

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАНЕВРОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПРОСТОЕВ В ПУНКТЕ ОБОРОТА

В.Д. Шепелев, З.В. Альметова, Е.В. Шепелева, И.Д. Алферова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Перевозчики при доставке грузов в крупные города и агломерации сталкиваются с проблемой длительных простоев под погрузкой и разгрузкой по причине очередей, а также в связи с тем, что отправитель начинает готовить груз лишь после подачи транспортного средства под соответствующие операции. Транспортировка в г. Москву связана с дополнительной проблемой – необходимостью ожидания разрешенного времени для въезда в город.

С целью сокращения простоев подвижного состава под погрузочно-разгрузочными операциями предложено использовать автопарк маневровых тягачей с постоянным разрешением на въезд в город. Для обоснования экономической целесообразности проведено сравнение затрат при использовании маневровых автопоездов. Определение оптимального размера автопарка маневровых транспортных средств необходимо производить с учетом количества обслуживаемых магистральных автопоездов и длины плеча перевозки. Рассмотрено несколько вариантов исходных данных и установлена зависимость оптимального количества маневровых транспортных средств от требуемых объемов работы с учетом экономических показателей.

Ключевые слова: маневровое транспортное средство; обменный полуприцеп; простои под погрузкой и разгрузкой; система массового обслуживания; производительность автопарка.

Введение

Транспортная отрасль в России играет важную роль, особенно если учесть значительные расстояния между населенными пунктами в стране. При этом автомобильным транспортом перевозится около 80 % общего объема транспортируемых грузов. Показатель грузооборота за июль 2017 года повысился на 3,6 % при росте объема перевозок лишь на 0,3 %, что указывает на рост дальности перевозок. В августе 2017 года грузооборот сохранил тенденцию роста, продемонстрировав увеличение на 1 % [1].

Автомобильные грузовые перевозки подразделяются по территориальному признаку на несколько видов. При междугородних магистральных перевозках скорость доставки грузов имеет большое значение. Основная задача данного вида перевозок заключается в организации бесперебойного высокоэффективного транспортного процесса на всем пути следования груза от отправителя до получателя. Основное преимущество автомобильного транспорта заключается в том, что на транспортировку затрачивается меньшее количество времени [2, 3].

Одними из важнейших факторов, влияющих на снижение производительности подвижного состава на междугородних перевозках, являются простои, связанные с длительным проведением погрузочно-разгрузочных операций. Продолжительные простои транспортных средств могут быть вызваны очередью на погрузочно-разгрузочном пункте, большими объемами грузов и ограничением на въезд в крупные мегаполисы в светлое время суток [4, 5].

В результате анализа работы парка подвижного состава на маршруте г. Челябинск – г. Москва установлено, что время рейса с учетом ограничения въезда в город на 17 % больше времени рейса с въездом в город в любое время (рис. 1).



Рис. 1. Время рейса на маршруте г. Челябинск – г. Москва, ч

При этом в ходе работ по изучению структуры времени рейса в описанном направлении установлены доли каждой составляющей. Итоговые значения приведены на рис. 2.

Установлено, что значительная часть времени рейса – до 20 % приходится на вынужденные простои. При длительности рейса в 7,25 дней транспортное средство на протяжении 1,5 суток не осуществляет перевозочной деятельности. Таким образом, данные простои представляют собой недополученную прибыль. Эта проблема актуальна, если принять во внимание высокую конкуренцию среди транспортных компаний.



Рис. 2. Использование времени рейса г. Челябинск – г. Москва

С экономической точки зрения данный аспект оказывает негативное влияние. Исследованиями установлено, что в результате ожидания транспортных средств разрешения на въезд и передвижение по городу наблюдается увеличение затрат вследствие дополнительных выплат на суточные и стоянку, и, как следствие, снижение прибыли. Сумма издержек представляет собой произведение затрат за час рейса, времени рейса и количества ездов в год для одной единицы подвижного состава (рис. 3).

Система сокращения простоев

Одним из резервов снижения простоев в крупных грузообразующих пунктах является использование стоянки транспортных средств, на которой будут находиться уже сформированные для отправки полуприцепы [6]. Стоянку предлагается разместить на подъезде к городу. При этом в черте города будут эксплуатироваться маневровые тягачи для перемещения и погрузки полуприцепов. Ключевым положительным фактором в описанной системе является постоянное наличие на стоянке готового к отгрузке полуприцепа. Магистральному тягачу, прибывшему в пункт оборота, необходимо только отцепить имеющийся полуприцеп и забрать уже готовый к отправке [7]. Данное решение применимо к крупным автотранспортным компаниям, имеющим подвижной состав от 5-ти единиц и более.

Негативный фактор использования предлагаемой технологии состоит в том, что она увеличивает суммарные годовые затраты на эксплуатацию автопарка. Так, в частности работа магистральных тягачей влечет необходимость выделения денежных средств на привлечение и эксплуатацию дополнительного подвижного состава, а именно маневровых тягачей и обменных полуприцепов.

Решение данной задачи заключается в нахождении оптимального количества маневровых автопоездов с учетом необходимости минимизации затрат на их приобретение и содержание, и в то же время, минимизации простоев при процессах погрузки и разгрузки. При расчете времени простоев необходимо учитывать, что использование маневрового автопарка не сведет к нулю время, проводимое под погрузкой и разгрузкой. Это связано с тем, что при использовании единой площадки для смены полуприцепов возможно образование очередей.

С учетом производственных, технологических и климатических факторов прибытие транспортных средств в погрузочно-разгрузочные пункты имеет вероятностный характер, поэтому междугородняя перевозка грузов может быть представлена как система массового обслуживания. Для расчета времени простоя в ожидании обслуживания в зависимости от количества маневровых тягачей за основу взята теорема Хинчина А.Я., которая утверждает, что в общем случае поток запросов массового обслуживания (в исследовании – это прибытие магистральных тягачей) сводится к простейшему или стационарному пуассоновскому потоку [8].

Исходные данные, которые характеризуют систему массового обслуживания (СМО): число каналов обслуживания N (маневровых автопоездов); число требований n (маршрутных автопоездов); интенсивность поступления одного требования на обслуживание λ (то есть число возвращений в единицу времени). В исследовании первые две величины использованы как переменные. Соответственно, все величины, рассчитываемые с использованием данных переменных, становятся функциями. Основной для исследования является

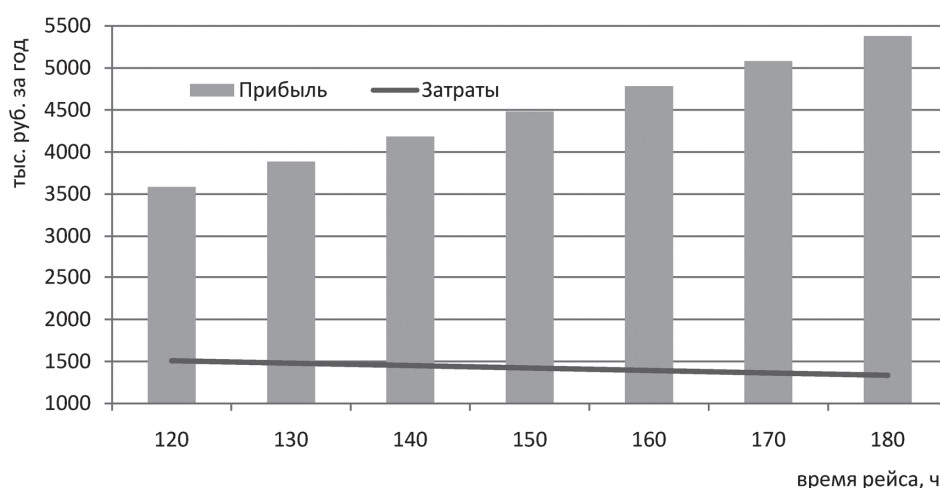


Рис. 3. Влияние непроизводительных простоев на прибыль и затраты

функция времени простоя магистральных тягачей в очереди перед разгрузкой $T_p(n, N)$:

$$T_p(n, N) = \frac{M_o(n, N)}{\mu}, \quad (1)$$

где $M_o(n, N)$ – среднее количество требований (тягачей) в очереди, ед.; μ – интенсивность обслуживания требований.

Принято, что количество магистральных автопоездов в парке будет изменяться от 10 до 50 единиц; число обслуживающих каналов – в диапазоне от 0 до 6. При этом время простоя под погрузкой и разгрузкой (t_{dlu}) без использования магистральных тягачей составляет 35 часов. Оно включает время ожидания разрешения на въезд в город, разгрузку у грузополучателей и погрузку у грузоотправителей. В то же время продолжительность погрузки и разгрузки в системе с использованием маневровых автопоездов является составной и учитывает время под погрузкой и разгрузкой, которое сокращается до 15 минут (0,25 ч), и время простоя магистральных тягачей в очереди перед разгрузкой, изменяющееся в зависимости от количества маневровых и магистральных автопоездов.

За счет значительно уменьшенного времени простоев разработанная система существенно увеличит производительность автопоезда. Проанализируем изменение часовой производительности для разных направлений и при различных размерах парка подвижного состава. Расчет производительности произведен для кругорейсов с плечом перевозки в 500 км, 1000 км, 1500 км и 2000 км. Производительность взята на полном кругорейсе. При расчете рассмотрены компании с небольшим автопарком (10 автомобилей), средним (30 шт.) и большим (50 шт.). При этом часовая производительность ($W_h(n, N)$) рассчитана следующим образом:

$$W_h(n, N) = \frac{q \cdot y_c \cdot V_T \cdot \beta}{l_{cr} + (T_p(n, N) + t_{dlu} + t_{dt}) \cdot V_T \cdot \beta} N, \quad (2)$$

где q – фактическая грузоподъемность ПС, т; y_c – статический коэффициент использования грузоподъемности; V_T – техническая скорость, км/ч; β – коэффициент использования пробега; l_{cr} – длина кругорейса, км; t_{dlu} – время ожидания разрешения на въезд в город при $N=0$, ч; t_{dt} – время простоев за рейс, включающее время отдыха водителей и время погрузки/разгрузки в точке отправления, ч.

Результатом расчетов является установление зависимости изменения производительности парка магистральных автопоездов в пересчете на один час работы автомобиля от количества маневровых тягачей в точке оборота. Данная зависимость имеет логарифмический характер изменения, т. е. после достижения определенного размера парка дальнейшее увеличение количества маневровых транспортных средств будет нецелесообразным, так как оно приведет уже к простоям маневровых тягачей. В то же время при недостаточном количестве маневровых автопоездов очередь из магистральных транспортных средств не будет иметь финальной вероятности. Таким образом, в соответствии с теорией системы массового обслуживания с неограниченной очередью, количество автопоездов, ожидающих обслуживания, будет возрастать быстрее, чем маневровые единицы будут освобождаться [9]. Однако вводить в действие сразу большое количество обслуживающих тягачей в пункте оборота достаточно рискованно, так как это может привести к ухудшению финансовых результатов деятельности предприятия.

Расчет экономических показателей. Для обоснования количества маневровых автопоездов необходимо рассмотреть вопрос экономической целесообразности приобретения и использования дополнительного парка тягачей и полуприцепов. Для расчета использована целевая система зависимостей, состоящая из двух функций:

$$C_T(n, N) \left\{ \begin{array}{l} C_m(N) = \sum_1^N C_o + \sum_1^N C_{pr} + \sum_1^N C_{pass} \\ C_S(n, N) = I_{cu} \left(\frac{C_{var}}{\beta} + \frac{C_{fix}}{V_T \cdot \beta} + \frac{C_{fix} \cdot (T_p(n, N) + t_{dt})}{I_{cr}} \right) \end{array} \right. \rightarrow \min, \quad (3)$$

где C_T – система, учитывающая общие затраты на парк маневровых и рейсовых автопоездов, руб.; C_m – затраты на маневровый автопарк, руб.; C_o – затраты на эксплуатацию маневрового автопоезда, руб.; C_{pr} – затраты на приобретение маневрового автопоезда, руб.; C_{pass} – затраты на приобретение пропуска для въезда в город без ограничения по времени, руб.; C_S – затраты на рейсовое автопоезда, руб.; I_{cu} – полный пробег рейсового автопоезда с учетом необходимости заезда в город при $N = 0$ за кругорейс, км; C_{var} – переменные затраты на содержание рейсового автопарка, руб.; C_{fix} – постоянные затраты на содержание рейсового автопарка руб.

Затраты на эксплуатацию маневрового автопоезда включают затраты на топливо; техническое обслуживание; амортизацию шин; заработную плату водителя.

Предлагаемая система учитывает в верхней части расходы на маневровые автопоезда, а в нижней – расходы на парк магистральных транспортных средств. Таким образом, их общая минимизация будет показывать оптимальное количество маневровых транспортных средств для любого объема парка подвижного состава, работающего на магистральных перевозках.

В исследовании установленная зависимость была рассмотрена на примере маршрута Челябинск – Москва – Челябинск. При этом изменение количества единиц автопарка находится в диапазоне от 10 до 50.

Для расчета себестоимости использованы удельные затраты за месяц, приходящиеся на одну тонну перевезенного груза (C_{1t}^{mon}):

$$C_{1t}^{mon}(n, N) = \frac{C_T(n, N)}{Q(n, N)}, \quad (4)$$

где $Q(n, N)$ – грузооборот рейсового автопарка за месяц, т.

Расчет издержек за календарный период позволил корректно учесть постоянные расходы. В то же время пересчет их на одну тонну позволил учесть экономический эффект, производимый за счет сокращения времени простоя в точке оборота, который в свою очередь уменьшается благодаря использованию маневрового автопарка.

В общем случае объем перевозок будет увеличиваться при использовании маневровых автопоездов, так как он зависит от времени рейса, которое сокращается благодаря значительному снижению времени простоя под погрузкой и разгрузкой в пункте оборота – в г. Москва. Зависимость себестоимости перевозки одной тонны груза от количества маневровых тягачей в автопарке приведена на рис. 4.

Таким образом, зависимость себестоимости перевозки одной тонны груза от количества маневровых тягачей позволяет сделать следующие выводы:

- при расширении парка маневровых тягачей удельные затраты демонстрируют тенденцию к снижению, но только до определенного размера. Переломный момент обусловлен тем, что после достижения известного количества обслуживающих транспортных средств дальнейшее его увеличение не приводит к значительному сокращению времени простоя, а значит, и увеличение производительности нивелируется стоимостью обслуживания маневрового парка;
- с увеличением количества магистральных автопоездов размер парка обслуживающих транспортных средств должен расти для обеспечения своевременного обслуживания магистральных

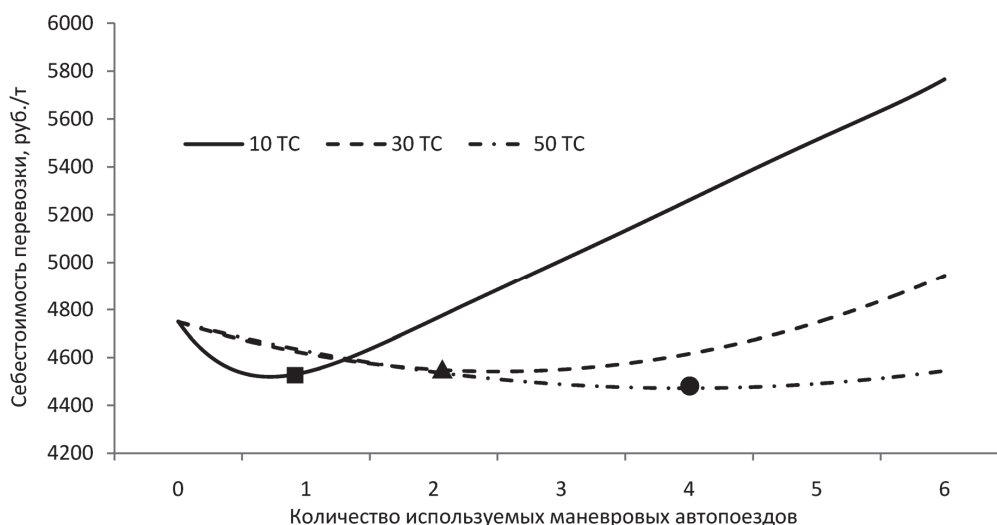


Рис. 4. Удельная себестоимость перевозки 1 т для кругорейса Челябинск – Москва – Челябинск

ТС и достижения минимальной удельной себестоимости.

Рассмотренный пример отражает зависимости для фиксированного плеча перевозки. Полученные результаты обобщены для различных расстояний перемещения груза. На рис. 5 приведена динамика изменения оптимального размера парка маневровых автопоездов в зависимости от количества обслуживаемых магистральных транспортных средств и расстояния, на которое осуществляется перевозка.

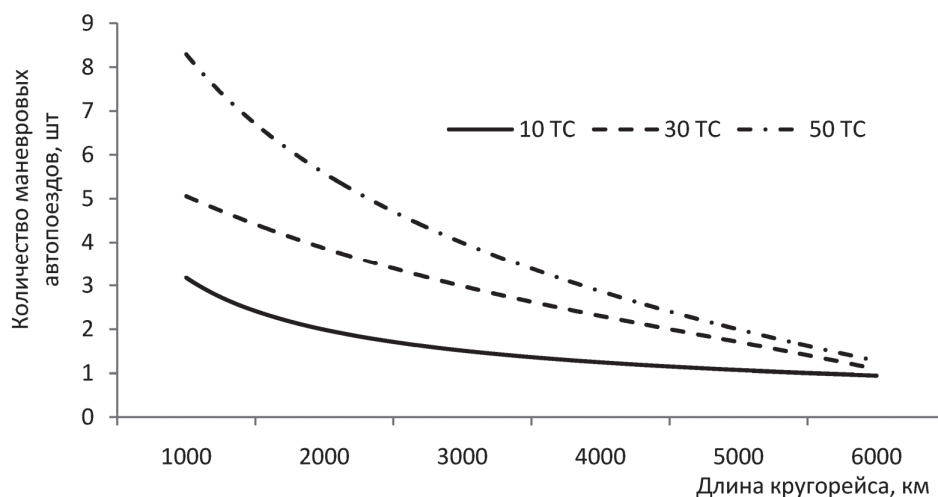


Рис. 5. Оптимальное количество маневровых автопоездов в зависимости от расстояния перевозки

Выводы

Разработана математическая модель, позволяющая определить оптимальное количество маневровых тягачей и полуприцепов в зависимости от размера парка подвижного состава, задействованного на целевом направлении. При этом основным критерием стала оптимизация производственных и экономических показателей. Предложены мероприятия по сокращению непроизводительных простоев на маршруте Челябинск – Москва – Челябинск.

В результате использования разработанной системы с применением маневровых автопоездов сокращение времени рейса составило 23,6%. Суммарное время простоев транспортного средства, не связанных с режимом труда и отдыха водителя, снижается более чем в пять раз. Также за счет того, что полуприцеп для последующей отправки из г. Москвы подготавливается к отгрузке маневровым тягачом, пробег магистрального автопоезда за рейс уменьшается в среднем на 5%.

Литература

1. Шепелёв, В.Д. Анализ структуры себестоимости перевозки грузов на автомобильном

транспорте / В.Д. Шепелёв, С.В. Усова // *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования*. – 2015. – № 2. – С. 858–862.

2. Mochalin S.M., Tyukina L.V., Novikova T.V., Pogulyaeva I.V., Romanenko E.V. *Problems of inter-organizational interaction of participants in motor transport cargo shipments // Indian Journal of Science and Technology*. – 2016. – № 9(21).

3. *Economic Cooperation and Development*

(OECD). *Moving freight with better trucks: Improving safety, productivity and sustainability*. – 2011. – P. 1–356.

4. Efimov V.P., Pranov A.A., Belousov K.A., Elenevskij I.N. *Development of perspective trucks for freight cars of new generation // Tyazheloe Mashinostroenie*. – 2005. – № 8. – P. 23–28.

5. Li H., Lv T., Lu Y. *The Combination Truck Routing Problem: A Survey // Procedia Engineering*. – 2016. – № 137. – P. 639–648.

6. Tang L., Li F., Liu J. *Integrated scheduling of loading and transportation with tractors and semi-trailers separated // Naval Research Logistics*. – 2015. – № 62 (5). – P. 416–433.

7. Teixeira A., Lanzer E.A. *Costs and profitability in a medium size road transport company Espacios*. – 2017. – Vol. 38 (1). – № 15.

8. Хинчин, А.Я. *Работы по математической теории массового обслуживания / А.Я. Хинчин*. – М.: Физматгиз, 1963. – 236 с.

9. Ebben M.J.R., Van Der Heijden M.C., & Van Harten A. *Dynamic transport scheduling under multiple resource constraints // European Journal of Operational Research*. – 2005. – Vol. 167(2). – P. 320–335.

Шепелев Владимир Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), shepelevvd@susu.ru

Альметова Злата Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), almetovazv@susu.ru

Шепелева Елена Витальевна, аспирант кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), sev_08@mail.ru

Алферова Ирина Дмитриевна, аспирант кафедры автомобильного транспорта, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), alferovaid@susu.ru

Поступила в редакцию 2 сентября 2018 г.

DOI: 10.14529/em180320

USE OF MANEUVERING VEHICLES TO REDUCE DOWNTIME IN TURNAROUND POINTS

V.D. Shepelev, Z.V. Almetova, E.V. Shepeleva, I.D. Alferova

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

When delivering goods to big cities and agglomerations, transport operators face a problem of long downtime during loading and off-loading because of queuing, as well as due to the fact that a sender begins to prepare cargo only after a vehicle for relevant operations is provided. Transportation to Moscow is associated with an additional problem, the need to wait for the allowed time to enter the city.

In order to reduce the downtime of the rolling stock for loading and unloading operations, it was proposed to use a fleet of maneuvering tow trucks with a permanent permit to enter a city. To substantiate the economic feasibility, a comparison to costs when using maneuvering road-trains was performed. The determining of the optimal size of the maneuvering vehicle fleet should be made taking into account the number of serviced line-haul trains and the length of the hauling distance. Several variants of the initial data are considered, and the dependence is established of the optimal number of maneuvering vehicles on the required amount of work taking into account economic indicators.

Keywords: maneuvering vehicle; exchange semi-trailer; downtime under loading and off-loading; queuing system; vehicle fleet productivity.

References

1. Shepelev V.D., Usova S.V. [Analysis of the Cost Structure of the Transportation of Goods by Road]. *Al'ternativnyye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Alternative energy sources in the transport-technological complex: problems and perspectives of rational use], 2015, no. 2, pp. 858–862. (in Russ.)
2. Mochalin S.M., Tyukina L.V., Novikova T.V., Pogulyaeva I.V., Romanenko E.V. Problems of Inter-organizational Interaction of Participants in Motor Transport Cargo Shipments. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, no. 9(21). DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i21/95220
3. *Economic Cooperation and Development (OECD)*. Moving freight with better trucks: Improving safety, productivity and sustainability, 2011, pp 1–356.
4. Efimov V.P., Pranov A.A., Belousov K.A., Elenevskij I.N. Development of Perspective Trucks for Freight Cars of New Generation. *Tyazheloe Mashinostroenie*, 2005, no. 8, pp. 23–28.
5. Li H., Lv T., Lu Y. The Combination Truck Routing Problem: A Survey. *Procedia Engineering*, 2016, no. 137, pp. 639–648. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.01.301
6. Tang L., Li F., Liu J. Integrated Scheduling of Loading and Transportation with Tractors and Semitrailers Separated. *Naval Research Logistics*, 2015, no. 62 (5), pp. 416–433. DOI: 10.1002/nav.21639
7. Teixeira A., Lanze, E.A. Costs and Profitability in a Medium Size Road. *Transport Company Espacios*, 2017, vol. 38 (1), no 15.
8. Khinchin A.Y. *Raboty po matematicheskoy teorii massovogo obsluzhi-vaniya* [Works on the Mathematical Theory of Mass Service]. Moscow, 1963. 236 p.

9. Ebben M.J.R., Van Der Heijden M.C., Van Harten A. Dynamic transport scheduling under multiple resource constraints. *European Journal of Operational Research*, 2005, vol. 167(2), pp. 320–335. DOI: 10.1016/j.ejor.2004.03.020

Vladimir D. Shepelev, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor at the Department of Automobile Transport of South Ural State University, Chelyabinsk, shepelevvd@susu.ru

Zlata V. Almetova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor at the Department of Automobile Transport of South Ural State University,

Elena V. Shepeleva, postgraduate student of the Department of Automobile Transport of South Ural State University, Chelyabinsk, sev_08@mail.ru

Irina D. Alferova, postgraduate student of the Department of Automobile Transport of South Ural State University, Chelyabinsk, alferovaid@susu.ru

Received September 2, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Использование маневровых транспортных средств для сокращения простоев в пункте оборота / В.Д. Шепелев, З.В. Альметова, Е.В. Шепелева, И.Д. Алферова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 169–175. DOI: 10.14529/em180320

FOR CITATION

Shepelev V.D., Almetova Z.V., Shepeleva E.V., Alferova I.D. Use of Maneuvering Vehicles to Reduce Downtime in Turnaround Points. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 169–175. (in Russ.). DOI: 10.14529/em180320
