

УДК 006.91

**С. Н. Торгашина, Т. В. Ерещенко, Н. Ю. Ермилова, Д. Б. Панов, И. Е. Степанова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИАЛЬНОЙ ВАЛИДНОСТИ В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО МЕТРОЛОГИИ**

Показано значение и роль измерений в жизнедеятельности человека. На примере проведенного исследования рассмотрена возможность применения критериальной валидности в промежуточной аттестации студентов по дисциплине «Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством».

**Ключевые слова:** метрология, измерения, валидность, критериальная валидность, образовательный процесс, профессиональные компетенции.

Каждый человек в своей жизни, от момента рождения и до самой смерти, так или иначе, связан с метрологией. Измерение собственного роста и веса, использование в своей деятельности таких мер, как длина, объем, площадь, масса, время и многое другое — все это относится к области метрологии — науке, занимающейся вопросами теории и практики обеспечения единства измерений.

О важности и роли измерений в жизнедеятельности человека говорили виднейшие ученые различных эпох: Г. Галилей, К. А. Гельвеций, Кельвин (У. Томсон), А. Н. Крылов, Д. И. Менделеев, М. Планк и др. Великий русский физик, академик Петербургской Академии наук Б. С. Якоби в одном из своих докладов в 1857 г. отмечал, что «искусство измерения является могущественным оружием, созданным человеческим разумом для проникновения в законы природы и подчинения ее сил нашему господству». Измерения — это основа научных знаний и главное средство познания человечества. Метрология помогает рассчитывать материальные ресурсы, совершенствовать производство, технику и технологии, а также охранять здоровье и безопасность людей и их имущества. Решение задачи по достижению высокого качества продукции зависит от степени метрологического обеспечения. Для этого необходимо соблюдать определенный технический режим, правильно измерять параметры материалов и изделий и корректно обрабатывать результаты измерений. В практике использования измеренных величин важны точность, надежность, достоверность, обоснованность и валидность.

Точность заключается в том, чтобы указать, насколько близок результат измерения к фактическому значению. Надежность определяет степень точности измерений: чем надежнее измерение, тем оно устойчивее к погрешностям. Валидность (англ. *validity*, фр. *validité* — годность, действительность, законность, весомость, обоснованность, лат. *validus* — сильный, здоровый, достойный) определяет, в какой степени измеряется то, что подлежит измерению, и в какой степени показатели характеризуют исследуемое явление. Валидное измерение означает, что выбранный метод полностью соответствует изучаемой проблеме.

Одним из наиболее часто используемых видов валидности является критериальная валидность, которая отражает то, что результаты методологии

связаны с заранее установленными внешними стандартами. Иными словами, валидность критерия — это способность измерять то, что пытаются измерить, сравнивая свои результаты с некоторым внешним критерием, а также оценить, насколько точно и надежно используемый инструмент может измерить интересующую нас переменную. Этот параметр определяет степень соответствия результатов фактическим показателям. Критериальная валидность может быть определена с использованием различных методов, таких как сравнение с другими показателями или сравнение с эталонными мерами [1]. Чтобы определить валидность, необходимо сравнить результаты с каким-либо критерием или стандартом, который уже считается надежным и точным. В случае проведенного нами исследования — это стандартная длина болта. Такие критерии обычно predeterminedены и могут использоваться для подтверждения результатов [2].

Сам процесс определения достоверности критериев заключается в сравнении результатов с контрольными показателями. Контрольные показатели уже рассматриваются как свидетельство определенных характеристик. Для этого требуется исследование, которое собирает данные о результатах измерения и анализирует их, чтобы определить, насколько они точны и надежны.

Выбор конкретных критериев для определения валидности зависит от цели исследования.

*Внешние критерии* — выбираются из внешних источников, независимых от самого измерения. Например, если принято решение о проведении прямых повторных измерений, критерием для определения надежности может быть текущий уровень знаний студента в академической области «метрология».

*Внутренние критерии* — выбираются на основе характеристик измеряемой переменной. Например, корреляция между измерениями одной группы и другой группы может быть использована для определения валидности.

*Критерии прогноза* — выбираются в зависимости от того, какие результаты прогнозирует исследование. Например, если определяется субъективная погрешность измерения, т. е. способность студента к сосредоточенности, то критерием для определения валидности может быть результат государственного экзамена по дисциплинам естественно-научного профиля.

*Критерии по содержанию* — выбираются на основе существующих знаний об изучаемом объекте. Например, если ГОСТ устанавливает размеры длины болта, то критериями, определяющими валидность, являются именно данные ГОСТа.

Определить валидность критериев можно несколькими методами:

- *сравнение с критериями* — используются критерии, которые являются независимыми и объективными показателями того, что пытаются измерить. Результаты измерения сравниваются с этим критерием, на основе этого сравнения определяется валидность критерия;
- *продолжительность прогноза* — используется прогноз будущих результатов. Сравнение прогнозируемых и фактических значений используется для определения достоверности критериев;
- *группа сравнения* — распространенным подходом является метод разделения группы, который делит испытуемых на несколько подгрупп и сравнивает результаты каждой подгруппы с эталонным. Сравнение между под-

группами определяет, насколько точно выполнены измерения в каждой подгруппе и выявляет валидность критерия [2].

В целях выяснения возможности применения критериальной валидности в промежуточной аттестации студентов по метрологии проведено исследование с участием студентов второго курса направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профилей «Автомобильные дороги», «Организация инвестиционно-строительной деятельности», «Строительство и эксплуатация объектов нефтегазовой отрасли» и направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиля «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». Одним из видов промежуточной аттестации обучаемых по дисциплине «Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством» являлось выполнение контрольного задания по теме «Обработка результатов многократных прямых измерений». Задание включало в себя проведение прямых измерений стандартного образца болта длиной 150 мм.

Исследователи отмечают, что на надежность измерений могут повлиять многие факторы, включая возраст, социализацию, заранее спланированную среду обучения и личностное развитие. Исходя из статистических данных, полученных в ходе наблюдения за студентами, авторы пришли к выводу, что значительное влияние на валидность измерения оказывают: результаты сдачи Единого государственного экзамена (ЕГЭ) (табл. 1); форма обучения; опыт школьного образования; личные качества.

Т а б л и ц а 1

*Минимальная сумма баллов по ЕГЭ*

Профиль	Минимальная сумма баллов по ЕГЭ
Автомобильные дороги	141
Безопасность жизнедеятельности в техносфере	123
Организация инвестиционно-строительной деятельности	144
Строительство и эксплуатация объектов нефтегазовой отрасли	159

Прямое измерение является наиболее распространенным типом независимого измерения, оно служит основой для более сложных типов измерений (косвенное измерение, кумулятивное измерение, совместное измерение) [3, 4]. Штангенциркулем производят измерения внешних и внутренних размеров заготовок и деталей, а также глубины отверстий. Точность измерений зависит от типа конструкции и модели инструмента. Шаг измерения определяет точность инструмента. У механических штангенциркулей этот параметр зависит от цены деления нониуса и варьируется от 0,1 до 0,05 мм [5, 6]. В данном исследовании выбраны штангенциркули с ценой деления шкалы 0,1 и 0,05 мм и первым классом точности (рис. 1).

Класс точности штангенциркуля (колумбик) указывает допуск измерения и определяет, насколько точно можно измерить желаемый объект. Первый класс — погрешность 0,05 мм (одна двадцатая). Второй класс — погрешность 0,1 мм (одна десятая). Точность результата измерений — одна из характеристик качества измерений, отражающая близость к нулю погрешности результата измерений, т. е. близость результата измерений к истинному значению величины.

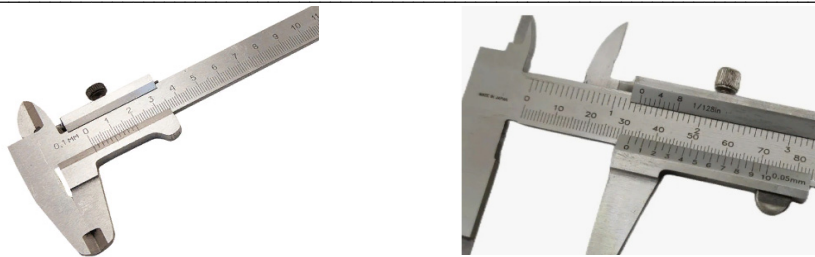


Рис. 1. Штангенциркули

Однако если погрешность измерения может быть выражена количественно в единицах величины измерения, точность измерения не может быть определена количественно непосредственно по результату измерения. Поэтому высокая (средняя, низкая) точность измерения обычно обсуждается в качественных терминах со ссылкой на погрешность (среднюю, высокую), полученную в процессе измерения, и, следовательно, менее важную. Значение точности  $\varepsilon$  иногда определяют величиной, обратной модулю относительной погрешности [7—9]:

$$\varepsilon = \frac{1}{|\delta|},$$

где  $\delta$  — относительная погрешность.

Если точность выражена как величина, обратная абсолютной погрешности, то она будет иметь соответствующую единицу измерения обратной погрешности, что неудобно для применения, поэтому удобнее количественно оценивать точность измерений с помощью относительной погрешности измерений. Точность средства измерений — характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю. Считается, что чем точнее средство измерений, тем меньше погрешность [10]. Результаты измерений сведены в табл. 2—5.

Таблица 2

Средство измерения	Результаты измерения	Среднее значение
Профиль: Автомобильные дороги, средний балл ЕГЭ — 141		
Штангенциркуль с ценой деления шкалы 0,1	148,9 ± 1,4	150,37 ± 0,708
	150,6 ± 0,038	
	150,9 ± 0,5	
	150,2 ± 1,58	
	151,04 ± 0,33	
	150,6 ± 0,4	

Данное измерений считается неточным, т. к. точность измерения зависит от правильного применения прибора и его цены деления. Цена деления — самое маленькое деление шкалы прибора. Чем меньше цена деления, тем точнее получается значение. Допустимая неточность при измерении называется погрешностью. Погрешность измерения прибора равна половине цены деления. Например, у первого штангенциркуля погрешность 0,05 мм, у второго — 0,025 мм. Поэтому более точно измеряет второй прибор.

Т а б л и ц а 3

Средство измерения	Результаты измерения	Среднее значение
Профиль: Безопасность жизнедеятельности в техносфере, средний балл ЕГЭ — 123		
Штангенциркуль с ценой деления шкалы 0,05	148,9 ± 0,94	150,32 ± 0,61
	149,6 ± 0,17	
	150,87 ± 0,83	
	150,13 ± 0,84	
	152,1 ± 0,49	
	150,4 ± 0,28	

Это измерение считается неточным в связи с тем, что точность измерения зависит и от индивидуальных качеств человека. Авторы предполагают, что эта погрешность измерения относится к субъективной, так как по сравнению с другими категория баллы по ЕГЭ наименьшие, невзирая на меньшее значение цены деления шкалы [11, 12].

Т а б л и ц а 4

Средство измерения	Результаты измерения	Среднее значение
Профиль: Организация инвестиционно-строительной деятельности, средний балл ЕГЭ — 144		
Штангенциркуль с ценой деления шкалы 0,1	149,5 ± 1,19	150,34 ± 0,47
	150,0 ± 0,18	
	150,75 ± 0,75	
	150,08 ± 0,04	
	149,81 ± 0,6	
	151,9 ± 0,17	

Факторов, влияющих на точность измерений, настолько много, что классификация погрешностей измерений носит определенный масштаб, поскольку в зависимости от условий процесса измерения в разных группах появляются разные погрешности [13—15]. Чтобы проанализировать причины ошибок, нет необходимости сначала выявлять те из них, которые оказывают существенное влияние на результаты измерений, в этом случае можно предположить анализ методологических элементов систематических ошибок, обусловленных усовершенствованиями метода измерения, использованием измерительных приборов, неточностями в формулах расчета, округление результатов и т. д.

Т а б л и ц а 5

Средство измерения	Результаты измерения	Среднее значение
Профиль: Строительство и эксплуатация объектов нефтегазовой отрасли, средний балл ЕГЭ — 159		
Штангенциркуль с ценой деления шкалы 0,05	149,88 ± 0,32	150,007 ± 0,38
	150,17 ± 0,47	
	150,3 ± 0,51	
	149,89 ± 0,48	
	150,2 ± 0,29	
	149,6 ± 0,21	

Точность, адекватность и надежность — показатели, которые характеризуют качество измерений. Эти характеристики должны определяться оценками, которые соответствуют требованиям согласованности, непредвзятости и эффективности. В данном случае, в отличие от числовых характеристик, оценка является случайной величиной, значение которой зависит от количества наблюдений, а также характеризуется сходимостью и воспроизводимостью результатов, наряду с точностью, безошибочностью и достоверностью. В некоторых случаях на достоверность результатов влияют наивысший балл ЕГЭ, наименьшее значение разделения по шкале и критическая ошибка (отсев), вызванная неправильным поведением при измерении. Основной целью оценки точности результатов измерений является уменьшение случайных и систематических ошибок, которые могут возникнуть в процессе предварительного измерения [16, 17].

Исходя из изложенного, проблема заключается в том, что большинство студентов не готовы к проведению исследования для определения результатов измерений, даже если они набрали высокие баллы по ЕГЭ, из-за недостаточных и фрагментарных знаний, отсутствия концентрации, невнимательности, импульсивности, суетливости, отсутствия навыков решения нетипичных задач.

Полагая величины измерений распределенными согласно нормальному закону распределения, построим функциональные зависимости. Оценивая факторы, вносящие наибольший вклад в точность измерения, выбираем средний балл по единому экзамену, цену деления измерительного прибора. Анализ зависимостей показывает, что наибольшей точности результата достигают учащиеся с более высоким средним баллом по единому экзамену. Наименьшее среднеквадратическое отклонение наблюдается для прибора с меньшей ценой деления (рис. 2).

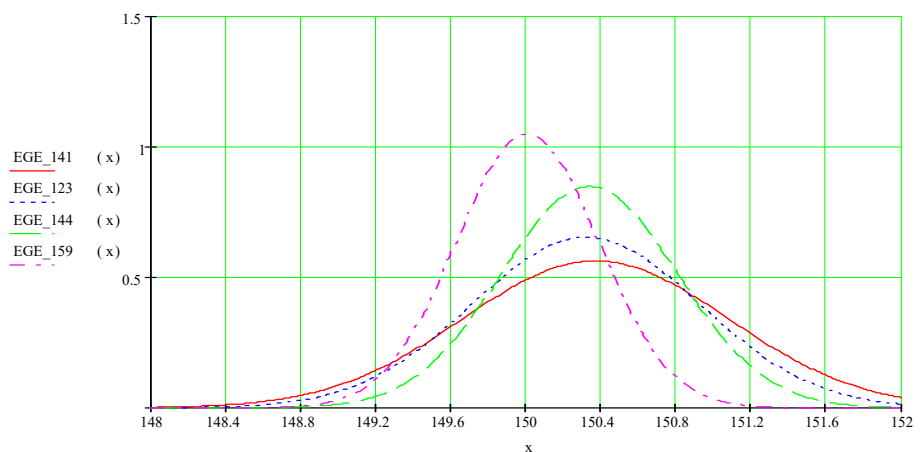


Рис. 2. Функциональные зависимости

Для повышения точности измерений авторы предлагают применять следующие методы и приемы:

1. Замена менее точного измерительного прибора более точным. Этот метод повышения точности измерений используется, когда инструментальная составляющая погрешности измерения не является распространенной.

2. Выбор верхнего предела измерения измерительного прибора. При этом пределе приведенная основная и дополнительная погрешности нормализуются таким образом, что ожидаемое значение измеряемой величины составляет последние 3/1 от предела измерения. Таким образом относительная погрешность измерительного прибора может быть уменьшена.

3. Учет предельных условий применения измерительных приборов используется, когда преобладает дополнительная неопределенность измерительного прибора. Эта неопределенность может быть обусловлена значительными отклонениями температуры окружающей среды от нормальных значений, электромагнитными полями, вибрациями и т. д. В таких случаях, например, установка кондиционеров, электромагнитных экранов и амортизаторов для подавления вибрации может смягчить эти последствия.

4. Индивидуальная калибровка измерительных приборов используется, когда преобладает систематическая составляющая погрешности измерительного прибора (например, в случае термометров термопар и сопротивления). Она может быть значительно уменьшена путем коррекции результатов измерений, полученных путем индивидуальной калибровки.

5. Использование метода замещения для устранения систематических ошибок. В этом случае значение измеряемой величины считается равным значению эталонного прибора.

6. Внедрение метода мониторинга состояния работоспособности во время эксплуатации измерительного прибора. Метод способен обнаруживать, устранять или уменьшать количество сбоев измерения в измерительном приборе. Во многих случаях система контроля прибора в процессе эксплуатации эффективна без ограничений на компоненты погрешности прибора и ее случайные или систематические характеристики.

7. Автоматизация процедур измерений снижает трудоемкость измерений и помогает устранить субъективные ошибки, возникающие при обработке графиков, расчете промежуточных и окончательных результатов измерений, подготовке образцов для анализа и другой работе человека.

В заключение отметим, что для интеграции в современное общество необходимо достойное и качественное образование. За решение кадровых вопросов отвечают не только университеты, но и общеобразовательные учреждения, которые также должны нести ответственность за конечный результат непрерывного образовательного процесса освоения профессиональных компетенций. Начиная со школы формируются первые навыки, знания и умения, служащие основой профессиональной подготовки будущих специалистов. Изучение общепрофессиональных дисциплин и дисциплин естественнонаучного цикла способствует развитию логического и образного мышления, проективного видения, познавательных способностей, а также формированию личностных качеств, таких как самостоятельность, активность, самоутверждение, объективность, честность, трудолюбие и т. д. [18, 19]. На современном этапе возрастает роль каждого уровня образования в подготовке специалистов. К сожалению, университеты и школы нередко проживают своей жизнью, пересекаясь только в отдельные моменты, в течение непродолжительного времени, что не содействует повышению качества образования в целом. Для того, чтобы решить данную проблему, нужно создать механизмы настоящего действенного сотрудничества университета и школы и отразить главные нюансы данного взаимодействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Афонина М. В.* Особенности формирования компетенции учителя в области критериального оценивания // Преподаватель 21 век. 2017. № 1. С. 20—30.
2. *Тельнов Г. В.* Оценка показателей качества тематических заданий тестового модуля учебной дисциплины и уровня ее освоения // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2015. № 2. С. 151—158.
3. *Сапожников И. И.* Метрологическое обеспечение технологии оценки сертифицированной продукции // Трактора и сельхозмашины. 2010. Т. 77. № 7. С. 52—53.
4. *Сучкова Л. И.* Измерение, контроль, информатизация // Материалы XIII международной науч.-технич. конф. Барнаул : АлтГТУ, 2012.
5. *Бавыкин О. Б., Плаксин С. В.* Применение в учебном процессе кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация» Университета машиностроения прибора для измерения шероховатости поверхности MarSurf XR 20 // Известия МГТУ МАМИ. 2014. Т. 8. № 1-5. С. 158—162.
6. *Штундер А. Л.* Определение наиболее значимых областей оценки параметров при разработке критериального подхода выбора средств измерений при проектировании и модернизации технологических процессов // Известия МГТУ МАМИ. 2012. Т. 6. № 2-2. С. 253—257.
7. *Горбатенко Н. И., Ланкин М. В.* Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики // Материалы XIII международной науч.-практич. конф. Новочеркасск : ЮРГПУ, 2012.
8. *Лебединская В. Г.* История русской метрологической терминологии: автореф. дисс... д-ра филол. наук. М. : Литературный ин-т им. А. М. Горького, 2014.
9. *Сорокин С. Е.* Контроль качества поверочных работ // Главный метролог. 2023. № 2(131). С. 26—30.
10. *Свирюкова О. В.* Разработка математической модели, методик и алгоритма улучшения метрологических и технических характеристик ленточного фотоколориметрического газоанализатора: автореф. дисс... канд. техн. наук. Тамбов : ТГТУ, 2013.
11. *Vasilevskyi O. M.* Metrological characteristics of the torque measurement of electric motors // International Journal of Metrology and Quality Engineering. 2017. Vol. 8. P. 7.
12. *Do Céu Ferreira M.* The role of Metrology in the field of medical devices // International Journal of Metrology and Quality Engineering. 2011. Vol. 2. No. 2. Pp. 135—140.
13. Calibration and validation of modis visible and near-infrared bands / H. Gong, G. Tian, T. Yu, H. Gao, X. Gu, Y. Zhang // Journal of Beijing Jiaotong University. 2010. Vol. 34. No. 1. Pp. 109—113.
14. *Whitehouse D. J.* Surface metrology // Measurement Science and Technology. 1997. Vol. 8. No. 9. Pp. 955—972.
15. *Watanabe H.* Chappuis experiments and the “Échelle Normale” // Metrologia. 1995. Pp. 397—399.
16. *Emerson W. H.* On the concept of dimension // Metrologia. 2005. Vol. 42. Iss. 4. Pp. 21—22.
17. *Cox M. G.* The evaluation of key comparison data: An introduction // Metrologia. 2002. Vol. 39. Iss. 6. Pp. 587—588.
18. *Торгашина С. Н., Ереценко Т. В., Ермилова Н. Ю., Панов Д. Б.* Формирование профессиональных компетенций в контексте междисциплинарных связей // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 5(93). С. 232—239.
19. *Торгашина С. Н., Ереценко Т. В., Косовцев В. Д., Чернобай Е. А.* Межпредметные связи // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 1(86). С. 348—357.

© Торгашина С. Н., Ереценко Т. В., Ермилова Н. Ю., Панов Д. Б., Степанова И. Е., 2024

Поступила в редакцию  
в январе 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Применение критериальной валидности в промежуточной аттестации студентов по метрологии / С. Н. Торгашина, Т. В. Ереценко, Н. Ю. Ермилова, Д. Б. Панов, И. Е. Степанова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 329—337. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_1\_329.



*Об авторах:*

**Торгашина Светлана Николаевна** — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, г. Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

**Ерещенко Татьяна Владимировна** — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, г. Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

**Ермилова Наталья Юрьевна** — канд. пед. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, г. Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

**Панов Дмитрий Борисович** — канд. техн. наук, доц., зав. каф. инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, г. Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

**Степанова Ирина Евгеньевна** — старший преподаватель каф. инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, г. Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

**Svetlana N. Torgashina, Tatyana V. Ereshchenko, Natalya Yu. Ermilova,  
Dmitriy B. Panov, Irina E. Stepanova**

*Volgograd State Technical University*

#### **APPLICATION OF CRITERIA VALIDITY IN INTERMEDIATE CERTIFICATION OF STUDENTS IN METROLOGY**

The importance and role of measurements in human life is shown. Using the example of the conducted research, the possibility of applying criteria validity in the intermediate certification of students in the discipline “Metrology, standardization, certification and quality management” is considered.

**Key words:** metrology, measurements, validity, criteria validity, educational process, professional competencies.

*For citation:*

Torgashina S. N., Ereshchenko T. V., Ermilova N. Yu., Panov D. B., Stepanova I. E. [Application of criteria validity in intermediate certification of students in metrology]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 329—337. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_1\_329.

*About authors:*

**Svetlana N. Torgashina** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Tatyana V. Ereshchenko** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Natalya Yu. Ermilova** — Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Dmitriy B. Panov** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Irina E. Stepanova** — Senior lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation