

Н.И. ФОМИН¹, Е.П. ПОМАЗКИН^{1,✉}, Д.В. БАЛАКИН², В.С. СЫСОЕВ²

¹ ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

ул. Мира, д. 19, г. Екатеринбург, 620002, Российская Федерация

² ООО «ГК «Пенетрон»,

площадь Жуковского, д. 1, г. Екатеринбург, 620000, Российская Федерация

ОЦЕНКА ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ШПОНОК

Аннотация

Введение. Здания и сооружения в той или иной степени подвергаются действию грунтовых вод. Конструкция деформационного шва в заглубленной части здания должна надежно защищать его от проникновения воды и агрессивных сред.

Гидроизоляционные шпонки относятся к первичным мерам защиты бетонных и железобетонных конструкций, однако стандартного метода оценки эффективности подобного рода материалов до сих пор не предложено. В научной литературе недостаточно данных о водонепроницаемости шпонок в зависимости от ее сечения и количества анкеров.

Цель. Предложить способ оценки водонепроницаемости гидрошпонок и определить зависимость водонепроницаемости шпонки в бетонном образце от ее ширины и количества уплотняющих анкеров.

Материалы и методы. В качестве объекта испытаний выбрали две гидрошпонки различной ширины и с различным количеством анкеров: гидрошпонка шириной 240 мм (количество анкеров – 4 шт.); гидрошпонка шириной 320 мм (количество анкеров – 6 шт.).

Для испытаний шпонки сварили в виде прямоугольного параллелепипеда и забетонировали с нижней и верхней сторон, таким образом внутри сформировали замкнутый для воды контур. Воду подавали при помощи насоса с частотным преобразователем давления. Давление поднимали ступенями по 1 м вод. ст. в течение часа до образования протечки воды.

Результаты. В случае испытания гидрошпонки № 1 протечка произошла при давлении 0,07 МПа. Шпонка № 2 выдержала большее давление и протекла при 0,09 МПа. Протечки в обоих случаях произошли по примыканию шпонки к бетону.

Выводы. Таким образом, количество уплотняющих анкеров напрямую влияет на давление воды, которое гидрошпонка сможет выдержать в условиях реального объекта. Стандартный метод определения водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5 для конструкции деформационного шва оказался неэффективным ввиду высокого начального давления при испытании 0,2 МПа.

Ключевые слова: строительные конструкции, гидроизоляция, деформационные швы, защита бетона, водонепроницаемость, гидроизоляционные шпонки

Для цитирования: Фомин Н.И., Помазкин Е.П., Балакин Д.В., Сысоев В.С. Оценка водонепроницаемости гидроизоляционных шпонок // *Бетон и железобетон*. 2024. № 2 (621). С. 42–48. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2\(621\)-42-48](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2(621)-42-48)

Вклад авторов

Фомин Н.И. – осуществление технического консультирования по вопросам использования гидроизоляционных шпонок в строительстве.

Помазкин Е.П. – бетонирование стенда, проведение испытаний, обобщение полученных данных, написание статьи.

Балакин Д.В. – проработка методики испытаний, подготовка гидрошпонок для испытаний.

Сысоев В.С. – бетонирование стенда, проведение испытаний.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 22.04.2024

Поступила после рецензирования 17.05.2024

Принята к публикации 23.05.2024

N.I. FOMIN¹, E.P. POMAZKIN^{1,✉}, D.V. BALAKIN², V.S. SYSOEV²

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Mira str., 19, Ekaterinburg, 620002, Russian Federation

² LLC "GC "Penetron", Zhukovsky Square, 1, Ekaterinburg, 620000, Russian Federation

ASSESSMENT OF WATERPROOFNESS OF WATERPROOFING KEYS

Abstract

Introduction. Buildings and structures are exposed to groundwater to varying degrees. The design of the expansion joint in the deepened part of the building must reliably protect it from the penetration of water and aggressive environments.

Waterproofing keys are among the primary measures for protecting concrete and reinforced concrete structures, but methods for assessing the effectiveness of this kind of materials have not yet been proposed. Also in the scientific literature there is no data on the water resistance of keys depending on its cross-section and the number of anchors.

Aim. To propose a method for assessing the waterproofness of waterproofing keys and to determine the dependence of the waterproofness of a key in a concrete sample on its width and the number of sealing anchors.

Materials and methods. Two keys of different widths and with different numbers of anchors were chosen as the test object: 240 mm wide key (number of anchors – 4 pcs); 320 mm wide key (number of anchors – 6 pcs).

For testing, the keys were welded in the form of a rectangular parallelepiped and concreted on the bottom and top sides, thus forming a closed loop for water inside. Water was supplied using a pump with a frequency pressure converter. The pressure was raised in steps of 1 water column meter for an hour until water leaks.

Results. In the case of testing of key No. 1, leakage occurred at a pressure of 0.07 MPa. Key No. 2 withstood greater pressure and leaked at 0.09 MPa. In both cases, leaks occurred at the junction of the key and the concrete.

Conclusions. Thus, the number of sealing anchors directly affects the water pressure that the key can withstand in real-life conditions. The standard method for determining water resistance according to State Standard 12730.5 for the construction of an expansion joint turned out to be ineffective due to the high initial test pressure of 0.2 MPa.

Keywords: building structures, waterproofing, expansion joints, concrete protection, waterproofing, waterproofing dowels

For citation: Fomin N.I., Pomazkin E.P., Balakin D.V., Sysoev V.S. Assessment of waterproofness of waterproofing keys. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 2 (621), pp. 42–48. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2\(621\)-42-48](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2(621)-42-48)

Authors contribution statement

Fomin N.I. – providing technical advice on the use of waterproofing keys in construction.

Pomazkin E.P. – concreting the stand, conducting tests, summarizing the data obtained, writing an article.

Balakin D.V. – elaboration of the test methodology, preparation of keys for the testing.

Sysoev V.S. – concreting the stand, conducting tests.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 22.04.2024

Revised 17.05.2024

Accepted 23.05.2024

Деформационные швы в зданиях и сооружениях устраивают для восприятия всевозможных деформаций, в том числе тепловых осадочных и т. п. [1, 2]. При этом здания и сооружения в той или иной степени подвергаются действию грунтовых вод [3–7]. Следовательно, конструкция деформационного шва в заглубленной части здания должна надежно защищать его от проникновения воды и агрессивных сред.

Номенклатура выпускаемых в настоящее время материалов для гидроизоляции деформационных швов достаточно широка. По мнению А.А. Шилина, основными материалами уплотнения деформационных швов малых перемещений служат герметики. В деформационных швах больших перемещений (более 25 %) в качестве уплотнений используют специальные профили, шпонки, компрессионные уплотнители. Материалом таких уплотнителей являются синтетические каучуки (резины), пластифицированный поливинилхлорид, полиэтилен высокой или низкой плотности и т. п. [8].

Наибольшее распространение для гидроизоляции деформационных швов получили гидрошпонки различного профиля [9, 10]. Гидрошпонки монтируются в конструкцию будущего деформационного шва еще до укладки бетонной смеси и относятся к первичным мерам защиты бетонных и железобетонных конструкций. Однако в настоящее время в России отсутствует национальный стандарт и требования к материалам для гидроизоляции деформационных швов, а следовательно, и нормативная основа для принятия правильного проектного решения с использованием гидрошпонок различного сечения.

Так, например, СП 28.13330.2017 [11] разрешает использование гидрошпонок, но не дает алгоритма их применения в зависимости от уровня грунтовых вод. Обоснованно возникает вопрос: какое давление воды может выдержать гидрошпонка в течение длительного времени в зависимости от ее сечения и количества анкеров?

В некоторых источниках имеются данные об эффективности гидрошпонок [12, 13], однако у предложенной методики имеются недостатки (короткое время выдержки образцов, низкое давление воды при испытаниях и массивная конструкция стенда для испытаний). Методика испытаний гидрошпонки должна учитывать реальные условия длительной эксплуатации конструкции деформационного шва в обводненном состоянии, испытания должны легко воспроизводиться в испытательных лабораториях (стенд должен быть удобен в изготовлении), давление воды должно подниматься до тех пор, пока не произойдет протечка в сопряжении «бетон – гидрошпонка».

Цель исследования – предложить способ оценки водонепроницаемости гидрошпонок и определить зависимость водонепроницаемости шпонки в бетонном образце от ее ширины и количества уплотняющих анкеров.

В качестве объекта испытаний выбрали две гидрошпонки различной ширины и с различным количеством анкеров:

– гидрошпонка шириной 240 мм (количество анкеров – 4 шт.), внешняя сторона гладкая (рис. 1). Геометрические размеры указаны в табл. 1.

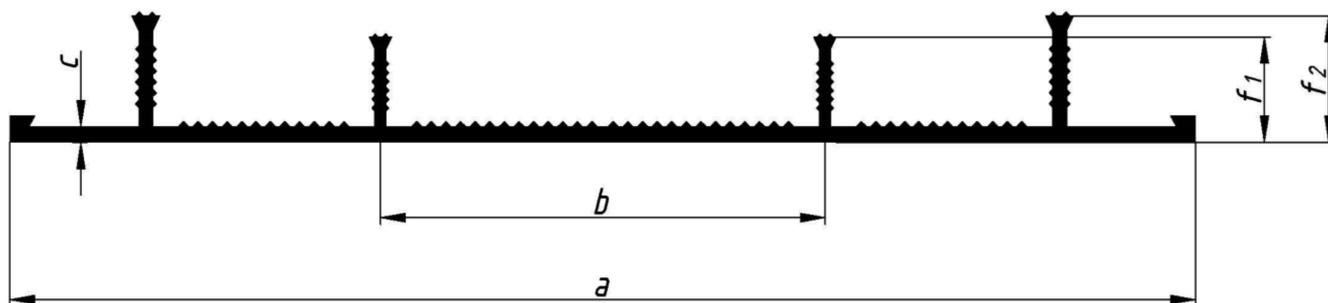


Рис. 1. Профиль используемой гидрошпонки
Fig. 1. Profile of the waterproofing key used

Таблица 1
Table 1

Размеры шпонки № 1, используемой при испытаниях
Dimensions of key No. 1 used in tests

Общая ширина	Ширина растягив. части	Толщина растягив. части	Высота внутреннего анкера	Высота внешнего анкера	Общее кол-во анкеров
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>f₁</i>	<i>f₂</i>	<i>N</i>
240 мм	90 мм	3 мм	20 мм	24 мм	4 мм

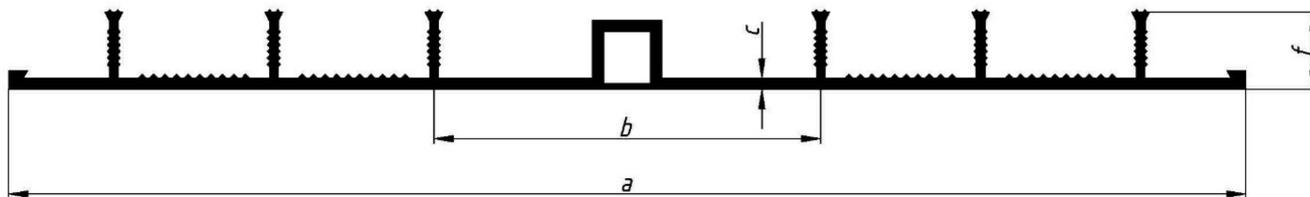


Рис. 2. Профиль используемой гидрошпонки
Fig. 2. Profile of the waterproofing key used

Таблица 2
Table 2

Размеры шпонки № 2, используемой при испытаниях
Dimensions of key No. 2 used in tests

Общая ширина	Ширина растягив. части	Толщина растягив. части	Высота анкера	Общее кол-во анкеров
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>f</i>	<i>N</i>
320 мм	100 мм	4 мм	25 мм	6 мм

Таблица 3
Table 3

Технические характеристики шпонки для испытаний
Technical characteristics of the test key

Наименование показателей	Значение показателей			Методы испытаний
	-30 °С	+20 °С	+70 °С	
Материал шпонки	Пластифицированный нитрильным каучуком поливинилхлорид			–
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	450	500	550	ГОСТ 11262 [14]
Условная прочность при разрыве, МПа, не менее	15,0	15,0	13,0	ГОСТ 2678 [15]
Сопротивление раздиру, кгс/см, не менее	–	20	–	ГОСТ 2678 [15]
Гибкость на брусе с закругленным радиусом (5 ± 0,2) мм	На поверхности образцов трещины не образуются			ГОСТ 2678 [15]
Водопоглощение, %, не более	–	0,3	–	ГОСТ 2678 [15]

– гидрошпонка шириной 320 мм (количество анкеров – 6 шт.), внешняя сторона гладкая, центральная компенсационная часть в виде трубчатого элемента (рис. 2). Геометрические размеры указаны в табл. 2. Технические характеристики обеих шпонок указаны в табл. 3.

Очевидно, что материал, из которого изготовлены гидрошпонки, сам по себе не пропускает воду, практической значимости в определении его водонепроницаемости нет. Большой интерес вызывает водонепроницаемость гидрошпонки при совместной работе с бетоном. Именно примыкание к бетону, а также места соединения (стыковки) гидрошпонок будут наиболее слабыми при действии грунтовых вод.

Для испытаний гидрошпонок изготовили специальные стенды, имитирующие работу шпонок на реальном объекте. Сварили шпонки в виде прямоугольного параллелепипеда (рис. 3) и забетонировали с нижней и верхней сторон, таким образом внутри

сформировали замкнутый для воды контур. До бетонирования верхней части внутрь стенда поместили плотную губку толщиной 50 мм. Обжатие бетоном шпонок с внешней стороны составило не менее 5 см (рис. 4). Схема стенда для испытаний представлена на рис. 5 и 6.

При бетонировании использовали бетонную смесь с маркой по водонепроницаемости W6 и классом по прочности при сжатии B25. После изготовления стенда выдержали его в камере нормального твердения в течение 28 суток, закрепили штуцер для подачи воды и приступили к испытаниям.

Воду в стенды подавали при помощи насоса с частотным преобразователем давления. Контроль давления осуществляли при помощи манометра (рис. 7). Давление поднимали ступенями по 0,01 МПа, или 1 м вод. ст., до образования протечки воды (рис. 8). На каждой ступени выдерживали в течение 1 часа. Результаты испытаний сведены в табл. 4.



Рис. 3. Образец шпонки № 1 перед бетонированием
Fig. 3. Sample of key No. 1 before concreting



Рис. 4. Стенды для испытаний гидрошпонки
Fig. 4. Test benches for waterproofing keys testing

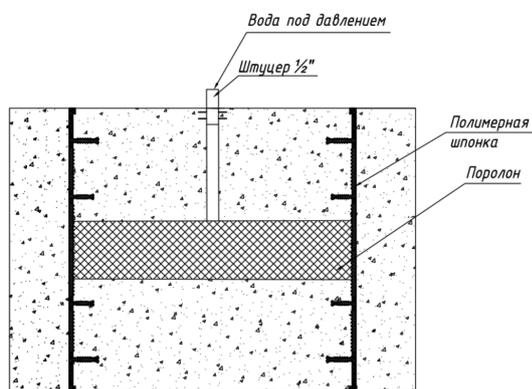


Рис. 5. Схема стенда для испытаний гидрошпонки № 1
Fig. 5. Diagram of the test bench for the waterproofing key No. 1 testing

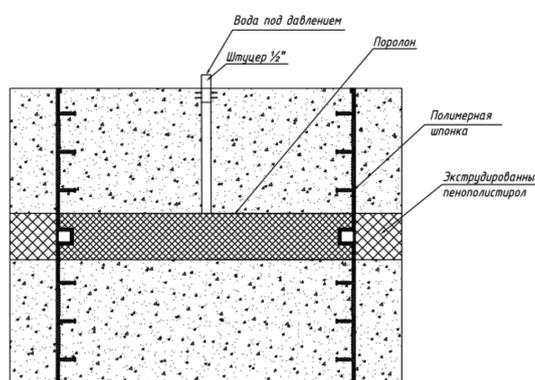


Рис. 6. Схема стенда для испытаний гидрошпонки № 2
Fig. 6. Diagram of the test bench for the waterproofing key No. 2 testing



Рис. 7. Манометр для контроля давления
Fig. 7. Pressure gauge for pressure monitoring



Рис. 8. Место протечки. Примыкание шпонки к бетону
Fig. 8. The place of leakage. The connection of the key to the concrete

Таблица 4
Table 4

Результаты испытаний материалов для гидроизоляции деформационных швов
Test results of materials for expansion joints waterproofing

Оцениваемый показатель	Гидрошпонка № 1 (a = 240 мм, N = 4 шт.)	Гидрошпонка № 2 (a = 320 мм, N = 4 шт.)
Давление воды, при котором произошла протечка	0,07 МПа	0,09 МПа

Таким образом, экспериментально была определена водонепроницаемость гидроизоляционных шпенок в условиях, приближенных к условиям реального объекта. В случае испытания гидрошпонки № 1 ($a = 240$ мм, $N = 4$ шт.) протечка произошла при давлении 0,07 МПа. Шпонка № 2 ($a = 320$ мм, $N = 6$ шт.) выдержала большее давление и протекла при 0,09 МПа. Протечки в обоих случаях произошли по примыканию шпонки к бетону. Становится очевидным, что количество уплотняющих анкеров напрямую влияет на давление воды, которое гидрошпонка может выдержать в условиях реального объекта.

При этом стандартный метод определения водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5 [16] для конструкции деформационного шва оказался неэффективным ввиду высокого начального давления при испытании 0,2 МПа. При таком давлении происходят быстрые деформации полимерных гидроизоляционных материалов и их вырыв из тела бетона.

Полученные при испытаниях данные послужат основой для развития нормативной документации по защите конструкций от проникновения воды и агрессивных сред, а следовательно, и для повышения надежности зданий и сооружений в целом.

Список литературы

1. Волдржих Ф. Деформационные швы в конструкциях наземных зданий. Пер. с чешского. Москва: Стройиздат, 1978. 224 с.
2. Толубаева Л. Технико-экономический анализ используемых материалов для ремонтных работ деформационных швов // *COLLOQUIUM–JOURNAL*. 2020. № 2-2 (54). С. 189–193.
3. Барашкова П.С. Гидроизоляция подвалов от грунтовых вод и капиллярной влаги // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2016. № 9-1. С. 245–247.
4. Тухарели В.Д., Тухарели А.В., Габля А.А. Современные тенденции развития технологий гидроизоляции зданий и сооружений // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 3 (46).
5. Сысоев А.К. Долговечность железобетонных и металлических конструкций подземного сооружения // *Инженерный вестник Дона*. 2019. № 1 (52).
6. Зарубина Л.П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. 272 с.
7. Еремин Д.А., Гилязидинова Н.В. Эффективные способы гидроизоляции фундаментов и подземных сооружений // *Проблемы строительного производства и управления недвижимостью: Сборник научных статей V Междунар. науч.-практ. конф.*, 27–28 ноября 2018 г. Кемерово: ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева», 2018. С. 54–57.
8. Шилин А.А., Зайцев И.А., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте:

Учебное пособие. Тверь: Русская торговая марка, 2003. 396 с.

9. Hohman R. Elementewände im druckenden Grundwasser. Stuttgart: Westermann Druck Zwickau GmbH, 2016, 445 p.

10. Григорьева А.В., Сурнина Е.К. Современные гидроизоляционные материалы, применяемые в тоннелестроении // *Роль опорного ВУЗа в развитии транспортно-энергетического комплекса Саратовской области (ТРАНСЭНЕРГОКОМ–2018): Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции*. Том 1. 2018. С. 294–297.

11. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.

12. Цыбенко А.В. Исследование водонепроницаемости герметичных секций гидроизоляции из полимерных мембран и гидрошпенок // *Фундаменты*. 2021. № 1 (3). С. 72–75.

13. Васильев А.В., Савватеев В.А., Фомин Н.И., Антипин В.В. Испытания металлических гидрошпенок для гидроизоляции технологических швов // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2023. Т. 13. № 2. С. 227–238.

14. ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012). Пластмассы. Метод испытания на растяжение.

15. ГОСТ 2678-94. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний.

16. ГОСТ 12730.5-2018. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

References

1. Voldrzykh F. Deformation seams in structures of ground buildings. Translated from Czech. Moscow: Stroyizdat Publ., 1978, 224 p. (In Russian).
2. Tolubaeva L. Technical and economic analysis of materials used for repair of deformation joints. *COLLOQUIUM–JOURNAL*. 2020, no. 2-2 (54), pp. 189–193. (In Russian).
3. Barashkova P.S. Waterproofing of basements from groundwater and capillary moisture. *Actual problems of humanities and natural sciences*. 2016, no. 9-1, pp. 245–247. (In Russian).
4. Tukhareli V.D., Tukhareli A.V., Gablia A.A. Modern trends in the development of the technology of waterproofing of buildings and structures. *Engineering journal of Don*. 2017, no. 3 (46). (In Russian).
5. Sysoev A.K. Durability of reinforced concrete and metal structures of underground structure. *Engineering journal of Don*. 2019, no. 1 (52). (In Russian).
6. Zarubina L.P. Waterproofing of constructions, buildings and structures. Saint Petersburg: BHV-St. Petersburg, 2011, 272 p. (In Russian).
7. Eremin D.A., Gilyazidinova N.V. Effective methods of waterproofing of foundations and underground structures. *Problems of construction production and real estate management: Collection of scientific articles of the*

V International Scientific and Practical Conference”, November 27–28, 2018. Kemerovo: T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2018, pp. 54–57. (In Russian).

8. Shilin A.A., Zaitsev I.A., Zolotarev I.A., Lyapidevskaya O.B. Waterproofing of underground and deepened structures during construction and repair: A textbook. Tver: Russian trademark, 2003, 396 p. (In Russian).

9. Hohman R. Elementewände im druckenden Grundwasser. Stuttgart: Westermann Druck Zwickau GmbH, 2016, 445 p.

10. Grigorieva A.V., Surnina E.K. Modern waterproofing materials used in tunneling. *The role of a reference university in the development of the transport and energy complex of the Saratov region (TRANSENERGOCOM–2018)*: A collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian Scientific and practical conference. Vol. 1, 2018, pp. 294–297. (In Russian).

11. SP 28.13330.2017. Protection against corrosion of construction. Updated version of SNiP 2.03.11-85. (In Russian).

12. Tsybenko A.V. Investigation of the waterproofness of hermetic sections of waterproofing made of polymer membranes and waterproofing keys. *Foundations*. 2021, no. 1 (3), pp. 72–75. (In Russian).

13. Vasilev A.V., Savvateev V.A., Fomin N.I., Antipin V.V. Testing of metal waterproofing keys for waterproofing tack welds. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023, vol. 13, no. 2, pp. 227–238. (In Russian).

14. State Standard 11262-2017. Plastics. Tensile test method. (In Russian).

15. State Standard 2678-94. Rolled roofing and waterproof materials. Methods of testing. (In Russian).

16. State Standard 12730.5-2018. Concretes. Methods for determination of water tightness. (In Russian).

Информация об авторах /

Information about the authors

Никита Игоревич Фомин, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой ПГСИЭН, директор Института Строительства и Архитектуры, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург
e-mail: ni.fomin@urfu.ru

Nikita I. Fomin, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of PGSiEN, Director of the Institute of Construction and Architecture, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg
e-mail: ni.fomin@urfu.ru

Евгений Павлович Помазкин✉, магистрант Института Строительства и Архитектуры, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург
e-mail: pomazkin-urfu@mail.ru

Evgeniy P. Pomazkin✉, Master student of the Institute of Construction and Architecture, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg
e-mail: pomazkin-urfu@mail.ru

Денис Вячеславович Балакин, технический директор, ООО «ГК «Пенетрон», Екатеринбург
e-mail: denis@penetron.ru

Denis V. Balakin, Technical Director, LLC “GC “Penetron”, Ekaterinburg
e-mail: denis@penetron.ru

Владислав Сергеевич Сысоев, технолог, ООО «ГК «Пенетрон», Екатеринбург
e-mail: svsv@penetron.ru

Vladislav S. Sysoev, Technologist, LLC “GC “Penetron”, Ekaterinburg
e-mail: svsv@penetron.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author