

БЕРЕЖЛИВОЕ МЫШЛЕНИЕ И СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ОЦЕНКЕ ПОТЕРЬ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ПАРКА

В. М. Курганов

Тверской государственный университет, Тверь, Россия
e-mail: glavreds@gmail.com

В. И. Рассоха

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: cabin2012@yandex.ru

М. В. Грязнов

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия
e-mail: gm-autolab@mail.ru

А. Н. Дорофеев

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия
e-mail: andorofeev@fa.ru

Аннотация. При сменно-суточном планировании в автотранспортном предприятии главной задачей является максимальное использование провозной способности автопарка, оцениваемой количеством груза, которое может быть перевезено за смену (сутки) при отсутствии всех видов непроизводительных потерь. Решение этой задачи может быть найдено в рамках концепции бережливого мышления, в центр которой ставятся выявление и устранение непроизводительных потерь. Для выявления факторов, обусловивших возникновение потерь, используется каузальное исследование, примером которого, наряду с другими, является ситуационный подход. Проблемная ситуация представляет собой причинно-следственный комплекс факторов, устранение которых обеспечивает повышение эффективности перевозок грузов. Ситуационная модель содержит количественную оценку цели устранения проблемной ситуации, технико-эксплуатационные показатели, характеризующие отдельные виды потерь и рекомендуемые мероприятия по их устранению. Цель проведенного исследования состоит в разработке инструментария оценки потерь провозной способности автомобильного парка, основанного на ситуационном моделировании в реализации принципов бережливого мышления применительно к перевозке металлургических грузов. В исследовании использованы методы ситуационного анализа, математического моделирования, анализа технико-эксплуатационных показателей транспортного процесса. Для изучения состояния вопроса проведен анализ научной литературы. Основными результатами, имеющими научную новизну, являются: ситуационная модель потерь провозной способности автомобильного парка, коэффициенты потерь провозной способности автопарка при перевозках металлургических грузов. Расчёт коэффициентов потерь провозной способности автопарка необходимо производить с использованием возможностей интеллектуальных систем навигационного контроля. Дальнейшие исследования предполагается вести в направлении развития конкретных приложений концепции бережливого мышления и ситуационного подхода к повышению эффективности перевозок грузов, а также направлении развития цифровых систем управления автомобильными перевозками.

Ключевые слова: грузовые автомобильные перевозки, бережливое мышление, ситуационный подход, провозная способность автопарка, металлургический груз.

Для цитирования: Курганов В. М., Рассоха В. И., Грязнов М. В., Дорофеев А. Н. Бережливое мышление и ситуационное управление в оценке потерь провозной способности автомобильного парка // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 2. – С. 56–65. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-2-56>.

Original article

LEAN THINKING AND SITUATIONAL MANAGEMENT IN ASSESSING THE LOSS OF CARRYING CAPACITY OF A VEHICLE FLEET

V. M. Kurganov

Tver State University, Tver, Russia
e-mail: glavreds@gmail.com

V. I. Rassokha

Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: cabin2012@yandex.ru

M. V. Gryaznov

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia
e-mail: gm-autolab@mail.ru

A. N. Dorofeev

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia
e-mail: andorofeev@fa.ru

Abstract. When planning daily shifts in a motor transport enterprise, the main task is to maximize the use of the vehicle fleet's carrying capacity, estimated by the amount of cargo that can be transported per shift (day) in the absence of all types of unproductive losses. The solution to this problem can be found within the framework of the concept of lean thinking, the center of which is the identification and elimination of unproductive losses. To identify the factors that caused losses, causal research is used, an example of which, along with others, is the situational approach. The problematic situation is a cause-and-effect complex of factors, the elimination of which ensures an increase in the efficiency of cargo transportation. The situation model contains a quantitative assessment of the goal of eliminating the problem situation, technical and operational indicators characterizing certain types of losses and recommended measures to eliminate them. The purpose of the study is to develop tools for assessing losses in the carrying capacity of a vehicle fleet, based on situational modeling in the implementation of the principles of lean thinking in relation to the transportation of metallurgical cargo. The study used methods of situational analysis, mathematical modeling, and analysis of technical and operational indicators of the transport process. To study the state of the issue, an analysis of scientific literature was carried out. The main results of scientific novelty are: a situational model of vehicle fleet capacity losses; coefficients of loss of vehicle fleet carrying capacity when transporting metallurgical cargo. Calculation of vehicle fleet capacity loss coefficients must be made using the capabilities of intelligent navigation control systems.

Further research is expected to be conducted in the direction of developing specific applications of the concept of lean thinking and situational approach to increasing the efficiency of cargo transportation, as well as in the direction of developing digital systems for managing road transport.

Key words: truck transportation, lean thinking, situational approach, fleet carrying capacity, metallurgical cargoes.

Cite as: Kurganov, V. M., Rassokha, V. I., Gryaznov, M. V., Dorofeev, A. N. (2024) [Lean thinking and situational management in assessing the loss of carrying capacity of a vehicle fleet]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 2, pp. 56–65. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-2-56>.

Введение

Основная тяжесть оперативно-плановой работы в автотранспортном предприятии сосредоточена на сменно-суточном планировании перевозок. Главная задача состоит в максимальном использовании имеющейся провозной способности автопарка. Она оценивается количеством груза, которое может быть перевезено за смену (сутки) при отсутствии всех видов непроизводительных потерь.

Подход к организации деятельности, исключающий возникновение потерь, получил название бережливого мышления (lean thinking). Первоначально он развивался в автомобилестроении, а впоследствии распространился на другие виды деятельности, в том числе на некоммерческие, такие, например, как государственное управление [12], образование [11] и здравоохранение [3]. О внимании к этому подходу в России можно судить по тому, что в настоящее вре-

мя выпущено уже второе поколение семейства государственных стандартов по бережливому производству. Есть основания рассчитывать на результативность бережливого мышления в транспортной деятельности¹ [13; 15–17], в том числе для повышения использования провозной способности автопарка².

Ситуационная модель потерь провозной способности автомобильного парка

Устранение потерь при осуществлении перевозок требует проведения каузального исследования – выявления причинно-следственных связей факторов, приводящих к неполному использованию имеющейся провозной способности автопарка. Кроме популярной диаграммы Исикавы [4], для этой цели специалистами также рекомендуется более сложная модель системной динамики, предложенная Форрестером [10], которая была адаптирована применительно к анализу транспортной деятельности во Франции (Университет Перпиньян) и в России (Финансовый университет при Правительстве РФ) [14; 2].

Еще одним примером построения каузальных графических моделей является ситуационное управление, когда управленческое решение разрабатывается применительно к конкретной проблемной ситуации [5; 8]. Чтобы решить проблемную ситуацию, надо её расчленить на элементы, состоящие между собой в причинно-следственных связях. Следующий этап – реализация мероприятий по устранению факторов, приводящих к снижению эффективности перевозок. Количественную оценку ситуации дает показатель транспортной деятельности, который требуется улучшить и который дает оценку потерь провозной способности автопарка.

Основой предлагаемой ситуационной модели потерь провозной способности автомобильного парка при перевозке грузов металлургического производства является иерархическая схема причинно-следственных связей технико-эксплуатационных показателей, характеризующих потери провозной способности

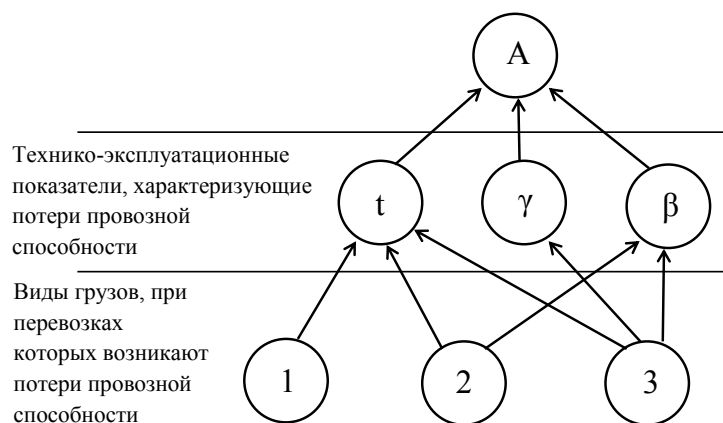


Рисунок 1. Иерархическая схема причинно-следственных связей потерь провозной способности при перевозке грузов металлургического производства: A – численность автомобилей, используемых на перевозках (целевая функция); t – простои автомобилей в течение смены; γ – коэффициент использования грузоподъемности; β – коэффициент использования пробега; 1 – навалочные и наливные производственные отходы; 2 – металлургические шлаки; 3 – тарно-штучные грузы

Источник: разработано Кургановым В. М.

Эффективность мероприятий по устранению потерь провозной способности может оцениваться различными технико-эксплуатационными и экономиче-

скими показателями. Расчет конечных показателей, таких, как себестоимость перевозок, доходы, прибыль, рентабельность, требует разработки специаль-

¹ ГОСТ Р 56020-2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2020. – 15 с.

² Intrieri C. 5 Ways to Optimize Your Logistics & Transportation with Lean. January 20th, 2017. – <https://blog.arkieva.com/using-lean-in-logistics-and-transportation-management> (accessed 16.12.2023).

ных методик и не всегда удобен для использования в оперативном режиме. Количественную оценку потерь провозной способности автопарка удобно производить на основе безразмерных коэффициентов. Идея расчёта коэффициентов потерь провозной способности автопарка с использованием возможностей интеллектуальных систем навигационного контроля [1; 7; 9] была предложена в работе [6]. Ниже приведено обоснование целесообразности такого подхода на основе предложенной ситуационной модели (рисунок 1). Эффективностью реализуемых мероприятий является сокращение количества используемых автомобилей для выполнения принятых заказов на перевозки.

Оценка потерь провозной способности из-за простоев автомобилей

Одним из источников потерь при перевозке грузов являются простои транспортных средств. Они, как правило, имеют место при перевозке всех основных видов металлургических грузов:

- навалочные и наливные производственные отходы (металлургические шламы);
- металлургические шлаки;
- тарно-штучные грузы.

При транспортном обслуживании металлургического производства некоторые из простоев автомобилей вызваны организационно технологическими причинами, в том числе:

- операции по погрузке и выгрузке груза;
- досмотр на контрольно-пропускных пунктах на границе территории предприятия;
- оформление провозных документов на грузы.

Простои по этим причинам регламентируются и учитываются при определении провозной способности автопарка.

Кроме них, при перевозке основных видов металлургических грузов имеются нерациональные затраты времени по другим причинам, которые приводят к потерям в использовании провозной способности:

- внеплановые перерывы в работе персонала и технологического оборудования;
- очередь автомобилей на погрузку или разгрузку;
- недостаточная производительность погрузочно-разгрузочного оборудования, не отвечающая грузоподъемности автомобилей и их численности;
- нерациональная организация погрузочно-разгрузочных работ (например, тупиковая схема постановки автомобиля под погрузку или разгрузку с необходимостью движения задним ходом на значительное расстояние вместо сквозной или кольцевой схемы заезда и др.).

Основными мероприятиями для устранения нерегламентированных простоев являются установление приоритетов в выполнении погрузочно-разгрузочных работ и составление часовых графиков прибытия автомобилей в пункты погрузки и разгрузки.

Неполное использование рабочего времени приводит к тому, что фактическая суточная (сменная) производительность автомобилей будет ниже, чем их суммарная провозная способность. Разница этих двух величин и характеризует потери провозной способности из-за нерегламентированных простоев транспортных средств при перевозке металлургических грузов.

Устранение нерегламентированных простоев приведёт к повышению фактической сменной (суточной) производительности, если за счет возникающей при этом экономии времени автомобиль сможет выполнить дополнительные ездки с грузом. Чем большее количество работающих автомобилей смогут увеличить количество оборотов за смену, тем заметнее повысится производительность автопарка. Общие потери времени автомобилями из-за простоев и нерациональной схемы взаимодействия с пунктами погрузки и разгрузки при работе на маршрутах в течение смены могут быть определены по формуле

$$T_i = \sum_{i=1}^{n_{об}} \sum_{j=1}^{A_i} t_{ij}, \quad (1)$$

где

t_{ij} – длительность простоев и других нерациональных затрат времени j -ым автомобилем при работе на i -ом маршруте, ч.;

$n_{об}$ – количество оборотов j -го автомобиля на i -ом маршруте, оборотов;

A_i – количество используемых автомобилей (рабочий парк), ед.

При расчете эффекта от устранения потерь провозной способности автопарка необходимо учитывать дискретный характер транспортного процесса и его цикличность. Производительность автомобиля возрастает только в том случае, если устранение потерь сде-

лает возможным выполнение ещё одной или нескольких ездки и перевозку дополнительного количества груза. Возможное увеличение количества оборотов одного автомобиля на i -ом маршруте рассчитывается по формуле

$$\Delta n_{об.} = \frac{T_{ti}}{t_{об.i}}, \quad (2)$$

где

T_{ti} – потери времени автомобилем из-за простоев и нерациональной схемы взаимодействия с пунктами погрузки и разгрузки в течение смены на i -ом маршруте, ч.;

$t_{об.i}$ – время оборота автомобиля на i -ом маршруте, включающее в себя затраты времени на технологически обоснованные элементы транспортного процесса: движение по маршруту, досмотр на контрольно-пропускных пунктах, операции погрузки груза и разгрузки автомобиля, оформление сопроводительной документации и др., ч.

Коэффициент потерь провозной способности на i -ом маршруте из-за простоев автомобиля и нерациональной схемы взаимодействия с пунктами погрузки и разгрузки можно рассчитать по формуле

$$L_{np.i} = \frac{\Delta n_{об.i}}{n_{об.i} + \Delta n_{об.i}}, \quad (3)$$

где

$n_{об.i}$ – фактическое количество оборотов автомобиля в течение смены на i -ом маршруте, оборотов.

Сокращение количества используемых автомобилей на i -ом маршруте при максимальном использовании провозной способности определится по формуле

$$\Delta A_{ui} = A_{ui} \cdot L_{np.i}. \quad (4)$$

Оценка потерь провозной способности из-за неполного использования грузоподъемности транспортных средств

Провозная способность автопарка рассчитывается при полном использовании его грузоподъемности, кроме тех случаев, когда это невозможно по объективным техническим причинам, например, при перевозке жидких металлургических шламов. Конструктивные особенности специализированного подвижного состава в этом случае таковы, что высота переднего края автоцистерны-шамовоза выше заднего, что уменьшает количество перевозимого груза.

Неполное использование грузоподъемности универсальных автомобилей обусловлено несоответствием их технических характеристик весогабаритным параметрам тарно-штучных грузов и оценивается коэффициентом статического использования грузоподъемности γ . Полное использование грузоподъемности транспортных средств соответствует, в идеале, значению коэффициента статического использования грузоподъемности, равному единице. При этом условии коэффициент потерь провозной способности из-за неполной загрузки транспортных средств можно рассчитать по формуле

$$L_{\gamma} = \sum_{i=1}^{n_{об.}} \sum_{j=1}^{A_{ti}} (1 - \gamma_{ij}), \quad (5)$$

где

γ_{ij} – коэффициент использования грузоподъемности при перевозке грузов j -ым автомобилем при работе на i -ом маршруте.

Сокращение количества используемых автомобилей на i -ом маршруте при максимальном использовании провозной способности определится по формуле

$$\Delta A_{ui} = A_{ui} \cdot L_{\gamma i}. \quad (6)$$

Наиболее эффективным мероприятием по повышению использования грузоподъемности автомобилей является подбор автомобиля в соответствии

с партией груза, указанной в заявке, а также полная загрузка автомобилей в пунктах отправления грузов.

Оценка потерь провозной способности из-за неполного использования пробега транспортных средств

При планировании перевозок на территории металлургического предприятия необходимо учитывать возможность выполнения нескольких заявок одним транспортным средством в течение рабочей смены. Вместо нескольких маятниковых маршрутов предпочтительнее формировать один кольцевой маршрут, увязывая в езду автомобиля несколько заявок. Частными случаями кольцевых маршрутов являются сборные, развозочные и сборно-развозочные. В некоторых случаях при рассмотрении заявок могут выявляться возможности организации маятниковых маршрутов с обратным груженым пробегом.

Кольцевые маршруты могут быть реализованы только на перевозках тарно-штучных грузов и металлургических шлаков в отвал, так как жидкие шламы могут перевозиться только по маятниковым маршрутам до мест захоронения или утилизации. Твердые шлаки перевозятся между усреднительными складами и до перерабатывающих заводов в пределах территории металлургического предприятия. Обратная загрузка самосвала невозможна. Также недопустима организация сборно-развозочных маршрутов. Увеличение коэффициента использования пробега при перевозке шлаков возможна только в случае кольцевого маршрута с двумя гружеными ездами. Тарно-штучные грузы автомобилями с универсальным кузовом допускают перевозку от складов к производственным и вспомогательным цехам и между цехами по всем видам маршрутов.

Более сложной для анализа изменения провозной способности в зависимости от использования пробега является перевозка металлургических шлаков от доменных эстакад в отвал, так как при перевозке тарно-штучных грузов по сборным, развозочным и сборно-развозочным маршрутам порожние пробеги между точками маршрута отсутствуют.

Коэффициент использования пробега увеличивается, если после объединения двух или более маятниковых маршрутов в один кольцевой маршрут суммарный порожний пробег уменьшится. При оценке конечного эффекта необходимо учитывать дискретность транспортного процесса. Влияние коэффициента использования пробега на рост производительности при замене маятниковых маршрутов кольцевыми проявляется опосредованно через уменьшение времени, необходимого для выполнения перевозок.

За счёт сокращения пробега автомобилей при организации их работы по кольцевым маршрутам вывоз шлаков в отвал будет выполнен за более короткое время. Экономия времени при уменьшении порожних пробегов позволит выполнить дополнительные рейсы и достичь более полного использования провозной способности автопарка. Двухэтапный путь получения эффекта от увеличения коэффициента использования пробега отражен в предложенных математических моделях.

Сокращение порожнего пробега при замене маятниковых маршрутов кольцевым, объединяющим несколько эстакад отгрузки шлаков и отвалов для их приема, рассчитается по формуле

$$\Delta l_x = \sum_{m=1}^M l_{xm} + \sum_{k=1}^K l_{xk}, \quad (7)$$

где

l_{xm} – порожний пробег на m -ом маятниковом маршруте, рассматриваемом для замены кольцевым маршрутом, км;

M – количество заменяемых маятниковых маршрутов;

l_{xk} – порожний пробег на звеньях кольцевого маршрута, заменяющего M маятниковых маршрутов, км;

K – количество звеньев кольцевого маршрута, рассматриваемого для замены M маятниковых маршрутов.

Экономия времени за счёт замены нескольких маятниковых маршрутов одним кольцевым для повыше-

ния коэффициента использования пробега β определяется по формуле

$$\Delta t_{x\beta} = \frac{\Delta l_x}{V_t}, \quad (8)$$

где

V_t – среднетехническая скорость движения, км/ч.

Оптимизация маршрутов может достигаться не только за счёт сокращения порожних пробегов, но

также при движении автомобилей с грузом по кратчайшим расстояниям. В этом случае расчет экономии

пробегов и сокращения времени выполнения задания на перевозку грузов проводится по формулам, аналогичным (7) и (8).

Определение возможности выполнения дополнительных рейсов автомобилями при сокращении времени за счёт оптимизации маршрутов и увеличения коэффициента использования пробега выполняется расчётом по формуле, аналогичной формуле (2). Расчёт коэффициента потерь провозной способности и расчёт количества сокращаемых автомобилей проводится по формулам, аналогичным формулам (3) и (4).

Конечный результат состоит в повышении производительности используемых автомобилей и уменьшении необходимого количества транспортных средств.

Заключение

По итогам проведенного исследования был разработан инструментальный метод оценки потерь провозной способности автомобильного парка, основанный на ситуационном моделировании в реализации принципов бережливого мышления применительно к перевозке металлургических грузов. Предлагаемая ситуационная модель потерь провозной способности

автомобильного парка при перевозке грузов металлургического производства основывается на иерархической схеме причинно-следственных связей технико-эксплуатационных показателей (простой автомобилей в течение смены, коэффициент использования грузоподъемности, коэффициент использования пробега), характеризующих потери провозной способности, с видами перевозимых грузов (навалочные и наливные производственные отходы, тарно-штучные грузы).

Количественную оценку потерь провозной способности автопарка предлагается производить на основе безразмерных коэффициентов, получаемых:

- соотношением возможного увеличения количества оборотов одного автомобиля на маршруте к максимально возможному в рассматриваемых условиях числу оборотов, которое бы выполнил автомобиль при отсутствии простоев, не вызванных технологией металлургического производства;
- суммированием по автомобильному парку неиспользованной грузоподъемности за период, определяемый сменно-суточным планированием;
- суммированием величины сокращения порожних пробегов, при организации перевозок по кольцевым маршрутам.

Литература

1. Власов В. М., Кудрявцев А. А., Воронов П. О. Разработка критерия качества работы навигационных диспетчерских систем управления перевозками на городском пассажирском транспорте // *Новости навигации*. – 2021. – № 2. – С. 52–58.
2. Дорофеев А. Н., Курганов В. М. Динамическая модель функционирования автотранспортного предприятия // *Мир транспорта и технологических машин*. – 2022. – № 3–4 (78). – С. 132–138. – [http://doi.org/10.33979/2073-7432-2022-4\(78\)-3-132-138](http://doi.org/10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-132-138) – EDN: GMMJZS.
3. Ивашинников А. В., Шуплецова В. А. Бережливое производство в здравоохранении: монография. – Тюмень: РИЦ «Айвекс», 2019. – 179 с.
4. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988. – 199 с.
5. Курганов В. М. Ситуационное управление автомобильными перевозками: монография. – М.: МАДИ (ГТУ), Техполиграфцентр, 2003. – 196 с. – EDN: QQBWJZ.
6. Мукаев В. Н. Методика повышения производительности автомобилей при транспортном обслуживании металлургического предприятия // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. – 2023. – № 4. – С. 58–71. – <http://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-58> (In Eng.).
7. Проблемы внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах/ А. Н. Новиков [и др.] // *Мир транспорта и технологических машин*. – 2021. – № 1 (72). – С. 47–55. – <https://doi.org/10.33979/2073-7432-2021-72-1-47-54> – EDN: LJEINH.
8. Рассоха В. И. Ситуационное управление автотранспортными системами. Схема и сценарии управления городским пассажирским транспортом // *Вестник Оренбургского государственного университета*. – 2010. – № 4 (110). – С. 142–146. – EDN: MLZQRX.
9. Филиппова Н. А., Власов В. М., Беляев В. М. Навигационный контроль доставки грузов в условиях севера России // *Мир транспорта*. – 2019. – Т. 17. – № 4 (83). – С. 218–231. – <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-4-218-231> – EDN: HWBAGR.
10. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика). – М.: Прогресс, 1970. – 340 с.
11. Чернов А. Г. Разработка методики применения принципов и инструментов бережливого производства

в сфере образования // Бережливая школа. Сборник материалов научно-практической конференции «Бережливые технологии в образовании: теория и практика». – Нижний Новгород: НП ПЦ «Логос», 2021. – С. 12–19.

12. Шибанова А. А. «Бережливое мышление» в организациях бюджетной сферы // Индустриальная экономика. 2020. № 4. – С. 30–34. – https://doi.org/10.47576/2712-7559_2020_4_30 (In Eng.).

13. Garza-Reyes J. A. et al. (2017) Improving Road Transport Operations using Lean Thinking. *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, 27–30 June 2017, Modena, Italy. Procedia Manufacturing*, Vol. 11, No. 2, pp. 1900–1907. – <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.332> (In Eng.).

14. Hamoudi K., Bellaouar A., Petiot R. (2021) A Model of System Dynamics for physical flow analysis in distribution supply chain. *Transport and Telecommunication*, Vol. 22, No. 1, pp. 98–108. – <https://doi.org/10.2478/tjt-2021-0008> (In Eng.).

15. Martichenko R., Taylor L. M. Lean Transportation – Fact or Fiction? (2006) FedEx Services, LeanCor, LLC. – 7 p. (In Eng.).

16. Villarreal B. et al. (2016) Improving Road Transport Operations through Lean Thinking: A Case Study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 20, Is. 2, pp. 163–180. (In Eng.).

17. Villarreal B., Garza-Reyes J. A., Kumar V. (2016) Lean road transportation – A systematic method for the improvement of road transport operations. *Production Planning & Control*, Vol. 27, No. 11, pp. 865–877. – <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1152405> (In Eng.).

References

1. Vlasov, V. M., Kudryavtsev, A. A., Voronov, P. O. (2021) [Development of a criterion for the quality of operation of navigation dispatch control systems for transportation control in urban passenger transport]. *Novosti navigatsii* [Navigation News]. Vol. 2, pp. 52–58. (In Russ.).

2. Dorofeev, A. N., Kurganov, V. M. (2022) [Dynamic model of the functioning of a motor transport enterprise]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 3–4, pp. 132–138. – [http://doi.org/10.33979/2073-7432-2022-4\(78\)-3-132-138](http://doi.org/10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-132-138) (In Russ.).

3. Ivashinnikov, A. V., Nyamtsu, A. M., Shupletsova, V. A. (2019) *Berezhlivoye proizvodstvo v zdravookhraneni* [Lean production in healthcare]. Tyumen: RIC «Ivex». 80 p.

4. Ishikawa, K. (1988) *Yaponskiye metody upravleniya kachestvom* [Japanese methods of quality management]. Moscow: Publishing House «Economy». 199 p.

5. Kurganov, V. M. (2003) *Situatsionnoye upravleniye avtomobil'nyimi perevozkami* [Situational management of automobile transportation]. Moscow: Publishing house «MADI (GTU) Techpoligraphcenter, 197 p.

6. Mukaev, V. N. (2023) [Methodology for increasing the productivity of cars during transport maintenance of a metallurgical enterprise]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 4, pp. 58–71. – <http://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-58> (In Russ.).

7. Novikov, A. N. et al. (2021) [Problems of introducing intelligent transport systems in the regions]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 1 (72), pp. 47–55. (In Russ.).

8. Rassokha, V. I. (2010) [Situational management of motor transport systems. Scheme and scenarios for managing urban passenger transport]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. [Bulletin of the Orenburg State University]. Vol. 4, pp. 142–146. – EDN: MLZQRX. (In Russ.).

9. Filippova, N. A., Vlasov, V. M., Belyaev, V. M. (2019) [Navigational control of cargo delivery in the conditions of the north of Russia]. *Mir transporta* [World of transport]. Vol. 17. No. 4 (83), pp. 218–231. – <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-4-218-231> (In Russ.).

10. Forrester, J. (1970) *Osnovy kibernetiki predpriyatiya (Industrial'naya dinamika)* [Fundamentals of enterprise cybernetics (Industrial dynamics)]. Moscow: Progress Publishing House. 340 p.

11. Chernov, A. G. (2021) [Development of methods for applying the principles and tools of lean production in the field of education]. *Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii «Berezhlivyye tekhnologii v obrazovanii: teoriya i praktika»* [Collection of materials of the scientific and practical conference «Lean technologies in education: theory and practice»]. Nizhny Novgorod: NP PC «Logos». pp. 12–19. (In Russ.).

12. Shibanova, A. A. (2020) [«Lean thinking» in public sector organizations]. *Industrial'naya ekonomika*. [Industrial Economics]. Vol. 4, pp. 30–34. – https://doi.org/10.47576/2712-7559_2020_4_30 (In Russ.).

13. Garza-Reyes, J. A. et al. (2017) Improving Road Transport Operations using Lean Thinking. *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, 27–30 June 2017, Modena, Italy*.

Procedia Manufacturing, Vol. 11. No. 2, pp. 1900–1907. – <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.332> (In Eng.).

14. Hamoudi, K., Bellaouar, A., Petiot, R. (2021) A Model of System Dynamics for physical flow analysis in distribution supply chain. *Transport and Telecommunication*, Vol. 22, No. 1, pp. 98–108. – <https://doi.org/10.2478/tjt-2021-0008> (In Eng.).

15. Martichenko, R., Taylor, L. (2006) M. Lean Transportation – Fact or Fiction? *FedEx Services, LeanCor, LLC*, 7 p. (In Eng.).

16. Villarreal, B. et al. (2016) Improving Road Transport Operations through Lean Thinking: A Case Study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 20, Is. 2, pp. 163–180. (In Eng.).

17. Villarreal, B., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V. (2016) Lean road transportation – A systematic method for the improvement of road transport operations. *Production Planning & Control*, Vol. 27, No. 11. pp. 865–877. – <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1152405> (In Eng.).

Информация об авторах:

Валерий Максимович Курганов, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры экономики предприятия и менеджмента, Тверской государственный университет, Тверь, Россия

ORCID ID: 0000-0001-8494-2852

e-mail: glavreds@gmail.com

Владимир Иванович Рассоха, доктор технических наук, доцент, декан транспортного факультета, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0002-7836-2242, **Researcher ID:** M-3242-2017, **Scopus Author ID:** 57193742928

e-mail: cabin2012@yandex.ru

Михаил Владимирович Грязнов, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры логистики и управления транспортными системами, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия

ORCID ID: 0000-0003-3142-1089

e-mail: gm-autolab@mail.ru

Алексей Николаевич Дорофеев, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры финансовых технологий, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

ORCID ID: 0000-0002-0689-8881

e-mail: andorofeev@fa.ru

Вклад соавторов:

Курганов В. М. – методология проведения исследований процесса перевозок грузов автомобильным транспортом; методическая поддержка в составлении ситуационной модели; контроль корректности используемой терминологии и полученных результатов, подготовка и научная редакция статьи.

Рассоха В. И. – организация и проведение оценки значимости факторов потерь провозной способности автопарка; обоснование их измерителей; проведение натурных наблюдений и их обработка.

Грязнов М. В. – формулировка актуальности изучаемого вопроса и цели исследования; разработка математических моделей потерь провозной способности; оценка экономического эффекта.

Дорофеев А. Н. – анализ научной литературы по изучаемому вопросу; формулировка основных принципов построения моделей системной динамики; методическая поддержка в анализе причинно-следственных связей ситуационной модели.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию: 15.01.2024; принята в печать: 29.03.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Valery Maksimovich Kurganov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Enterprise Economics and Management, Tver State University, Tver, Russia

ORCID ID: 0000-0001-8494-2852

e-mail: glavreds@gmail.com

Vladimir Ivanovich Rassokha, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000-0002-7836-2242, **Researcher ID:** M-3242-2017, **Scopus Author ID:** 57193742928

e-mail: cabin2012@yandex.ru

Mikhail Vladimirovich Gryaznov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Transport Systems Management, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

ORCID ID: 0000-0003-3142-1089

e-mail: gm-autolab@mail.ru

Alexey Nikolaevich Dorofeev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Financial Technologies, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

ORCID ID: 0000-0002-0689-8881

e-mail: andorofeev@fa.ru

Contribution of the authors:

Kurganov V. M. – methodology for conducting research into the process of transporting goods by road; methodological support in drawing up a situational model; control of the correctness of the terminology used and the results obtained, preparation and scientific editing of the article.

Rassokha V. I. – organizing and conducting an assessment of the significance of factors for loss of vehicle fleet carrying capacity; justification for their measurements; conducting field observations and processing them,

Gryaznov M. V. – formulation of the relevance of the issue being studied and the purpose of the study; development of mathematical models of capacity losses; assessment of economic effect.

Dorofeev A. N. – analysis of scientific literature on the issue under study; formulation of the basic principles for constructing system dynamics models; methodological support in the analysis of cause-and-effect relationships of the situational model.

The paper was submitted: 15.01.2024.

Accepted for publication: 29.03.2024.

The authors have read and approved the final manuscript.