

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАРУЖНЫХ СТЕН  
ЗДАНИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
МЕТОДОМ ПЕРВИЧНОЙ ЗАЩИТЫ**

**INCREASE DURABILITY OF EXTERNAL WALLS  
OF BUILDINGS OF THE TEXTILE INDUSTRY  
BY METHOD OF PRIMARY PROTECTION**

*И.В. СОКОЛОВА  
I.V. SOKOLOVA*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(National Research Moscow State University of Civil Engineering)  
E-mail: i.socolova@yandex.ru

*Конструкции отделочных цехов и некоторых других производств предприятий текстильной промышленности подвергаются воздействию кислых влажно-газовых агрессивных сред. Представлены результаты испытаний физико-механических свойств легкого полимерсиликатного шунгизитобетона (ПСШБ) как материала для первичной защиты конструкций стен. Результаты исследований подтверждают целесообразность использования ПСШБ в конструкциях наружных стен зданий текстильной промышленности для повышения их долговечности.*

*The structures of finishing shops and some other manufactures of textile industry enterprises are exposed to acid wet-gas aggressive media. The results of tests of physical and mechanical properties of light polymer-silicate schungisite concrete (PSSB) as a material for primary protection of wall structures are presented. The results of the studies confirm the expediency of using PSSB in the constructions of the outer walls of buildings of the textile industry to improve their durability.*

**Ключевые слова:** конструкции наружных стен, агрессивная среда производства, долговечность, полимерсиликатный бетон.

**Keywords:** exterior wall constructions, aggressive production environment, durability, polymer-silicate concrete.

Для ограждающих конструкций предприятий текстильной промышленности с агрессивными средами производства рекомендуется применять метод первичной защиты, то есть для конструкций следует выбирать материалы, наиболее стойкие к воздействию агрессивной среды. Так, для лег-

ких бетонов наружных стен следует применять наиболее стойкие вяжущие вещества и заполнители. Однако преимущественно применяется вторичная защита конструкций лакокрасочными покрытиями. Срок службы покрытий меньше срока службы конструкций и их необходимо периодичес-

ки восстанавливать, что связано с дополнительными затратами средств.

Была поставлена задача создания долговечного и стойкого в агрессивной среде композитного материала для энергоэффективных ограждающих конструкций, стойких к воздействию агрессивной среды производства.

Агрессивные среды предприятий текстильной промышленности весьма разнообразны. Для отделочных цехов характерны среды, содержащие сернистый и серный газы, хлористый водород, сероводород, окислы азота. Материал первичной защиты создавался с учетом кислых влажно-газовых сред, характерных, например для отделочных цехов. При этом максимальные концентрации газов приняты в пределах, допустимых санитарными нормами: сернистый газ  $10 \text{ мг/м}^3$ , серный газ  $1 \text{ мг/м}^3$ . Относительная влажность воздуха в рабочей зоне – не более 75%, выпадение конденсата на внутренней поверхности стены не допускается.

Выбор составляющих для подбора составов легкого бетона основывался на ранее проведенных исследованиях в области полимерсиликатных композиций и легких кислотостойких заполнителей и наполнителей.

Во влажно-газовых средах производства давно и успешно применяются кислотупорные бетоны на жидком стекле с полимерными добавками и с кислотостойкими заполнителями и наполнителями [1], [2]. Исследования в этой области продолжаются и в настоящее время [3], [4], [11]. Показали высокую надежность в эксплуатации емкости для кислот, электролизные ванны, плиты для кислотостойких полов, блоки и плиты для футеровки технических аппаратов, монолитные и сборные конструкции, работающие в условиях агрессивной среды.

С 1972 г. в нашей стране ведется производство шунгизитового гравия, кислотостойкого материала, получаемого при обжиге шунгитовых сланцев. [5]. Шунгит, наноструктурированный природный композит, представляет собой кристаллическую модификацию углерода, близкую по

структуре к антрациту [6]. В состав породы входят такие химически стойкие минералы, как кварц и слюды. Комплексные научные исследования шунгитовых пород и материалов на их основе показали их высокую стойкость по отношению к серной, азотной, соляной, ортофосфорной, уксусной, плавиковой кислотам и щелочи натрия различных концентраций. Шунгизитовый гравий обладает стеклообразным характером структуры. Стеклофаза (Al – Fe – Si) составляет 85%. Это обуславливает его высокую кислотостойкость, составляющую в серной кислоте 97%, в соляной кислоте – 98%. Максимальная сорбционная влажность шунгизита составляет в среднем 5% по массе. Этот заполнитель отличается низким водопоглощением, составляющим 4...9% по массе, выдерживает около 100 циклов замораживания и оттаивания. Он менее теплопроводен, чем керамзитовый гравий.

В результате анализа свойств шунгизитового гравия этот заполнитель был выбран в качестве составляющей для подбора составов легкого полимерсиликатного бетона. На выбор шунгизитового гравия оказало влияние и то обстоятельство, что к настоящему времени накоплен большой опыт практического применения несущих и ограждающих конструкций из обычного шунгизитобетона на портландцементном вяжущем в гражданском, промышленном и сельском строительстве [7...10].

В данной статье приводятся результаты проведенных по стандартным методикам исследований физико-механических и гидрофизических свойств ПСШБ подобранных составов: прочности, плотности, влажности, водопоглощения, пористости, водонепроницаемости, сорбционной влажности. Были подобраны три состава ПСШБ плотностью  $900...1200 \text{ кг/м}^3$ , отличающиеся размером наибольшей фракции крупного заполнителя, видом тонкомолотого наполнителя (шунгитовый или шунгизитовый) и расходом жидкого стекла.

Для приготовления составов ПСШБ использовалось в качестве вяжущего содовонатриевое жидкое стекло плотностью  $1,38...1,41 \text{ г/см}^3$  и силикатным модулем 2,94. В качестве инициатора твердения при-

менялся кремнефтористый натрий плотностью 2,63 г/см<sup>3</sup> с содержанием основного продукта не менее 93%, влажностью не более 1% по массе. Для повышения кислотонепроницаемости ПСШБ использовался фуриловый спирт плотностью 1,13 г/см<sup>3</sup>. В качестве мелкого заполнителя применялся шунгизитовый песок фракции 0,15...5,0 мм, который является отходом производства шунгизитового гравия. Насыпная плотность шунгизитового песка 0,694 г/см<sup>3</sup>, марка по морозостойкости – F15, кислотостойкость – 96%. Использовались тонкомолотые наполнители: шунгизитовый, кислотостойкостью не менее 96% и шунгитовый кислотостойкостью не менее 86% (отходы производства шунгизитового гравия). Влажность наполнителя не превышала 1%. В качестве крупного заполнителя применялся шунгизитовый гравий фракций 10...20 и 5...10 мм, насыпной плотностью соответственно 0,32 и 0,49 г/см<sup>3</sup>. Марка по морозостойкости шунгизитового гравия F15, влажность менее 1%. При подборе составов ставилась задача максимального наполнения компо-

зиции шунгизитовым гравием крупной фракции.

Расходы отвердителя и полимерной добавки составляли соответственно 15 и 3% от массы жидкого стекла. Расход жидкого стекла принимали исходя из условия получения бетонной смеси требуемой подвижности.

Физические свойства легкого ПСШБ подобранных составов, изученные по стандартным методикам, приведены в табл. 1, из которой следует, что все композиции имеют плотную структуру. По водопоглощению (косвенному показателю проницаемости) подобранные составы легких бетонов удовлетворяют требованиям, предъявляемым к легким бетонам для наружных стен зданий текстильной промышленности с кислыми влажно-газовыми средами. Низкое значение коэффициента насыщения пор водой является одной из причин высокой морозостойкости бетона. Благодаря значительному количеству мелких закрытых пор снижается количество теплоты, передаваемой конвекцией и излучением, что позволяет прогнозировать его низкую теплопроводность.

Т а б л и ц а 1

Параметры состояния	Номера составов		
	1	2	3
Плотность, кг/м <sup>3</sup> : истинная	2600	2600	2600
в состоянии естественной влажности (свежеизготовленного бетона)	1200	1245	1380
воздушно-сухого бетона	1063	1113	1225
сухого бетона	1030	1090	1200
относительная	1,03	1,09	1,20
Коэффициент плотности $K_{пл}$	40,0	42,4	46,7
Пористость истинная, %	60,0	57,6	53,3
Водопоглощение по объему, %	10,0	9,6	9,8
Объем открытых капиллярных пор, %	10,0	9,5	9,8
Коэффициент насыщения пор водой, %	16,7	16,7	18,4
Объем открытых некапиллярных пор (межзерновая пустотность, %)	2,2	2,1	2,1
Объем условно закрытых пор, %	47,8	45,9	41,4
Показатель микропористости бетона, %	87,0	88,6	91,0

Результаты исследования прочности подобранных композиций приведены в табл. 2 (кратковременная прочность ПСШБ, МПа). Изучение прочностных характеристик показало, что составы 1 и 2 удовлетворяют требованиям по средней плотности и прочности, предъявляемым к

однослойным панелям из легкого бетона без фактурных слоев, состав 3 – требованиям, предъявляемым к наружным слоям трехслойных панелей. При твердении в воздушно-сухих условиях ПСШБ набирает соответственно 82, 93 и 97% прочности в возрасте 28 суток.

Т а б л и ц а 2

Состав	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	При сжатии		При осевом растяжении	На растяжение при изгибе
		кубиковая	призменная		
1	1030	10...13	8,5	1,1	1,9
2	1090	12...23	10,0	1,2	2,1
3	1200	16...17	13,6	1,5	2,5

Результаты испытаний на паропроницаемость приведены в табл. 3 (результаты

определения коэффициента паропроницаемости ПСШБ).

Т а б л и ц а 3

Номера составов	Номера образцов			Среднее значение $\mu$ , мг/(м <sup>2</sup> ·ч·Па)	Средняя плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>
	1	2	3		
1	0,0212	0,0195	0,0203	0,0203	1030
2	0,0222	0,0197	0,0185	0,0201	1090
3	0,0187	0,0203	0,0173	0,0187	1200

Значения результатов испытаний на паропроницаемость, приведенные в табл. 3, показывают, что ПСШБ имеет более низкий коэффициент паропроницаемости, чем бетоны на портландцементе, а также легкие ПСБ на керамзите, аглопорите и перлите. Например, полимерсиликатный керамзитобетон плотностью 1150 кг/м<sup>3</sup> имеет коэффициент паропроницаемости  $\mu = 0,045$  мг/(м<sup>2</sup>·ч·Па).

Исследования сорбционной влажности показали, что наиболее благоприятные условия для работы материала с точки зрения сорбционного увлажнения создаются при относительной влажности воздуха не более 80%. Состав на шунгзитовом мелком наполнителе отличается от состава на шунгзитовом наполнителе значительно меньшим сорбционным увлажнением и более предпочтителен в средах с высокой влажностью воздуха.

## ВЫВОДЫ

1. Проведенными исследованиями установлено, что подобранные составы легкого полимерсиликатного шунгзитобетона по своим основным физико-механическим и гидрофизическим свойствам соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к материалу наружных ограждающих конструкций зданий предприятий текстильной промышленности с кислыми влажно-газовыми средами.

2. Предложено и экспериментально обосновано применение отходов производства шунгзитового гравия в качестве мелкого заполнителя и наполнителя для ПСШБ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин В.М. Кислотоупорный бетон. – М.-Л., 1935.
2. Козлов В.В., Сафина И.А. Модифицированные жидкостекольные композиции // Промышленное и гражданское строительство. – 2013, №3. С.25...27.
3. Фиговский О.Л., Кудрявцев П.Г. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых наноконпозиционных материалов // Инженерный вестник Дона. – 2014, №2.
4. Иващенко Ю.Г., Павлова И.Л., Кочергина М.П. Структурообразование и свойства модифицированных полимерсиликатных композитов // Научное обозрение. – 2015, №16.
5. Филиппов М.М. Шунгитосодержащие сланцы Карелии – ценное сырье для строительной индустрии России // Горный журнал. – 2012, №5.
6. Мосин О., Игнатова И. Минерал шунгит. Структура и свойства // Наноиндустрия. – 2013, №3...41.
7. Евдокимов А.А., Кузьмин Г.А., Мореходов А.С. Шунгзитобетонные стеновые панели длиной 12 м для промзданий // Бетон и железобетон – 1978, №1.
8. Сазонов В.П., Богословский С.В., Лавров М.А. Опыт применения шунгзитобетона в жилищном строительстве // Жилищное строительство – 1985, №7.
9. Ткачева Н.А., Ананьина Н.М., Савин В.И., Менза О.П. Теплофизические свойства шунгзитобетона // Бетон и железобетон. – 1983, №7.

10. Давидюк Н.А., Давидюк А.А. Прочностные свойства легких бетонов на стекловидных заполнителях для многослойных ограждающих конструкций // Бетон и железобетон. – 2008, №6.

11. Choi Y.S., Ham H.T., Chyng I.G. Polymer/silicate nanocomposites with potassium persulfate at room temperature: polymerization, mechanism, characterization, and mechanical properties of the nanocomposites // POLIMER. – V. 44, №26, 2003. P.8147...8154.

#### REFERENCES

1. Moskvina V.M. Kislotoupornyj beton. – M.-L., 1935.

2. Kozlov V.V., Safina I.A. Modificirovannye zhidkostekol'nye kompozicii // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2013, №3. S.25...27.

3. Figovskij O.L., Kudrjavcev P.G. Zhidkoe steklo i vodnye rastvory silikatov, kak perspektivnaja osnova tehnologicheskikh processov polucheniya novykh nanokompozicionnykh materialov // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2014, №2.

4. Ivashhenko Ju.G., Pavlova I.L., Kochergina M.P. Strukturnoobrazovanie i svojstva modificirovannykh polimersilikatnykh kompozitov // Nauchnoe obozrenie. – 2015, №16.

5. Filippov M.M. Shungitosoderzhashhie slancy Karelii – cennoe syr'e dlja stroitel'noj industrii Rossii // Gornyj zhurnal. – 2012, №5.

6. Mosin O., Ignatova I. Mineral shungit. Struktura i svojstva // Nanoindustrija. – 2013, №3...41.

7. Evdokimov A.A., Kuz'min G.A., Morehodov A.S. Shungizitobetonnye stenovye paneli dlinoj 12 m dlja promzdaniy // Beton i zhelezobeton – 1978, №1.

8. Sazonov V.P., Bogoslovskij S.V., Lavrov M.A. Opyt primeneniya shungizitobetona v zhilishhnom stroitel'stve // Zhilishhnoe stroitel'stvo – 1985, №7.

9. Tkacheva N.A., Anan'ina N.M., Savin V.I., Menza O.P. Teplofizicheskie svojstva shungizitobetona // Beton i zhelezobeton. – 1983, №7.

10. Davidjuk N.A., Davidjuk A.A. Prochnostnye svojstva legkih betonov na steklovidnyh zapolniteljah dlja mnogoslojnyh ograzhdajushhij konstrukcij // Beton i zhelezobeton. – 2008, №6.

11. Choi Y.S., Ham H.T., Chyng I.G. Polymer/silicate nanocomposites with potassium persulfate at room temperature: polymerization, mechanism, characterization, and mechanical properties of the nanocomposites // POLIMER. – V. 44, №26, 2003. P.8147...8154.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 10.05.17.