

**Испытания металлических гидрошпонок
для гидроизоляции технологических швов****А.В. Васильев^{1✉}, В.А. Савватеев², Н.И. Фомин³, В.В. Антипин⁴**^{1,2,3}Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия⁴ООО «ЛСР. Строительство-Урал», г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. В строительной практике России достаточно мало информации, посвященной изучению и применению металлических гидрошпонок технологических швов. Цель работы заключается в изучении работы и эффективности металлических гидрошпонок, предназначенных для гидроизоляции технологических швов. В статье представлены результаты экспериментального исследования металлических гидрошпонок из оцинкованного листа, установленных в емкостную конструкцию из монолитного железобетона, изготовленную в заводских условиях. Для обеспечения различных условий воздействия на гидрошпонку емкостная конструкция была изготовлена с двумя разноуровневыми технологическими швами по ее периметру. В результате заполнения емкости водой и наблюдения за гидрошпонками в специально изготовленных полостях было определено, что шпонки, установленные на эпоксидный клей, не обеспечивают герметичность, в отличие от шпонок, установленных при помощи силиконового герметика. Также экспериментально выявлены некоторые технологические достоинства и недостатки металлических гидрошпонок. Среди недостатков отмечена относительно высокая трудоемкость ее монтажа, в частности, стыковки элементов по длине. Среди основных технологических достоинств необходимо отметить собственную жесткость изделия. При этом необходимо дальнейшее изучение химического поведения металла гидрошпонки в теле бетона. В частности, необходимо выполнить эксперименты с повышенным давлением воды и исследовать поведение стали, изучить влияние геометрии гидрошпонки и химической активности «бетон конструкции – металл гидрошпонки» на величину предельного сопротивления гидростатическому давлению.

Ключевые слова: гидроизоляция, технологический шов, металлическая гидрошпонка, поливинилхлоридная гидрошпонка

Для цитирования: Васильев А.В., Савватеев В.А., Фомин Н.И., Антипин В.В. Испытания металлических гидрошпонок для гидроизоляции технологических швов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 2. С. 227–238. <https://elibrary.ru/gkcbis>. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-2-227-238>.

Original article**Testing of metal waterstops for waterproofing tack welds****Alexander V. Vasilev^{1✉}, Vitalii A. Savvateev², Nikita I. Fomin³, Vladimir V. Antipin⁴**^{1,2,3}Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia⁴LLC "LSR. Construction-Ural", Yekaterinburg, Russia

Abstract. The existing information on the study and application of tack weld metal waterstops in Russian construction practice is limited. The authors of the present paper investigate the operation and effectiveness of metal waterstops designed for waterproofing tack welds. An experimental study of metal waterstops made of zinc-coated sheets and installed in a factory-fabricated capacitive monolithic reinforced concrete structure was conducted. In order to provide different exposure conditions for a waterstop, a vessel structure was manufactured with two split-level tack welds on its perimeter. As a result of filling the vessel with water and monitoring the waterstops through special cavities, it was determined that the

waterstops mounted with epoxy glue did not provide sufficient sealing, unlike those mounted with a silicone sealant. In addition, some technological advantages and disadvantages of metal waterstops were experimentally revealed. The disadvantages included a relatively high labor intensity of their installation, in particular, joining the elements along the length. The main technological advantage consisted in the inherent rigidity of the product. Further research should investigate the chemical behavior of the waterstop metal in the concrete body. To this end, the steel behavior under increased water pressure and the influence of the waterstop geometry and the chemical activity of the "structural concrete – waterstop metal" complex on the value of the hydrostatic pressure resistance limit should be elucidated.

Keywords: waterproofing, technological seam, polyvinyl chloride waterstops, metal waterstops

For citation: Vasilev A.V., Savvateev V.A., Fomin N.I., Antipin V.V. Testing of metal waterstops for waterproofing tack welds. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2023;13(2):227-238. (In Russ.). <https://elibrary.ru/gkcbis>. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-2-227-238>.

ВВЕДЕНИЕ

Гидроизоляционная система является важной составляющей эксплуатационной надежности зданий и сооружений, обеспечивающей качество микроклимата внутри помещений и одновременно поддерживающая конструкционную надежность различных элементов зданий и сооружений от воздействия влаги.

Гидроизоляционная система включает в себя пять основных областей:

- гидроизоляция технологических швов;
- гидроизоляция деформационных швов;
- гидроизоляция отверстий от опалубки;
- гидроизоляция вводов коммуникаций;
- гидроизоляция различных поверхностей.

В данной статье будет исследована эффективность гидроизоляции технологических швов монолитных конструкций при использовании металлических гидрошпонок. На данный момент при устройстве гидроизоляции технологических швов на отечественном рынке в основном используют поливинилхлоридные (ПВХ) гидрошпонки, но также малоизученные гидрошпонки из металла, поскольку последние имеют некоторые важные преимущества:

1) низкая стоимость (табл. 1)¹;

2) удобство монтажа вследствие собственной жесткости изделия.

Основное преимущество ПВХ гидрошпонок – обеспечение возможности создания сложных контуров конструкций благодаря технологической сварке соединений в горизонтальной и в вертикальной плоскости (рис. 1).

Как показывает практика, основным

недостатком ПВХ гидрошпонок является значительный объем брака, обусловленный неправильной установкой и фиксацией данных изделий на строительной площадке. Например, при фиксации внутренней гидрошпонки, согласно регламенту производителя «ТР-187-07, АКВАСТОП»², требуется не менее трех скоб на один погонный метр. При несоблюдении данных правил вероятен наклон (деформация) или потеря устойчивости гидрошпонки, из-за чего произойдет потеря ее эксплуатационных качеств. Данный эффект возникает вследствие недостаточной собственной жесткости изделия, а также необходимости частого крепежа (рис. 2). Еще одним недостатком таких гидрошпонок, отмеченный на практике, является достаточно высокие требования к контролю качества сварки стыков, которые содержатся в технологических регламентах заводов-изготовителей.

Качество устройства таких изделий в значительной степени зависит от квалификации исполнителей, таким образом, технологическую надежность их монтажа нельзя считать высокой (рис. 3).

Также следует отметить, что ПВХ гидрошпонки чувствительны к воздействию ультрафиолетового излучения. Это может снизить их номинальные эксплуатационные качества (заявленные производителем), особенно в летнее время: при длительном хранении материала на открытых приобъектных складах и при долговременных технологических перерывах в бетонировании, например, когда часть

¹Гидрошпонка ХВН-120 (2хØ4) ПВХ // Enix.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://enix.ru/gidroshponka-hvn-120-2ho4> (03.12.2022);

Лист оцинкованный 1,5 мм // Metal-b2b.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.metal-b2b.ru/metall/list-ozinkovannyj/list-ozinkovannyj-15-mm> (03.12.2022).

²ТР 186-07. Технологический регламент на установку гидроизоляционных шпонок АКВАСТОП при устройстве и восстановлении гидроизоляции деформационных и технологических швов бетонирования в железобетонных конструкциях подземных и заглубленных сооружений. М.: Типография строительной отрасли города, 2008.

монолитной конструкции уже забетонирована, а другая часть гидрошпонки находится на открытом воздухе [1].

Отмеченные выше недостатки отсутствуют у металлических гидрошпонок.

Таблица 1. Показатели рыночных цен гидроизоляционных материалов технологических швов
Table 1. Indicators of market prices for waterproofing materials of technological seams

Материал гидрошпонки	Примерная рыночная цена материала (на 03.12.2022 г.)
Из ПВХ (АКВАСТОП ХВН 120х4)	512 руб/п. м ($h = 120$ мм)
Из оцинкованной листовой стали (ОЦ Б-О-1,5х200, ГОСТ 19904-90; Ст3, ГОСТ 14918-80)	175 руб/п. м ($h = 200$ мм)
Из оцинкованной листовой стали (ОЦ Б-О-1,5х400, ГОСТ 19904-90; Ст3, ГОСТ 14918-80)	350 руб/п. м ($h = 400$ мм)



Рис. 1. Соединение поливинилхлоридных гидрошпонок
Fig. 1. Connection of polyvinyl chloride waterstops



Рис. 2. Наклон внутренней поливинилхлоридной гидрошпонки
Fig. 2. Inclination of the inner polyvinyl chloride waterstop



Рис. 3. Процесс сварки поливинилхлоридной гидрошпонки
Fig. 3. Polyvinyl chloride waterstop welding process

На сегодняшний день на международном рынке применяется несколько типов металлических гидрошпонок³, среди которых отдельно стоит отметить шпонки с адгезионной пленкой⁴. Согласно исследованию [2], адгезионная пленка на поверхности гидрошпонки значительно увеличивает эффективность гидростатического сопротивления благодаря эффекту «склеивания» на границе «гидрошпонка – бетон». Так, исследователи в работе [2] демонстрируют результаты испытаний, где отмечается, что благодаря адгезионной пленке ПВХ гидрошпонка выдержала давление в 30 м водяного столба по сравнению с заявленным производителем давлением в 10 м (для изделия без пленки). При этом обстоятельных исследований, посвященных работе металлических гидрошпонок с адгезионной пленкой, авторами обнаружить не удалось. Отечественных и зарубежных исследований эффективности металлических гидрошпонок, включая оценку их эксплуатационных качеств внутри конструкций, в целом мало, что подчеркивает актуальность их выполнения.

Вместе с этим накоплено уже достаточно много данных по возможностям применения ПВХ гидрошпонок, разработана отечественная нормативная технологическая база, например, СТО НОСТРОЙ 2.7.156-2014 (Устройство водонепроницаемых конструкций)⁵, технический регламент ТР 186-07 на установку

гидроизоляционных шпонок².

Как было отмечено выше, актуальность исследования металлических гидрошпонок достаточно высока, поэтому для возможности оценки практической эффективности таких конструкций было принято решение выполнить экспериментальное исследование на производственной базе одного из ведущих застройщиков г. Екатеринбурга (ООО «ЛСР. Строительство-Урал»).

Поскольку в технологическом шве бетонных конструкций достаточно часто присутствует вода, весьма вероятно образование на поверхности металлической гидрошпонки коррозии, которая, предположительно, снижает ее гидростатическое сопротивление. Поэтому авторами было принято решение использовать в эксперименте гидрошпонку, изготовленную из оцинкованного металла.

ПОДГОТОВКА К ЭКСПЕРИМЕНТУ

На первом этапе была запроектирована емкостная конструкция из монолитного железобетона (БСТ В20, W6: ГОСТ 7473-2010⁶), квадратная в плане, с двумя технологическими швами по периметру на различной высоте (рис. 4).

В технологические швы экспериментом была запланирована установка оцинкованных листов толщиной 1,5 мм и высотой 200 мм и 400 мм (ОЦ Б-О-1,5x200, ГОСТ 19904-90⁷; Ст3, ГОСТ 14918-80⁸; ОЦ Б-О-1,5x400, ГОСТ 19904-90; Ст3, ГОСТ 14918-80: оцинкованная сталь

³All Types of Waterstops to Prevent Liquid Leaking // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jointwaterstop.com/> (03.12.2022).

⁴Fugenbleche // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tph-bausysteme.com/> (03.12.2022).

⁵СТО НОСТРОЙ 2.7.156-2014. Конструкции бетонные и железобетонные. Устройство водонепроницаемых конструкций. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ. Стандарт организации. Введ. 11.12.2014. М.: ИПП ООО «Бумажник», 2014. 109 с.

⁶ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия. Введ. 01.01.2012. Кодекс, 2012. 26 с.

⁷ГОСТ 19904-90. Прокат листовой холоднокатаный. Введ. 01.01.91. Кодекс, 1991. 6 с.

⁸ГОСТ 14918-80. Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Введ. 01.07.81. М.: Стандарт, 1981.

толщиной 1,5 мм, шириной 200 или 400 мм, нормальной точности прокатки Б, с обрезной кромкой О).

Для наблюдения за гидрошпонками в стенках емкости предусматривались полости

(на сплошных участках гидрошпонки и на участках ее стыков) (рис. 4). Для решения задач эксперимента стыковка листов была предусмотрена в двух вариантах: на силиконовом герметике или на эпоксидном клее.

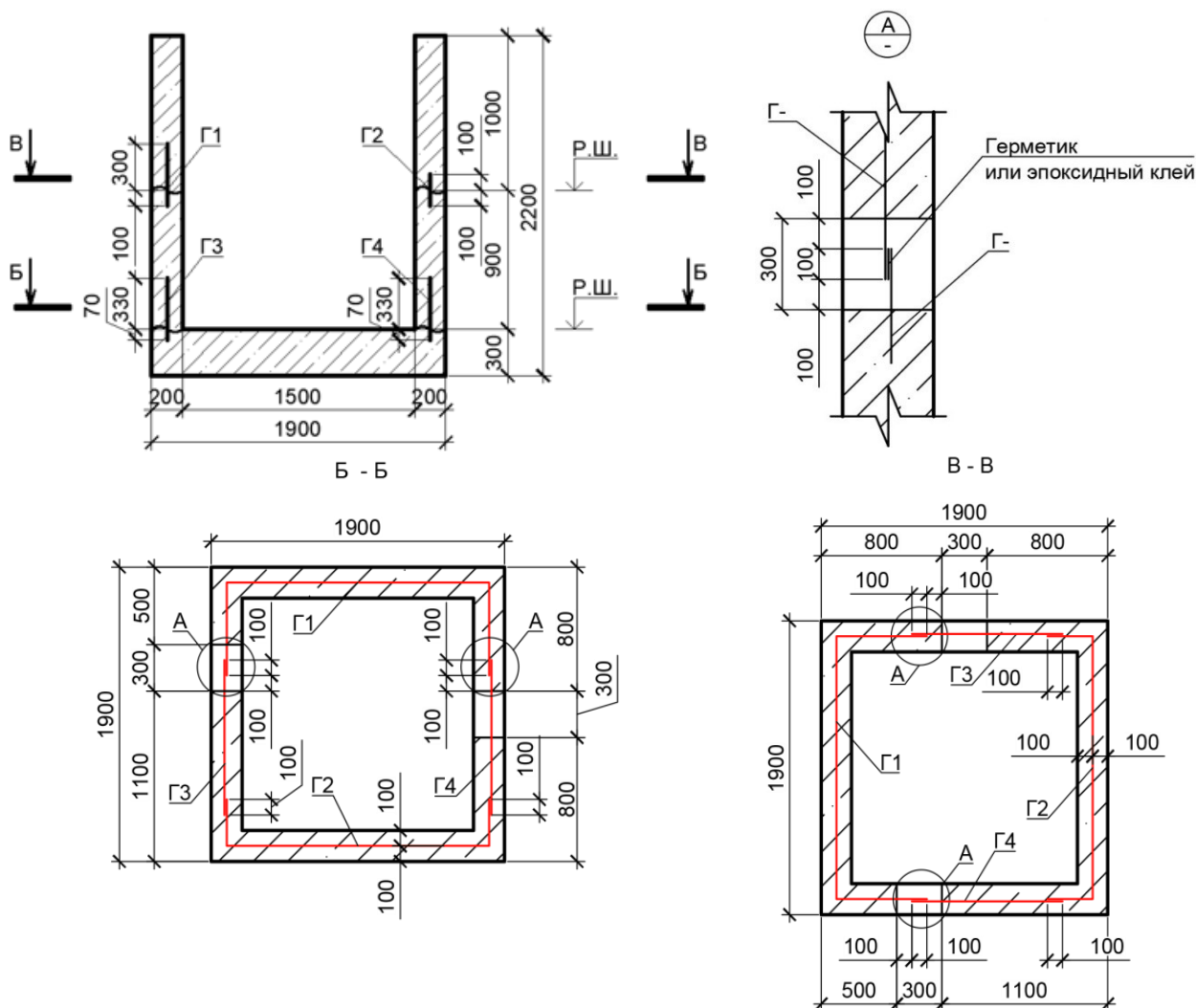


Рис. 4. Геометрия экспериментальной емкости с металлическими гидрошпонками
Fig. 4. Geometry of the experimental tank with metal waterstops



Рис. 5. Образование технологического шва Г3 и Г4 (рис. 4, разрез Б-Б)
Fig. 5. Formation of technological seam G3 and G4 (fig. 4, section Б-Б)

Экспериментальная конструкция возводилась при нормальных условиях внутри производственного цеха (рис. 5 и 6). После изготовления и набора прочности бетона готовая

емкость (рис. 7) была заполнена водопроводной водой на высоту 2 м. Наблюдение за металлическими гидрошпонками происходило в течение 28 сут.



Рис. 6. Образование технологического шва Г1 и Г2 (рис. 4, разрез В-В)
Fig. 6. Formation of technological seam Г1 and Г2 (fig. 4, section B-B)



Рис. 7. Общий вид готовой экспериментальной модели
Fig. 7. View of the finished experimental model

Соединение металлических гидрошпонок по периметру емкости выполнялось внахлест при помощи струбины (рис. 8). Как отмечалось выше, соединение производилось в двух вариантах: на силиконовом герметике (герметик силиконовый ЗУБР «Эксперт» белый,

санитарный, для помещений с повышенной влажностью)⁹ и эпоксидном клее («Момент» супер эпокси)¹⁰. Время выдержки силиконового герметика и эпоксидного клея в струбине перед установкой на арматурный каркас емкости составляло 24 ч. Нахлест стыков

⁹Силиконовый герметик ЗУБР // Zubr-tools.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://zubr-tools.ru/prochee-glava/peny-kleya-germetiki-i-pistolety/germetik-silikonovyy-zubr-ekspyert-belyy-sanitarnyy-dlya-pomeshcheniy-s-povyshennoy-vlazhnostyu-280ml> (03.12.2022).

¹⁰Эпоксидный клей Момент. Формула 1 // Moment.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.moment.ru/ru/products/epoksidnyj-klej-moment/moment_super_epoksiformula-1.html (03.12.2022).

металлических гидрошпонок составлял не менее 100 мм. Для обеспечения дополнительной жесткости металлической гидрошпонки использовался фиксирующий элемент, состоящий из арматурных стержней, соединенных между собой ручной электродуговой сваркой (рис. 9). Фиксирующий элемент устанавливался с шагом 300 мм, закреплялся к арматурному каркасу вязальной проволокой (рис. 10 и 11).

Монолитная емкость заполнялась водопроводной водой на высоту 2 м (рис. 12), наблюдение за наполненной емкостью происходило в течение 28 сут.

Давление воды составило:

- на нижний технологический шов ГЗ и Г4 – 20 кПа;
- на верхний технологический шов (Г1 и Г2) – 10 кПа.



Рис. 8. Соединение металлической гидрошпонки при помощи струбцины
Fig. 8. Connecting a metal waterstop with a clamp

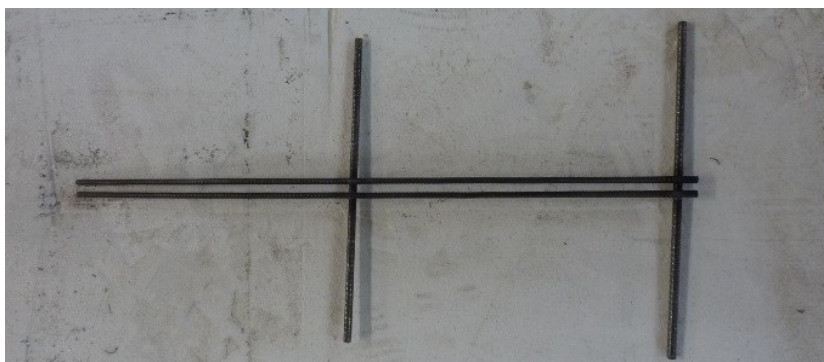


Рис. 9. Фиксирующий элемент
Fig. 9. Fixing element



Рис. 10. Соединение фиксирующего элемента и металлической гидрошпонки
Fig. 10. Connection of the fixing element and the metal waterstop



Рис. 11. Соединение фиксирующего элемента и металлической гидрошпонки
Fig. 11. Connection of the fixing element and the metal waterstop



Рис. 12. Наполнение бетонной емкости водой на высоту 2 м
Fig. 12. Filling a concrete tank with water to a height of 2 m

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Стык металлических гидрошпонок на эпоксидном клее протек в первый день наблюдения при давлении в 20 Кпа и при давлении в 10 кПа (рис. 13) с различной высотой гидрошпонки (200 мм и 400 мм). Стык металлических

гидрошпонок на силиконовом герметике с различной высотой шпонок выдержал оба уровня давления (10 кПа и 20 кПа) и обеспечил герметичность на протяжении всего периода наблюдения (рис. 14). Аналогичная ситуация наблюдалась на сплошных участках гидрошпонки (без устройства стыка) (рис. 15).



Рис. 13. Протечка воды при соединении металлической гидрошпонки на эпоксидном клее
Fig. 13. Water leaks when connecting a metal waterstop with epoxy adhesive



Рис. 14. Герметичный шов при соединении металлической гидрошпонки на силиконовом герметике

Fig. 14. Hermetic seam when connecting a metal waterstop on silicone sealant



Рис. 15. Герметичный шов металлической гидрошпонки без стыка

Fig. 15. Hermetic seam of a metal waterstop without a joint

ВЫВОДЫ

В результате проведенного эксперимента установлено, что применение оцинкованной стали для герметизации рабочих швов бетонирования эффективно при устройстве стыков шпонки по длине при помощи силиконового герметика.

В течение всех 28 сут. наблюдений протечек воды в таких стыках не обнаружено. Из анализа различных исследований не удалось обнаружить сведений о гидростатическом сопротивлении металлических гидрошпонок, а также о практических методиках его достоверного расчета.

В настоящее время при определении гидростатического сопротивления металлических гидрошпонок учитывают только их геометрическую форму (методика, изложенная в СТО НОСТРОЙ 2.7.156-2014 для оценки гидростатического сопротивления шпонок из ПВХ). Влияние эффектов взаимодействий металла и

бетона с образованием химической связи в расчете не учитывается.

Кроме этого, в расчете также не учитываются химические процессы, сопровождающие жизненный цикл конструкции с гидрошпонкой, которые также пока не отражены в нормах по расчету: воздействие агрессивных веществ с металлом, его коррозия, изменение текстуры на внешних поверхностях металлической гидрошпонки.

Резюмируя изложенное выше, существующий расчет гидростатического сопротивления давлению воды гидрошпонки, с учетом ее геометрических параметров по СТО НОСТРОЙ 2.7.156-2014⁵ (рис. 16), следующий:

$$W_r = 4,24 \times W \times \sum R_l,$$

где W_r – водонепроницаемость узла сопряжения, МПа; W – марка бетона по водонепроницаемости (ГОСТ 12730.5-2018¹¹); $\sum R_l$ – величина периметра герметизирующих зон по возможному пути миграции влаги, м.

¹¹ГОСТ 12730.5-2018. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

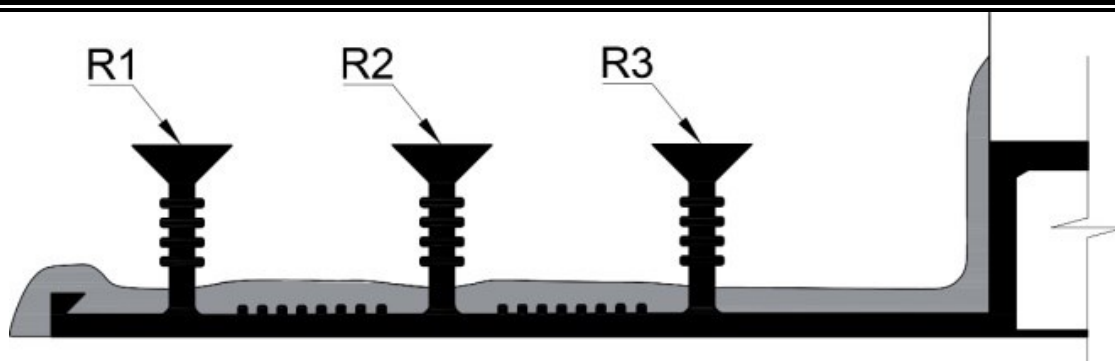


Рис. 16. Схема к расчету гидростатического сопротивления давлению воды гидрошпонки с учетом ее геометрических параметров

Fig. 16. Scheme for calculating the hydrostatic resistance to water pressure of a waterstop, taking into account its geometric parameters

При этом существуют отдельные исследования по оценке взаимодействия металла и бетона.

Отсюда возникает необходимость в объединении разрозненных результатов и проведении комплексного исследования металлических гидрошпонок в теле бетона с одновременным учетом:

- геометрических параметров гидрошпонки (применение листов с различными толщинами и высотами, учет дополнительных выступов и возможных анкерных элементов);

- физико-химического взаимодействия бетона конструкции и металла гидрошпонки (совместная работа бетона и металла, ее изменение со временем, реакция на внешние агрессоры);

Следует также отметить, что в результате проведенного эксперимента были выявлены технологические достоинства и

недостатки металлических гидрошпонок. Среди недостатков отмечена относительно высокая трудоемкость ее монтажа, в частности, стыковка элементов по длине. Среди основных технологических достоинств необходимо отметить собственную жесткость изделия. Дополнительным преимуществом стальных гидрошпонок является их невысокая стоимость.

В заключении необходимо подчеркнуть, что у гидрошпонок ПВХ за последние годы была сформирована хорошая нормативная база, позволяющая проектировщику подбирать различные конфигурации изделий для обеспечения герметизации технологических швов в зависимости от величины гидростатического давления. Для увеличения масштаба применения металлических гидрошпонок, обеспечивающих надежную герметизацию конструкций зданий и сооружений, такую базу предстоит разработать.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Liu S.M., Yu L., Gao J.X., Zhang X.D. Durability of rubber waterstop in extreme environment: effect and mechanisms of ultraviolet aging // *Polymer Bulletin*. 2021. Vol. 78. P. 4019–4032.
2. Byoung Hooi Cho, Boo Hyun Nam, Sangyeon Seo, Jungil Kim, Jinwoo An, Heejung Youn. Waterproofing performance of waterstop with adhesive bonding used at joints of underground concrete structures // *Construction and building materials*. 2019. Vol. 221. P. 491–500. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.103>.
3. Vasilev A.V., Yamov V.I. Resource-saving in the operation of a building with a correctly executed waterproofing // *IV International Conference on Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Yekaterinburg, 4–5 October 2018)*. 2019. Vol. 481. Iss. 1.

- P. 012036. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/481/1/012036>.
4. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская И.А. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте. Тверь: Русская торговая марка, 2003. 396 с.
5. Зарубина Л.П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. СПб: БХВ-Петербург, 2011. 272 с.
6. Асанова Д.Ю. Особенности обследования гидроизоляции зданий и сооружений // *COLLOQUIUM-JOURNAL*. 2019. № 12-3 (36). С. 70–71. EDN: KBUYAB.
7. Gusev R.A., Vasilev A.V., Yamov V.I., Nepryahin A.A. Waterproofing of the foundation slab using the method of the dry dusting // *AIP*

Conference Proceedings (9 March 2023). 2023. Vol. 2701. No. 1. P. 020007.

8. Еремин Д.А., Гилязидинова Н.В. Эффективные способы гидроизоляции фундаментов и подземных сооружений // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью. 2018. С. 54–57.

9. Ogura N., Konishi Yu., Sagradyan A., Shiotani T. Monitoring of repaired water leaks using surface wave tomography // *Developments in the Built Environment*. 2023. Vol. 14. P. 100133.

10. Waterproofing material for protection of underground structures, Olga Lyapidevskaya, E3S Web Conf. 2019. Vol. 97 P. 02008 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702008>.

11. Коянкин А.А., Белецкая В.И., Гужевская А.И. Влияние шва бетонирования на работу конструкции // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 76–81.

12. Барашкова П.С. Гидроизоляция подвалов от грунтовых вод и капиллярной влаги // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 9-1.

13. Тухарели В.Д., Тухарели А.В., Габля А.А. Современные тенденции развития технологий гидроизоляции зданий и сооружений // ИВД. 2017. №3 (46).

14. Сысоев А.К. Долговечность железобетонных и металлических конструкций подземного сооружения // ИВД. 2019. №1 (52).

15. Нойферт Э. Строительное проектирование / Пер. с нем. К.Ш. Фельдмана, Ю.М. Кузьминой; Под ред. З.И. Эстрова и Е.С. Раевой. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1991. 392 с. Перевод издания: Neufert E. Bauentwurfslehre. F. Viweg and Sohn Braunschweig/Wiesbaden.

REFERENCES

1. Liu S.M., Yu L., Gao J.X., Zhang X.D. Durability of rubber waterstop in extreme environment: effect and mechanisms of ultraviolet aging. *Polymer Bulletin*. 2021;78:4019-4032.

2. Byoung Hooi Cho, Boo Hyun Nam, Sangyeon Seo, Jungil Kim, Jinwoo An, Heejung Youn. Waterproofing performance of waterstop with adhesive bonding used at joints of underground concrete structures. *Construction and building materials*. 2019;221:491-500. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.103>.

3. Vasilev A.V., Yamov V.I. Resource-saving in the operation of a building with a correctly executed water-proofing. *IV International Conference on Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures* (Yeka-terinburg, 4–5 October 2018). 2019. Vol. 481. Iss. 1. P. 012036. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/481/1/012036>.

4. Shilin A.A., Zaitsev M.V., Zolotarev I.A., Lyapidevskaya I.A. Waterproofing of underground and buried structures during construction and repair. Tver: Russian trademark; 2003. 396 p. (In Russ.).

5. Zarubina L.P. Waterproofing of structures, buildings and structures. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2011. 272 p. (In Russ.).

6. Asanova D.Yu. Features of the examination of waterproofing buildings and structures. *COLLOQUIUM-JOURNAL*. 2019;12-3:70-71. (In Russ.).

7. Gusev R.A., Vasilev A.V., Yamov V.I., Nepryahin A.A. Waterproofing of the foundation slab using the method of the dry dusting. *AIP Conference Proceedings*. 9 March 2023.

2023;2701(1):020007.

8. Eremin D.A., Gilyazidinova N.V. Effective methods of waterproofing foundations and underground structures. *Problems of construction production and real estate management*. 2018. P.54-57.

9. Ogura N., Konishi Yu., Sagradyan A., Shiotani T. Monitoring of repaired water leaks using surface wave tomography. *Developments in the Built Environment*. 2023;14:100133.

10. Lyapidevskaya O. Waterproofing material for protection of underground structures. *E3S Web Conf*. 2019;97:2008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199702008>.

11. Koyankin A.A., Beletskaia V.I., Guzhevskaya A.I. Influence of the concreting seam on the work of the structure. *Vestnik MGSU*. 2014;3:76-81. (In Russ.).

12. Barashkova P.S. Basement waterproofing from groundwater and capillary moisture. *Actual problems of the humanities and natural sciences*. 2016;9-1. (In Russ.).

13. Tukhareli V.D., Tukhareli A.V., Gablia A.A. Modern trends in the development of technologies for hydro-isolation of buildings and structures. *IVD*. 2017;3(46). (In Russ.).

14. Sysoev A.K. Durability of reinforced concrete and metal structures of an underground structure. *IVD*. 2019;1(52). (In Russ.).

15. Neufert E. Structural design.: Per. with him. K.Sh. Feldman, Yu.M. Kuzmina; Ed. Z.I. Estrova and E.S. Raeva. 2nd ed. Moscow: Stroyizdat; 1991. 392 p. (In Russ.). Translation of the edition: Bauentwurfslehre / E. Neufert F. Viweg and Sohn Braunschweig/Wiesbaden.

Информация об авторах

Васильев Александр Владимирович,
ассистент кафедры промышленного,
гражданского строительства и экспертизы
недвижимости,
Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 17, Россия,
e-mail: alexander_vasilev_888@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5717-8972>

Савватеев Виталий Андреевич,
студент,
Уральский федеральный университет имени
первого президента России Б. Н. Ельцина,
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 17, Россия,
e-mail: rabotsavvateev28@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9100-6077>

Фомин Никита Игоревич,
к.т.н., доцент,
заведующий кафедрой промышленного,
гражданского строительства и экспертизы
недвижимости,
директор Института строительства
и архитектуры,
Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 17, Россия,
e-mail: ni.fomin@urfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7095-7161>

Антипин Владимир Вячеславович,
главный инженер,
ООО «ЛСР. Строительство-Урал»,
620072, г. Екатеринбург, ул. 40-летия
Комсомола, 34, Россия,
e-mail: antipin.vv@lsrgroup.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в
подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта ин-
тересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончатель-
ный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 01.02.2023.
Одобрена после рецензирования 24.02.2023.
Принята к публикации 28.02.2023.

Information about the authors

Alexander V. Vasilev,
Assistant of the Department
of Industrial and Civil Engineering
and Estate Expertise,
Ural Federal University named
after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
17 Mira St., Ekaterinburg 620002, Russia,
e-mail: evgursolo@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5717-8972>

Vitalii A. Savvateev,
Master's,
Ural Federal University named after the First
President of Russia B.N. Yeltsin,
17 Mira St., Ekaterinburg 620002, Russia,
e-mail: rabotsavvateev28@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9100-6077>

Nikita I. Fomin,
Cand. Sci (Eng.),
Head of the Department of Industrial
and Civil Engineering
and Estate Expertise,
Ural Federal University
named after the First President
of Russia B.N. Yeltsin,
17 Mira St., Ekaterinburg 620002,
Russia,
e-mail: ni.fomin@urfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7095-7161>

Vladimir V. Antipin,
Chief Engineer,
LLC «LSR-Construction-Ural»,
40th anniversary of Komsomol St., 34
Yekaterinburg 620072, Russia,
e-mail: antipin.vv@lsrgroup.ru

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regard-
ing the publication of this article.

The final manuscript has been read and ap-proved
by all the co-authors.

Information about the article

The article was submitted 01.02.2023.
Approved after reviewing 24.02.2023.
Accepted for publication 28.02.2023.