Научная статья
УДК 685.345
EDN ZHADEL
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-3-73-24-30
Егор Алексеевич Волков[1]
Ольга Владимировна Иванова[2]
Анна Сергеевна Жидкова[3]
[1,2,3] Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия
[1]egorkablukov01@yandex.ru; https://orcid.org/0009-0002-0879-0337
[2]olgavladivanov@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0001-5173-0861
[3]al1saji@yandex.ru; https://orcid.org/0009-0000-0645-6154

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБУВИ НА ОСНОВЕ ФАСЕТНОГО ПОДХОДА С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ РИСКА

Аннотация. *Рассмотрены существующие подходы к классификации специальной обуви как средства индивидуальной защиты ног. Показано, что традиционные классификации, основанные на перечислении защитных характеристик, недостаточно отражают современные условия эксплуатации и многофакторный характер профессиональных рисков. Предложена фасетная модель классификации специальной обуви, включающая такие признаки, как сфера применения, профиль опасных факторов, функциональные защитные свойства, конструктивные особенности, материалы и технологические решения. Разработанная система позволяет структурировать описание изделий, обеспечивать сопоставимость различных моделей и может применяться при анализе ассортимента и проектировании специальной и тактической обуви.*
Ключевые слова: *специальная обувь, средства индивидуальной защиты ног, классификация обуви, фасет, фасетная классификация, защитные свойства, тактическая обувь*

Для цитирования: Волков Е. А., Иванова О. В., Жидкова А. С. Совершенствование классификации специальной обуви на основе фасетного подхода с учетом современных факторов риска // Технологии и качество. 2026. № 3(73). С. 24–30. https://doi.org/ 10.34216/2587-6147-2026-3-73-24-30.

Original article
Egor A. Volkov[1]
Olga V. Ivanova[2]
Anna S. Zhidkova[3]
[1,2,3] Kostroma State University, Kostroma, Russia

IMPROVEMENT OF THE CLASSIFICATION OF SPECIAL FOOTWEAR BASED ON A FACET APPROACH CONSIDERING MODERN RISK FACTORS

Abstract. *The existing approaches to the classification of special footwear as a means of individual foot protection are considered. It is shown that traditional classifications based on the enumeration of protective characteristics do not sufficiently reflect modern operating conditions and the multifactorial nature of occupational risks. The faceted model classifies specialized footwear according to the following criteria – sphere of application, hazard profile, functional protective properties, design features, and materials and manufacturing technologies. The developed system allows you to structure the description of products, ensure comparability of different models and can be used in the analysis of the assortment and design of special and tactical footwear.*
Keywords: *special footwear, personal protective equipment for feet, footwear classification, facet, facet classification, protective properties, tactical footwear*

For citation: Volkov E. A., Ivanova O. V., Zhidkova A. S. Improvement of the classification of special footwear based on a facet approach considering modern risk factors. Technologies & Quality. 2026. No 3(73). P. 24–30. (In Russ.) https://doi.org/ 10.34216/2587-6147-2026-3-73-24-30.

© Волков Е. А., Иванова О. В., Жидкова А. С., 2026

Развитие современной промышленности, внедрение новых технологий и усложнение производственных процессов повышают требования к уровню защиты работников. В этих условиях специальная обувь выступает не только элементом экипировки, но и важным компонентом системы обеспечения безопасности труда, регулирующейся Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [1]. Ее основное назначение заключается в защите стопы от неблагоприятных воздействий производственной среды при сохранении нормального физиологического и психологического состояния человека [2]. Таким образом, проектирование специальной обуви должно основываться на комплексном учете факторов риска и особенностей профессиональной деятельности.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) ног являются обязательным элементом экипировки для работников, чья профессиональная деятельность связана с повышенными рисками. Требования к специальной обуви формируются с учетом характера возможных воздействий: механических, физических, химических и биологических. Обувь должна обеспечивать защиту от ударов, проколов, скольжения, воздействия повышенных и пониженных температур, агрессивных сред и производственных загрязнений [2]. Несмотря на то что защитная функция и рассматривается как приоритетная, она не может реализовываться в ущерб удобству и работоспособности пользователя. Нарушение баланса между защитой и комфортом приводит к снижению эффективности труда и росту профессиональных рисков.

В трудах многих отечественных исследователей, таких как Е. О. Ермакова, Т. С. Лапина, И. Н. Леденева, О. А. Белицкая, В. В. Костылева и другие, поднимается вопрос анализа требований к обуви, в том числе и специальной. Исследования В. В. Костылевой и В. М. Ключниковой фокусируются вокруг разработки научно обоснованных методик, сочетающих антропологические, биомеханические и психофизиологические факторы для конструирования специальной обуви с заданными свойствами [3]. О. А. Белицкая занималась разработкой методологических основ для решения вопроса обеспечения электростатической безопасности специальной обуви для реального повышения защиты персонала [4]. В работе О. В. Сироткиной в результате анализа взаимосвязи факторов, влияющих на обувь, выявлено, что качество определяется потребительскими показателями: функциональными, эргономическими, эксплуатационными и эстетическими [5].

Функциональные характеристики играют определяющую роль в формировании требований к специальной обуви, обеспечивающих непосредственную защиту от опасных факторов. Эргономические параметры определяют соответствие конструкции анатомическим особенностям стопы, сохранение оптимального микроклимата внутри обуви и снижение утомляемости при длительном ношении. Масса обуви, ее гибкость, амортизирующие свойства и распределение нагрузок оказывают прямое влияние на энергозатраты при ходьбе и общее состояние работника.

Наряду с функциональными и эргономическими характеристиками, которые рассматриваются в традиционных классификациях, важную роль в оценке специальной обуви играют также эксплуатационные показатели. Их задача заключается в сохранении работоспособности изделия в течение установленного срока службы и обеспечении устойчивости к воздействию внешних факторов производственной среды. Эксплуатационные показатели определяют, как долго готовая обувь будет сохранять первоначальную форму и защитные свойства в условиях продолжительного интенсивного использования.

Стоит заметить, что эстетические свойства также являются неотъемлемой составляющей потребительских свойств специальной обуви. Они отражают способность изделия удовлетворять эмоциональные потребности людей, связанные с чувственным удовлетворением от взаимодействия с красивыми и приятными предметами потребления и определяются свойствами формы и материалов, из которых создано изделие [6].

Комплексный подход при проектировании специальной обуви предполагает, что функциональные, эргономические, эксплуатационные и эстетические показатели рассматривают как взаимосвязанные элементы единой системы «человек – обувь – производственная среда» [5], и он же закладывает научно обоснованное начало для дальнейшего совершенствования классификации и стандартизации СИЗ ног.

Классификация специальной обуви как СИЗ помогает в описания изделия, поддерживает формирование требований, испытаний и обеспечивает возможность дальнейшего сравнительного анализа продукции при ее выборе для тех или иных условий труда и службы. В регуляторном поле Евразийского таможенного союза (ЕАЭС) базовой рамкой выступает ТР ТС 019/2011 [1], а в отечественной системе – ГОСТ 12.4.103–2020 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук.

Классификация» или его предшествующая редакция [7, 8].

В действующей редакции ГОСТ 12.4.103–2020 сведения о классификации СИЗ ног представлены через деление по типам, группам и подгруппам защиты, а также через систему буквенных обозначений защитных свойств. Однако данная модель в основном ориентирована на традиционный перечень факторов риска и не в полной мере учитывает современные изменения в характере профессиональных угроз, усложнение реальных условий эксплуатации и развитие конструктивных решений в проектировании специальной обуви.

Буквенные обозначения защитных свойств, закрепленные в стандарте, применяются при подтверждении соответствия продукции установленным требованиям, а при наличии нескольких защитных характеристик формируются путем простого перечисления соответствующих индексов. Однако такой способ кодирования не позволяет отразить степень выраженности свойств, их взаимосвязь, приоритетность в конкретных сценариях применения и влияние эксплуатационных факторов. В результате существующая классификационная модель оказывается морально устаревшей и недостаточно гибкой. Она не отвечает современным требованиям рынка и не может системно описывать современные СИЗ ног, в том числе изделия с комплексными и специализированными характеристиками.

За последние 10–15 лет стандартизация спецобуви стала более динамичной, это видно на примере перехода к EN ISO 20345:2022, который заменил предыдущую версию и внес ряд изменений, направленных на повышение безопасности и адаптацию к современным условиям труда [9–11].

Существующие стандарты в основном предлагают перечислительные и иерархические классификации СИЗ ног, которые традиционно применяются в нормативной документации. Такой подход ограничен в числе признаков и не охватывает конструктивные особенности и технологические решения. Следовательно, требуется модель, которая одновременно описывает многофакторные профили опасностей, связывает их с функциями защиты, учитывает эргономику и жизненный цикл, а также может распространяться на военные и тактические факторы риска. Научные исследования в этой области дают доказательную базу о необходимости включения вышеперечисленных факторов в общую схему классификации [12–15].

Для более гибкой и комплексной классификации специальной обуви в работе предлагается использовать фасетный метод, который ранее не использовался в данном ассортименте продукции легкой промышленности. Он позволяет системно описать специальную обувь как СИЗ ног, представляя предметную область или конкретный объект через набор независимых классификационных признаков (фасетов), каждый из которых отражает одно из свойств объектов.

В фасетной модели изделие складывается из комбинации нескольких характеристик, причем каждый фасет отвечает за отдельный признак, а целостное описание рождается через их сочетание. Аналогичный принцип используется в научных работах по систематизации материалов и технологий, где каждый фасет характеризует отдельный признак объекта, а итоговое описание формируется путем их комбинирования [16].

Нами выделены пять фасетов, представленных в таблице, на основе которых будет строиться дальнейшая классификация: сфера применения, профиль опасных факторов, функциональные защитные свойства, конструктивные особенности, материалы и технологические решения. Совокупность этих признаков обеспечивает комплексную характеристику изделия с учетом эксплуатационных условий, требований безопасности и инженерных решений, воплощенных в конструкции обуви.

Для более удобного восприятия таблицу можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке, которая показывает, что каждый фасет может быть расширен без изменения структуры схемы и удобно объясняет принцип классификации.

Таблица

Фасетная классификация специальной обуви

Наименование фасета	Описание	Код и область значений
A Сфера применения	Определяет профессиональный или служебный контекст использования специальной обуви	A1 промышленность и производство A2 строительство и монтажные работы A3 добывающая промышленность и энергетика A4 химическая и нефтехимическая промышленность A5 пожарно-спасательные подразделения A6 сельское хозяйство и пищевая промышленность A7 медицинская и санитарная деятельность A8 военная служба A9 тактические и специальные операции A10 универсальное профессиональное применение

Окончание табл.

Наименование фасета	Описание	Код и область значений
B Профиль опасных факторов	Определяет основные типы воздействий, от которых требуется защита	B1 механические воздействия (удар, прокол, истирание) B2 скольжение и нестабильные поверхности B3 повышенные или пониженные температуры B4 воздействие влаги и воды B5 химические вещества и нефтепродукты B6 электрические воздействия и статическое электричество B7 биологические загрязнения B8 пересеченная и сложная местность B9 ударно-взрывные и осколочные воздействия B10 комбинированные факторы
C Функциональные защитные свойства	Определяет конкретные защитные функции обуви	C1 защита носочной части от ударных нагрузок C2 защита подошвы от проколов C3 противоскользящие свойства подошвы C4 водонепроницаемость и защита от проникновения влаги C5 теплоизоляционные свойства и защита от пониженных температур C6 устойчивость к воздействию повышенных температур и контактному теплу C7 устойчивость к воздействию химических веществ, нефтепродуктов и масел C8 антистатические и электрозащитные свойства C9 защита голени, лодыжки и плюсневой области C10 амортизация и поглощение ударных нагрузок C11 устойчивость к истиранию и механическому износу C12 защита от вибрационных и повторяющихся ударных нагрузок C13 устойчивость к воздействию искр и брызг расплавленного металла C14 комплексная защита при комбинированном воздействии факторов
D Конструктивные особенности	Определяет основные элементы конструкции изделия	D1 обувь низкая D2 обувь средней высоты D3 обувь высокая или сапоги D4 усиленный носок D5 проколозащитная стелька D6 многослойная конструкция верха D7 специализированный протектор подошвы D8 система быстрой фиксации или шнуровки D9 усиленные защитные вставки D10 облегченная конструкция
E Материалы и технологические решения	Определяет технологическую основу конструкции	E1 натуральная кожа E2 синтетические материалы E3 текстильные материалы E4 мембранные материалы E5 полимерные и эластомерные подошвы E6 композитные защитные элементы E7 металлические защитные элементы E8 износостойкие покрытия E9 комбинированные материалы E10 инновационные материалы

	Фасет				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
	Сфера применения	Профиль опасных факторов	Функциональные защитные свойства	Конструктивные особенности	Материалы и технологические решения
Область значений	A1	B1	C1	D1	E1
	A2	B2	C2	D2	E2
	A3	B3	C3	D3	E3
	A4	B4	C4	D4	E4
	A5	B5	C5	D5	E5
	A6	B6	C6	D6	E6
	A7	B7	C7	D7	E7
	A8	B8	C8	D8	E8
	A9	B9	C9	D9	E9
	A10	B10	C10	D10	E10
			C11		
			C12		
			C13		
			C14		

Рис. Фасетная система классификации

Для каждого классификационного признака предложен свой фасетный код, обозначенный A, B, C, D и E, на основе которого строится фасетная формула

$$K_n = A_i, B_j, C_a, D_x, E_y,$$

где K_n – классификация;

A_i, B_j, C_a, D_x, E_y – фасеты.

Например, из формулы $K_1 = A_9, B_8, C_3, D_2, E_9$ следует, что тактическая обувь (фасет 1) для эксплуатации на пересеченной местности (фасет 2) с противоскользящими свойствами (фасет 3), выполненная в конструкции ботинок средней высоты (фасет 4) из комбинированных материалов (фасет 5).

Предложенная классификация позволяет формировать «паспорт изделия», который объединяет коды выбранных признаков в единую комбинацию. Подобный способ описания делает различные модели обуви сопоставимыми между собой и упрощает ассортиментный анализ. Специалисты по разработке и производству СИЗ ног найдут предлагаемую классификацию простой и наглядной. Ее удобно применять при формировании технического задания на проектирование новых моделей специальной обуви и при обоснованном выборе конструктивных решений, материалов для изготовления изделий с заданными защитными и эксплуатационными свойствами.

Преимущества фасетной классификации специальной обуви заключаются в своей гибкости и возможности легкого расширения: новые признаки добавляются без изменения общей логики, а сама система остается пригодной для развития и адаптации к появляющимся видам специальной обуви.

ВЫВОДЫ

1. На основе проведенного анализа выявлена необходимость внесения корректирующих изменений в существующие стандарты и нормативные документы, учитывающие вариативность конструктивного и технологического решения моделей специальной обуви.

2. Предложена фасетная модель классификации специальной обуви по признакам: сфера применения, профиль опасных факторов, функциональные защитные свойства, конструктивные особенности, материалы и технологические решения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ТР ТС 019/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: https://docs.cntd.ru/document/902320567 (дата обращения: 21.12.2025).
2. ГОСТ Р ЕН ИСО 20347–2013. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты ног. Обувь специальная. Технические требования. М. : Стандартинформ, 2019. 33 с.
3. Костылева В. В., Ключникова В. М. Конструирование изделий из кожи : учебник. М. : ИНФРА-М, 2026. 353 с. (Высшее образование).
4. Белицкая О. А. Научно-практические основы разработки специальной антистатической обуви и методов оценки ее свойств : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2025. 32 с.
5. Сироткина О. В. Разработка методики оценки безопасности специальной обуви по показателям антистатического статуса : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2021. 17 с.
6. Тихонова Н. В., Жуковская Т. В., Законов А. А. Эстетические свойства современной обуви из нетрадиционных натуральных полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 18. С. 146–148.
7. ГОСТ 12.4.103–2020. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация. М. : Стандартинформ, 2020. 14 с.
8. ГОСТ 12.4.103–83. Одежда специальная защитная, средства защиты рук и ног. Классификация. М. : Изд-во стандартов, 1983. 7 с.
9. Uvex Safety. A simple guide to EN ISO 20345:2022 – Safety footwear. URL: https://www.uvex-safety.co.uk/en/knowledge/safety-standards/safety-footwear/guide-to-en-iso-203452022 (дата обращения: 21.12.2025).
10. Nitras Safety. Difference between EN ISO 20345:2011 and 2022. URL: https://www.nitras-safety.com/en/unterschied-en-iso-20345-2011-vs-2022 (дата обращения: 21.12.2025).
11. Lemaître Sécurité. All you need to know about the new EN ISO 20345 standard for safety footwear. URL: https://www.lemaitre-securite.com/gb/blog/all-you-need-to-know-about-the-new-en-iso-20345-standard-for-safety-footwear-n20 (дата обращения: 21.12.2025).

12. Safety Footwear Impact on Workers' Gait and Foot Problems: A Comparative Study / A. Arceri, A. Mazzotti, S. G. Liosi, S. O. Zielli, E. Artioli, L. Langone, F. Traina, L. Brognara, C. Faldini // Clinics and Practice. 2024. Vol. 14, no. 4. 1496–1506.
13. Effect of military boots compared to running shoes on plantar pressure distribution and lower limb muscle activity during jump landing / Y. Guo, Y. Zhang, Z. Yu, K. Fang, S. Nasir, W. Wang // Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2025. Dec. 45. P. 982–990.
14. An Experimentally Validated Finite Element Model of the Lower Limb to Investigate the Efficacy of Blast Mitigation Systems / E. A. Rebelo, G. Grigoriadis, D. Carpanen, A. M. J. Bull, S. D. Masouros // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2021. Vol. 9. URL: https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2021.665656/full (дата обращения: 21.12.2025).
15. Stature and mitigation systems affect the risk of leg injury in vehicles attacked under the body by explosive devices / E. A. Rebelo, G. Grigoriadis, D. Carpanen, A. M. J. Bull, S. D. Masouros // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2023. URL: https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2023.918013/full (датаобращения: 21.12.2025).
16. Логинова Е. А., Климова Н. В., Бесшапошникова В. И. Анализ и систематизация ассортимента мембранных тканей для одежды // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 12 ноября 2020 года. В 2 ч. Ч. 2. М. : Рос. гос. ун-т им. А. Н. Косыгина, 2020. С. 46–49.

REFERENCES

1. TR CU 019/2011. Technical Regulations of the Customs Union "On the safety of personal protective equipment". URL: https://docs.cntd.ru/document/902320567 (accessed 21.12.2025) (In Russ.)
2. *GOST R EN ISO 20347–2013. Sistema standartov bezopasnosti truda. Sredstva individual'noj zashchity nog. Obuv' special'naya. Tekhnicheskie trebovaniya* [State Standert R EN ISO 20347–2013. A system of occupational safety standards. Personal protective equipment for the feet. The shoes are special. Technical requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 33 p. (In Russ.)
3. Kostyleva V. V., Klyuchnikova V. M. Designing leather goods. Moscow, INFRA-M Publ., 2026. 353 p. (In Russ.)
4. Belitskaya O. A. Scientific and practical foundations of the development of special antistatic footwear and methods for assessing its properties. Abstract Doct. techn. sci. dis. Moscow, 2025. 32 p. (In Russ.)
5. Sirotkina O. V. Development of a methodology for assessing the safety of special shoes based on antistatic status indicators : abstract Cand. Techn. Sci. dis. Moscow, 2021. 17 p. (In Russ.)
6. Tikhonova N. V., Zhukovskaya T. V., Zakonov A. A. Aesthetic properties of modern shoes made of nontraditional natural polymer materials. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013;16(18):146–148. (In Russ.)
7. *GOST 12.4.103–2020. Odezhda special'naya zashchitnaya, sredstva individual'noj zashchity nog i ruk. Klassifikaciya* [State Standart 12.4.103–2020. Special protective clothing, personal protective equipment for legs and hands. Classification. Introduction]. Moscow, Standartinform Publ., 2020. 14 p. (In Russ.)
8. *GOST 12.4.103–83. Odezhda special'naya zashchitnaya, sredstva zashchity ruk i nog* [State Standart 12.4.103–83. Special protective clothing, hand and foot protection. Classification]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1983. 7 p. (In Russ.)
9. Uvex Safety. A simple guide to EN ISO 20345:2022 – Safety footwear. URL: https://www.uvex-safety.co.uk/en/knowledge/safety-standards/safety-footwear/guide-to-en-iso-203452022 (accessed 21.12.2025).
10. Nitras Safety. Difference between EN ISO 20345:2011 and 2022. URL: https://www.nitras-safety.com/en/unterschied-en-iso-20345-2011-vs-2022 (accessed 21.12.2025).
11. Lemaître Sécurité. All you need to know about the new EN ISO 20345 standard for safety footwear. URL: https://www.lemaitre-securite.com/gb/blog/all-you-need-to-know-about-the-new-en-iso-20345-standard-for-safety-footwear-n20 (accessed 21.12.2025).
12. Arceri A., Mazzotti A., Liosi S. G., Zielli S. O., Artioli E. , Langone L., Traina F., Brognara L., Faldini C. Safety Footwear Impact on Workers' Gait and Foot Problems: A Comparative Study. Clinics and Practice. 2024;14(4):1496–1506.
13. Guo Y., Zhang Y., Yu Z., Fang K., Nasir S., Wang W. Effect of military boots compared to running shoes on plantar pressure distribution and lower limb muscle activity during jump landing. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2025; 45:982–990.
14. Rebelo E. A., Grigoriadis G., Carpanen D., Bull A. M. J., Masouros S. D. An Experimentally Validated Finite Element Model of the Lower Limb to Investigate the Efficacy of Blast Mitigation Systems. Fron-

tiers in Bioengineering and Biotechnology. 2021;9. URL: https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2021.665656/full (accessed 21.12.2025).
15. Rebelo E. A., Grigoriadis G., Carpanen D., Bull A. M. J., Masouros S. D. Stature and mitigation systems affect the risk of leg injury in vehicles attacked under the body by explosive devices. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2023. URL: https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2023.918013/full (accessed 21.12.2025).
16. Loginova E. A., Klimova N. V., Beshaposhnikova V. I. Analysis and systematization of the range of membrane fabrics for clothing. *Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (INNOVACII-2020)* [Design, technologies and innovations in the textile and light industry (INNOVATIONS 2020)]. Proceedings of the International Scientific and Techn. Conf. At 2 p. Moscow, Rus. St. Univ. named after A. N. Kosygin, 2020. Part 2. P. 46–49. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 14.05.2026
Принята к публикации 02.07.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
Е. А. Волков, аспирант
О. В. Иванова, кандидат технических наук, доцент
А. С. Жидкова, магистрант