

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)
УДК 006.015
DOI: 10.18503/1995-2732-2026-24-1-108-115



РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Родионов Н.В., Загидуллин Р.С.

Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королева, Самара, Россия

Аннотация. При выполнении на промышленных предприятиях научно-исследовательских опытно-конструкторских и технологических работ наблюдается проблема, при которой реализация новейших изделий сопровождается технико-экономическими рисками, ведущими к срыву выполнения этапов жизненного цикла создаваемых новых изделий. В обеспечении решения проблемы поставлена задача, которая заключается в том, чтобы на этапе проектирования новых изделий усовершенствовать оценку технологической готовности и качества новых технических решений. Цель исследования заключается в практической апробации разработанной методики оценки качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений. При решении поставленной задачи использована экспертная шкала оценки технологической готовности проектов, а также многокритериальный экспертный метод оценки показателей качества альтернативных исполнений признаков новых технических решений. Новизна исследования заключается в создании методики экспертной оценки альтернативных исполнений признаков новых технических решений, отличающихся от аналогичных методик алгоритмом, способным осуществлять отбор и формирование компонентного состава альтернативных исполнений новых технических решений с максимизированными значениями оценок технологической готовности и показателей качества. Результаты исследования представляют собой: разработанную блок-схему, отражающую порядок оценки альтернативных исполнений признаков новых технических решений при проектировании разработок на промышленном предприятии; разработанный бланк по заполнению экспертных оценок качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений; разработанную математическую зависимость между показателями качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений. Выполнена апробация разработанной методики оценки качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений на примере изобретения, относящегося к головному обтекателю ракеты-носителя космического назначения. Практическая значимость исследования заключается в повышении качества проектирования новейших разработок.

Ключевые слова: разработка, технологическая готовность, новое техническое решение, изобретение, качество, методика, алгоритм, экспертный метод

© Родионов Н.В., Загидуллин Р.С., 2026

Для цитирования

Родионов Н.В., Загидуллин Р.С. Разработка методики оценки качества и технологической готовности новых технических решений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2026. Т. 24. №1. С. 108-115. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-1-108-115>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY AND TECHNOLOGICAL READINESS OF NEW TECHNICAL SOLUTIONS

Rodionov N.V., Zagidullin R.S.

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russia

Abstract. When performing research, development and technological work at industrial enterprises, there is a problem in which the implementation of the latest products is accompanied by technical and economic risks leading to disruption of the life cycle stages of the new products. In order to provide a solution to the problem, the task is to improve the assessment of technological readiness and quality of new technical solutions at the design stage of new products. The objective of the research is to practically test the developed methodology for assessing the quality and technological readiness of alternative implementations of the features of new technical solutions. To solve this problem, an expert scale for assessing the technological readiness of projects has been used, as well as a multi-criteria expert method for assessing the quality indicators of alternative implementations of features of new technical solutions. The novelty of the research lies in the creation of a methodology for expert assessment of alternative implementations of features of new technical solutions, which differ from similar methods by an algorithm capable of selecting and forming a component composition of alternative implementations of new technical solutions with maximized values of technological readiness estimates and quality indicators. The research results include: a developed flowchart reflecting the procedure for assessing alternative implementations of features of new technical solutions when designing developments at an industrial enterprise; a developed form for completing expert assessments of the quality and technological readiness of alternative implementations of features of new technical solutions; a developed mathematical relationship between the quality and technological readiness indicators of alternative implementations of features of new technical solutions. The developed methodology for assessing the quality and technological readiness of alternative implementations of the features of new technical solutions has been tested using the example of an invention related to the nose fairing of a space-purpose launch vehicle. The practical significance of the research lies in improving the design quality of the latest developments.

Keywords: development, technological readiness, new technical solution, invention, quality, methodology, algorithm, expert method

For citation

Rodionov N.V., Zagidullin R.S. Development of a Methodology for Assessing the Quality and Technological Readiness of New Technical Solutions. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2026, vol. 24, no. 1, pp. 108-115. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-1-108-115>

Введение

Изобретательская деятельность осуществляется при выполнении на предприятиях научно-исследовательских опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР). В состав результатов изобретательской деятельности входят новые технические решения, которые представляют собой концепции реализации технических задач. При этом концепции выражаются на разных уровнях детализации описания взаимодействующих признаков (детали, устройства, приспособления и т.д.). Результаты исследования [1] показывают, что при выполнении проектных работ НИОКТР осуществляется отбор новых технических решений с учетом их оценок качества и технологической готовности.

Анализ публикаций [2-9] показывает, что для сравнительной оценки технологической готовности и показателей качества новых технических решений применяются многокритериальные экспертные подходы (шкала оценки технологической готовности проектов (technology readiness level – TRL), метод анализа иерархий (МАИ); метод ELECTRE, метод БОФа и т.д.) для

увеличения точности принятия решений по выбору оптимизируемых новых технических решений. Необходимо увеличивать точность оценки рангов технологической готовности и качества новых технических решений на основе вышеуказанных подходов для повышения качества принятия решений по использованию конкурентоспособных новых технических решений. При этом, согласно данным Роспатента за 2024 год, доля используемых объектов интеллектуальной собственности, относящихся к техническим решениям, составляет 11% [10].

В связи с вышеизложенным наблюдается проблема по отсутствию инструментария, обеспечивающего проведение оценки показателей качества и практической реализации новых технических решений по их признакам. Определены следующие задачи: разработать бланк экспертного метода оценки качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений; разработать математические выражения для ранжирования и формирования компонентного состава альтернативных исполнений признаков новых техниче-

ских решений по оптимизируемым значениям показателей качества и технологической готовности; разработать блок-схему, отражающую последовательность этапов реализации разработанной модели, и провести её апробацию.

Новизна исследования заключается в том, что разработанная методика способствует формированию компонентного состава альтернативных исполнений признаков новых технических решений по оптимизируемым значениям оценок технологической готовности и показателей качества. Актуальность исследования выражается в том, что использование разработанной методики способствует повышению точности оценки технологической готовности и показателей качества новых технических решений. Кроме того, промышленные предприятия, используя разработанную методику, способны увеличить полезный эффект от использования новых технических решений при реализации НИОКТР.

Разработанная методика подлежит к применению в конструкторских подразделениях промышленных предприятий и является инструментарием по экспертизе новых технических решений. Результаты методики представляют собой определение рангов показателей технологической готовности и качества альтернативных исполнений признаков новых технических решений. Использование полученных результатов способствует реализации положений методологии по совершенствованию качества производственных процессов «Шесть сигм» [11, 12]. Также стоит отметить, что разработанная методика способствует формированию производственных отчетов как по оценке эффективности управления НИОКТР, так и повышению технико-экономических показателей создаваемых новейших разработок на промышленных предприятиях. Теоретическая значимость исследования заключается в разработанной методике оценки технологической готовности и показателей качества альтернативных исполнений признаков новых технических решений на основе многокритериального экспертного метода и шкалы TRL.

Практическая значимость исследования заключается в полученных результатах, отражающих концептуальные положения по стандартизации оценки показателей качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений. Цель создания методики для промышленных предприятий заключается в оценке рангов показателей качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений на примере изобретения, относящегося к головному обтекателю ракеты-носителя космического назначения.

Материалы и методы исследования

По результатам анализа публикаций [13, 14] установлено, что оценка качества и технологической готовности новых технических решений осуществляется экспертной комиссией, в состав которой входят

специалисты инженерных специальностей. При этом отметим, что организация проведения оценки новых технических решений осуществляется организационно-распорядительной документацией по предприятию для определения новых технических решений, обладающих максимизированными оценками технологической готовности и показателей качества.

Ниже представлена разработанная блок-схема организации оценки альтернативных исполнений признаков новых технических решений по показателям качества и технологической готовности (рис. 1).

По рис. 1 отметим, что разработанная блок-схема способствует определению новых технических решений с максимизированными оценками технологической готовности и показателей качества альтернативных исполнений признаков изобретений. Отличительная особенность блок-схемы заключается в том, что посредством организации оценки новых технических решений обеспечивается контроль эффективности проводимых НИОКТР на промышленных предприятиях.

По результатам анализа публикации [15] отметим, что при оценке технологической готовности новых технических решений наиболее широко используется шкала TRL. При применении шкалы TRL по проектам НИОКТР каждый член экспертной комиссии присваивает значение экспертной бальной оценки, характеризующее степень текущей готовности промышленного предприятия к реализации новых технических решений, а именно: 1 – основные принципы признака изучены и опубликованы; 2 – концепция признака и/или его применения сформулированы; 3 – критические функции и/или характеристики признака подтверждены аналитическим и экспериментальным путем; 4 – компонент и/или макет признака испытаны в лабораторном окружении; 5 – компонент и/или макет признака испытаны в окружении, близком к реальному; 6 – модель прототипа признака продемонстрирована в окружении, близком к реальному; 7 – прототип признака продемонстрирован в условиях эксплуатации; 8 – признак завершен и квалифицирован в ходе испытаний и демонстраций; 9 – признак подтвержден путем успешной эксплуатации.

По результатам анализа публикаций [16-18] установлено, что использование шкалы TRL осуществляется с многокритериальными экспертными методами (метод анализ иерархий (МАИ); метод ELECTRE, метод БОФа и т.д.). При этом общими свойствами многокритериальных экспертных методов являются: определение номенклатуры оцениваемых объектов и их критериев; оценка весов значимости критериев; формирование экспертных оценок в отношении критериев оцениваемых объектов на основе бальной шкалы; получение результирующих показателей рангов качества критериев оцениваемых объектов; оценка качества согласования значений экспертных оценок, сформированных членами экспертной комиссии; ранжирование оцениваемых объектов с последующим выбором наиболее оптимизированного по значимым критериям.



Рис. 1. Блок-схема организации оценки качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений

Fig. 1. Flowchart of the organization of an assessment of quality and technological readiness of alternative implementations of features of new technical solutions

Получение результирующих значений показателей рангов качества новых технических решений определяется по формуле

$$R_{i_i} = \sum_{n=1}^n k_{f_i} \cdot o_{f_i}^{A_i}, \quad (1)$$

где n – количество i -х критериев оценки новых технических решений; $o_{f_i}^{A_i}$ – значение экспертной оценки критерия f_i оцениваемого нового технического решения A_i ; k_{f_i} – значение экспертной оценки веса значимости критерия f_i .

Отметим, что среди существующих моделей по оценке качества согласования значений экспертных оценок наиболее широко используется коэффициент конкордации Кендалла [19]:

$$W_{i_i} = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2)$$

где S – сумма квадратов разности между значениями показателей рангов качества новых технических решений и от их среднего значения; n – количество показателей качества; m – количество экспертов.

В обеспечение совершенствования выражений (1), (2), а также реализации разработанной блок-схемы, приведенной на рис. 1, определено выражение, способствующее определению ранга качества и технологической готовности альтернативных исполнений признаков новых технических решений:

$$K_{ТГК}^{НТР} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \max(OTG_{AI_i}^{ПР_i})}{n} \right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^m ((\max) \left(\sum_{i=1}^n OK_{AI_i}^{ПК_i} + ВПК_i \right))}{n \cdot m} \right), \quad (3)$$

где $OTG_{AI_i}^{ПР_i}$ – значение экспертной оценки технологической готовности альтернативного исполнения (AI_i) оцениваемого признака ($ПР_i$); $OK_{AI_i}^{ПК_i}$ – значение экспертной оценки показателя качества ($ПК_i$); $ВПК_i$ – значение веса значимости показателя качества ($ПК_i$); m – количество показателей качества ($ПК_i$); n – количество оцениваемых признаков в новом техническом решении.

Далее определяются нормированные значения коэффициента (3), используя показатель нормализации [20]:

$$N_{норм} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (4)$$

где x_i – среднее значение $K_{ПК}^{AI_iOPT}$; x_{\min} – минимальное среднее значение $K_{ПК}^{AI_iOPT}$; x_{\max} – максимальное среднее значение $K_{ПК}^{AI_iOPT}$.

После определения показателя нормализации осуществляется оценка качества согласованности

экспертных оценок посредством коэффициента корреляции Кендалла (2).

Результаты и их обсуждение

Экспертной комиссией в составе не менее пяти высококвалифицированных специалистов осуществлена апробация разработанной методики на примере изобретения, обеспеченного правовой охраной в форме интеллектуальной собственности: способ возврата головного обтекателя [20]. Фрагменты схематичного изображения описания работоспособности изобретения представлены на **рис. 2**.

При оценке способа возврата головного обтекателя в отношении их признаков (парашют, баллон вы-

сокого давления, ракетный двигатель, вертолет и крюк для захвата створки) осуществлено формирование наборов их альтернативных исполнений, описанных в международном патентном фонде [21]. При этом по каждому альтернативному исполнению каждым членом экспертной комиссии проведена оценка критерия технологической готовности, а также показателей качества: уменьшение площади разброса створок головного обтекателя; уменьшение риска механических повреждений створок головного обтекателя, а также уменьшение массы створок головного обтекателя. Ниже изображен фрагмент заполненного бланка разработанной методики (см. **таблицу**).

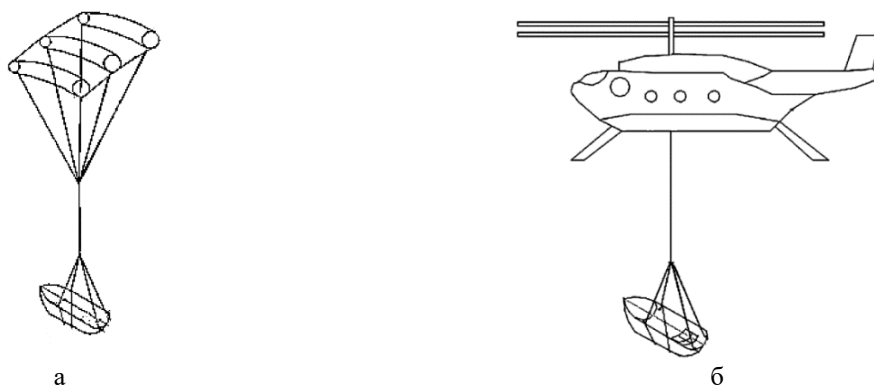


Рис. 2. Изображение работоспособности способа возврата головного обтекателя:
 а – спуск створки после раскрытия обтекателя в космическом пространстве;
 б – транспортировка створки вертолетом

Fig. 2. Image of operability of the nose fairing recovery method: a is descent of a fairing half after payload fairing separation in outer space; b is helicopter transport of the fairing half

Таблица. Фрагмент заполненного бланка экспертных оценок
 Table. Fragment of the completed form of expert estimates

Наименование признака	Альтернативное исполнение признака	TRL	Показатели качества		
			Уменьшение площади разброса створок обтекателя	Уменьшение риска механических повреждений створок обтекателя	Уменьшение массы створок обтекателя
Парашют	Парашют, выполненный в прямоугольной форме. Купол, состоящий из нескольких полотнищ, соединенных силовыми лентами	5	3	3	1
	Парашют, выполненный в круглой форме с коаксильными кольцами	5	3	1	3
Газовый баллон высокого давления	Парашют, выполненный в крестообразной форме и состоящий из коротких лопастей	7	9	9	9
	Баллон высокого давления, включающий корпус, выполненный в виде трубной оболочки	9	1	1	3
	Баллон высокого давления, содержащий металлический лайнер, включающий обечайку, в которой созданы напряжения сжатия	2	9	3	9

По таблице отметим, что значения экспертных оценок показателей качества принадлежат бальному диапазону $\{-5;5\}$. При этом 0 баллов характеризуется тем, что альтернативное исполнение признака не влияет на оцениваемый показатель качества. Баллы диапазона $\{-5;-1\}$ характеризуются уменьшением показателей качества по оцениваемому альтернативному исполнению признака. Баллы диапазона $\{1;5\}$, наоборот, характеризуются увеличением показателей качества по оцениваемому альтернативному исполнению признака.

Далее представлены результаты расчетов по показателям (3), (4) (рис. 3).

По рис. 3 отметим, что наиболее максимизированные оценки технологической готовности и качества альтернативных исполнений по выражениям (3), (4) в отношении оцениваемого изобретения имеют следующие признаки: вертолет «1» [22], крюк для захвата створки «0,9» [23], а также баллон высокого давления «0,8» [24]. Отметим, что принятие решения о достаточности результатов оценки новых технических решений осуществляется в случае, если по всем признакам значение коэффициента (4) составляет «1». При этом получен высокий уровень качества согласованности значений экспертных оценок из выражения (4): коэффициент конкордации Кендалла равен 0,86. По альтернативным исполнениям признаков крюка для захвата створки, баллона высокого давления, ракетного двигателя [25], а также парашюта [26] рекомендуется осуществить работы по доведению описания работоспособности изобретений на уровне концепций таким образом, чтобы при оценке критериев технологической готовности и качества достигнуть значения коэффициента по выражению (4) – «1».

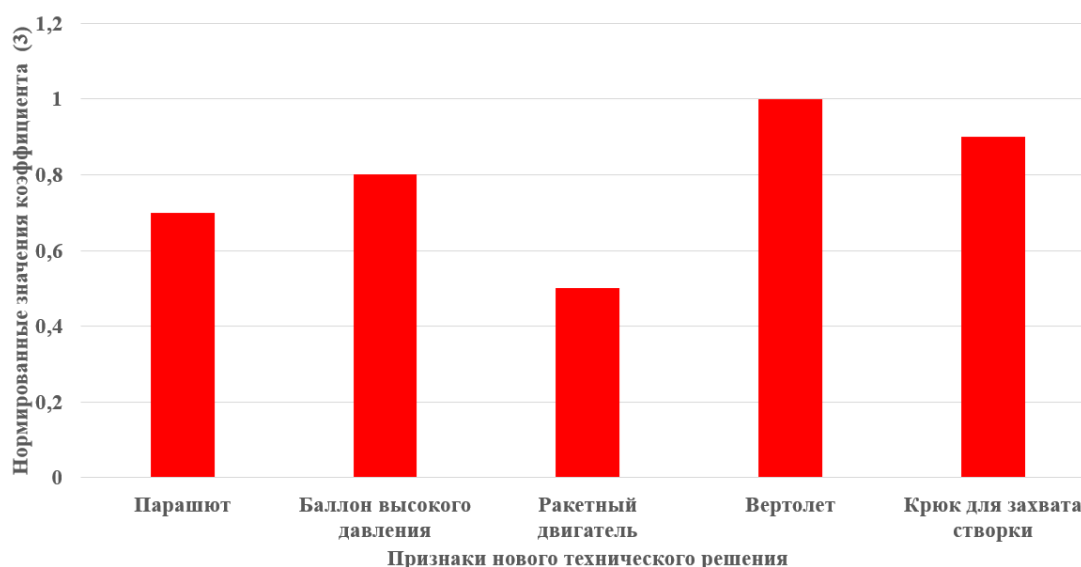


Рис. 3. График оценки технологической готовности и качества признаков способа возврата обтекателя
Fig. 3. Graph of an assessment of technological readiness and quality of the features of the fairing recovery method

Заключение

Таким образом, разработанная методика позволяет оценивать технологическую готовность и показатели качества новых технических решений по альтернативным исполнениям их признаков, что способствует повышению точности в принятии решения о целесообразности создания технических изделий по сравнению с используемыми экспертными подходами, в которых осуществляется сравнительная оценка технологической готовности и показателей качества полной номенклатуры признаков новых технических решений.

Методика применима по отношению к новым техническим решениям, относящихся к общему машиностроению. При этом достоверность экспертных оценок технологической готовности и совершенствования качества оцениваемых новых технических решений обосновывается экспертными суждениями высококвалифицированных специалистов промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов, имеющих соответствующий опыт и технологическую инфраструктуру для реализации приоритетных альтернативных исполнений признаков оцениваемых новых технических решений.

Список источников

1. Hu Z., Zhou X., Lin A. Evaluation and identification of potential high-value patents in the field of integrated circuits using a multidimensional patent indicators pre-screening strategy and machine learning approaches // Journal of informetrics. 2023, vol. 17, no. 2, pp. 101406.
2. Cancio I., Kruja D., Iancu T. AHP, a reliable method for quality decision making: a case study in business // Sustainability. 2021, vol. 13, no. 24, pp. 13932.

3. Kaymaz Ç.K., Birinci S., Kızılkın Y. Sustainable development goals assessment of erzurum province with SWOT-AHP analysis. // *Environment, development and sustainability*. 2022, vol. 24, no. 3, pp. 2986-3012.
4. Šostar M., Ristanović V. Assessment of influencing factors on consumer behavior using the AHP model // *Sustainability*. 2023, vol. 15, no. 13, pp. 10341.
5. Sutarmin S. Analysis of student constraints in entrepreneurship through the analytical hierarchy process (AHP) approach // *Jurnal maksipreneur: manajemen, koperasi, dan entrepreneurship*. 2023, vol. 12, no. 2, pp. 316-328.
6. Flood vulnerability of a few areas in the foothills of the western ghats: a comparison of AHP and F-AHP models / C.P. Senan, R.S. Ajin, J.H. Danumah, R. Costach, A. Arabameri, A. Rajaneesh, S. L. Kuriakose // *stochastic environmental research and risk assessment*. 2023, vol. 37, no. 2, pp. 527-556.
7. Decision support system based on the ELECTRE method / O. Havrylenko, K. Dergachov, V. Pavlikov, S. Zhyla, O. Shmatko, N. Ruzhentsev, B. Kuznetsov // *In data science and security: proceedings of IDSCS 2022*. 2022, pp. 295-304.
8. Yini L., Zhanjun W. The technology readiness assessment of nuclear power system in fnpp based on the integration of delphi and ahp method // *In the proceedings of the international conference on nuclear engineering (ICONE)*. 2023, vol. 30, pp.1307.
9. Gu J., Kim H., Lim H. Electrified steam cracking for a carbon neutral ethylene production process: techno-economic analysis, life cycle assessment, and analytic hierarchy process // *Energy conversion and management*. 2022, vol. 270, pp. 116256.
10. Роспатент в цифрах и фактах 2024 // Роспатент: электрон. отчет. 2025. URL: <https://rospatent.gov.ru> (дата обращения: 17.03.2025).
11. Amjad M. H. H., Shovon M. S. S., Hasan A. M. Analyzing lean six sigma practices in engineering project management: a comparative analysis // *Innovatech engineering journal*. 2024, vol. 1, no. 1, pp. 245-255.
12. The performance improvement analysis using six sigma DMAIC methodology: a case study on Indian manufacturing company / A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar, Al Owad , S. Mahlawat , S. Singh // *Heliyon*. 2023, vol. 9, no. 3, pp. 257-259.
13. A critical review on combining adsorption and photocatalysis in composite materials for pharmaceutical removal: pros and cons, scalability, TRL, and sustainability / S. Ahmadi, J. M. Quimbayo, V. B. K. Yaah, S. B. de Oliveira, S. Ojala // *Energy nexus*. 2025, 100396.
14. Kar T., Veluswamy H. P. To nip it or let it bloom: life cycle assessment of lab-scale catalysts used in low-TRL CCUS technologies // *Sustainable chemistry for climate action*. 2025, 100057.
15. Yadav K., Singh M. Design and development of a bidirectional DC net meter for vehicle to grid technology at TRL-9 level // *Measurement*. 2023, vol. 207, pp. 112403.
16. Guidi G., Goffo G., Violante A. C. Application of the analytic hierarchy process (AHP) method to identify the most suitable approach for managing irradiated graphite // *Nuclear engineering and technology*. 2024, vol. 56, no. 11, pp. 4820-4825.
17. An agile compliance framework for the european cooperation for space standardization / M.K.S. Al-Mhdawi, N. Dacre, M. Brito, D. Baxter, K. Xu, C. Young // *In 2023 IEEE aerospace conference*, pp. 1-12.
18. Kim S.M., Salman M., Léonard G. Application of decision support tool (DST) based on analytical hierarchy process for screening of carbon capture technologies // *In GHGT 16-16th international conference on greenhouse gas control technologies*. 2022, pp. 20-22.
19. Мурадова С.И., Сулейманов Р.Д. Оценка уровня конкурентоспособности инновационных решений // *Каспий и глобальные вызовы: материалы международной научно-практической конференции*. Астрахань, 2022. С. 781-785.
20. Xiaobo P., Liwei Z., Fashu S. *Sposob vozvrata golovnoy obtekatel'nyy [Rocket fairing recovery system and method]*. Patent CN, no. 111174646, 2020.
21. Всемирная организация интеллектуальной собственности (World Intellectual Property Organization – WIPO // *Patentscope* 2025. <https://www.wipo.int/en/web/patentscope> (дата обращения: 17.03.2025).
22. Пат. 146908 Российская Федерация, МПК В64D 1/22. Вертолет для монтажных и спасательных работ / Л.К. Козловский, В.Л. Козловский, Г.С. Мальцев; заявитель и патентообладатель: Л.К. Козловский. № 2014125985/11; заявл. 26.06.2014; опубл. 20.10.2014.
23. Пат. 906895 Союз Советских Социалистических Республик, МПК В66С 1/36. Грузовой крюк / С.В. Грудин, В.А. Захаров, Б.П. Цыганов; № 2887630; заявл. 25.02.1980; опубл. 23.02.1982.
24. Пат. 21640 Российская Федерация, МПК F 17 С 1/00. Баллон высокого давления / С.А. Федулов; заявитель и патентообладатель: закрытое акционерное общество «Научно-производственная компания «БАЛКО»; № 2001119367/20; заявл. 12.07.2001; опубл. 27.01.2002.
25. Пат. 2138669 Российская Федерация, МПК F 02 К 9/08. Воздушный ракетный двигатель / А.М. Гнедых; заявитель и патентообладатель: А.М. Гнедых; № 97111027/06; заявл. 02.07.1997; опубл. 27.09.1999.
26. Пат. 2774854 Российская Федерация, МПК В 64 D 17/34. Парашют / В.Н. Шатохин, В.К. Кочергин, В.Н. Ананьев; заявитель и патентообладатель: общество с ограниченной ответственностью «Параавис»; № 2021138204; заявл. 22.12.2021; опубл. 23.06.2022.

References

1. Hu Z., Zhou X., Lin A. Evaluation and identification of potential high-value patents in the field of integrated circuits using a multidimensional patent indicators pre-screening strategy and machine learning approaches. *Journal of informetrics*. 2023;17(2):101406.
2. Canco I., Kruja D., Iancu T. AHP, a reliable method for quality decision making: a case study in business. *Sustainability*. 2021;13(24):13932.
3. Kaymaz Ç.K., Birinci S., Kızılkın Y. Sustainable development goals assessment of erzurum province with SWOT-AHP analysis. *Environment, development and sustainability*. 2022;24(3):2986-3012.
4. Šostar M., Ristanović V. Assessment of influencing factors on consumer behavior using the AHP model. *Sustainability*. 2023;15(13):10341.
5. Sutarmin S. Analysis of student constraints in entrepreneurship through the analytical hierarchy process (AHP)

- approach. *Jurnal maksipreneur: manajemen, koperasi, dan entrepreneurship*. 2023;12(2):316-328.
6. Senan C.P., Ajin R.S., Danumah J.H., Costach R., Arabameri A., Rajaneesh A., Kuriakose S.L. Flood vulnerability of a few areas in the foothills of the western ghats: a comparison of AHP and F-AHP. *Stochastic environmental research and risk assessment*. 2023;37(2):527-556.
 7. Havrylenko O., Dergachov K., Pavlikov V., Zhyla S., Shmatko O., Ruzhentsev N., Kuznetsov B. Decision support system based on the ELECTRE method. In *data science and security: proceedings of IDSCS 2022*. 2022;295-304.
 8. Yini L., Zhanjun W. The technology readiness assessment of nuclear power system in fnpp based on the integration of delphi and ahp method. In the proceedings of the international conference on nuclear engineering (ICONE). 2023;30:1307.
 9. Gu J., Kim H., Lim H. Electrified steam cracking for a carbon neutral ethylene production process: techno-economic analysis, life cycle assessment, and analytic hierarchy process. *Energy conversion and management*. 2022;270:116256.
 10. Rospatent in figures and facts 2024. Rospatent: electron. report. 2025. Available at <https://rospatent.gov.ru> (Accessed March 17, 2025).
 11. Amjad M. H. H., Shovon M. S. S., Hasan A.M. Analyzing lean six sigma practices in engineering project management: a comparative analysis. *Innovatech engineering journal*. 2024;1(1):245-255.
 12. Mittal A., Gupta P., Kumar V., Owad Al, Mahlawat S., Singh S. The performance improvement analysis using six sigma MOSAIC methodology: a case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*. 2023;9(3):257-259.
 13. Ahmadi S., Quimbayo J.M., Yaah V.B.K., de Oliveira S.B., Ojala S. A critical review on combining adsorption and photocatalysis in composite materials for pharmaceutical removal: pros and cons, scalability, TRL, and sustainability. *Energy nexus*. 2025;100396.
 14. Kar T., Veluswamy H.P. To nip it or let it bloom: life cycle assessment of lab-scale catalysts used in low-TRL CCUS technologies. *Sustainable chemistry for climate action*. 2025;100057.
 15. Yadav K., Singh M. Design and development of a bidirectional DC net meter for vehicle to grid technology at TRL-9 level. *Measurement*. 2023;207:112403.
 16. Guidi G., Goffo G., Violante A.C. Application of the analytic hierarchy process (AHP) method to identify the most suitable approach for managing irradiated graphite. *Nuclear engineering and technology*. 2024;56(11):4820-4825.
 17. Al-Mhdawi M.K.S., Dacre N., Brito M., Baxter D., Xu K., Young C. An agile compliance framework for the european cooperation for space standardization. In *2023 IEEE aerospace conference*. 2023;1-12.
 18. Kim S.M., Salman M., Léonard G. Application of decision support tool (DST) based on analytical hierarchy process for screening of carbon capture technologies. In *GHGT 16-16th international conference on greenhouse gas control technologies*. 2022;20-22.
 19. Muradova S.I., Suleymanov R.D. Assessment of the competitiveness of innovative solutions. In the collection: *The Caspian Sea and global Challenges. Proceedings of the international scientific and practical conference*. 2022;781-785.
 20. Xiaobo P., Liwei Z., Fashu S. *Sposob vozvrata golovnogo obtekatel'ya* [Rocket fairing recovery system and method]. Patent CN, No. 111174646, 2020.
 21. The World Intellectual Property Organization (WIPO). *Patentscope* 2025. Available at: <https://www.wipo.int/en/web/patentscope> (Accessed March 17, 2025).
 22. Kozlovsky L.K., Kozlovsky V.L., Maltsev G.S. *Vertolet dlya montagnih i spasatel'nyh rabot* [Helicopter for installation and rescue work]. Patent RU, no. 146908, 2014.
 23. Grudin S.V., Zakharov V.A., Tsyganov B.P. *Gruzovoi kryk* [Cargo hook]. Patent SU, no. 906895, 1982.
 24. Fedulov S.A. *Ballon visokogo davleniya* [High pressure cylinder]. Patent RU, no. 21640, 2002.
 25. Gnedykh A.M. *Vosdyshniu raketni dvigatel* [Air Rocket Engine]. Patent RU, no. 2138669, 1999.
 26. Shatokhin V.N., Kochergin V.K., Ananyev V.N. *Parachute* [Parachute]. Patent RU, no. 2774854, 2022.

Поступила 24.06.2025; принята к публикации 26.08.2025; опубликована 31.03.2026
Submitted 24/06/2025; revised 26/08/2025; published 31/03/2026

Родионов Никита Вадимович – соискатель ученой степени кандидата технических наук, Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королева, Самара, Россия.
Email: megarodnik@bk.ru. ORCID 0000-0003-2059-235X

Загидуллин Радмир Салимьянович – кандидат технических наук, старший преподаватель, Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королева, Самара, Россия.
Email: zagidullin_radmir@mail.ru. ORCID 0000-0002-3175-8573

Nikita V. Rodionov – PhD (Eng.) degree-seeking applicant, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russia.
Email: megarodnik@bk.ru. ORCID 0000-0003-2059-235X

Radmir S. Zagidullin – PhD (Eng.), Senior Lecturer, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russia.
Email: zagidullin_radmir@mail.ru. ORCID 0000-0002-3175-8573