

УДК 69.025:699.82

Использование гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» для исключения внешней гидроизоляции подземных железобетонных конструкций

Денис Вячеславович БАЛАКИН, технический директор, e-mail: denis@penetron.ru

ЗАО ГК «Пенетрон-Россия», 620076 Екатеринбург, пл. Жуковского, 1

Дмитрий Андреевич ЕРМОЛАЕВ, Павел Юрьевич ИСАКОВ, инженеры

Юрий Николаевич КАРНЕТ, кандидат технических наук, директор

ООО ИВЦ «Технология», 620144 Екатеринбург, ул. Хохрякова, 98, e-mail: 2789606@rambler.ru

Аннотация. Рассматривается влияние разработанной специалистами ГК «Пенетрон» добавки, вносимой в бетонную смесь на стадии ее приготовления, которая, при наличии в затвердевшей структуре бетона усадочных и силовых трещин, а также свободной воды, активно включает процесс образования новых кристаллов, заполняющих свободные объемы между частицами бетона. Образование кристаллогидратов при наличии воды в трещинах соединяет их берега и воссоздает целостную структуру бетона с водонепроницаемостью до W20. Результаты проведенных исследований на экспериментальном участке покрытия подземного паркинга в Екатеринбурге показали, что железобетонная плита покрытия, выполненная без горизонтальной гидроизоляции, но с применением добавки «Пенетрон Адмикс» в количестве 1 % массы цемента, в течение 43 мес не пропустила во внутреннее подземное пространство через себя воду. Таким образом, наличие в бетоне добавки «Пенетрон Адмикс» позволяет повысить эффективность получения «сухих» подземных пространств, в том числе при строительстве паркингов, без устройства снаружи железобетонных конструкций оклеечной или напыляемой гидроизоляции.

Ключевые слова: подземные паркинги, железобетонные конструкции, внешняя гидроизоляция, гидроизоляционная добавка «Пенетрон Адмикс».

THE USE OF WATERPROOFING ADDITIVE «PENETRON ADMIX» FOR EXCLUSION OF EXTERNAL WATERPROOFING OF UNDERGROUND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Denis V. BALAKIN, e-mail: denis@penetron.ru

ZAO GK «Penetron-Rossiya», pl. Zhukovskogo, 1, Ekaterinburg 620076, Russian Federation

Dmitriy A. ERMOLAEV, Pavel Yu. ISAKOV, Yuriy N. KARNET

IVTs «Tekhnologiya», ul. Khokhryakova, 98, Ekaterinburg 620144, Russian Federation, e-mail: 2789606@rambler.ru

Abstract. The impact of an additive developed by specialists of GK «Penetron» and introduced into the concrete mix at the stage of its preparation, which at the presence of shrinkage and force cracks and free water also actively initiates the process of formation of new crystals which fill free volumes between particles of the concrete, is analyzed. The creation of crystalline hydrates at the presence of water in the cracks connects their edges and recreates a whole concrete structure with waterproofing of up to W20. Results of the study conducted at the experimental part of the underground parking covering in Yekaterinburg show that a reinforced concrete roof slab made without horizontal waterproofing but with the use of the «Penetron Admix» additive in the amount of 1% of cement mass didn't pass the water through itself into the inner underground space during 43 months. Thus, the presence of the «Penetron Admix» additive in the concrete makes it possible to increase the efficiency of «dry» underground spaces, including the construction of parkings, without the use of adhesive or spray-on waterproofing outside reinforced concrete structures.

Key words: underground parkings, reinforced concrete structures, external waterproofing, waterproofing additive «Penetron Admix».

В растянутых зонах изгибаемых железобетонных конструкций при напряжениях, превышающих прочность при осевом растяжении R_{bt} , возникают силовые трещины, размер которых зависит от действующего в попе-

речном сечении изгибающего момента и количества растянутой арматуры.

В структуре бетона на ранних стадиях его твердения возникают силовые и усадочные трещины. При изменении температуры

окружающей среды могут образовываться температурно-деформационные трещины, через которые в подземное пространство из внешней среды проникает вода, ухудшающая эксплуатационный режим помещений. Силовые

трещины существенно снижают жесткость элемента при расчете по второму предельному состоянию (деформативности).

При строительстве для сохранения гидроизоляционной способности подземных железобетонных сооружений их внешняя (наружная) поверхность дополнительно покрывается наклеиваемыми или напыляемыми гидроизоляционными материалами.

Однако производство гидроизоляционных оклеечных или напыляемых работ по наружной поверхности подземных железобетонных конструкций существенно замедляет возведение подземных сооружений и приводит к удорожанию строительства. При этом наружный оклеечный слой гидроизоляции, хотя и препятствует прониканию воды через структуру бетона с трещинами, но не восстанавливает прочность и жесткость поперечных сечений, проходящих через трещины в изгибаемых железобетонных конструкциях.

В последние годы специалистами ГК «Пенетрон» разработана вносимая в бетонную смесь на стадии приготовления добавка, которая в случае образования в затвердевшей структуре бетона усадочных и силовых трещин, при наличии свободной воды, активно включает процесс образования новых кристаллов, заполняющих свободные объемы между ранее затвердевшими частицами бетона. Это приводит к «заращению» появившихся силовых трещин, пустот и восстановлению изгибной жесткости конструкции. Образование новых кристаллов в трещинах бетона, наряду с препятствием прониканию через них воды, восстанавливает потерянную сплошность расчетных поперечных сечений изгибаемых железобетонных конструкций, что увеличивает их прочность и жесткость до первоначального проектного уровня.

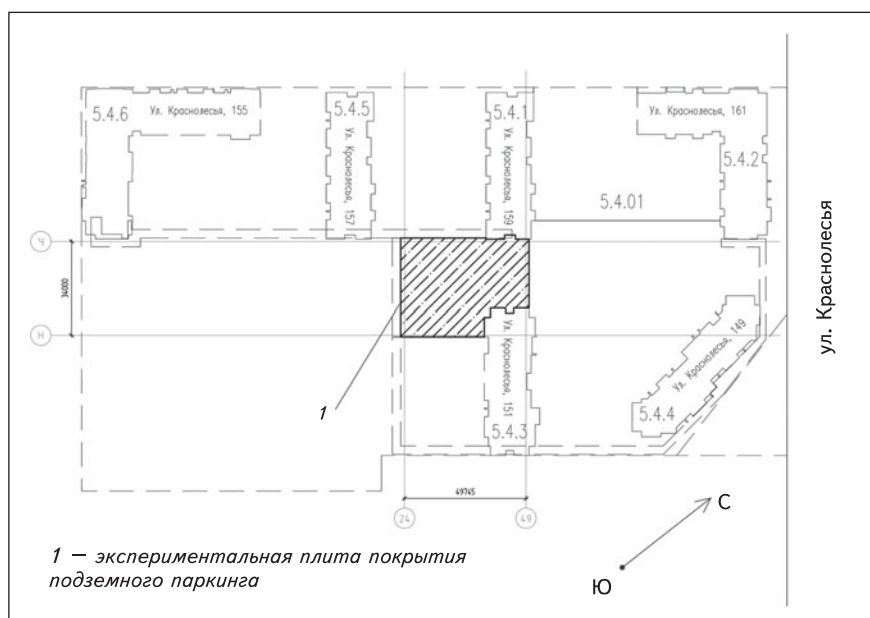


Рис. 1. Расположение экспериментального участка

С целью подтверждения возможности исключения использования напыляемой или оклеечной гидроизоляции для железобетонной плиты покрытия подземного паркинга без ухудшения эксплуатационных качеств при поддержке руководства ЗАО «РСГ-Академическое» проведено экспериментальное исследование железобетонной плиты покрытия подземного паркинга (г. Екатеринбург) площадью 1540 м² (рис. 1), выполненного без внешней гидроизоляции верхней плоскости с применением гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» [1, 2].

Железобетонная плита покрытия проектной толщиной 300 мм изготовлена из бетонной смеси класса В25 с добавкой «Пенетрон Адмикс» в количестве 1 % массы цемента. Добавку вносили в готовую бетонную смесь непосредственно в бетоновозе, дополнительно перемешивали в течение 10 мин, после чего производили укладку смеси по обычной технологии в опалубку безбалочной плиты покрытия паркинга с устройством рабочих швов между периодами доставки смеси. Для гидроизоляции рабочих

швов применяли саморасширяющийся гидроизоляционный жгут «Пенебар» [3].

Бетонирование железобетонной плиты покрытия подземного паркинга проводили в период с 7 по 15 мая 2012 г. при положительной температуре наружного воздуха. Для исследования прочности бетона изготовили кубы с размером ребра 150 мм, для изучения водонепроницаемости — бетонные цилиндры диаметром 150 мм и высотой 100 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 12730.5—84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».

Кроме того, водонепроницаемость бетона определяли по образцам, которые отбирали ежеквартально в течение 43 мес из плиты покрытия в зоне между арматурными стержнями и существующими силовыми трещинами.

После снятия опалубки на потолочной поверхности железобетонной плиты покрытия паркинга наносили разметку размером 100×100 см (всего 1500 квадратов). Каждый квадрат пронумеровали для учета места расположения и ширины раскрытия силовых трещин, возникающих на нижней

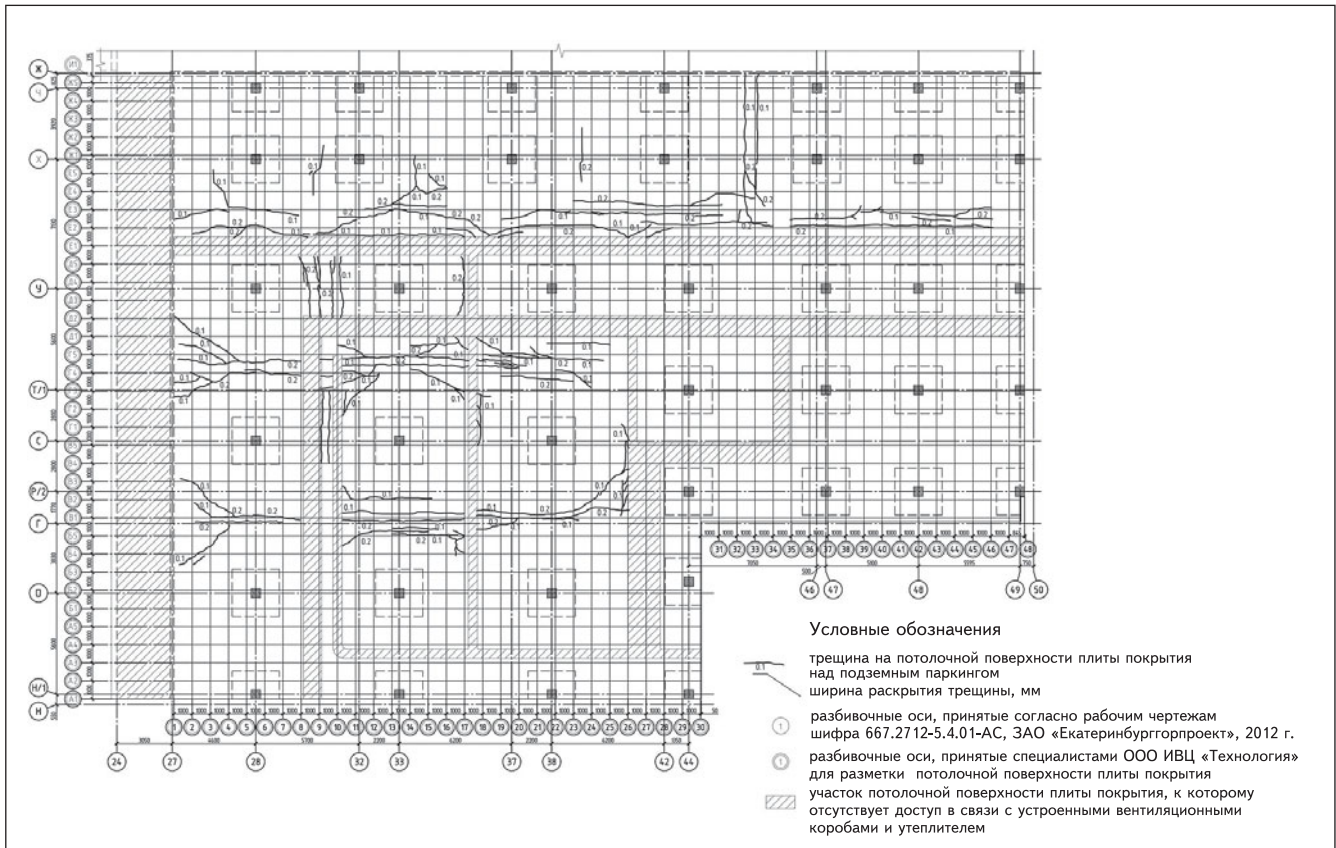


Рис. 2. Схема расположения и ширина раскрытия трещин на поверхности железобетонной плиты покрытия подземного паркинга

поверхности плиты покрытия при засыпке ее грунтом и постоянной езде по ней тяжелой строительной техники (бетоновозы, автокраны, грейдеры, тракторы и др.). Наличие разметки на потолочной поверхности позволяло контролировать в случае появления воды место ее проникания. В течение 43 мес протечек на потолочной поверхности не появилось, что подтвердило работоспособность гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс».

Работа тяжелой строительной техники привела к образованию на потолочной поверхности силовых трещин до 0,2 мм в нормальных сечениях в зонах действия максимальных изгибающих моментов. Расположение трещин на потолочной поверхности плиты покрытия подземного паркинга по состоянию на 25.01.2013 г. (возраст бетона 254 сут) показано на рис. 2. Максимальное рас-

стояние между берегами трещин не превышало 0,3 мм, что соответствует СП 63.13330.2012.

Сравнение расположения силовых трещин в возрасте 86 сут и 254 сут после укладки бетона показало, что характер и расстояния между берегами трещин не изменились. Это свидетельствует о том, что основная причина появления силовых трещин в железобетонной плите покрытия подземного паркинга — первоначальные трещины от вертикальных динамических нагрузок в процессе работы тяжелой строительной техники при укладке слоя грунта.

Для контроля за процессом «самозалечивания» из зоны нормальных силовых трещин отбирали цилиндрические образцы бетона таким образом, чтобы трещины располагались в пределах керна по всей его высоте. Бетонные образцы диаметром

150 мм и высотой 100 мм получали с помощью алмазной коронки методом мокрого бурения. После отбора бетонных кернов обе симметричные половинки объединяли моноуглеродной тканью, обмотанной по внешнему контуру боковой поверхности цилиндра. Партия образцов из двух объединенных половинок состояла из шести штук.

Эти образцы исследовали на водонепроницаемость 2 раза, сохраняя моноуглеродную обмотку. Первое испытание проводили после отбора бетонных образцов из конструкции железобетонной плиты покрытия подземного паркинга, второе — через 45 сут выдерживания их в воде.

На рис. 3 приведен график изменения параметра водонепроницаемости бетона с добавкой «Пенетрон Адмикс» по результатам испытания образцов цельных цилиндров, отобранных из экс-

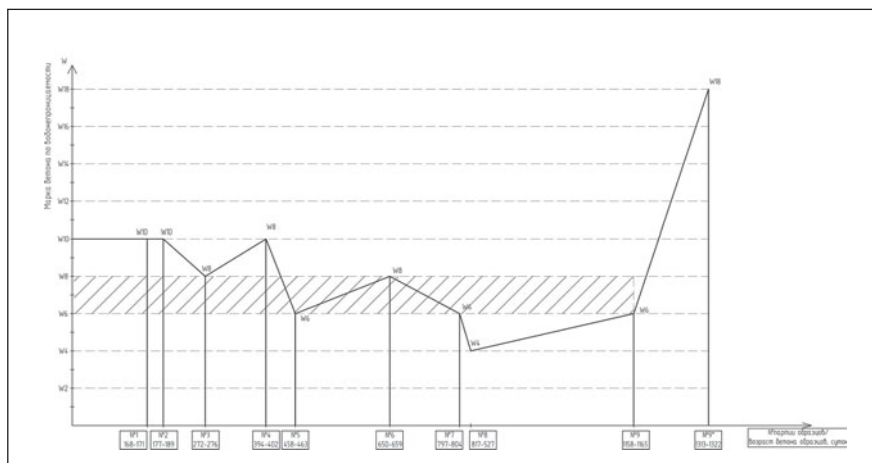


Рис. 3. График изменения водонепроницаемости бетона с гидроизоляционной добавкой «Пенетрон Адмикс»

периментальной железобетонной плиты покрытия подземного паркинга в возрасте от 168 до 1322 сут, в том числе после 45 сут выдержки в воде. Проанализировав полученные данные, можно отметить, что в течение указанного периода водонепроницаемость W в основном остается постоянной, за исключением девятой партии цельных образцов (без трещин), которую выдерживали в воде 45 сут. Водонепроницаемость девятой партии бетонных образцов составила $W18$, что почти в 2 раза превысило среднее значение.

Результаты испытаний бетонных цилиндров из двух половинок сразу после их отбора из зоны с нормальными силовыми трещинами показали в среднем значение $W0$. После выдержки образцов в течение 45 сут в воде водопроницаемость составила для четырех образцов $W20$, для двух других — $W14$ и $W4$ (см. рис. 3).

Увеличение водонепроницаемости от $W0$ до $W20$ образцов, разделенных силовой трещиной, после 45 сут выдерживания в воде подтверждает факт заполнения трещин вновь образующимися кристаллами благодаря присутствию ранее введенной добавки «Пенетрон Адмикс», которая активизировалась под воздействием воды после длитель-

ного нахождения (43 мес) добавки в структуре бетона.

После испытания на водонепроницаемость образцы с кристаллами, проросшими по контакту двух половинок, были исследованы методом растровой электронной микроскопии. Структура бетона, полученная таким образом после ее «самозалечивания» кристаллогидратами дендритной формы, образовавшимися по контакту двух бетонных участков в результате наличия в составе бетонной смеси добавки «Пенетрон Адмикс», показана на рис. 4 [4]. Эффект «самозалечивания» трещин в бетонных образцах с добавкой «Пенетрон Адмикс» был ранее описан в работах [5, 6].

По результатам работ, проведенных на экспериментальном участке подземного паркинга в Екатеринбурга, необходимо отметить следующее.

Железобетонная плита покрытия подземного паркинга, находящаяся ниже дневной поверхности на 1–1,5 м, выполненная без оклеечной горизонтальной гидроизоляции с применением добавки «Пенетрон Адмикс» в количестве 1 % массы цемента, в течение 43 мес не пропустила воду во внутреннее подземное пространство. Вода не была обнаружена как на потолочной поверх-

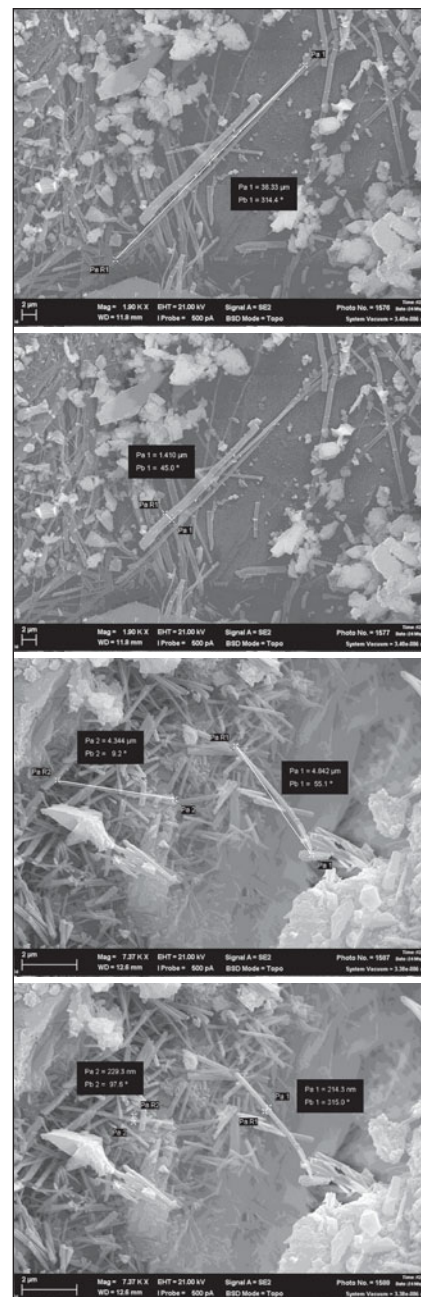


Рис. 4. Структура бетона с гидроизоляционной добавкой «Пенетрон Адмикс»

ности самой плиты, так и в образованных при укладке бетона рабочих швах.

Согласно климатологическому справочнику, суммарная величина осадков за этот период составила ≈ 480 мм на 1 м^2 открытой дневной поверхности. Отсутствие проникания воды через подземную железобетонную плиту покрытия без гидроизоляционного

оклеечного слоя в течение длительного периода при введении в бетонную смесь гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» подтверждает возможность в дальнейшем исключить нанесение оклеечной или напыляемой гидроизоляции на внешнюю поверхность подземных железобетонных сооружений.

Вывод

В течение 43 мес водонепроницаемость бетона с добавкой «Пенетрон Адмикс» в количестве 1 % массы цемента сохраняла этот параметр на первоначальном

уровне. Под воздействием внешней воды водонепроницаемость бетона с гидроизоляционной добавкой возросла с W6 до W20.

В нормальных силовых трещинах, возникающих в изгибаемых железобетонных плитах покрытия, выполненных из бетона с применением гидроизоляционной добавки, при воздействии воды происходит «самозалечивание» трещин (образование в пространстве между берегами трещин системы кристаллогидратов дендритной формы), что увеличило водонепроницаемость бетонных образцов с «самозале-

ченными» трещинами до величины W20.

Полученные положительные результаты замены внешней оклеечной или напыляемой гидроизоляции для железобетонной плиты покрытия подземного паркинга на гидроизоляционную добавку «Пенетрон Адмикс» в количестве 1 % массы цемента позволяют рекомендовать ее для более эффективного получения «сухих» подземных пространств, в том числе и паркингов, без устройства снаружи железобетонных конструкций оклеечной или напыляемой гидроизоляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о НИР «Экспериментальное исследование изменения водонепроницаемости бетона в течение 43 мес, а также эффекта «самозалечивания» трещин в железобетонной плите покрытия подземного паркинга района «Академический» г. Екатеринбурга, изготовленной с применением гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» / ООО «ИВЦ «Технология». Екатеринбург, 2016.
2. Помазкин Е. П. Гидроизоляция ограждающих конструкций в зимний период // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 89–91.
3. Технические характеристики гидроизоляционного жгута «Пенебар». URL: <http://penetron.ru/penebar> (дата обращения: 17.11.2016).
4. Отчет «Исследование структуры бетона на сколе
- методом растровой электронной микроскопии» / УЦКП «Современные технологии». Екатеринбург, 2016.
5. Отчет «Исследование динамики процесса роста кристаллических образований в бетоне после обработки гидроизоляционным материалом «Пенетрон» / ФГУП «Российский ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина». М., 2008.
6. Отчет о контрольном испытании гидроизоляционных свойств добавки «Пенетрон Адмикс» при наличии трещин в бетоне (самозалечивание) / BauTechnologie. Ing. Wilhelm. Perchtoldsdorf, Herzogbergstrabe. 155 с.

REFERENCES

1. Report on the "Experimental study of the change of the impermeability of concrete for 43 months, as well as the effect of «self-healing» cracks in a concrete slab of the underground Parking area «Academic» in Ekaterinburg, made with waterproofing additive «Penetron Admix». Ekaterinburg, IVTS «Tekhnologiya», 2016. (In Russian).
2. Pomazkin E. P. Waterproofing of enclosing structures in winter. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2016, no. 11, pp. 89–91. (In Russian).
3. Available at: <http://penetron.ru/penebar> (accessed 17.11.2016). (In Russian).
4. The report «Investigation of the concrete structure on the chip by electron microscopy». Ekaterinburg, UTSKP «Sovremennye tekhnologii», 2016. (In Russian).
5. The report «Study of the dynamics of the growth process of crystalline formations in the concrete after the treatment waterproofing materials «Penetron». Moscow, FGUP «Rossiyskiy yadernyy tsentr – Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tekhnicheskoy fiziki imeni akademika E. I. Zababakhina», 2008. (In Russian).
6. Report on the control test the waterproofing properties of the additive «Penetron Admix» in the presence of cracks in concrete. BauTechnologie. Ing. Wilhelm. Perchtoldsdorf, Herzogbergstrabe, 155 p. (In Russian).

Для цитирования: Балакин Д. В., Ермолаев Д. А., Исаков П. Ю., Карнет Ю. Н. Использование гидроизоляционной добавки «Пенетрон Адмикс» для исключения внешней гидроизоляции подземных железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 55–59.

For citation: Balakin D. V., Ermolaev D. A., Isakov P. Yu., Karnet Yu. N. The use of waterproofing additive «Penetron Admix» for exclusion of external waterproofing of underground reinforced concrete structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2017, no. 2, pp. 55–59. (In Russian).