

# СТРУКТУРА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АВТОСЕРВИСА

Тимченко В.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, Россия

## Аннотация

В статье представлена имитационная модель работы автосервиса в условиях обслуживания семи категорий транспортных средств, предназначенная для визуализации, анализа и поиска устойчивых параметров функционирования системы. Результатом работы имитационной модели автосервиса будут гистограммы длительностей нахождения транспортных средств в автосервисе и количество отремонтированных транспортных средств по категориям, на основании которых рассчитывается прибыль автосервиса. Также могут быть рассчитаны: распределение времени нахождения транспортных средств в очереди и в системе, коэффициент загрузки каналов (бригад), средняя длина очереди, среднее время ожидания обслуживания, вероятность ожидания обслуживания, вероятность отказа в приеме транспортного средства на обслуживание. Имитационная модель может быть использована при оценке достаточности суммарной мощности автосервисов, расположенных в регионе, для оказания качественного сервисного обслуживания потенциальным потребителям.

**Ключевые слова:** транспортный комплекс, инфраструктура, автосервис, перерабатывающая способность, имитационное моделирование, категории транспортных средств.

## Введение

Транспортный комплекс России работает в условиях ежегодного роста объемов грузовых перевозок и дефицита пропускных и провозных способностей, что вызывает необходимость в больших объемах инвестиций для поэтапного развития инфраструктуры [1-3].

В Транспортной стратегии РФ [4] на период до 2030 г. ставится задача интенсивного развития транспортной инфраструктуры. Одним из направлений её научного обеспечения является создание имитационных систем, позволяющих моделировать системы различных видов транспорта.

Научными сотрудниками Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко (ИПТ РАН) в содружестве со специалистами ОАО «ВНЕСВУЗЦЕНТР», Петербургского государственного университета Императора Александра I и Муромского института (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, а также ряда отраслевых железнодорожных организаций (АО «Институт экономики и развития транспорта», ПАО «Ленгипротранс» и др.) был разработан ряд имитационных моделей, позволяющих оценить возможность освоения перспективных объемов работы объектами транспортной инфраструктуры [5-7].

В ИПТ РАН в настоящий момент выполняется научно-исследовательская работа «Разработка научных основ построения интеллектуальных транспортных систем», в рамках которой планируется создать модель, позволяющую оценить на макроуровне достаточность суммарной мощности автосервисов, расположенных в регионе, для оказания качественного сервисного обслуживания потенциальным потребителям.

Эта проблема на сегодняшний момент является весьма актуальной. Так, согласно [8]: «Всегда нужно

знать, какое количество авторемонтных нужно иметь для того, чтобы обеспечить своевременный ремонт автомашин. Если их будет мало, то возможно образование очереди автомобилей, ожидающих ремонта, которая может привести к большим материальным потерям: простои машин могут оказаться более дорогостоящими, чем расширение ремонтной базы. При этом неограниченное ее расширение не только неразумно, но и нереально: необходимо знать оптимальное решение, позволяющее решить задачу так, чтобы обеспечить минимальный простой автомашин в ожидании ремонта и расширить ремонтную базу без неоправданных финансовых издержек».

При этом следует учитывать, что развитие системы автосервиса непосредственно связано с количеством автомобилей, эксплуатируемых в стране и в конкретных регионах. За период эксплуатации автомобиля, затраты на техническое обслуживание и ремонт, в ряде случаев превышают его первоначальную стоимость [9]. В связи с ростом количества автомобилей, возрастает спрос на услуги, оказываемые предприятиями технического автосервиса.

На начальном этапе эта проблема может быть решена с использованием математического аппарата теории массового обслуживания (ТМО) [10], для чего модель автосервиса представляется в виде многоканальной системы массового обслуживания (СМО) с очередью. В одном случае, зная интенсивность поступления автомашин, скорость их обслуживания (ремонта) и объём накопительной площадки, можно определить необходимое число ремонтных бригад (каналов обслуживания), чтобы сроки ремонта были приемлемыми, а вероятность отказа в приёме автомобиля (по причине занятости бригад и накопительной площадки) не превышала допустимую величину. Невыполнение этих условий чревато потерей клиента ввиду его обращения в иную сервисную фирму. В другом случае, рациональное число бригад определяется на основе экономического баланса между доходом от обслуженных автомобилей и расходами на со-

держание бригад, что также отражено в работе [10].

Преимуществом применения классической ТМО для моделирования работы автосервиса является наличие аналитических выражений, позволяющих оценить показатели работы автосервиса, а недостатком – ряд допущений (простейший поток заявок и их однородность, экспоненциальное распределение времени обслуживания и т.п.), что не всегда соответствует реальному порядку работы автосервиса. Учитывая это, для имитационного моделирования работы автосервиса целесообразно осуществлять с использованием современных компьютерных систем.

В настоящее время моделирование является основным инструментом исследований в различных областях знаний, научно обоснованным методом оценки характеристик сложных систем [11-14].

Первым этапом моделирования является разработка имитационной модели автосервиса на микроуровне для оценки его технических и экономических параметров с последующим моделированием сети автосервисов.

Вопросу моделирования работы автосервисов посвящены работы [15-16], однако их авторы уделяют внимание непосредственно технологическому процессу, в то время как для моделирования сети автосервисов целесообразно абстрагироваться от технологического процесса оказания автосервисных услуг, заменив его временем нахождения транспортного средства в автосервисе.

### Структура имитационной модели автосервиса

Имитационная модель, структура которой представлена на рис. 1, была построена с помощью дискретно-событийного подхода, реализованного в AnyLogic, что позволило с большей объективностью рассмотреть процесс ремонта транспортных средств.

В имитационной модели заявки (транспортные средства) генерируются в блоке (Поступле-

ние\_автомобилей) с заданной вероятностью, после чего они поступают в блок (Очередь\_на\_обслуживание), которая характеризуется двумя параметрами: максимальной вместимостью и максимальной длительностью ожидания заявки в очереди.

Если автомобиль находится в очереди более допустимого времени или если к моменту поступления автомобиля в очередь её длина превышает максимальное значение, то транспортные средства удаляются из модели. В этом случае считается, что параметры работы автосервиса не удовлетворяют требованиям потенциальных клиентов, и они направляются в другой автосервис.

Удаление транспортных средств из модели ведется отдельно для каждого условия в блоках «Неудовлетворенность\_временем\_ожидания» и «Неудовлетворенность\_длиной\_очереди». Накопление данных о необслуженных автомобилях происходит с использованием переменных модели:

- «Количество\_необслуженных\_автомобилей\_из\_за\_долгого\_времени\_ожидания»;
- «Количество\_необслуженных\_автомобилей\_из\_за\_большой\_длины\_очереди».

Получив статистику количества автомобилей, которых не устроило время ожидания сервисного обслуживания в очереди, можно будет рассчитать упущенную прибыль автосервиса. Этот расчёт выполняется на основании средних ставок на ремонт автомобиля, так как неизвестно, какой именно ремонт требовался клиенту.

Затем идёт блок «Количества\_одновременно\_ремонтируемых\_автомобилей», который отвечает за одновременное обслуживание в системе определенного количества транспортных средств, ограниченного планировкой автосервиса. После него расположена сеть блоков, моделирующих выбор вида ремонта в зависимости от категории транспортного средства. Параметры этих блоков позволяют задать процентное соотношение различных категорий транспортных

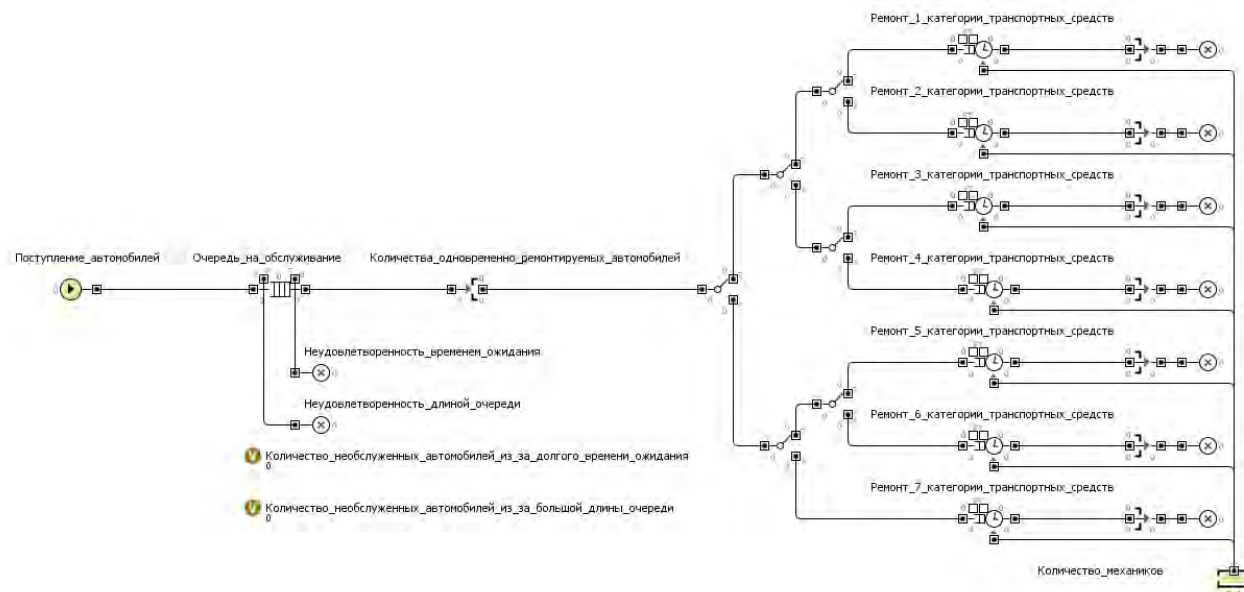


Рис. 1. Структура имитационной модели автосервиса, обслуживающего семь категорий транспортных средств

средств, поступивших в сервисный центр.

Блоки «Ремонт\_категории\_транспортных\_средств» выполняют одновременно три функции:

1. «Захватывают» механика, который будет заниматься ремонтом. Число механиков в автосервисе задаётся в блоке «Количество\_механиков». В модели механик является ресурсом, без которого невозможно начать ремонт автомобиля, даже при наличии свободного места в здании автосервиса;
2. Задерживают заявку (автомобиль) на время проведения ремонтных работ;
3. Высвобождают механика после окончания ремонтных работ, что позволяет начать ремонт следующего автомобиля.

дения транспортных средств в автосервисе и выводящие эти значения во внешний текстовый файл. Эта возможность реализована с помощью программного кода на языке Java в строке «Действие при входе». Пример программного кода представлен на рис. 2. Здесь time() – это момент времени удаления заявки из модели, а «entity.A» – момент времени генерации заявки.

Результаты расчёта на разработанной имитационной модели представляются в виде гистограмм распределения времени нахождения транспортных средств в автосервисе и количества отремонтированных транспортных средств по категориям. Однако на основании этих данных сложно сделать вывод об удо-

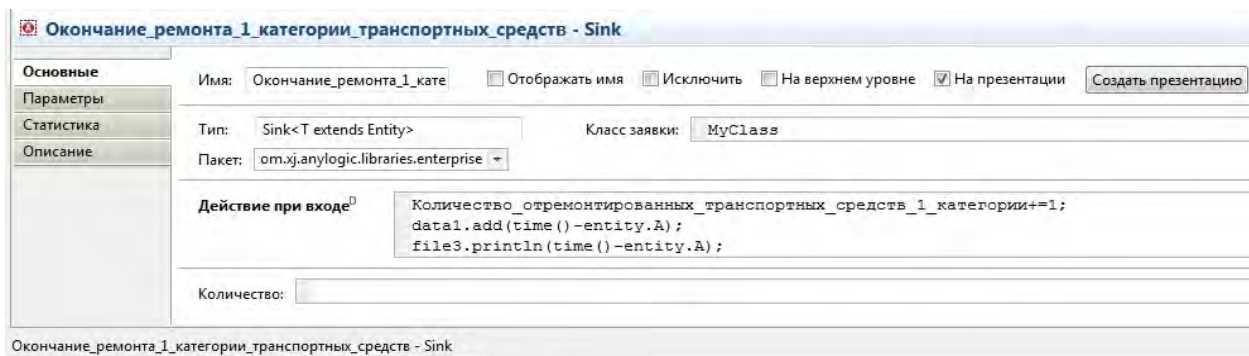


Рис. 2. Параметры блока удаления заявок из модели с примером Java-кода для сбора и записи статистических данных о результатах моделирования во внешний файл

Следует отметить, что в блоке «Количество\_механиков» моделируется не физическое количество механиков, а их условное число, характеризующее возможность одновременного ремонта нескольких автомобилей. Возможность ускорения ремонта автомобилей при наличии свободных ремонтных мест и механиков в данной модели не рассматривается.

Завершают модель блоки, удаляющие заявки – транспортные средства из модели и ведущие их подсчёт по категориям, а также блоки, накапливающие статистические данные о суммарном времени нахож-

влетворительной работе автосервиса при заданных параметрах функционирования системы, поэтому технические показатели работы необходимо увязать с экономическими.

Для этого, с использованием системно-динамического подхода, реализованного в AnyLogic, была разработана модель, представленная на рис. 3.

Данная модель в реальном времени рассчитывает величину прибыли автосервиса, учитывая при этом различную стоимость и себестоимость ремонта для рассматриваемых категорий транспортных средств.

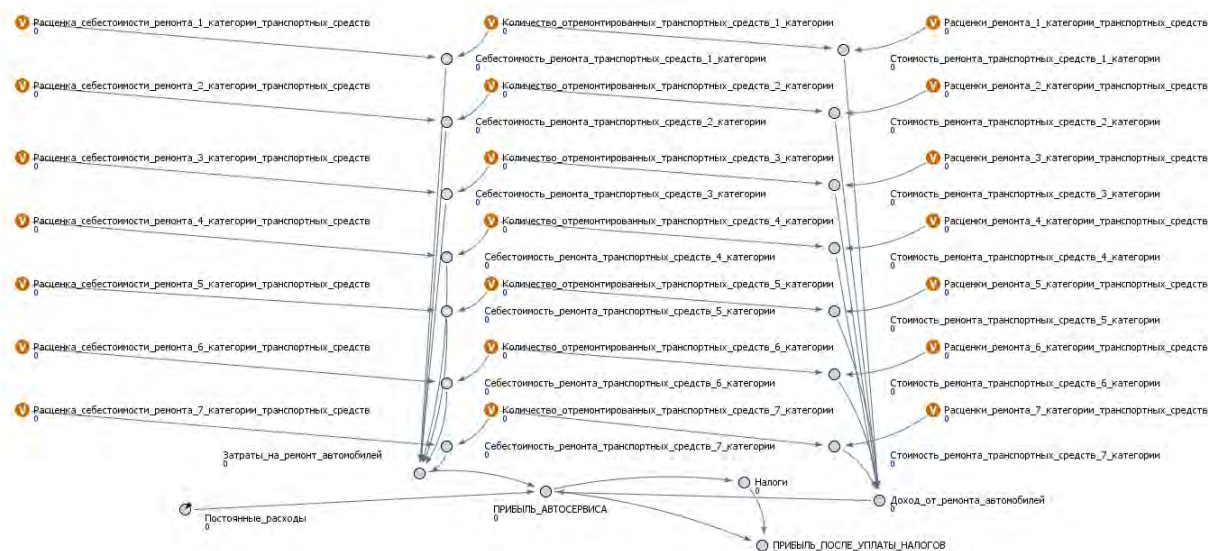


Рис. 3. Структура системно-динамической модели расчёта экономических параметров функционирования автосервиса

Количество отремонтированных транспортных средств по категориям экспортируется в реальном режиме времени из модели, представленной на **рис. 1**. Затем, исходя из расценок по видам ремонтов для каждого транспортного средства, вычисляются доходы от ремонта автомобилей и затраты на ремонт. Кроме того, автосервис несёт постоянные расходы, не зависящие от количества обслуженных транспортных средств. Величина постоянных затрат вычитается из суммарных затрат однократно за моделируемый период времени. На основании полученных данных определяется величина прибыли автосервиса до уплаты налогов.

В модели применяется базовая ставка налога на прибыль в 2014-2015 году в РФ, полученная из официальных источников и равная 20%, после уплаты которой рассчитывается чистая прибыль автосервиса.

На **рис. 4** представлен скриншот формы ввода исходных данных разработанной имитационной модели – технических параметров функционирования авто-

Рис. 4. Скриншот формы ввода исходных данных имитационной модели автосервиса

сервиса. Ввод этих данных можно осуществлять как перед началом, так и в процессе моделирования. Второй способ позволяет наглядно проследить динамику основных параметров в реальном режиме времени, что бывает полезно на стадии отладки модели, когда подбираются допустимые диапазоны параметров её функционирования.

Представленная в статье имитационная модель позволяет оценить основные технические и экономические параметры автосервиса, главными из которых являются, соответственно, перерабатывающая способность и прибыль автосервиса.

Кроме того, с помощью разработанной имитационной модели, при наличии статистических данных о работе реального автосервиса, можно рассчитать следующие показатели эффективности работы такого предприятия, которые могут быть использованы для поиска путей оптимизации его функционирования:

- распределение времени нахождения транспортных средств в очереди на обслуживание и в автосервисе в целом;
- коэффициенты загрузки механиков;
- средние длины очередей автомобилей на обслужи-

вание;

- среднее время ожидания автомобилями обслуживания;
- вероятность простоя в ожидании обслуживания;
- вероятность отказа в приеме транспортного средства на обслуживание.

### Заключение

В статье представлена имитационная модель работы автосервиса, которая позволяет оценить его технические и экономические показатели. Модель предназначена для анализа и поиска устойчивых параметров функционирования автосервиса. Разработанная модель будет использована в качестве основы при построении имитационной модели оценки достаточности суммарной мощности предприятий автосервиса, расположенных в регионе.

### Список литературы

1. Баринава Л.Д., Белый О.В., Забалканская Л.Э., Куватов В.И., Малыгин И.Г., Стариченков А.Л. Фундаментальные проблемы единого транспортного пространства Российской Федерации. СПб.: Элмор. 2012. 116 с.
2. Белый О.В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО РЖД. 2010. №4. С. 97-100.
3. Куватов В.И., Онов В.А., Шаталова Н.В. Пути совершенствования перевозок и повышения безопасности автотранспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. №2. С. 96-109.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/34693.html>
5. Кокурин И.М., Кудрявцев В.А. Оценка пропускной способности железнодорожных линий на основе имитационного моделирования процессов перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012. № 2(31). С. 18-22.
6. Кокурин И.М., Тимченко В.С. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. № 1. С. 15-22.
7. Тимченко В.С. Имитационная модель грузового фронта // Информатика: проблемы, методология, технологии // Материалы XV Междунар. конф. Воронеж: ВГУ, 2015. 2015. С. 431-434.
8. Гарькина И.А., Данилов А.М., Карев М.Н. Автосервис и перевозки с позиций теории систем массового обслуживания // Современные проблемы науки и образования. 2014. №4. С. 225.
9. Суценко Д.И., Елисеева Т.П. Концептуальные основы развития ма-

- лых и средних форм предпринимательской деятельности в сфере услуг // Terra economicus. 2013. № 4. С.134-138.
10. Таранцев А.А. Инженерные методы теории массового обслуживания. СПб.: Наука, 2007. 175 с.
  11. Abril M., Barber F., Ingolotti L., Salido M.A., Tormos P., Lova A. An Assessment of Railway Capacity. Режим доступа: <http://users.dsic.upv.es/~msalido/papers/transport.pdf>
  12. Landex A., Kaas A.H., Schittenhelm B., Schneider-Tilli J. Evaluation of railway capacity. Режим доступа: [http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:51998/datastreams/file\\_2997244/content](http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:51998/datastreams/file_2997244/content)
  13. Salido M.A., Barber F., Ingolotti L. Robustness in Railway Transportation Scheduling. Режим доступа: <http://users.dsic.upv.es/grupos/gps/papers/robustnessCH.pdf>
  14. Sameni M.K., Landex A., Preston J. Developing the UIC 406 Method for Capacity Analysis. Режим доступа: [http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:63478/datastreams/file\\_5598194/content](http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:63478/datastreams/file_5598194/content)
  15. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Яхина З.Т. Моделирование и оптимизация процессов ремонта автомобилей // Вестник казанского технологического университета. 2014. №12. С. 197-202.
  16. Усуфов М.М.О. Перспективы развития автосервиса // Технико-технологические проблемы сервиса. 2012. №19. С. 72-77.

Материал поступил в редакцию 19.10.15

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

THE STRUCTURE OF SIMULATION MODEL OF CAR SERVICE

Timchenko Vjacheslav Sergeevich – Junior research fellow

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, Russia. Phone: +7-9030-93-25-41.

E-mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru

Abstract

The simulation model of car service's operation in the conditions of seven vehicles' categories that intended for visualization, analysis and searching the sustainable parameters of system' functioning is presented in the paper. The histograms of vehicles' duration in car service and the number of re-furbished vehicles by categories, on which the profit of car service is calculated, will be the results of work of car service's simulation model. Furthermore, it could be calculated: time distribution in queue and system, average waiting time on maintenance, the probability of waiting the maintenance, the probability of refusal to accept the vehicle for maintaining. Simulation model may be used as a basis for assessing the sufficiency of total capacity of car services, located in regions to provide the potential clients with first class services.

**Keywords:** transport complex, infrastructure, car service processing ability, simulation modeling, categories of vehicles.

References

1. Barinova L.D., Belyiy O.V., Zabalkanskaya L.E., Kuvatov B.I., Malyigin I.G., Starichenkov A.L. Fundamentalnyye problemy edinogo transportnogo prostranstva Rossiyskoy Federatsii [The fundamental problems of a single transport space in the Russian Federation]. Saint Petersburg: Jelmor, 2012, 116 p. (In Russ.)
2. Belyi O.V. Innovacionnyye problemy razvitiya transporta [Innovation problems of transport development] // Byulleten ob'edinennogo uchenogo so-veta OAO RZhd [Bulletin of the joint scientific Council of JSC RZD]. 2010, no. 4, pp. 97-100. (In Russ.)
3. Kuvatov V.I., Onov V.A., Shatalova N.V. Puti sovershenstvo-vanija perevozok i povyshenija bezopasnosti avtotransporta [Ways to improve traffic and improve the safety of vehicles] // Problemy upravlenija riskami v tehnosfere [Issues of risk management in technosphere]. 2013, no. 2, pp. 96-109. (In Russ.)
4. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Transport strategy of the Russian Federation for the period till 2030]. (In Russ.) Available at: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/34693.html>
5. Kokurin I.M., Kudrjavcev V.A. Ocenka propusknoj sposobnosti zheleznodorozhnyh linij na osnove imitacionnogo modelirovanija processov perevozok [Assessment of the throughput of rail tracks on the basis of simulation modeling the transport processes] // Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija [Proceedings of Petersburg Transport University]. 2012, vol. 31, no. 2, pp. 18-22. (In Russ.)
6. Kokurin I.M., Timchenko V.S. Metody opredelenija «uzkih mest», ograni-chivajushih propusknuju sposobnost' zheleznodorozhnyh napravlenij [Methods for the determination of "bottlenecks" that limit the capacity of the railway directions] // Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija [Proceedings of Petersburg Transport University]. 2013, no.1, p. 15 – 22. (In Russ.)
7. Timchenko V.S. Imitacionnaja model' gruzovogo fronta [Simulation model of loading area] // Materialy XV mezhdunarodnoj konferencii. «Informatika: problemy, metodologija, tehnologii». [Materials of XV international conference. «Informatics: problems, methodology, technologies»]. 2015 – Voronezh: VGU, 2015, pp. 431 – 434. (In Russ.)
8. Gar'kina I.A., Danilov A.M., Karev M.N. Avtoservis i perevozki s pozicij teorii sistem massovogo obsluzhivanija [Car service and transportation from the standpoint of the queueing theory] // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern problems of science and education]. 2014, no. 4, pp. 225 (In Russ.)
9. Sushhenko D.I., Eliseeva T.P. Konceptual'nye osnovy razvitiya malyh i srednih form predprinimatel'skoj dejatel'nosti v sfere uslug [Konceptualnyye osnovy razvitiya malyh i srednih form predprinimatelskoj dejatel'nosti v sfere uslug] // Terra economicus [Terra economicus]. 2013, no. 4, pp. 134-138 (In Russ.)
10. A.A.Tarancev. Inzhenernye metody teorii massovogo obsluzhivanija [Engineering methods of queueing theory]. Saint Petersburg: Nauka, 2007, 175 p. (In Russ.)
11. Abril, M., Barber, F., Ingolotti, L., Salido, M.A, Tormos, P., Lova, A. An Assessment of Railway Capacity. Available at: <http://users.dsic.upv.es/~msalido/papers/transport.pdf>.
12. Landex, A., Kaas, A. , Schittenhelm, B., Schneider-Tilli J. Evaluation of railway capacity. Available at: [http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:51998/datastreams/file\\_2997244/content](http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:51998/datastreams/file_2997244/content)
13. Salido, M.A. Barber, F., Ingolotti, L. Robustness in Railway Transportation Scheduling. Available at: <http://users.dsic.upv.es/grupos/gps/papers/robustnessCH.pdf>.
14. Sameni, M.K., Landex, A., Preston J. Developing the UIC 406 Method for Capacity Analysis. Available at: [http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:63478/datastreams/file\\_5598194/content](http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:63478/datastreams/file_5598194/content).
15. Jakimov, I. M., Kirpichnikov, A. P., Jahina, Z. T. Modelirovanie i optimizacija processov remonta avtomobilej [Modeling and optimization of the processes for repair of cars] // Vestnik kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Technological University]. 2014, no. 12, pp. 197-202. (In Russ.)
16. M.M.O. Usufov Perspektivy razvitiya avtoservisa [Prospects of car service development] // Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa [Techno-technological problems servisa]. 2012, no. 19, pp. 72-77. (In Russ.)

Received 19/10/15

Тимченко В.С. Структура имитационной модели автосервиса // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. №2. С.46-50

Timchenko V.S. The structure of simulation model of car service // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2016, vol. 6, no. 2, pp.46-50