

Разработка информационной системы поддержки и планирования предпроектных работ по газификации

В.В. Соболева, П.Н. Садчиков

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является разработка информационной системы поддержки и планирования предпроектных работ по газификации объекта. **Метод.** Для выявления зависимостей между элементами бизнес-процессов газификации объекта составлена теоретико-множественная модель. Выявлены критерии, влияющие на подбор оборудования, разработан алгоритм автоматизации процесса подбора оборудования, необходимого для газификации объекта. **Результат.** Представлено решение задач разработки моделей, алгоритмов и информационной системы поддержки и планирования предпроектных работ по газификации. Построены теоретико-множественная модель и алгоритмы для автоматизации формирования проектной документации. **Вывод.** Информационная система позволяет вводить данные по газифицируемым объектам, регистрировать заявки на газификацию, подбирать оборудование и проводить гидравлические расчеты, формировать договоры с пояснительной запиской и отчеты.

Ключевые слова: информационная система, газификация, планирование и мониторинг работ, автоматизация процессов, теоретико-множественная модель, база данных, весовой показатель, экономическая эффективность, экологическая целесообразность

Для цитирования: В.В. Соболева, П.Н. Садчиков. Разработка информационной системы поддержки и планирования предпроектных работ по газификации. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(4):147-153. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-147-153

Development of an information system to support and plan pre-project work on gasification

V.V. Soboleva, P.N. Sadchikov

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering,
18 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russia

Abstract. Objective. The purpose of the study is to develop an information system for supporting and planning pre-project work on gasification of the facility. **Method.** A set-theoretic model was developed. Criteria influencing equipment selection were identified, and an algorithm was developed to automate the process of selecting equipment for gasification of a facility. **Result.** The article presents the results of a study aimed at solving the problems of developing models, algorithms and an information system for supporting and planning pre-project gasification work. A set-theoretic model and algorithms were built to automate the formation of project documentation. **Conclusion.** The information system allows you to enter data on gasified facilities, register applications for gasification, select equipment and carry out hydraulic calculations, form contracts with an explanatory note and reports.

Keywords: information system, gasification, planning, work monitoring, process automation, set-theoretical model, database, weighting indicator, efficiency, environmental feasibility

For citation: V.V. Soboleva, P.N. Sadchikov. Development of an information system to support and plan pre-project work on gasification. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025;52(4):147-153. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-147-153

Введение. В последние годы в области планирования работ по газификации наблюдается ряд новых тенденций. Во-первых, все большее внимание уделяется вопросам устойчивого развития. При планировании газификации необходимо учитывать ее влияние на окружающую среду и социальные аспекты [1-3]. Во-вторых, широко используются современные информационные технологии. Они позволяют автоматизировать процесс планирования и повысить его эффективность [4-10].

В настоящее время в России проводится масштабная программа газификации. В рамках этой программы планируется газифицировать более 50 миллионов домовладений и предприятий [11], [12]. Планирование работ по газификации в рамках этой программы является сложной и многогранной задачей. Она требует использования современных методов и технологий, а также учета всех аспектов устойчивого развития.

В области планирования работ по газификации выделены основные направления исследований:

1. Разработка системных методов планирования газификации, позволяющих учитывать ее влияние на экономику, окружающую среду и социальные аспекты [13], [14];
2. Оценка экономической эффективности и экологической целесообразности реализации проектов по газификации [15], [16];
3. Сокращение сроков подготовки проектной документации и дальнейшей реализации посредством использования методов и средств автоматизации работ [17], [18].

Постановка задачи. Применение информационных систем (ИС) для планирования работ по газификации имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами планирования. Во-первых, ИС позволяют учитывать более широкий круг факторов, влияющих на процесс газификации. Например, они могут учитывать данные о спросе на природный газ, о наличии ресурсов, о технических характеристиках оборудования, о финансовых ограничениях и т. д. [19] Во-вторых, ИС могут обеспечить более эффективное решение сложных задач, таких как оптимизация маршрутов газопровода или выбор оптимального варианта газификации конкретного объекта. В-третьих, могут сократить время и трудозатраты на планирование работ по газификации [20].

В настоящее время в мире существует ряд примеров применения информационных систем для планирования работ по газификации. Например, в Китае компания Sinopac использует их для оптимизации маршрутов газопровода. В России компания «Газпром» использует ИС для планирования газификации регионов; компания «Газпром Нефтехим Салават» для выбора оптимальной конфигурации оборудования газопроводов, «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» для планирования и составления графиков ремонта газопроводов и сокращения времени простоев.

С развитием технологий и появлением новых методов искусственного интеллекта, таких как нечеткое принятие решений, генетические алгоритмы и оптимизация роя частиц, появляется возможность создания более интеллектуальных систем.

Конкретный алгоритм планирования проектных работ по газификации может варьироваться в зависимости от размера и сложности проекта, а также требований и регулиций конкретного региона. Однако, для каждого из них характерно: определение целей в рамках данного проекта по газификации; определение объема работ, необходимых для газификации (расчет падения давления в газовой трубе, подбор оборудования в зависимости от требований и расхода газа и т. д.); оценка затрат, необходимых для выполнения проекта (материалы, оборудование, трудовые ресурсы и др.); установление последовательности выполнения работ; составление календарного графика реализации отдельных этапов выполнения работ; определение конечных сроков для каждого этапа и всего проекта в целом.

Методы исследования. Для лучшего понимания процессов планирования газификации и выявления зависимостей между их элементами рассмотрены бизнес-процессы были формализованы в виде теоретико-множественной модели.

Процесс планирования газификации можно представить в виде следующей совокупности множеств (1):

$$GZ = \{Z, M, R, P, D\}, \quad (1)$$

где Z – множество заявок на газификацию объектов;
 M – множество мероприятий, проводимых для разработки проекта газификации;
 R – множество ресурсов, используемых для газификации;
 P – множество организаций, осуществляющих согласование заявки;
 D – множество документов, подготавливаемых по итогам проводимых проектных работ.
 Рассмотрим каждое множество более подробно.

Основанием для выполнения проектных работ являются обращения клиентов $z_i \in Z$.

В заявке z_i указываются следующие данные (2):

$$z_i = \{o_i, A_i, k_i, w_i\}, \quad (2)$$

где o_i – газифицируемый объект;
 A_i – газовое оборудование объекта газификации;
 k_i – клиент, для которого требуется разработать проект газификации;
 w_i – требуемые работы, указанные в заявке.

Для объекта, по формуле 3, учитываются следующие параметры, которые влияют на последующие проектные работы:

$$o_i = \{n, l, c\}, \quad (3)$$

где n – наименование объекта; l – месторасположение объекта;
 c – дополнительные характеристики объекта, которые необходимо учитывать в проекте газификации.

Согласующие организации входят в зависимость от совокупности требуемых работ и определяются формулой 4:

$$w \rightarrow P. \quad (4)$$

В соответствии с моделью бизнес-процессов мероприятия M можно представить в виде объединения четырех подмножеств, соответствующих основным этапам планирования работ (5):

$$M = M_1 \cup M_2 \cup M_3 \cup M_4, \quad (5)$$

где M_1 – множество мероприятий, связанных с приемом заявок на газификацию и проверку принятых документов;

M_2 – множество мероприятий по подготовительным работам, связанным с заключением договора с клиентом, изучением нормативов, сбором информации по объекту и доступным ресурсам и т.д.;

M_3 – множество основных мероприятий, связанных с проектными работами (проведение расчетов, составление проектной документации, согласование смет и т.д.);

M_4 – множество мероприятий для сдачи проектных работ заказчику.

Для каждого мероприятия $m \in M$ привлекаются ресурсы $R = \{r\}$, включающие три основные составляющие и определяемые по формуле 6:

$$R = T \cup B \cup U, \quad (6)$$

где T – множество сотрудников, осуществляющих работу по управлению инцидентами;

B – финансовые ресурсы, затрачиваемые на решение инцидента;

U – множество материальных ресурсов, использованных для проведения ремонтных работ.

В результате проектных работ составляются документы D , включающие (7):

$$D = C \cup I \cup E \cup L, \quad (7)$$

где C – множество договоров между заказчиками и проектным центром;

I – проект газификации (документация и чертежи, состав которых зависит от характеристик проектируемого газопровода);

E – множество актов выполненных работ;

L – сметы по проектным работам.

Параметры проектной документации I рассчитываются по специальным формулам F и зависят от таких характеристик газифицируемых узлов, как диаметр d , длина l и расход газа s (8):

$$I = F(d, l, s). \quad (8)$$

Смета определяется ресурсами, привлекаемыми для составления проекта (9):

$$R \rightarrow L. \quad (9)$$

Ресурсы в свою очередь характеризуются их наименованием nr , типом tr и ценой pr (10):

$$R = \{nr, tr, pr\}. \quad (10)$$

В результате проведенного исследования были выявлены наиболее существенные критерии, влияющие на подбор оборудования:

- размер и тип объекта (для квартир может быть рекомендовано использование газовых котлов или комбинированных котлов для отопления и горячего водоснабжения, для домовладений могут потребоваться более мощные системы отопления и бойлеры);
- потребности в энергии (система должна рекомендовать оборудование, которое может обеспечить необходимую энергию для удовлетворения потребностей в отоплении, водоснабжении и пищеприготовлении);
- цена оборудования (система должна предлагать варианты, соответствующие финансовым возможностям клиента, и давать рекомендации о различных ценовых категориях оборудования).

Обсуждение результатов. Разработка информационной системы поддержки и планирования предпроектных работ по газификации. В соответствии с проведенным анализом и выделенными критериями был разработан алгоритм, позволяющий автоматизировать процесс подбора оборудования, необходимого для газификации объекта (рис. 1).

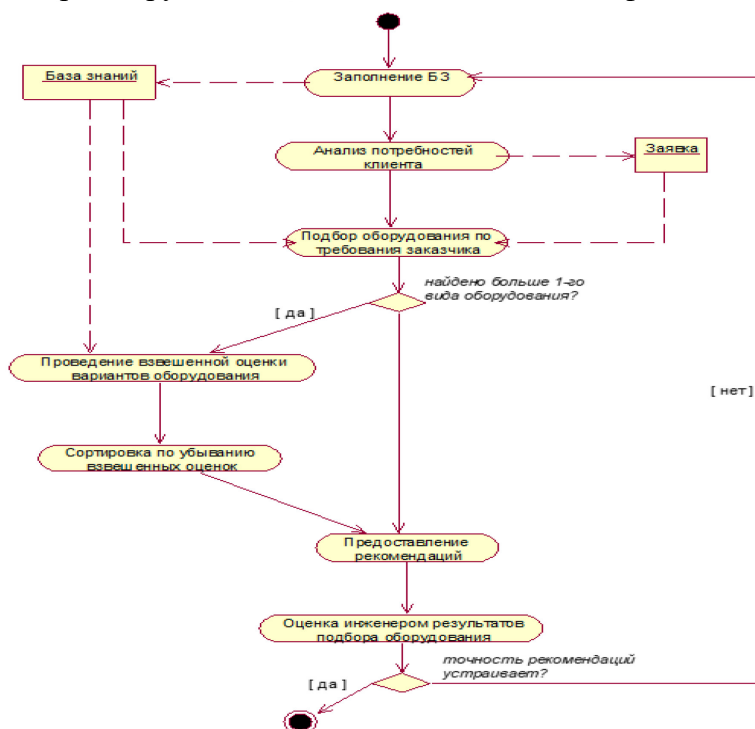


Рис. 1 – Алгоритм подбора оборудования
Fig. 1 – Equipment selection algorithm

Его реализация дает возможность оценить варианты представленного в справочниках оборудования, основываясь на результатах выполнения рассмотренных критериев, а также заполнить базу знаний доступных технических решений при учете предпочтений и бюджета заказчика. Кроме того, алгоритм учитывает ограничения по техническим требованиям и нормативами и предоставляет только варианты оборудования, которые будут соответствовать требуемым нормам безопасности. Если под критерии подходит несколько видов оборудования для отфильтрованного списка рассчитываются их взвешенные оценки по релевантности запросам клиента и технологическим условиям с учетом приоритета. Алгоритм расчета весов критериев приведен на рис. 2.

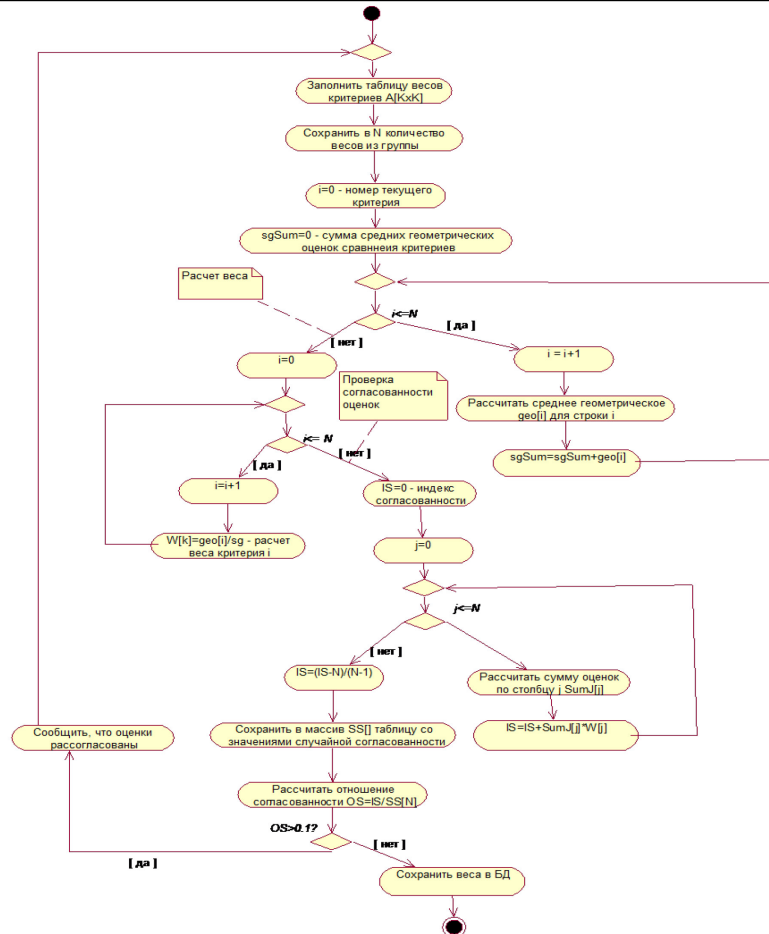


Рис. 2 – Алгоритм расчета весов критериев
 Fig. 2 – Algorithm for calculating criteria weights

Для взвешенной оценки рекомендуемого оборудования и выбора альтернатив используются методы принятия решения на основе решения задачи максимизации, согласно которой для каждого вида оборудования вычисляется функция полезности F_i (11):

$$F_i = \sum_{j=1}^k u_{ij} \cdot W_j, \quad (11)$$

где u_{ij} – нормированное значение критерия j для альтернативного оборудования i ; W_j – вес критерия j .

В результате выбирается то оборудование, для которого функция полезности максимальная. Для нормализованной оценки альтернативного оборудования по критерию используются формулы (12) и (13).

$$u_{ij} = \frac{U_{ij} - U_j^{\min}}{U_j^{\max} - U_j^{\min}} \quad (12)$$

$$u_{ij} = \frac{U_j^{\max} - U_{ij}}{U_j^{\max} - U_j^{\min}} \quad (13)$$

где U_{ij} – значение критерия j для альтернативного оборудования i ;

U_j^{\min} – минимальное значение критерия j среди всех видов оборудования;

U_j^{\max} – максимальное значение критерия j среди всех видов оборудования.

Веса критериев устанавливаются для каждого заказа индивидуально. Веса рассчитываются автоматически и могут принимать значения от 0 до 1. При этом эксперт может изменить веса методом парных сравнений. Роль эксперта выполняет инженер-проектировщик.

Вывод. В ходе проведения исследования была разработана информационная система поддержки и планирования предпроектных работ по газификации. Данная система позволяет автоматизировать процесс предпроектных расчетов путем разработки алгоритма

планирования работ по газификации, учитывающего специфику этапов, зависящих от вида объекта и требований заказчика, с помощью метода взвешенных оценок альтернативных решений. Реализация разработанной информационной системы по подбору оборудования позволит:

- упростить и ускорить процесс необходимых расчетов для проектных работ,
- оптимизировать этап анализа и оценки,
- снизить вероятность ошибок неправильного выбора,
- повысить качество предоставляемых услуг.

Благодаря программному средству значительно сократятся время и усилия, затрачиваемые сотрудниками компании на подбор оборудования для каждого объекта газификации. В перспективе разработанная программа может быть интегрирована с другими программными системами организаций по планированию работ по газификации.

Библиографический список:

1. Богомолов А.А., Баратинский Ю.В. Методики планирования и управления проектами газификации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. - № 1(87). - С. 94-98.
2. Конев В.И., Пастухов Д.А. Использование сетевого планирования при реализации проекта газификации территорий // Молодежь и наука в XXI веке: сборник трудов международной научной конференции. - 2017. - Том 4. - С. 265-269.
3. Крылова О.И., Кириченко В.П. Моделирование процесса планирования и управления проектами газификации // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. - 2018. - Том 61. - № 9. - С. 718-725.
4. Дуда Ю.В., Бровка Д.Д., Голомазов Ю.В. Оптимизация планирования и управление ресурсами сложных проектных работ газификации // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2013. - № 1. - С. 65-76.
5. Приходько В.В., Широков В.Н. Система поддержки и планирования проектных работ по газификации с использованием алгоритмов генетического поиска // Вестник Чувашского университета. Серия: Технические науки. - 2007. - № 1(43). - С. 90-96.
6. Литвинов В.В., Литвинова И.В. Автоматизация и планирование работ на объектах газификации. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 320с.
7. Гусева О.В., Гусев В.В. Планирование крупных проектов газификации с использованием пакета MS Project // Материалы XXVIII Международной конференции «Научное развитие: региональный и международный опыт». - 2019. - С. 203-206.
8. Мухин А.А. Компьютерная система планирования и управления работами по газификации территорий // Проблемы экологии и устойчивого развития. - 2015. - № 3(43). - С. 14-18.
9. Туровский А.Г. Алгоритмы оптимизации и планирования проектных работ по газификации // Сибирский научный вестник. - 2014. - № 6(105). - С. 166-171.
10. Шмат В.Н., Мироненко Д.В. Автоматизация управления процессом газификации при использовании системы планирования и контроля работ // Газовая промышленность. - 2012. - № 11. - С. 65-69.
11. АО «Газпром газораспределение Ленинградская область»: [официальный сайт]. – URL: <https://www.gazprommap.ru/lenobl/>
12. Официальный сайт программы газификации России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazprommap.ru/>
13. Нефёдов Л.И., Шевченко М.В. Прикладная информационная технология организации, планирования и синтеза мониторинга регионального газоснабжения // Информационные технологии. 2016. № 5. С. 45-52.
14. Сурнин А.Ф. Муниципальные информационные системы: опыт разработки и эксплуатации. - Обнинск: ИАТЭ, 1998. - 214 с.
15. Ефремов Э.И., Ефремов А.Э. Методологические и методические основы оценки эффективности газификации населённых пунктов // Газовая промышленность. - 2015. - № 12. - С. 56-61.
16. Наумова Н.С. Моделирование и оптимизация процесса газификации // Вестник МГСУ. - 2018. - Т. 13, № 5. - С. 112-120.
17. Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Эффективное внедрение цифровых технологий в сфере газоснабжения // Цифровая трансформация. - 2022. - № 3(15). - С. 45-53.
18. Мальков А.В., Баландин Д.В., Большакова М.Н., Знаменский А.В. Автоматизированная система управления распределением газа ОАО "Уральские газовые сети" // Автоматизация в промышленности. - 2009. - № 7. - С. 34-39.
19. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 557 "О порядке планирования, разработки и реализации программ газификации субъектов Российской Федерации" // Собрание законодательства РФ. - 2010. - № 31. - Ст. 4252.

20. Спектор Н.С. Области эффективной реализации проектов газификации // Энергетическая политика. - 2017. - № 4(122). - С. 78-85.

References:

1. Bogomolov A.A., Baratinsky Yu.V. Methods of planning and management of gasification projects. *Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics*. 2014;1(87): 94-98. (In Russ)
2. Konev V.I., Pastukhov D.A. The use of network planning in the implementation of the project of gasification of territories // Youth and science in the XXI century: a collection of works of an international scientific conference. 2017;4:265-269. (In Russ)
3. Krylova O.I., Kirichenko V.P. Modeling the process of planning and managing gasification projects. *News of higher educational institutions. Instrument making*. 2018;61(9):718-725. (In Russ)
4. Duda Yu.V., Brovkina D.D., Golomazov Yu.V. Optimization of planning and resource management of complex gasification design works. *Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)*. 2013;1: 65-76. (In Russ)
5. Prikhodko V.V., Shirokov V.N. System of support and planning of design work on gasification using genetic search algorithms. *Bulletin of Chuvash University. Series: Technical Sciences*. 2007;1(43): 90-96. (In Russ)
6. Litvinov V.V., Litvinova I.V. Automation and planning of work at gasification facilities. - M.: Academy Publishing Center, 2008. - 320. (In Russ)
7. Guseva O.V., Gusev V.V. Planning of major gasification projects using the MS Project package // Materials of the XXVIII International Conference "Scientific Development: Regional and International Experience." – 2019; 203-206. (In Russ)
8. Mukhin A.A. Computer system for planning and management of work on gasification of territories. *Problems of ecology and sustainable development*. 2015;3(43):14-18. (In Russ)
9. Turovsky A.G. Algorithms for optimization and planning of design work on gasification. *Siberian Scientific Bulletin*. 2014;6(105): 166-171. (In Russ)
10. Shmat V.N., Mironenko D.V. Automation of the gasification process control using the work planning and control system. *Gas industry*. 2012;11:65-69. (In Russ)
11. Gazprom Gas Distribution Leningrad Region JSC: [official website]. – URL: <https://www.gazprom-map.ru/lenobl/> (In Russ)
12. The official website of the Russian gasification program [Electronic resource]. URL: <https://www.gazprom-map.ru/> (In Russ)
13. Nefyodov L.I., Shevchenko M.V. Applied information technology of organization, planning and synthesis of monitoring of regional gas supply. *Information technologies*. 2016;5: 45-52. (In Russ)
14. Surnin A.F. Municipal information systems: development and operation experience. Obninsk:IATE, 1998:214
15. Efremov E.I., Efremov A.E. Methodological and methodological foundations for assessing the effectiveness of gasification of settlements. *Gas industry*. 2015;12.:56-61. (In Russ)
16. Naumova N.S. Modeling and optimization of the gasification process. *Bulletin of MGSU*. 2018;13(5):112-120.
17. Beloglazova T.N., Romanova T.N. Effective implementation of digital technologies in the field of gas supply. *Digital transformation*. 2022;3(15): 45-53. (In Russ)
18. Malkov A.V., Balandin D.V., Bolshakova M.N., Znamensky A.V. Automated gas distribution control system of OJSC Ural Gas Networks. *Automation in industry*. 2009;7: 34-39. (In Russ)
19. Decree of the Government of the Russian Federation of July 27, 2010 No. 557 "On the Procedure for Planning, Development and Implementation of Gasification Programs of the Constituent Entities of the Russian Federation". *Collection of Legislation of the Russian Federation*. 2010;31: 4252. (In Russ)
20. Spector N.S. Areas of effective implementation of gasification projects. *Energy policy*. 2017;4(122):78-85.

Сведения об авторах:

Соболева Вера Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования; veravsoboleva@yandex.ru

Садчиков Павел Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования, pn_sadchikov@mail.ru

Information about authors:

Vera V. Soboleva, Cand. Sci. (Pedagog.), Assoc. Prof., Department of Computeraided Design and Modeling Systems; veravsoboleva@yandex.ru

Pavel N. Sadchikov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc.Prof., Department of Computeraided Design and Modeling Systems, pn_sadchikov@mail.ru

Конфликт интересов / Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 30.07.2025.

Одобрена после рецензирования/Revised 01.09.2025.

Принята в печать /Accepted for publication 01.11.2025.