

DOI: 10.12737/22029

Шерстнев А.К., аспирант,
Ляпидевская О.Б., канд. техн. наук, доц.
Московский государственный строительный университет

ПОВЫШЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ГОТОВЫХ БЛОКОВ С БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ ФУТЕРОВКОЙ

sherstnev.andrey.k@yandex.ru

Освоение подземного пространства городов с сохранением окружающей среды является одним из приоритетных направлений развития современной строительной отрасли. В связи с этим особенно актуальной является проблема повышения геоэкологической безопасности и долговечности подземных сооружений, в том числе тоннелей и инженерных коммуникаций. Одним из направлений повышения указанных показателей является защита железобетонных конструкций от поверхностных, грунтовых и техногенных вод, насыщенных в условиях городской среды агрессивными соединениями. Применяемые в настоящее время гидроизоляционные материалы для вторичной защиты бетона (на основе битумов, цемента и др.), стеклопластиковая футеровка недостаточно предохраняют конструкции от разрушающего воздействия агрессивных вод. Кроме того, большинство из них негативно воздействуют на окружающую среду. Для решения указанной проблемы предлагается выполнять обделку тоннелей готовыми сборными блоками с базальтопластиковой футеровкой. Рассмотрена методика проведения испытаний на стойкость к действию химических сред базальтопластиковой футеровки для инженерных коллекторов, позволяющая оценить влияние агрессивной химической среды. Приведены результаты лабораторных испытаний элементов футеровки из базальтопластика на коррозионную стойкость.

Ключевые слова: геоэкологическая безопасность, базальтопластик, футеровка, химическая стойкость, химически агрессивные среды.

Введение. В настоящее время для вторичной защиты железобетонных подземных сооружений (коллекторов, тоннелей и т.п.) применяются рулонные и мастичные материалы на битумной основе, обмазочные цементные составы, металлические листы, стеклопластиковая футеровка. Основным недостатком таких покрытий является низкая коррозионную стойкость при действии агрессивных сред, что приводит к разрушению тоннелей, снижению пропускной способности коллекторов, загрязнению подземных и поверхностных вод, почвы и атмосферы [1–4].

Одним из наиболее перспективных методов повышения геоэкологической безопасности окружающей среды является применение обделки тоннелей готовыми сборными блоками с базальтопластиковой футеровкой. Подобный метод позволяет отказаться от трудоемких работ по вторичной защите бетона и повысить химическую стойкость подземных сооружений к агрессивному воздействию среды [5].

Базальтопластиковая футеровка представляет собой специальную многослойную обделку, состоящую из наномодифицированных терморезистивных смол, рубленых базальтовых волокон, металлических армирующих элементов для сцепления футеровки с бетоном, предназначенную для обеспечения защиты внутренних поверхностей железобетонных блоков от воз-

можных механических, термических, физических и химических повреждений. Элементы базальтопластиковой футеровки изготавливаются в заводских условиях на прессформе, затем последовательно укладываются слои волокон и ткани из базальтовых волокон и пропитываются терморезистивным связующим. После формования изделия поступают в термокамеру, где происходит его отверждение (полимеризация связующего). Отформованные элементы базальтопластиковой футеровки укладываются в формы для производства железобетонных блоков для инженерных коллекторов с последующей установкой арматурного каркаса, укладкой бетонной смеси и тепловлажностойкой обработкой.

В настоящей работе приведены результаты испытаний полимерной футеровки из базальтопластика на коррозионную стойкость.

Методология. Проведение лабораторных испытаний элементов футеровки из базальтопластика на коррозионную стойкость проводилось в соответствии с нормативными документами [6–11].

Оценка химической стойкости материала осуществлялась по изменению внешнего вида, массы, линейных размеров, прочности образцов материала после выдержки в течение определенного периода времени в растворах агрессивных сред.

Основная часть.

Для проведения испытаний применялись образцы, вырезанные из отформованных элементов базальтопластиковой футеровки (рис. 1).

В качестве агрессивных сред были выбраны:

- водный раствор H_2SO_4 (концентрация 5 %) один раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС*);

- водный раствор $NaOH$ ($pH=12$) 1 раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС;

- водный раствор смеси растворителей: бензол – 0,21 мг/л, толуол – 8,4 мг/л, 1,1,2,2 – тетрахлорэтан – 0,1 мг/л; 1,1,2,2 – тетрахлоэтен – 8 мг/л один раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС;

- водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) 1 раз в неделю на 6 час с последующей выдержкой в очищенной сточной воде КОС или ЛОС.

Приняты условные обозначения:

*) КОС – Курьяновские очистные сооружения; ЛОС – Люберецкие очистные сооружения.



Рис. 1. Отформованные элементы базальтопластиковой футеровки для железобетонных конструкций инженерных коллекторов

Средняя температура агрессивного раствора составляла $+20$ °С. Отклонение температуры агрессивной среды от средней не превышало ± 2 °С. Экспонирование образцов производилось в плотно закрытой стеклянной посуде. Емкости с экспонированными образцами размещались при комнатной температуре под вытяжными шкафами. Перед экспонированием в агрессивных средах торцы образцов тщательно защищались от контакта с агрессивной средой. Продолжительность испытаний составила 28 суток (до достижения сорбционного равновесия).

В качестве контролируемых показателей были приняты следующие свойства:

- внешний вид образцов;
- изменение массы образцов;
- изменение твердости по Барколу на внутренней и внешней поверхности образцов;
- изменение прочности при статическом изгибе в осевом направлении;

- изменение прочности при растяжении в осевом направлении;

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Выводы. В соответствии с ГОСТ 12020-72 «Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред» (таблица 2) стойкость образцов, вырезанных из элементов базальтопластиковой футеровки, к воздействию выбранных химических сред является хорошей. Стойкость к действию химических сред базальтопластиковой футеровки выше, чем у материалов, применяемых для вторичной защиты железобетонных конструкций и стеклопластиковой футеровки (удовлетворительная) [12–15], что доказывает возможность повышения геоэкологической безопасности инженерных коллекторов путем применения железобетонных блоков с базальтопластиковой футеровкой при их возведении.

Таблица 1

Результаты испытаний контролируемых показателей

№	Среда	Водный раствор H ₂ SO ₄ (концентрация 5%) один раз в неделю на 6 часов с последующей выдержкой в очищенной сточной воде	Водный раствор смеси растворителей: бензол – 0,21 мг/л, толуол – 8,4 мг/л, 1,1,2,2 – тетрахлорэтан – 0,1 мг/л; 1,1,2,2 – тетрахлоэтен – 8 мг/л один раз в неделю на 6 часов с последующей выдержкой в очищенной сточной воде	Водный раствор NaOH (pH = 12) один раз в неделю на 6 часов с последующей выдержкой в очищенной сточной воде	Водный раствор ацетона (концентрация 10 мг/л) один раз в неделю на 6 часов с последующей выдержкой в очищенной сточной воде
Внешний вид вырезанных из элемента базальтопластиковой футеровки в осевом направлении, после экспозиции в агрессивных средах в течении 28 суток (ГОСТ 12020-72. «Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред»).					
1	Сколов и трещин на внутренней поверхности футеровки не обнаружены; Сколов и расслоений на торцах футеровки не обнаружено.				
Изменение массы образцов связующего после экспозиции в агрессивных средах (ГОСТ 12020-72. «Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред»).					
2	Исходная масса образца (средняя), г	25,5358	25,7721	25,9145	25,8973
3	Масса образца после экспозиции, г	25,5818	25,8108	25,8549	25,9976
4	Изменение массы образца, %	0,18	0,15	-0,23	0,31
Измерение твердости связующего по Барколу (ASTM C-581-83 «Tentative Method of Test for Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass Reinforced Structures»).					
5	Исходное значение, ед	57,87			
6	После экспозиции в средах, ед.	52,21	49,50	49,62	49,32
7	Изменение твердости по Барколу, %	-9,78	-14,46	-14,26	-14,77
Изменение прочности при изгибе образцов, вырезанных из элемента базальтопластиковой футеровки в осевом направлении, после экспозиции в агрессивных средах в течении 28 суток (ГОСТ 4648-2014 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб»)					
8	Прочность при изгибе исходная, МПа (среднее значение из 5-ти образцов)	100,8			
9	Прочность при изгибе после экспозиции, МПа (среднее значение из 5-ти образцов)	98,99	100,57	99,02	98,79
10	Изменение прочности при изгибе, % (среднее значение из 5-ти образцов)	-1,8	-0,23	-1,77	-1,99
Изменение прочности при растяжении образцов, вырезанных из элемента базальтопластиковой футеровки в осевом направлении, после экспозиции в агрессивных средах в течении 28 суток (ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение»)					
11	Прочность при растяжении исходная, Мпа (среднее значение из 5-ти образцов)	40,8			
12	Прочность при растяжении после экспозиции, Мпа (среднее значение из 5-ти образцов)	41,21	40,03	40,2	39,63
13	Изменение прочности при растяжении, % (среднее значение из 5-ти образцов)	1,0	-0,77	-1,47	-1,17

Оценка стойкости пластмасс к действию химического реагента по изменению механических показателей пластмассы

Тип материала	Оценка стойкости	Изменение показателя, %
Реактопласты	Хорошая	От 0 до 15
	Удовлетворительная	Свыше 15 до 25
	Плохая	Свыше 25

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шерстнев А.К., Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А., Каддо М.Б. Использование железобетонных блоков с базальтопластиковой футеровкой для инженерных коллекторов // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 50–54.
2. Lyapidevskaya O.B, Sherstnev A.K. The new method of cohesion quality assessment of basalt plastic lining of reinforced concrete blocks for engineering collectors // Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. Pp. 434–438.
3. Ткач Е.В. Технологические аспекты создания высокоэффективных модифицированных бетонов заданных свойств// Технологии бетонов. 2011. № 7–8. С. 44–47.
4. Алексашин С.В., Булгаков Б.И. Мелкозернистый бетон для гидротехнического строительства, модифицированный комплексной органо-минеральной добавкой // Вестник МГСУ. № 8. 2013. С. 97–103.
5. Булгаков Б.И., Танг Ван Лам. Применение метода проницаемости ионов хлора для исследования плотности структуры высококачественных мелкозернистых бетонов // Промышленное и гражданское строительство. № 8. 2016. С. 45–48.
6. ГОСТ 12020-72 Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред
7. ASTM C-581-83. Tentative Method of Test for Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass Reinforced Structures
8. ASTM D2583-67/ Standart Method of Test for Indentation Hardness of Plastics by Veans of a Barcol Impressor
9. ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования
10. ГОСТ 4648-2014 Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб
11. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение
12. Konish H.I., Swerdlow I.L., Cruse T.A. Experimental investigation of fracture in an advanced fibre composite // J. Composite Mater. 1972. Vol. 6. P. 114–124.
13. Poe C.C., Jr. A unifying strain criterion for fracture of fibrous composite laminates // Eng. Fract. Mech. 1983. Vol. 17. № 2. P. 153–171.
14. Макаров В.Г., Натрусов В.И., Аркджовский В.Н. Химстойкость стеклопластиковой футеровки на основе смолы ПН-16 // Пластмассы. 1979. №6. С. 24–26.
15. Сорина Т.Г. Исследование физико-механических свойств модифицированной эпоксивинилэфирной смолы и стеклопластика на ее основе // Пластические массы. №5. 2005. С. 28–31.

Sherstnev A.K., Lyapidevskaya O.B.

INCREASING OF GEOLOGICAL SAFETY OF ENGINEERING COLLECTORS THROUGH THE USE OF PREFABRICATED BLOCKS WITH BASALT PLASTIC LINING

Development of underground space of cities and at the same time with conservation of surroundings is the priority evolution directions in modern construction field. In this connection the most actual is the problem of increasing geological and ecological safety and endurance limit of underground constructions including tunnels and pipelines. One of the directions of increasing these aspects is the protection of reinforced structures from surface, ground and anthropogenic waters that saturated aggressive compounds in the city condition. Waterproofing materials for secondary concrete protection (on the base of bitumen, cement and others), fiberglass lining that are using now insufficiently keep away structures from the damaging effects of aggressive waters. Beside that the most of its have the negative influence on the environment. For the decision of this problem it is suggested to fulfill the tunnel finishing with prefabricated blocks having basalt plastic lining. It is considered the test procedure for resistance to impact of chemical medium basalt plastic lining for engineering collectors that will assess the influence of aggressive chemical medium. The results of laboratory test of basalt plastic lining elements to corrosion resistance also are shown.

Key words: geological safety, basalt plastic, lining, chemical resistance, aggressive chemical medium.

Шерстнев Андрей Константинович, аспирант кафедры строительных материалов.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 46129337, Москва, Ярославское ш., 26.

E-mail: sherstnev.andrey.k@yandex.ru

Ляпидевская Ольга Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 46129337, Москва, Ярославское ш., 26.

E-mail: olga.lyapidevskaya@inbox.ru