

Результаты межлабораторных сличительных испытаний  
геосинтетического материала

Андрей Владимирович Козлов  
Автотор-Инжиниринг; г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

**Введение.** Актуальность исследования обусловливается необходимостью совершенствования процедуры строительного контроля дорожно-строительных материалов в части лабораторных испытаний. Одним из действенных методов проверки компетентности лаборатории являются межлабораторные сравнительные испытания. Цель их проведения — обнаружение недостатков и несоответствий, анализ причин их появления, осуществление корректирующих мероприятий и, таким образом, совершенствование лабораторной системы качества.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования принята георешетка. Для межлабораторного сопоставления выбраны результаты определения прочности при растяжении, относительного удлинения при максимальной нагрузке, а также показатели морозостойкости материала и устойчивости к воздействию ультрафиолетового излучения. Все испытания выполнены в продольном направлении образцов георешетки. Установлены наиболее и наименее статистически однородные физико-механические показатели георешетки в условиях воспроизводимости результатов измерений по каждому из показателей, полученных в разных лабораториях и различными средствами измерений, с использованием алгоритма на основе Z-индексов.

**Результаты.** По совокупности результатов испытаний качество работы большинства испытательных лабораторий может быть признано удовлетворительным. Представленные данные получены по большинству показателей. В разрезе параметров неудовлетворительные сведения не выявлены; доля удовлетворительных результатов составляет 87,5–100 %.

**Выводы.** Обработанные данные протоколов испытаний свидетельствуют о высоком уровне компетентности участников межлабораторных сличений. Участие в программах межлабораторных сравнений несомненно является действенным способом проверки и повышения качества испытаний; индивидуальный анализ результатов позволяет улучшить лабораторную систему качества. Представляется целесообразным нормировать требования к коэффициенту вариации, сходимости и воспроизводимости контролируемых показателей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** георешетка, геосинтетические материалы, контроль качества, испытательные лаборатории, межлабораторные сличительные испытания, межлабораторные сравнительные испытания, статистический анализ данных

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Козлов А.В. Результаты межлабораторных сличительных испытаний геосинтетического материала // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 8. С. 1230–1240. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.8.1230-1240

Автор, ответственный за переписку: Андрей Владимирович Козлов, A.Kozlov@avtodor-eng.ru.

Results of interlaboratory comparison tests of geosynthetic  
material

Andrey V. Kozlov  
Avtodor-Engineering; Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

**Introduction.** The relevance of the study is determined by the need to improve the procedure of construction control of road-building materials in terms of laboratory tests. One of the effective methods of checking the competence of the laboratory is interlaboratory comparative tests. The purpose of their implementation is to detect deficiencies and inconsistencies, analyze the causes of their occurrence, carry out corrective measures and, thus, improve the laboratory quality system.

**Materials and methods.** Geogrid was taken as the object of research. The results of tensile strength, relative elongation at maximum load, as well as indicators of frost resistance of the material and resistance to ultraviolet radiation were selected for interlaboratory comparison. All tests were performed in the longitudinal direction of geogrid samples. The most and least statistically homogeneous physical and mechanical parameters of geogrids were determined under the conditions of reproducibility of measurement results for each of the indices obtained in different laboratories and by various measuring instruments using an algorithm based on Z-scores.

**Results.** According to the totality of the test results, the quality of the work of the majority of testing laboratories can be considered as satisfactory. Representative data were obtained for the majority of parameters. No unsatisfactory data were found in the context of parameters; the share of satisfactory results is 87.5–100 %.

**Conclusions.** The performance-test data indicate a high level of competence of the participants in the interlaboratory comparisons. Participation in interlaboratory comparison programmes is undoubtedly an effective way to verify and improve

the quality of tests; individual analysis of the results makes it possible to improve the laboratory quality system. It seems reasonable to normalize the requirements for the coefficient of variation, convergence and reproducibility of controlled parameters.

**KEYWORDS:** geogrid, geosynthetic materials, quality control, testing laboratories, interlaboratory comparison tests, statistical data analysis

**FOR CITATION:** Kozlov A.V. Results of interlaboratory comparison tests of geosynthetic material. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023; 18(8):1230-1240. DOI: 10.22227/1997-0s935.2023.8.1230-1240 (rus.).

*Corresponding author:* Andrey V. Kozlov, A.Kozlov@avtodor-eng.ru.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время реализация дорожных проектов предполагает расширенное использование эффективных геосинтетических материалов (ГМ). В этом направлении на отраслевом уровне ведется активная работа: за последние 10 лет созданы и введены в действие национальные стандарты, регулирующие требования к ГМ и методам их испытаний. Разработаны и отраслевые документы, рекомендованные к применению Федеральным дорожным агентством (Росавтодор).

В современных реалиях строительства автомобильных дорог актуальна задача, связанная с оценкой соответствия поставляемых на объект ГМ. Для повышения эффективности системы строительного контроля техническая политика государственной компании «Автодор» (ГК «Автодор») в части организации входного контроля качества поставляемых на подведомственные объекты госкомпании ГМ предусматривает создание единой системы их испытаний. Оговаривается обеспечение недискриминационного доступа всех производителей материалов к участию в испытаниях и технических отборах, дифференциация проводимых испытаний в зависимости от их целевого назначения (для проектирования и разработки проектных требований, для контроля качества и оценки соответствия при поставке на участки строительства). Немаловажное значение при этом имеют оснащенность лабораторий подрядных организаций и квалификационный уровень сотрудников, что прямым образом отражается на достоверности результатов испытаний.

Один из эффективных способов подтверждения достоверности результатов, выдаваемых лабораторией, — проверка ее компетентности посредством межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ) [1–4]. Необходимость мониторинга деятельности лаборатории путем сравнения с результатами других лабораторий предписывает ГОСТ ISO/IEC 17025–2019<sup>1</sup>, п. 7.7.2. Участие в межлабораторных сличениях — одно из мероприятий, которые обеспечивают такой мониторинг, равно как и подтверждение компетентности лаборатории с точки зрения соблюдения правил проведения измерений (испытаний), исследований и процедур системы менеджмента качества.

Межлабораторные сравнения, как важная часть обеспечения качества, наиболее широко используются в аналитической химии и радиохимии [5, 6], а также в смежных направлениях науки и техники, где химические и спектральные методы анализа являются незаменимыми, например при изучении состава и свойств минерального сырья [7–9], в металлургии [10], агрохимии [11], нефтехимии [4, 12] и др. Существенная работа в части межлабораторных исследований выполнена в грунтоведении. Это позволило получить для многих показателей свойств песчаных и глинистых грунтов межлабораторную и внутрилабораторную ошибки воспроизводимости, характеризующие систематическую и случайную погрешности измерения [13, 14].

Несмотря на это, МСИ в дорожно-транспортном строительстве и строительстве в целом носят ограниченный характер [15]. Известен опыт МАДИ по организации межлабораторных испытаний асфальтобетонных смесей по ГОСТ 12801–98 и битумных вяжущих по ГОСТ 22245–90 [16, 17]. Ежегодные межлабораторные испытания битумных вяжущих с 2018 г. проводит Росавтодор. По сопоставительным испытаниям ГМ интересен опыт ГК «Автодор», задействовавшей три независимых лаборатории. По всем показателям и методам сопоставительных испытаний получены определенные разбросы значений, что свидетельствует о неоднородности свойств материалов как в продольном и поперечном направлениях, так и в разных партиях. Эти результаты подтверждают необходимость введения параметров воспроизводимости в действующую нормативную базу по методам испытаний геосинтетики.

ООО «Автодор-Инжиниринг» с 2019 г. на регулярной основе проводит комплексные МСИ дорожно-строительных материалов: битумных вяжущих, асфальтобетонных смесей и асфальтобетона, цементного бетона, щебеночно-песчаных смесей и ГМ [18–21]. Предыдущие раунды межлабораторных сличений ГМ ООО «Автодор-Инжиниринг» осуществляло в 2019–2021 гг. Совокупные данные по устойчивости ГМ к ультрафиолету (протоколы испытаний предоставили 42 % участников, 2019–2020 гг.), а также по теплоустойчивости (45 % участников, 2020–2021 гг.) оказались недостаточно информативными.

<sup>1</sup> ГОСТ ISO/IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М. : Стандартинформ, 2019. 25 с.

Межлабораторные испытания свидетельствуют о том, что для надежного измерения показателей недостаточно данных одной лаборатории [20]. Участие в межлабораторных сличениях позволяет убедиться в отсутствии проблем с реализацией отдельных методик испытаний. При этом, в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17043–2013<sup>2</sup>, предполагается конфиденциальность информации — результаты испытаний предоставляются в закодированном виде. Таким образом, любая лаборатория способна объективно оценить качество своих результатов по сравнению с итогами аналогичных измерений других организаций, исключая вероятность их идентификации [8, 18–20]. Сопоставление результатов собственных измерений с данными других лабораторий дает возможность обнаружить несоответствия и недостатки, выполнить анализ причин появления отклонений и осуществить корректирующие мероприятия. Главная задача межлабораторных сличений — определение воспроизводимости результатов испытаний, полученных в различных лабораториях, а в случае выхода результатов за пределы нормативов контроля — установление и устранение причин их возникновения.

Очередной цикл межлабораторных испытаний был анонсирован ООО «Автодор-Инжиниринг» 7 октября 2021 г., основные результаты опубликованы 16 мая 2022 г. на официальном сайте компании. К участию в процедуре межлабораторных сличений на добровольной основе приглашались лаборатории производителей дорожно-строительных материалов, научно-исследовательских и подрядных организаций.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — геосинтетический материал, определяемый по ГОСТ Р 55029–2020 как георешетка. Для выполнения параллельных испытаний изготовлены две серии образцов из двух различных рулонов георешетки одной партии, одного изготовителя. Верхние два слоя рулона не использовались для отбора проб. Отобранные пробы заворачивались в упаковочную пленку и хранились в одном месте в соответствии с требованиями завода-изготовителя в условиях, исключающих воздействие прямых солнечных лучей, нагревательных приборов и осадков.

Программой испытаний перед началом проведения тестов предусмотрена выдержка образцов ГМ в течение 24 ч в нормальных климатических условиях: при относительной влажности воздуха  $65 \pm 5\%$  и температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Для каждой серии образцов контролировались показатели: прочности при растяжении, относительного удлинения при максимальной нагрузке, морозостойкости материала (30 циклов) и устойчивости к воздействию ультрафиолетового излучения (УФ-излучения). Все показатели определялись в продольном направлении.

Проверка результатов на наличие статистических выбросов осуществлялась на основе критерия Граббса по ГОСТ Р ИСО 5725-2–2002<sup>3</sup>. Количественная оценка качества результатов испытаний отдельной лаборатории проводилась на основе алгоритма расчета Z-индексов в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17043–2013<sup>2</sup>, ГОСТ Р 50779.60–2017 (ИСО 13528:2015)<sup>4</sup> и РМГ 103–2010<sup>5</sup> по формуле:

$$Z_i = \frac{(X_i - X_{pt})}{\sigma_{pt}},$$

где  $X_i$  — результат испытаний;  $X_{pt}$  — приписанное значение;  $\sigma_{pt}$  — стандартное отклонение для оценки квалификации.

Заключение о качестве результатов испытаний контролируемого материала по каждому определяемому показателю делают на основе сравнения значения  $|Z|$  с установленными нормативами контроля: 2,0 и 3,0. При  $|Z| \leq 2,0$  качество результатов испытаний считают удовлетворительным, при  $2,0 < |Z| \leq 3,0$  качество результатов испытаний признают сомнительным и подлежащим дополнительной проверке; при  $|Z| > 3,0$  качество результатов испытаний расценивают как неудовлетворительное.

Оценка качества работы отдельной лаборатории выполняется на основе Z-индексов, полученных этой лабораторией по совокупности всех результатов МСИ. Для каждого участника вычисляют значение  $Z_k$  по формуле:

$$Z_k = \sum_{i=1}^n Z_i^2.$$

<sup>2</sup> ГОСТ ISO/IEC 17043–2013. Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. М. : Стандартинформ, 2014. 33 с.

<sup>3</sup> ГОСТ Р ИСО 5725-2–2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002. 42 с.

<sup>4</sup> ГОСТ Р 50779.60–2017 (ИСО 13528:2015). Статистические методы. Применение при проверке квалификации посредством межлабораторных испытаний. М. : Стандартинформ, 2017. 82 с.

<sup>5</sup> РМГ 103–2010. Государственная система обеспечения единства измерений. Проверка квалификации испытательных (измерительных) лабораторий, осуществляющих испытания веществ, материалов и объектов окружающей среды (по составу и физико-химическим свойствам) посредством межлабораторных сравнительных испытаний. М. : Стандартинформ, 2011. 38 с.

Вывод о качестве работы конкретной лаборатории применительно к испытываемому материалу и контролируемым показателям делают на основе сравнения параметра  $Z_k$  с нормативами контроля  $h_1$  и  $h_2$ , принимаемыми по РМГ 103–2010, в зависимости от количества  $n$  рассчитанных  $Z$ -индексов. При  $Z_k \leq h_1$  качество работы испытательной лаборатории считают удовлетворительным, при  $h_1 < Z_k \leq h_2$  качество работы лаборатории признают сомнительным, что требует дополнительной проверки. Если параметр  $Z_k$  превышает контрольное значение  $h_2$ , то работа лаборатории признается неудовлетворительной.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассчитанные статистические характеристики для соответствующих позиций представлены в табл. 1. Приписанное значение  $X_{pi}$  определялось как робастное среднее по результатам участников. Как приписанные значения  $X_{pi}$ , так и стандартные отклонения  $\sigma_{pi}$ , по соответствующим измеренным показателям, оказались близки между собой для образцов, изготовленных из разных рулонов георешетки (см. табл. 1). Результаты, отклоняющиеся от приписанного значения на  $\pm 3\sigma_{pi}$ , не выявлены ни по одному показателю. Статистический выброс на основе теста Граббса наблюдался только у одного участника при испытаниях образца № 2 на относительное удлинение, что свидетельствует о необходимости анализа

причин его появления и целесообразности внесения корректив в испытательный процесс. Квазивыбросы зафиксированы при испытаниях на морозостойкость обеих проб ГМ у одного и того же участника (табл. 2). Это является сигналом для проведения дополнительной проверки.

По факту расчета  $Z$ -критерия: неудовлетворительные результаты испытаний не выявлены, общее количество сомнительных значений — 5. Итоговые результаты межлабораторных сличений по всей программе испытаний представлены в табл. 2. Графическое представление  $Z$ -критерия, рассчитанного по результатам каждого участника, для каждой позиции показано на рис. 1–6; область удовлетворительных значений ( $-2,0 \leq Z \leq 2,0$ ) ограничена красными линиями.

Сравнение показателя  $Z_k$ , рассчитанного для каждого участника по совокупности  $Z$ -индексов, с нормативами контроля  $h_1$  и  $h_2$  позволило сделать вывод о качестве работы соответствующей лаборатории. Большинство участников показало удовлетворительное качество работы — 9 лабораторий из 13. Заключение о сомнительном и неудовлетворительном качестве работы получили участники под шифрами 12 и 9 соответственно. Качество работы участников под шифрами 7 и 13 оказалось оценить затруднительно ввиду непредставительности их данных. Фактические результаты оценки качества работы испытательных лабораторий приведены в табл. 3.

Табл. 1. Статистические характеристики для расчета критериев оценки качества результатов испытаний  
Table 1. Statistical characteristics for calculating criteria for evaluating the quality of test results

Наименование показателя Parameter name	Образец № 1 Sample No. 1		Образец № 2 Sample No. 2	
	$X_{pi}$	$\sigma_{pi}$	$X_{pi}$	$\sigma_{pi}$
Прочность при растяжении в продольном направлении $T_{n1}$ , кН/м, по ГОСТ Р 55030–2012 Tensile strength in the longitudinal direction $T_{n1}$ , kN/m, according to GOST R 55030–2012	91,5	8,98	90,9	6,69
Относительное удлинение при максимальной нагрузке в продольном направлении, %, по ГОСТ Р 55030–2012 Relative elongation at maximum load in the longitudinal direction, %, according to GOST R 55030–2012	13,7	2,67	13,4	2,36
Показатель морозостойкости материала (30 циклов) в продольном направлении, %, по ГОСТ Р 55032–2012 Frost resistance index of the material (30 cycles) in the longitudinal direction, %, according to GOST R 55032–2012	98,8	5,83	99,2	5,96
Показатель устойчивости к воздействию УФ-излучения в продольном направлении, %, по ГОСТ Р 55031–2012 Index of resistance to UV radiation in the longitudinal direction, %, according to GOST R 55031–2012	96,2	5,69	97,6	5,02

Табл. 2. Итоги межлабораторных сличений  
Table 2. Results of interlaboratory comparisons

Номер показателя в соответствии с табл. 1 Parameter number according to Table 1	1		2		3		4	
Номер образца Sample number	1	2	1	2	1	2	1	2
Максимальное значение $ Z $ Maximum value of $ Z $	1,73	2,17	2,11	2,63	2,28	2,16	1,14	0,71
Количество участников, получивших удовлетворительные результаты: $ Z  \leq 2,0$ Number of participants who received satisfactory results: $ Z  \leq 2.0$	13	9	11	9	8	7	3	2
Количество участников, получивших сомнительные результаты: $2,0 <  Z  \leq 3,0$ Number of participants who received questionable results: $2.0 <  Z  \leq 3.0$	0	1	1	1	1	1	0	0
Количество участников, получивших неудовлетворительные результаты: $ Z  > 3,0$ Number of participants who received unsatisfactory results: $ Z  > 3.0$	0	0	0	0	0	0	0	0
Выброс на основе теста Граббса, 1 % Statistical outlier based on the Grubbs test, 1 %	0	0	0	1	0	0	0	—
Выброс на основе теста Граббса, 5 % Outlier based on the Grubbs test, 5 %	0	0	0	1	1	1	0	—
Доля участников, показавших удовлетворительные результаты, % Percentage of participants who showed satisfactory results, %	100	90,0	91,7	90,0	88,9	87,5	100	100



Рис. 1. График Z-критерия для прочности при растяжении в продольном направлении  $T_{\text{н}}$  геосинтетического материала. Образец № 1

Fig. 1. Graph of Z-score for tensile strength in the longitudinal direction of geosynthetic material. Sample No. 1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

В межлабораторных испытаниях 2021–2022 гг. по направлению геосинтетические материалы приняли участие 13 лабораторий, что в среднем в 1,5–2 раза ниже, чем количество участников в испытаниях дру-

гих дорожно-строительных материалов [20]. По совокупности результатов испытаний качество работы испытательных лабораторий может быть признано удовлетворительным у 9 участников (69 % от общего числа). Сомнительное качество работы лаборатории





Рис. 2. График Z-критерия для прочности при растяжении в продольном направлении  $T_{\text{пл}}$  геосинтетического материала. Образец № 2

Fig. 2. Graph of Z-score for tensile strength in the longitudinal direction of geosynthetic material. Sample No. 2



Рис. 3. График Z-критерия для относительного удлинения геосинтетического материала при максимальной нагрузке в продольном направлении. Образец № 1

Fig. 3. Graph of Z-score for the relative elongation of geosynthetic material at maximum load in the longitudinal direction. Sample No. 1

показал один участник, что свидетельствует о необходимости дополнительной проверки его работы. У одной лаборатории качество работы признано неудовлетворительным, что требует проведения неотложных корректирующих мероприятий. Оценить работу еще двух лабораторий не представилось возможным, поскольку эти участники выполнили незначительную часть программы межлабораторных испытаний. Таким образом, в очередной раз подтверждается тезис о том, что качественная оценка дорожно-строительных материалов не может осуществляться на основе сведений одной отдельно взятой лаборатории.

В разрезе определения физико-механических характеристик представительные данные получены по большинству показателей — 75 %. Как и ожидалось, наименее репрезентативными оказались сведения по устойчивости ГМ к воздействию УФ-излучения: протоколы испытаний по образцу № 1 предоставили 3, а по образцу № 2 – 2 лаборатории, что соответственно составляет 23 и 15 % от общего числа участников.

Доля удовлетворительных результатов в разрезе параметров по текущему циклу межлабораторных сличений ГМ составляет 87,5–100 %. Неудовлетворительные данные в разрезе параметров

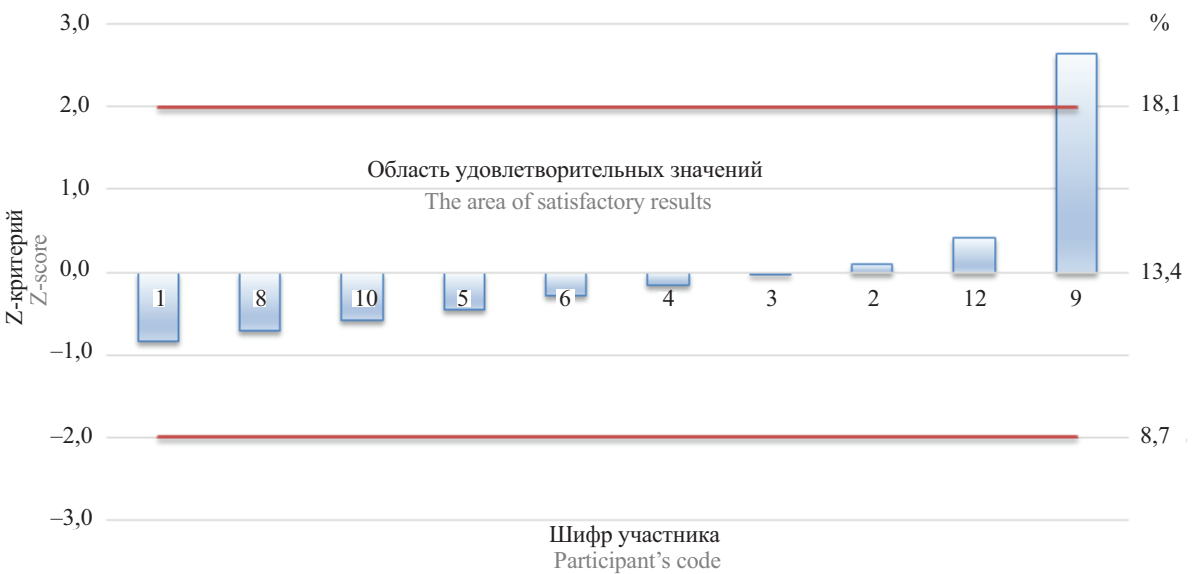


Рис. 4. График Z-критерия для относительного удлинения геосинтетического материала при максимальной нагрузке в продольном направлении. Образец № 2

Fig. 4. Graph of Z-score for the relative elongation of geosynthetic material at maximum load in the longitudinal direction. Sample No. 2



Рис. 5. График Z-критерия для показателя морозостойкости геосинтетического материала (30 циклов) в продольном направлении. Образец № 1

Fig. 5. Graph of Z-score for the frost resistance index of geosynthetic material (30 cycles) in the longitudinal direction. Sample No. 1

не выявлены. Наличие сомнительных результатов не превышает одного по отдельно взятым показателям; общее их количество по всем показателям — 5. Эти проявления могут быть обусловлены состоянием применяемого оборудования и наличием его калибровки, параметрами окружающей среды (температура, влажность), условиями хранения образцов и соблюдением порядка пробоподготовки в испыта-

тельной лаборатории, нечетким выполнением условий измерений, человеческим фактором и др.

В целях повышения качества ГМ и совершенствования методов испытания представляется целесообразным нормировать требования к коэффициенту вариации, сходимости и воспроизводимости контролируемых показателей.

Табл. 3. Результаты оценки качества работы участников

Table 3. Results of the evaluation of the quality of the participants' work

Шифр участника Participant's code	$Z_k$	Число Z-индексов Number of Z-scores	Нормативы контроля Acceptability constants		Заключение о качестве работы участника Conclusion on the quality of the participant's work
			$h_1$	$h_2$	
1	4,95	6	12,6	22,5	Удовлетворительное Satisfactory
2	0,49	6	12,6	22,5	Удовлетворительное Satisfactory
3	2,63	4	9,5	18,5	Удовлетворительное Satisfactory
4	5,24	7	14,1	24,3	Удовлетворительное Satisfactory
5	1,12	6	12,6	22,5	Удовлетворительное Satisfactory
6	2,05	8	15,5	26,1	Удовлетворительное Satisfactory
7	2,21	1	—	—	Нет возможности произвести оценку There is no way to make an assessment
8	4,60	8	15,5	26,1	Удовлетворительное Satisfactory
9	19,92	4	9,5	18,5	Неудовлетворительное Unsatisfactory
10	2,14	6	12,6	22,5	Удовлетворительное Satisfactory
11	0,17	3	7,8	16,3	Удовлетворительное Satisfactory
12	13,12	6	12,6	22,5	Сомнительное Questionable
13	7,35	2	—	—	Нет возможности произвести оценку There is no way to make an assessment



Рис. 6. График Z-критерия для показателя морозостойкости геосинтетического материала (30 циклов) в продольном направлении. Образец № 2

Fig. 6. Graph of Z-score for the frost resistance index of geosynthetic material (30 cycles) in the longitudinal direction. Sample No. 1



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Skrzypczak I., Leśniak A., Ochab P., Górka M., Kokoszka W., Sikora A. Interlaboratory comparative tests in ready-mixed concrete quality assessment // *Materials*. 2021. Vol. 14. Issue 13. P. 3475. DOI: 10.3390/ma14133475
2. Ефремова Н.Ю., Макаревич В.И., Миранович-Качур С.А., Гайдук М.В. Что такое проверка квалификации и для чего она нужна? Организация и проведение программ проверок квалификации в Республике Беларусь // *Стандартные образцы*. 2013. № 2. С. 71–87. EDN QIOMBN.
3. Чепкова И.Ф., Крейнин С.В., Пономарева О.И. Межлабораторные сравнительные (сличительные) испытания как доказательная база компетентности лабораторий // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2018. Т. 84. № 2. С. 70–72. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-2-70-72
4. Шаталов К.В., Сорокова И.И. Межлабораторные сравнительные испытания нефтепродуктов в испытательных лабораториях Минобороны России // *Вестник МИТХТ*. 2014. Т. 9. № 2. С. 104–111. EDN SCJVBV.
5. Scott E.M., Karkness D.D., Cooks G.T. Interlaboratory Comparisons: Lessons Learned // *Radiocarbon*. 1997. Vol. 40. Issue 1. Pp. 331–340. DOI: 10.1017/s0033822200018208
6. Бахур А.Е., Овсянникова Т.М., Зуев Д.М., Мартынюк Ю.Н. Некоторые вопросы межлабораторных сравнительных испытаний по определению суммарных альфа- и бета-активностей питьевых вод // *АНРИ*. 2013. № 3 (74). С. 13–18. EDN RAEIRN.
7. Ожогина Е.Г. Современные проблемы и перспективы развития технологической минералогии // *Разведка и охрана недр*. 2018. № 10. С. 3–6. EDN VCEYVB.
8. Ожогина Е.Г., Лебедева М.И., Горбатова Е.А. Межлабораторные сравнительные испытания в минералогических работах // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2017. Т. 13. № 2. С. 37–47. DOI: 10.20915/2077-1177-2017-13-2-37-47
9. Пащенко А.И., Ильина Е.А. Применение межлабораторных сравнительных испытаний при оценке и подтверждении технической компетентности лаборатории // *Разведка и охрана недр*. 2013. № 9. С. 49–51. EDN RBTKAH.
10. Колпакова Е.К., Хузагалеева Р.К., Степановских В.В. Межлабораторные сравнительные испытания металлургических материалов // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2018. Т. 84. № 1 (II). С. 23–27. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-1(II)-23-27
11. Бородіна Я.В. Метрологічна атестація ґазузових стандартних зразків ґрунтів // *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. № 82. С. 6–13.
12. Трубачева Л.В., Лоханина С.Ю. Межлабораторные сравнительные испытания как средство подтверждения технической компетентности лабораторий Удмуртской Республики, проводящих испытания нефти // *Вестник Удмуртского университета*. 2011. № 1. С. 99–110.
13. Дмитриев В.В., Ярз Л.А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов : учебное пособие. М. : КДУ, 2008. 542 с.
14. Дмитриев В.В. Оптимизация лабораторных инженерно-геологических исследований. М. : Недра, 1989. 183 с.
15. Ванькова Н.Р. О современном состоянии метрологического обеспечения физико-механических испытаний строительных материалов // *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика*. 2022. № 2 (46). С. 22–33. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.03 EDN MKTSFI.
16. Васильев Ю.Э., Шляфер В.Л., Козик П.В., Маринич С.А., Матвеевич С.А. Регулярные межлабораторные испытания // *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2006. № 2 (37). С. 6–7. EDN PYCZNP.
17. Васильев Ю.Э., Котлярский Э.В., Кочнев В.И., Менькина У.О., Сарычев И.Ю., Талалай В.В. и др. Межлабораторные совместные оценочные эксперименты по испытанию нефтяного дорожного битума и асфальтобетонных смесей. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ООО «Техполиграфцентр», 2020. 258 с.
18. Козлов А.В., Кузин К.А., Рамеев Д.Ф. Оценка достоверности результатов межлабораторных испытаний битумных вяжущих // *Обеспечение качества, безопасности и экономичности строительства. Практика. Проблемы. Перспективы. Инновации : мат. Второй совместной науч.-практ. конф. ГБУ «ЦЭИИС» и ИПРИМ РАН*. 2020. С. 190–197.
19. Кузин К.А., Селезнев К.А. ООО «Автодор-Инжиниринг»: опыт проведения межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ) // *Автомобильные дороги*. 2021. № 6. С. 29–32.
20. Еремеев В.В., Кузин К.А., Козлов А.В., Селезнев К.А. Практика межлабораторных сравнительных испытаний дорожно-строительных материалов // *Дороги. Инновации в строительстве*. 2021. № 98. С. 32–37.
21. Могильный К.В., Кузин К.А., Селезнев К.А. Межлабораторные сравнительные испытания — гарант обеспечения качества работы лаборатории // *Дорожная держава*. 2022. № 111. С. 3–5.

Поступила в редакцию 23 декабря 2023 г.

Принята в доработанном виде 22 мая 2023 г.

Одобрена для публикации 7 июля 2023 г.

ОБ АВТОРЕ: **Андрей Владимирович Козлов** — кандидат технических наук, начальник нормативно-технического отдела; **Автотор-Инжиниринг**; 127006, г. Москва, Страстной б-р, д. 9; РИНЦ ID: 80360; A.Kozlov@avtodor-eng.ru.

## REFERENCES

1. Skrzypczak I., Leśniak A., Ochab P., Górka M., Kokoszka W., Sikora A. Interlaboratory comparative tests in ready-mixed concrete quality assessment. *Materials*. 2021; 14(13):3475. DOI: 10.3390/ma14133475
2. Efremova N.Y., Makarevich V.I., Miranovich-Kachur S.A., Gaiduk M.V. What does proficiency testing mean and what is it for? Design and operation of proficiency testing schemes in Republic of Belarus. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2013; 2:71-87. EDN QIOMBN. (rus.).
3. Kreynin S.V., Kreynin S.V., Ponomareva O.I. Interlaboratory comparisons as evidence base for the competence of laboratories. *Industrial laboratory. Diagnostics of materials*. 2018; 84(2):70-72. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-2-70-72 (rus.).
4. Shatalov K.V., Sorokovova I.I. Inter-laboratory comparative testing of petroleum products in test laboratories of Russian Defense Ministry. *Vestnik MITHT*. 2014; 9(2):104-111. EDN SCJVB. (rus.).
5. Scott E.M., Karkness D.D., Cooks G.T. Interlaboratory Comparisons: Lessons Learned. *Radiocarbon*. 1997; 40(1):331-340. DOI: 10.1017/s0033822200018208
6. Bakhur A., Ovsyannikova T., Zuev D., Martynyuk Yu. The concerns of the inter-laboratory comparison for the measurement of gross alpha and beta-activity concentrations in drinking water. *ANRI*. 2013; 3(74):13-18. EDN RAEIRN. (rus.).
7. Ozhogina E.G. Modern problems and prospects of development of technological mineralogy. *Prospect and protection of mineral resources*. 2018; 10:3-6. EDN VCEYVB. (rus.).
8. Ozhogina E.G., Lebedeva M.I., Gorbatoeva E.A. Interlaboratory comparison tests in mineralogical works. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2017; 13(2):37-47. DOI: 10.20915/2077-1177-2017-13-2-37-47 (rus.).
9. Pashchenko A.I., Ilyina E.A. The use of interlaboratory comparative tests in assessing and confirming the technical competence of the laboratory. *Prospect and protection of mineral resources*. 2013; 9:49-51. EDN RBTKAH. (rus.).
10. Kolpakova E.K., Khuzagaleeva R.K., Stepanovskikh V.V. Interlaboratory comparative tests of metallurgical materials. *Industrial laboratory. Diagnostics of materials*. 2018; 84(1(II)):23-27. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-1(II)-23-27 (rus.).
11. Borodina Ya.V. Metrological certification of industry reference materials of soil. *Agrochemistry and Soil Science*. 2015; 82:6-13.
12. Trubacheva L.V., Lokhanina S.Yu. Interlaboratory comparison tests (ICT) as a way of verification for technical competence of Udmurt republic laboratories conducting oil tests. *Bulletin of the Udmurt University*. 2011; 1:99-110. (rus.).
13. Dmitriev V.V., Yarg L.A. *Methods and quality of laboratory soil study : textbook*. Moscow, KDU Publ., 2008; 542. (rus.).
14. Dmitriev V.V. *Optimization of laboratory engineering and geological research*. Moscow, Nedra Publ., 1989; 183. (rus.).
15. Vankova N. On the current state of metrological support for physical and mechanical testing of building materials. *PNRPU Bulletin. Urban development*. 2022; 2(46):22-33. DOI: 10.15593/2409-5125/2022.02.03. EDN MKTSFI. (rus.).
16. Vasil'ev Yu.E., Shlyafer V.L., Kozik P.V., Marinich S.A., Matveevich S.A. Regular interlaboratory tests. *Science & Engineering for Roads*. 2006; 2(37):6-7. EDN: PYCZNP. (rus.).
17. Vasiliev Yu.E., Kotlyarsky E.V., Kochnev V.I., Menkina U.O., Sarychev I.Yu., T-alalay V.V. et al. *Interlaboratory joint evaluation experiments for testing petroleum road bitumen and asphalt concrete mixtures*. Moscow, LLC "Techpoligrafsentr" Publ., 2020; 258. (rus.).
18. Kozlov A.V., Kuzin K.A., Rameev D.F. Assessment of the reliability of the results of interlaboratory tests of bitumen binders. *Ensuring the quality, safety and cost-effectiveness of construction. Practice. Problems. The prospects. Innovations : Materials of the second joint scientific and practical conference of State Budgetary Institution of the City of Moscow "Center for Expertise, Research and Testing in Construction" and Institute of Applied Mechanics of Russian Academy of Sciences*. 2020; 190-197. (rus.).
19. Kuzin K.A., Seleznev K.A. Avtodor-Engineering LLC: experience in conducting interlaboratory comparative tests (ICT). *Automobile roads*. 2021; 6:29-32. (rus.).
20. Ereemeev V.V., Kuzin K.A., Kozlov A.V., Seleznev K.A. Practice of interlaboratory comparative tests of road-building materials. *Roads. Innovations in construction*. 2021; 98:32-37. (rus.).
21. Mogil'ny K.V., Kuzin K.A., Seleznev K.A. Interlaboratory comparative tests are the guarantor of ensuring the quality of laboratory work. *Road Power*. 2022; 111:3-5. (rus.).

*Received December 23, 2023.*

*Adopted in revised form on May 22, 2023.*

*Approved for publication on July 7, 2023.*

**B I O N O T E S:** **Andrey V. Kozlov** — Candidate of Technical Sciences, Head of the Regulatory and Technical Department; **Avtodor-Engineering**; 9 Strastnoy boulevard, 127006, Moscow, Russian Federation; ID RSCI: 80360; A.Kozlov@avtodor-eng.ru.