

Н. С. Веремчук¹✉, Ю. И. Привалова¹

✉ n-veremchuk@rambler.ru

¹Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, Российская Федерация

Формирование цифровых компетенций обучающихся технических вузов с использованием имитационного моделирования в учебном процессе

Аннотация: Развитие инженерного образования в России сегодня тесно связано с развитием цифровых компетенций и повышением цифровой грамотности как основных индикаторов знаний и умений выпускника технического вуза. Этот тренд позволяет использовать цифровые инструменты и технологии в профессиональной деятельности с целью повышения результативности. В статье описывается использование в учебном процессе методов имитационного моделирования для изучения функционирования сложных систем. Рассматривается процесс разработки и исследования имитационной модели производственного цеха машиностроительного предприятия. Акцент сделан на современные требования в системе обслуживания производственного цеха машиностроительного предприятия. В процессе выполнения использовались современные технологии и ресурсы, а именно агентное и дискретно-событийное моделирование в программной среде AnyLogic PLE. Целью исследования была разработка имитационной модели, изучение ее работы и выдача рекомендаций, направленных на увеличение производительности. В работе показано, как имитационный подход применяется в учебном процессе для анализа и прогнозирования поведения сложных систем. В результате обучение становится более удобным, наглядным, информативным за счет применения инструментов программной среды AnyLogic и возможности наблюдения за поведением системы в режиме реального времени. Все это ускоряет освоение студентами образовательных дисциплин и позволяет подготавливать специалистов с профессиональными и цифровыми компетенциями в области анализа, прогнозирования и оптимизации работы сложных систем из различных областей деятельности.

Ключевые слова: цифровые компетенции, учебный процесс, имитационное моделирование, среда AnyLogic PLE.

Дата поступления статьи: 31 мая 2022 г.

Для цитирования: Веремчук Н. С., Привалова Ю. И. (2023) Формирование цифровых компетенций обучающихся технических вузов с использованием имитационного моделирования в учебном процессе. Наука о человеке: гуманитарные исследования, том 17, № 1, с. 100–106. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.1.11.

Scientific article

N. S. Veremchuk¹✉, Yu. I. Privalova¹

✉ n-veremchuk@rambler.ru

¹The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation

Formation of digital competencies of students of technical universities using simulation modeling in the educational process

Abstract: The development of engineering education in Russia today is closely linked with the development of digital competencies and the improvement of digital literacy as the main indicators of knowledge and skills of a graduate of a technical university. This trend allows the use of digital tools and technologies in professional activities in order to improve performance. The article describes the use of simulation modeling methods in the educational process to study the functioning of complex systems. The process of development and research of the simulation model of the production shop of a machine-building enterprise is considered. The emphasis is placed on modern requirements in the maintenance system

of the production shop of a machine-building enterprise. In the process of implementation, modern technologies and resources were used, namely, agent-based and discrete-event modeling in the AnyLogic PLE software environment. The aim of the study was to develop a simulation model, study its functioning and issue recommendations aimed at increasing the productivity of workers. The paper shows how the simulation approach is used in the educational process when analyzing and predicting the behavior of complex systems. This leads to the fact that training becomes more convenient, visual, and informative due to the use of AnyLogic software environment tools and the ability to monitor the behavior of the system in real time. All this accelerates the development of educational disciplines by students and allows to train specialists with professional and digital competencies in the field of analysis, forecasting and optimization of complex systems in various fields.

Keywords: digital competencies, educational process, simulation modeling, AnyLogic PLE environment.

Paper submitted: May 31, 2022.

For citation: Veremchuk N. S., Privalova Yu. I. (2023) Formation of digital competencies of students of technical universities using simulation modeling in the educational process. Russian Journal of Social Sciences and Humanities, vol. 17, no. 1, pp. 100–106. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.1.11.

Введение

Цифровая трансформация технического вуза в настоящее время необходима и тесно связана с общемировыми процессами глобального развития общества в условиях пандемии, цифровизации экономики, стремительного развития информационных технологий и средств коммуникаций (Бодрякова и др., 2020; Боев, 2021). В условиях роста негативных явлений особое значение приобретает подготовка специалистов, в том числе инженеров транспортно-промышленного комплекса, для обеспечения устойчивого развития экономики. Как следствие, у многих работодателей формируется запрос на наличие цифровых компетенций выпускников технических вузов, а у преподавателей высших учебных заведений – на цифровую трансформацию учебного процесса и образовательных программ (Веремчук, 2021; Привалова, 2021). Следует отметить, что традиционная модель образования, направленная в большей степени на получение знаний, к сожалению, утратила актуальность. Высшему образованию необходимо изменение основных трендов и пересмотр существующих методик, подходов и моделей обучения, направленных на формирование цифровых навыков, способствующих конкурентоспособности на рынке труда для будущих выпускников технических вузов (Привалова, 2021).

Процесс подготовки специалистов и инженеров транспортно-промышленного комплекса включает изучение производственных процессов, которые состоят из технологических, вспомогательных и обслуживающих этапов. На каждом этапе, как показывает практика, используются методы математического моделирования. Процессы, связанные с математическим моделированием, определяются на стадии технической подготовки производства и требуют от специалистов глубоких знаний в области прикладной математики и исследования операций. Многочисленные детали, высокая сложность технологических процессов, широкий спектр используемого оборудования обычно определяют необходимость применения математического моделирования как средства повышения эффективности производственных процессов.

Одним из видов математического моделирования, который позволяет упростить трудоемкость изучения технологического производственного процесса, является применение имитационного подхода (Кузьмин, 2020; Щербаков и др., 2017; Beklaryan et al., 2019; Makarov et al., 2019). К имитационному моделированию производственных процессов прибегают тогда, когда:

1) построение реальной физической модели объекта для проведения эксперимента дорого или невозможно;

2) построение аналитической математической модели невозможно, так как в системе есть время, причинно-следственные связи, последствия, нелинейности, стохастические (случайные) переменные, для которых необходимо симитировать поведение системы во времени.

В статье описывается использование в учебном процессе методов имитационного моделирования для изучения функционирования сложных систем. Рассматривается процесс разработки и исследования имитационной модели производственного цеха машиностроительного предпри-

ятия. В процессе выполнения использовалось агентное и дискретно-событийное моделирование в программной среде AnyLogic PLE. Целью исследования была разработка имитационной модели, изучение ее функционирования и выдача рекомендаций, направленных на увеличение производительности труда работников. Показано, как имитационный подход применяется в учебном процессе при анализе и прогнозировании поведения сложных систем, в результате чего формируются цифровые компетенции обучающихся технических вузов.

Методы

В учебном процессе, с целью изучения подходов, связанных с имитационным моделированием, предлагается разработка имитационной модели участка производственного цеха машиностроительного предприятия. Перед обучающимися поставлена цель создания имитационной модели и проведения вычислительного эксперимента. Процесс построения имитационной модели включает следующие основные этапы: содержательную постановку задачи, концептуальную модель системы, разработку и программную реализацию, проведение экспериментов, формулировку выводов, прогнозов, принятие решения в зависимости от цели исследования (Боев, 2021; Веремчук, 2021а; 2021б).

Агентное, дискретно-событийное моделирование, системная динамика применяются при построении имитационных моделей (Веремчук, 2021а; 2021б; Кузьмин, 2020; Макаров и др., 2022; Масюк и др., 2020). При этом, если требуется получить сведения о функционировании системы во времени, то применяют агентно-ориентированное моделирование. Как правило, под агентом понимают элемент, который взаимодействует по определенным правилам в рассматриваемой системе. В случаях, когда моделируются процессы обработки заявок на обслуживание, используется дискретно-событийная методология. С применением этого подхода имитируются процессы поступления заявок в систему, отправка их на обслуживание, сами процессы обслуживания и участие в других процессах системы. Когда требуется изучить влияние различных характеристик системы между собой, применяется системная динамика. С помощью такого подхода исследуется поведение системы во времени.

Опишем логику моделируемых процессов в заводском цехе. В цех осуществляется доставка заготовок с помощью транспортных средств. Заготовки транспортируются в поддонах и разгружаются на стеллажи погрузчиками. В цехе установлены станки, на которых осуществляется сборка готовой продукции. По мере необходимости заготовки со стеллажей погрузчиками доставляются к станкам для обработки.

В процессе создания модели использовался программный продукт для образовательных целей – AnyLogic PLE (Боев, 2021; Веремчук, 2021а; 2021б). При разработке модели заводского цеха применена дискретно-событийная методология, поскольку в модели имитируются заявки и процессы их обслуживания. Кроме того, в AnyLogic для этого разработана специальная библиотека моделирования процессов. С ее применением моделируются бизнес-процессы в различных областях деятельности человека (Масюк и др., 2020). Процессы представляются в виде последовательности операций, каждая из которых имитируется отдельными блоками из указанной библиотеки. Примерами моделируемых процессов могут быть последовательности операций, очереди, задержки на обслуживание, захват ресурсов, их освобождение и т. д. При создании модели в AnyLogic поддерживается визуализация любого бизнес-процесса (Боев, 2021).

Для реализации модели заводского цеха кроме библиотеки моделирования процессов применялась также библиотека дорожного движения (Веремчук, 2021а). С применением элементов этой библиотеки можно моделировать транспортные потоки, дорожную сеть и другие составляющие с учетом соблюдения правил дорожного движения. Участники дорожного движения представляются агентами, для которых задаются параметры и правила поведения. Агентами могут быть люди, автомобили, города, животные, товары и многое другое. В одной модели можно реализовывать несколько типов агентов. Агенты взаимодействуют друг с другом. При этом происходит переход технической системы из одного состояния в другое, меняются события, диаграммы состояний, статистика.

Применение встроенных библиотек, эффектов анимации, графических объектов, удобной и простой среды AnyLogic PLE для реализации поведения рассматриваемой системы во времени позволяет лучше усваивать материал обучающимися, а также проверять результаты моделирования в режиме реального времени. В результате исследования поведения системы с применением имитационного подхода процесс принятия решений становится более наглядным, информативным и разумным.

При создании имитационной модели производственного цеха использовалась библиотека моделирования процессов. Построенная диаграмма представлена на рис. 1. Основные блоки диаграммы следующие: создание поддонов с заготовками – sourcePallets; перемещение поддонов в заданные ячейки стеллажа – storeRawMaterial; пребывание поддонов – rawMaterialInStorage; захват ресурсов – seizeCNC; извлечение поддона – pickRawMaterial; обработка заготовок – processing; ресурсы – releaseCNC; конечная точка – sink.



Рис. 1. Модель производственного цеха

Fig. 1. Model of the production workshop

Для описания логики движения грузовика, доставляющего в цех поддоны с заготовками, в модель добавлена еще одна диаграмма, построенная с использованием библиотеки моделирования процессов (рис. 2). Блок Agent предназначен для создания агентов – грузовиков. Основные блоки в этой диаграмме следующие: создание грузовика – sourceDeliveryTruck; перемещение грузовика к въезду в цех – drivingToDock; перемещение агентов в узел сети – unloading; отъезд грузовика – drivingToExit; удаление грузовика из модели – sink1 (рис. 2).

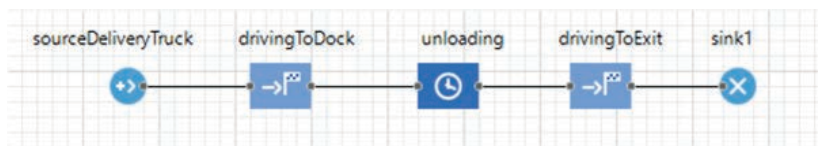


Рис. 2. Диаграмма движения грузовика

Fig. 2. Truck movement diagram

Имитационная модель производственного цеха представлена на рис. 3. В модель добавлен рисунок со схемой цеха. Также выделены пути движения грузовиков и автомобилей сотрудников. Указаны перемещения погрузчиков с поддонами, зоны расположения стеллажа и станков в цехе. Для возможности наблюдений в режиме 3D установлены элементы камера и 3D-окно.

Результаты

По результатам моделирования наблюдается работа систем в производственном цехе. Возле производственного цеха добавлена парковка, которая в модели реализуется с применением блоков дорожной библиотеки (рис. 4). Парковка предназначена для транспорта сотрудников цеха. Диаграмма процесса движения автомобилей сотрудников представлена на рис. 5.

Результат запуска модели представлен на рис. 6.

Работа модели в режиме 3D представлена на рис. 7.

В режиме реального времени можно отследить процессы доставки поддонов с заготовками грузовиком, разгрузки поддонов на стеллаж, доставку заготовок к станкам с ЧПУ для обработки. Изменяя значения параметров у блоков диаграмм, можно имитировать различные режимы работы цеха и прогнозировать его функциональность в моделируемых условиях. Все это позволяет принимать решения по улучшению работы заводского цеха.

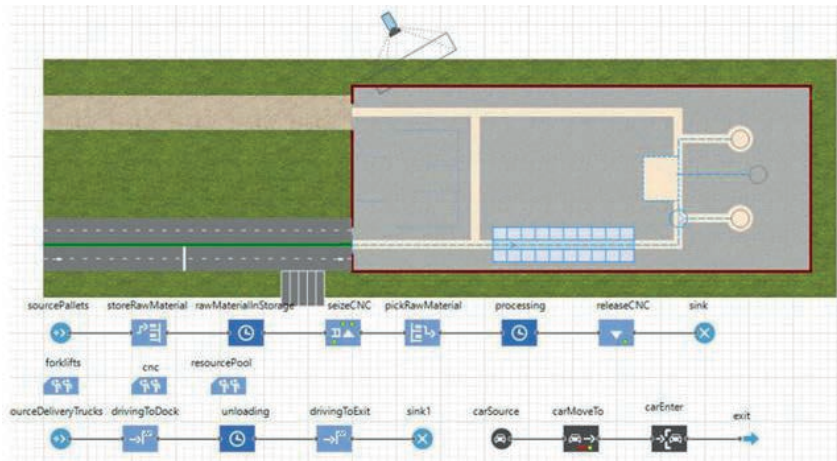


Рис. 3. Имитационная модель производственного цеха
Fig. 3. Simulation model of the production shop



Рис. 4. Зона парковки в модели
Fig. 4. Parking area in the model



Рис. 5. Диаграмма процесса движения автомобилей сотрудников
Fig. 5. Diagram of the employee car movement process

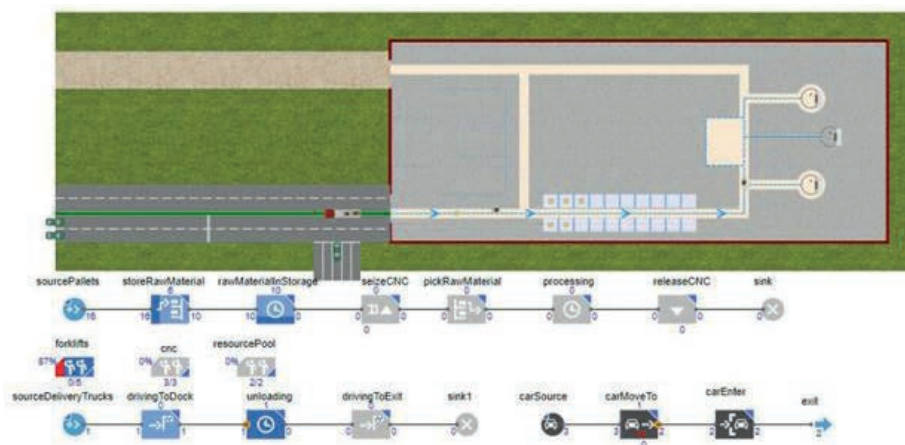


Рис. 6. Результат запуска модели
Fig. 6. The result of running the model

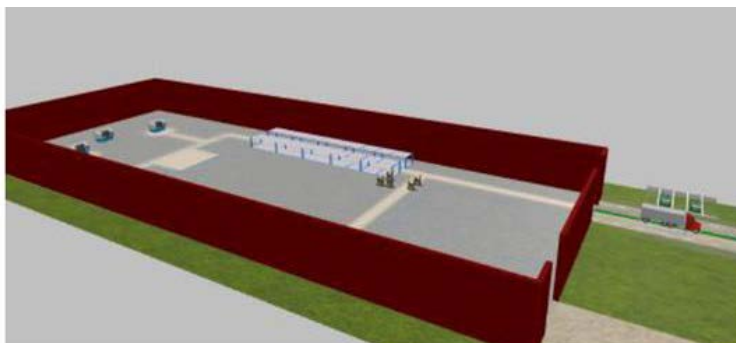


Рис. 7. Результат запуска модели в режиме 3D

Fig. 7. The result of running the model in 3D mode

Выводы

Применение в учебном процессе имитационного подхода при анализе и прогнозировании поведения сложных систем приводит к тому, что обучение становится более удобным, наглядным, информативным за счет применения инструментов программной среды AnyLogic и возможности наблюдения за поведением системы в режиме реального времени. Все это ускоряет освоение студентами образовательных дисциплин и позволяет подготавливать специалистов с профессиональными и цифровыми компетенциями в области анализа, прогнозирования и оптимизации работы сложных систем различных областей. В ходе разработки имитационной модели у студентов приобретаются знания, умения и навыки по изучению поведения сложных систем.

Рассмотренный процесс построения имитационной модели производственного цеха в среде AnyLogic PLE с применением дискретно-событийной методологии, с использованием библиотек моделирования процессов и дорожного движения, может быть применен в рамках освоения учебных дисциплин основных образовательных программ бакалавриата и магистратуры при формировании профессиональных и цифровых компетенций обучающихся технических вузов.

Источники

- Бодрякова Л. Н., Мухаметдинова С. Х., Петухов М. В. (2020) Применение функционально ориентированного моделирования для анализа эффективности бизнес-процессов (на примере изготовления швейных изделий). Наука о человеке: гуманитарные исследования, т. 14, № 3, с. 174–181.
- Боев В. Д. (2021) Компьютерное моделирование в среде AnyLogic. М., Юрайт. 298 с.
- Веремчук Н. С. (2021а) Об имитационном моделировании элементов дорожной сети. Перспективы науки, № 12, с. 38–41.
- Веремчук Н. С. (2021б) О разработке имитационной модели доставки груза. Перспективы науки, № 11, с. 41–45.
- Кузьмин П. И., Мищенко И. К., Ощепков М. Е. (2020) Использование имитационного моделирования для повышения эффективности швейного производства. Известия АлтГУ. Математика и механика, № 1 (111), с. 105–110.
- Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бекларян Г. Л., Акопов А. С., Ровенская Е. А., Стрелковский Н. В. (2022) Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости. Экономика и математические методы, т. 58, № 1, с. 113–130.
- Масюк Н. Н., Куликова О. М., Усачева Е. В. (2020) Применение имитационного моделирования и агентного подхода при решении задач планирования и оптимизации в здравоохранении РФ. Наука о человеке: гуманитарные исследования, т. 14, № 3, с. 198–207.
- Привалова Ю. И. (2021) Цифровая грамотность и цифровые компетенции как основа подготовки специалиста технического вуза. Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Омск, с. 488–491.
- Щербаков С. М., Теплякова Е. Д., Румянцев С. А., Василенок А. В. (2017) Имитационное моделирование в задачах управления медицинской организацией амбулаторного типа. Социальные аспекты здоровья населения, № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-v-zadachah-upravleniya-meditsinskoy-organizatsiyey-ambulatornogo-tipa>.
- Beklaryan L., Khachatryan N., Akopov A. (2019) Model for organization cargo transportation at resource restrictions. International Journal of Applied Mathematics, vol. 32, no. 4, pp. 627–640.
- Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Beklaryan G. L. (2019) Developing digital twins for production enterprises. Business Informatics, vol. 14, no. 1, pp. 7–16.

References

- Beklaryan L., Khachatryan N., Akopov A. (2019) Model for organization cargo transportation at resource restrictions. *International Journal of Applied Mathematics*, vol. 32, no. 4, pp. 627–640.
- Bodryakova L. N., Mukhametdinova S. Kh., Petukhov M. V. (2020) Primenenie funkcional'no orientirovannogo modelirovaniya dlya analiza effektivnosti biznes-processov (na primere izgotovleniya shvejnyh izdelij) [Function-specific simulation in analysis of business processes efficiency (on the example of ready-made garments production)]. *The Science of Person: Humanitarian Researches*, vol. 14, no. 3, pp. 174–181. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.21 (In Russian).
- Boev V. D. (2021) Komp'yuternoe modelirovanie v srede AnyLogic [Computer simulation in the AnyLogic environment]. Moscow, YurajtPubl., 298 p. (In Russian).
- Kuzmin P. I., Mishchenko I. K., Oshchepkov M. E. (2020) Ispol'zovanie imitacionnogo modelirovaniya dlya povysheniya effektivnosti shvejnogo proizvodstva [The use of simulation to improve the efficiency of clothing production]. *Izvestiya of Altai State University. Mathematics and Mechanics*, no. 1 (111), pp. 105–110 (In Russian).
- Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Beklaryan G. L., Akopov A. S., Rovenskaya E. A., Strelkovskiy N. V. (2022) Agentnoe modelirovanie social'no-ekonomicheskikh posledstviy migracii pri gosudarstvennom regulirovanii zanyatosti [Agent-based modeling of socio-economic consequences of migration under state regulation of employment]. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 58, no. 1, pp. 113–130 (In Russian).
- Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Beklaryan G.L. (2019) Developing digital twins for production enterprises. *Business Informatics*, vol. 14, no. 1, pp. 7–16.
- Masyuk N. N., Kulikova O. M., Usacheva E. V. (2020). Primenenie imitacionnogo modelirovaniya i agentnogo podhoda pri reshenii zadach planirovaniya i optimizacii v zdavoohranenii RF [Application of simulation modeling and agent approach in solving planning and optimization problems in healthcare of the Russian Federation]. *The Science of Person: Humanitarian Researches*, vol. 14, no. 3, pp. 198–207. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.24 (In Russian).
- Privalova Yu. I. (2021) Cifrovaya gramotnost' i cifrovye kompetencii kak osnova podgotovki specialista tekhnicheskogo vuza [Digital literacy and digital competencies as the basis for training a specialist at a technical university]. *Architectural and construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations. Collection of materials of the VI International Scientific and Practical Conference*. Omsk, pp. 488–491 (In Russian).
- Shcherbakov S. M., Teplyakova E. D., Rumyantsev S. A., Vasilenok A. V. (2017) Imitatsionnoe modelirovanie v zadachakh upravleniya meditsinskoy organizatsiey ambulatornogo tipa [Simulation modeling in the problems of managing an outpatient medical organization]. *Social aspects of public health*, no. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-v-zadachah-upravleniya-meditsinskoy-organizatsiey-ambulatornogo-tipa> (In Russian).
- Veremchuk N. S. (2021a) Ob imitacionnom modelirovanii elementov dorozhnoj seti [On simulation modeling of road network elements]. *Science Prospects*, no. 12, p. 38–41 (In Russian).
- Veremchuk N. S. (2021b) O razrabotke imitacionnoj modeli dostavki gruzha [On the development of a simulation model for cargo delivery]. *Science Prospects*, no. 11, pp. 41–45 (In Russian).

Информация об авторах

Веремчук Наталья Сергеевна

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, РФ.
ORCID ID: 0000-0002-2709-9755.
E-mail: n-veremchuk@rambler.ru

Привалова Юлия Ивановна

Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой физики и математики. Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, РФ.
ORCID ID: 0000-0003-1425-3079.
E-mail: yuliya.privalova.77@list.ru

Autor's information

Natalya S. Veremchuk

Cand. Sc. (Physic. and Mathemat.), Associate Professor, Department of Applied Informatics. The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation.
ORCID ID: 0000-0002-2709-9755.
E-mail: n-veremchuk@rambler.ru

Yulia I. Privalova

Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Head of Physics and Mathematics Department. The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation.
ORCID ID: 0000-0003-1425-3079.
E-mail: yuliya.privalova.77@list.ru