как СМО, соответствующих оптимальному значению его главного параметра.

Шестой этап предполагает расчёт основных параметров ОДС: для дорожной СТО – геометрических размеров, определяющих площадь и строительный объём; для АЗС – размеров и площадей заправочной площадки, хранилища нефтепродуктов и здания операторской; для ТГУ – площади и строительный объём здания, размеров парковки автомобилей клиентов; для ПО и ПС – геометрических размеров и площадей.

Седьмой этап реализуется путём сравнения результатов полученных решений с действующими нормативами, требованиями и типовыми проектами.

## ВЫВОДЫ

В результате проделанного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Используемые в настоящее время методики проектирования объектов дорожного сервиса не достаточно эффективны и требуют совершенствования.

2. Факторы, определяющие условия функционирования ОДС, в вероятностно-статистическом смысле являются случайными, поэтому для их технологического проектирования целесообразно использовать методы теории вероятностей.

3. Процессы, в результате которых происходят заезды автомобилей на ОДС, имеют сходство, что позволяет использовать единую для всех объектов методологию расчётов.

4. Получили развитие математические модели для обоснования среднего числа заездов автомобилей на объекты сервиса и оптимизации их главных параметров.

5. Разработана методика обоснования параметров ОДС, определяющая общую последовательность процесса реализации методики расчёта любых объектов дорожного сервиса.

Безусловно, в ближайшей перспективе будет проведена работа по проверке адекватности полученной математической модели, в случае необходимости её доработке и созданию расчётной программы для ЭВМ.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шаров А. Ю. Дорожный сервис. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун.-т, 2018. – 170 с. ISBN 978-5-94984-654-4. [Электронный ресурс]: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/7850>. Доступ: 26.11.2022.

2. Тахтамышев Х. М. Основы технологического расчёта автотранспортных предприятий. – М.: Академия, 2011–352 с. ISBN 978-5-7695-7467-2.

3. Верёвкин Н. И., Новиков А. Н., Давыдов Н. А. и др. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей. – М.: «Академия», 2013. – 400 с. ISBN 978-5-7695-7172-5.

4. Serova, E., Somova, K. The Decision of Tasks of Estimation of the State Automotive-Road Service System. *Procedia Engineering*, 2016, Vol. 150, pp. 2062–2066. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.303.

5. Гудков В. А. Особенности функционирования предприятий придорожного автосервиса // Автотранспортное предприятие. – 2009. – № 10. – С. 24–27. [Элект-

ронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?ysclid=lnbswtic28626036737&id=12886141>. Доступ 24.01.2023.

6. Маврин В. Г., Хабибуллин Р. Г., Макарова И. В. Проектирование сети автосервисных предприятий методами имитационного моделирования // Автотранспортное предприятие. – 2008. – № 7. – С. 37–39. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12499338&ysclid=lnbszrlrv515760080>. Доступ 24.01.2023.

7. Никулина Н. Л., Аверина Л. М. Роль региональной транспортно-логистической инфраструктуры в формировании единого экономического пространства. // Мир транспорта. – 2021. – № 19 (3). – С. 34–44. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-3-4.

8. Jones, P., Cinderby, S. Innovative Approaches to Option Generation. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2009, Vol. 3, pp. 237–258. DOI: 10.18757/ejitr.2009.9.3.3309.

9. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: «Дрофа», 2004. – 208 с. ISBN 5-7107-7770-6.

10. Вагнер Г. Основы исследования операций. Том 3 / Пер. с англ. Б. Т. Вавилова. – М.: Издательство «Мир», 1973. – 505 с.

11. Напольский Г. М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с. ISBN 5-277-01256-7.

12. Масуев М. А. Проектирование предприятий автомобильного транспорта. – М.: «Академия», 2007. – 224 с. ISBN 978-5-7695-2871-2.

13. Безродный А. А., Резчиков А. Ф. Модели структур и алгоритмы управления автозаправочными станциями. – Саратов: СГТУ, 2004. – 249 с. ISBN 5-7433-1403-9.

14. Падня В. А. Применение теории массового обслуживания на транспорте (железнодорожном, автомобильном, водном и воздушном). – М.: Транспорт, 1968. – 208 с.

15. Острейковский В. А. Теория надёжности. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с. ISBN 978-5-06-005954-0.

16. Канен М. Г. Ф., Масленников В. А. Обоснование потребности населённых пунктов в линиях технического осмотра автотранспортных средств // Вестник МГСУ. – 2016. – № 1. – С. 161–169. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.1.161-169.

17. Масленников В. А., Павлов Д. А. Обоснование предельного числа мест в очереди при проектировании сложных технических объектов как систем массового обслуживания // Инженерные и социальные системы: сборник научных трудов ин-та архитектуры, строительства и транспорта ИВГПУ. – Иваново. – 2020. – № 5. – С. 70–74. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44049676>. Доступ 26.11.2022.

18. Глаголев С. Н., Головин С. И., Севрюгина Н. С. Теория оценки экономической устойчивости предприятий сервиса автомобильного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 4 (35). – С. 42–45. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17280349>. Доступ 26.11.2022.

19. Савосина М. И. Оценка эффективности устойчивого развития транспорта // Мир транспорта. – 2020. – № 18 (2). – С. 50–66. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-50-66. ●

### Информация об авторах:

**Масленников Валерий Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта и автомобильных дорог Ивановского государственного политехнического университета, Иваново, Россия, [maslennikov.v37@mail.ru](mailto:maslennikov.v37@mail.ru).

**Заика Максим Валерьевич** – ассистент кафедры транспорта и автомобильных дорог Ивановского государственного политехнического университета, Иваново, Россия, [taximilian-sam@mail.ru](mailto:taximilian-sam@mail.ru).

**Маркелов Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта Ярославского государственного технического университета, Ярославль, Россия, [aleksandr203.37@mail.ru](mailto:aleksandr203.37@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 30.12.2022, одобрена после рецензирования 21.03.2023, принята к публикации 29.03.2023.

