

УДК 674.816.2

DOI: 10.18698/2542-1468-2018-1-100-104

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИЗОВАННОГО АРБОЛИТА, СОДЕРЖАЩЕГО ВСПУЧЕННЫЙ ПОЛИСТИРОЛЬНЫЙ ГРАВИЙ

А.М. Адамия, Н.В. Гренц, А.В. Соболев

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
adamiya@mgul.ac.ru

Проведены исследования физических свойств теплоизоляционно-конструкционного поризованного древесно-цементного материала — арболита, содержащего вспученный полистирольный гравий. Для получения из крупнопористой структуры арболита слитной структуры инертный органический наполнитель (древесная дробленка) был частично заменен вспученным полистирольным гравием, размеры которого соответствуют крупности пор. При выборе состава арболитовой смеси использованы результаты исследования влияния вспученного полистирольного гравия на структуру и прочность поризованного арболита марки М25 (В2). Рассмотрены: определение водопоглощения и коэффициент размягчения; стойкость при переменном водонасыщении и высушивании; морозостойкость. В табличном виде представлены результаты исследования всех вышеперечисленных физических свойств. Установлено, что через 48 ч водопоглощение опытного образца в среднем составляет 43,9 % по массе, что в 1,55; 1,7 и 1,8 раза ниже водопоглощения соответственно арболита, поризованного пеной, арболита, поризованного воздухововлекающей добавкой (СДО) и вибропркатного арболита аналогичных марок. Коэффициент размягчения у образца в сухом состоянии составляет 0,60, что на 20 % выше, чем у поризованного арболита в древесной дробленке. Коэффициент стойкости при поперечном водонасыщении и высушивании у образца в среднем в 1,6 раза выше, чем у арболита, поризованного пеной. Морозостойкость образца составляет 75 циклов.

Ключевые слова: поризованный, арболит, вспученный полистирол, дробленка, свойства

Ссылка для цитирования: Адамия А.М., Гренц Н.В., Соболев А.В. Физические свойства поризованного арболита, содержащего вспученный полистирольный гравий // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 1. С. 100–104. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-1-100-104

Интенсивное развитие капитального строительства выдвигает в число актуальных задачу по применению местных строительных материалов, сделанных из отходов производства.

Одно из направлений дальнейшего развития производства эффективных конструкций на основе утилизации древесных отходов — применение конструкций и изделий из арболита, имеющего прочную сырьевую базу в виде отходов лесозаготовок и деревообработки. Этот материал является наиболее конкурентоспособным по физико-механическим и экономическим показателям, а также по совокупности затрат топливных ресурсов.

Важный фактор, определяющий характеристики арболита, — его структура, которая зависит от соотношения компонентов смеси [1, 2]. Так как у древесной дробленки большая межзерновая пустотность и высокоразвитая удельная поверхность, арболит из дробленки имеет крупнопористую структуру несмотря на большой расход цемента [3].

Цель работы

Цель настоящей работы — улучшение эксплуатационных характеристик поризованного арболита путем модифицирования его структуры и изучение физических свойств полученного материала. Для получения слитной структуры арболита древесную дробленку в составе смеси

частично заменили легким, менее водопоглощающим, материалом — вспученным полистирольным гравием марки ПСБ-25.

Материалы и методы

Для изготовления поризованного арболита в качестве инертного наполнителя использовали древесную дробленку и вспученный полистирольный гравий, в качестве вяжущего — портландцемент марки 400. Применяли также химические добавки: смолу древесную омыленную, хлорид кальция, жидкое стекло. Для приготовления растворов химических добавок и бетонной смеси употребляли воду.

Физические свойства поризованного арболита при частичной замене древесного наполнителя вспученным полистирольным гравием (ПАП) исследованы на образцах марки М25 (В2). В предварительных экспериментах были установлены: объем и крупность вспученного полистирольного гравия; объем и размеры древесной дробленки; расходы цемента, химических добавок и воды для изготовления 1 м³ поризованного арболита [4].

Состав бетона рассчитывали по объемной массе свежееуложенной смеси. При подборе состава бетонной смеси применяли математическое планирование — метод оценки влияния расхода цемента и объема вспученного полистирола на прочность арболита.

При подборе компонентов арболита руководствовались тем, что теплоизоляционно-конструкционный легкий бетон для наружных стеновых панелей должен отвечать определенным требованиям: иметь минимальную плотность при заданной марке по прочности, минимальную отпускную влажность, низкий коэффициент теплопроводности, высокую морозостойкость, а также соответствовать ряду других нормируемых показателей.

Результаты и обсуждение

Проведены исследования следующих физических свойств поризованного теплоизоляционно-конструкционного арболита (ПАП).

1. *Водопоглощение и коэффициент размягчения.* Как известно, арболит имеет высокое водопоглощение. По данным [5, 6], весовое водопоглощение арболита за 24 ч пребывания образцов в воде составляет 46...49 %. Согласно [6], водопоглощение арболита на дробленке — 30...80 % по массе. Коэффициент размягчения цементного арболита, по данным [7, 8], при максимальном водопоглощении может снижаться до 0,5. В среднем же этот показатель для вибропрокатного арболита равен 0,67 [9].

Для определения водопоглощения и коэффициента размягчения ПАП были изготовлены образцы — кубы размером 10×10×10 см, твердевшие в нормальных условиях в течение 28 сут. Образцы погружали в воду и взвешивали через разные промежутки времени (от 0,5 до 48 ч). После определения водопоглощения образцы

прошли испытания по прочности на сжатие. Результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2.

Анализируя результаты этих исследований, можно отметить, что водопоглощение у ПАП составило в среднем по массе 43,9 %, что в 1,55; 1,7 и 1,82 раза ниже, чем у арболита, поризованного пеной, арболита, поризованного воздухововлекающей добавкой (СДО) и вибропрокатного арболита аналогичных по прочности марок М25 (В2). Коэффициент размягчения у ПАП достаточно высок и в среднем составляет 0,82, что на 26,5 % выше, чем у арболита, поризованного пеной, на 8,0 % — арболита, поризованного воздухововлекающей добавкой и на 20,8 % выше, чем у вибропрокатного арболита.

2. *Стойкость при попеременном водонасыщении и высушивании.* Стойкость цементного арболита при попеременном водонасыщении, и высушивании, по данным НИИЖБ [7, 10], невысокая. Через 5 циклов прочность его снижается на 30...35 %, через 10 циклов — на 35...50 %. По мнению авторов [10, 11], снижение прочности арболита при высушивании происходит вследствие усушки древесного заполнителя и нарушения его сцепления по контакту с растворной частью. Существенное влияние на снижение прочности арболита при циклическом воздействии водонасыщения и высушивания оказывают различия во влажностной деформации разных компонентов арболита. Водонасыщение приводит к набуханию древесного заполнителя, что усугубляет деструктивные процессы.

Т а б л и ц а 1

Водопоглощение ПАП, % по массе, через разные промежутки времени
Water absorption of expanded polystyrene gravel, % by mass, at different time intervals

№ образца	Промежуток времени, ч						
	0,5	1	2	4	6	24	48
1	28,1	31,1	33,5	35,4	37,6	41,9	46,2
2	27,0	30,0	31,4	33,2	34,5	37,7	41,5
3	27,7	30,8	32,6	34,1	36,1	39,9	44,0
Среднее значение							43,9

Т а б л и ц а 2

Коэффициент размягчения ПАП
Softening factor in pored expanded polystyrene gravel

№ образца	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Прочность образцов при сжатии, МПа			Коэффициент размягчения	
		в сухом состоянии (R_c)	с естественной влажностью (R_c)	в водонасыщенном состоянии ($R_{вн}$)	$\frac{R_{вн}}{R_c}$	$\frac{R_{вн}}{R_c}$
1	610	2,03	2,68	1,66	0,82	0,62
2	595	1,85	2,54	1,49	0,81	0,59
3	605	1,96	2,70	1,62	0,83	0,60
Среднее значение					0,82	0,60

Т а б л и ц а 3

Изменения стойкости ПАП при попеременном водонасыщении и высушивании
Changes in the stability of expanded polystyrene gravel with alternate water saturation and drying

№ образца	5 циклов			10 циклов		
	Прочность образцов при сжатии, МПа		Отношение ($R_{п}/R$)	Прочность образцов при сжатии, МПа		Отношение ($R_{п}/R$)
	Контрольные (R)	Подвергавшиеся испытаниям ($R_{п}$)		Контрольные (R)	Подвергавшиеся испытаниям ($R_{п}$)	
1	2,60	2,21	0,85	2,69	1,98	0,74
2	2,55	2,04	0,80	2,60	1,82	0,70
3	2,64	2,27	0,86	2,70	2,05	0,76

Результаты испытаний ПАП на морозостойкость
Test results of frost resistance in pored expanded polystyrene gravel

Прочность контрольных образцов, МПа	Количество морозосмен							
	25		35		50		75	
	Прочность при сжатии, МПа (над чертой), % (под чертой)	Потеря по массе, %	Прочность при сжатии, МПа (над чертой), % (под чертой)	Потеря по массе, %	Прочность при сжатии, МПа (над чертой), % (под чертой)	Потеря по массе, %	Прочность при сжатии, МПа (над чертой), % (под чертой)	Потеря по массе, %
2,56	$\frac{2,54}{99}$	0,5	$\frac{2,46}{96}$	1,0	$\frac{2,34}{91}$	1,7	$\frac{2,19}{86}$	2,5
2,69	$\frac{2,69}{100}$	0	$\frac{2,61}{97}$	0,5	$\frac{2,48}{94}$	1,2	$\frac{2,42}{90}$	2,1
2,51	$\frac{2,45}{98}$	0,8	$\frac{2,35}{94}$	1,5	$\frac{2,26}{90}$	2,3	$\frac{2,16}{86}$	3,0
2,46	$\frac{2,40}{98}$	0,9	$\frac{2,29}{93}$	1,4	$\frac{2,19}{89}$	2,1	$\frac{2,08}{85}$	2,9
2,60	$\frac{2,60}{100}$	0	$\frac{2,53}{97}$	0,8	$\frac{2,44}{94}$	1,5	$\frac{2,30}{88}$	2,4

Результаты испытания стойкости ПАП при попеременном водонасыщении и высушивании приведены в табл. 3.

Как видно из полученных данных, в процессе попеременного увлажнения и высушивания происходит снижение прочности. Через 5 циклов прочность ПАП снижается в среднем на 16 % от исходной прочности, через 10 циклов — на 27 %. Снижение прочности в результате действия влажностных деформаций у ПАП значительно ниже, чем у арболита, поризованного пеной. Коэффициент стойкости при попеременном водонасыщении и высушивании через 10 циклов у ПАП выше, чем у арболита, поризованного пеной, в среднем в 1,6 раза. Полученный эффект повышения коэффициента стойкости можно объяснить меньшей усадкой и меньшим набуханием ПАП.

3. *Морозостойкость.* Исследовали 5 образцов размером 10×10×10 см по ГОСТ 10060–2012. Контрольная прочность на сжатие составляет 2,46...2,69 МПа. Результаты исследований морозостойкости ПАП приведены в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4, можно отметить, что образцы из ПАП выдержали 75 циклов попеременного замораживания и оттаивания. При этом среднее значение коэффициента морозостойкости составило 0,78. Для сравнения: морозостойкость цементного арболита составляет 25–35 циклов [5], а поризованный цементный арболит выдерживает 50–75 циклов [12]. Повышенная морозостойкость ПАП обусловлена прежде всего его пониженным водопоглощением. Не менее важным фактором повышения морозостойкости ПАП является наличие в структуре легко деформируемого материала (пенополистирольного гравия), который снимает напряжения, возникающие при замерзании воды.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Водопоглощение поризованного арболита при частичной замене древесной дробленки вспученным полистирольным гравием составило в среднем 43,9 %, что в 1,83 раза ниже, чем водопоглощение арболита на древесной дробленке.

2. Коэффициент размягчения у ПАП более чем на 20 % выше по сравнению с таким же показателем у арболита на древесной дробленке.

3. Коэффициент стойкости через 10 циклов попеременного водонасыщения и высушивания у ПАП в 1,6 раза выше, чем у арболита, поризованного пеной.

4. Морозостойкость ПАП составляет 75 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Список литературы

- [1] Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 343 с.
- [2] Рыбьев И.А., Клименко М.И. Исследование общих закономерностей в структуре и свойствах арболита // Строительство и архитектура, 1972. № 2. С. 77–82.
- [3] Алимов Л.А. Исследование влияния структурных характеристик на основные физико-механические свойства бетонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1970. 60 с.
- [4] Савин В.И., Адамия А.М., Широкова О.А. Влияние вспученного полистирола на свойства поризованной арболитовой смеси и арболита // Науч. тр. МЛТИ, 1989. Вып. 216. С. 79–86.
- [5] Щербаков А.С., Хорошун И.П., Подчуфаров В.С. Арболит. Повышение качества и долговечности. М.: Лесная пром-сть, 1979. 160 с.
- [6] Щербаков А.С., Путляев И.Е., Адамия А.М. Снижение водопотребности арболита на основе отходов древе-

- сины // Композиционные строительные материалы и использование отходов промышленности: Тез. докл. к зональной конф., г. Пенза, 10–11 октября 1988 г., Пензенский дом науч.-техн. пропаганды. Пенза: ПДНТП, 1988. С. 77–78.
- [7] Арболит / под. ред. Г.А. Бужевича. М.: Изд-во литературы по строительству, 1968. 244 с.
- [8] Наназашвили И.Х. Арболит — эффективный строительный материал. М.: Стройиздат, 1984. 120 с.
- [9] Беленький Ю.С., Кудрявцев А.А. Свойства вибропрокатного арболита // Бетон и железобетон, 1975. № 3. С. 21–22.
- [10] Абраменков Н.И. Поризованный цементный арболит на древесных заполнителях: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: НИИЖБ, 1980. С. 18.
- [11] Гуревич А.А. Теоретические и экспериментальные исследования факторов, влияющих на прочность арболита на древесной дробленке: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МЛТИ, 1980. 25 с.
- [12] Савин В.И., Абраменков Н.И. Поризованный арболит // Науч. тр. МЛТИ, 1982. Вып. 121. С. 11–16.

Сведения об авторах

Адамия Анзор Михайлович — канд. техн. наук, доцент кафедры промышленного транспорта и строительства лесотехнического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), adamiya@mgul.ac.ru

Гренц Наталья Васильевна — старший преподаватель кафедры экологии и промышленной безопасности космического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), grents@mgul.ac.ru

Соболев Алексей Викторович — канд. техн. наук, доцент кафедры экологии и промышленной безопасности космического факультета МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), asobolev@mgul.ac.ru

Статья поступила в редакцию 15.11.2017.

PHYSICAL PROPERTIES OF PORED WOOD CONCRETE CONTAINING EXPANDED POLYSTYRENE GRAVEL

A.M. Adamiya, N.V. Grents, A.V. Sobolev

BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

adamiya@mgul.ac.ru

The article deals with the examination of the physical properties of the heat-insulating-structural porous wood-cement material, i.e. wood concrete containing expanded polystyrene gravel. To obtain a coarse-pored structure of the wood concrete of solid structure, the inert organic filler (hogged chips) was partially replaced by expanded polystyrene gravel having the size of the pores. The results of the examination of the influence of expanded polystyrene gravel on the structure and strength of porous wood concrete of grade M25 (B2) were used when choosing the composition of the wood concrete mixture. The article examines the following physical properties of the porous wood concrete such as water absorption, maceration coefficient; resistance to alternating water absorption and drying; frost resistance. The results of the study of all the above physical properties are presented in the table. It was found that after 48 hours the water absorption by weight percent is 43,9 % on average, which is 1,55; 1,7 and 1,8 times less than the water absorption of wood concrete with porous foam, air-entraining admixture (CDO) and vibration rolled wood concrete of similar grades. The coefficient of maceration in a dry state averages 0,82 and in water-saturated state it makes up 0,60, which is 20 % higher than in the pored wood concrete containing hogged chips. The coefficient of resistance for transverse water absorption and drying is 1,6 times higher on average than in wood concrete with porous foam. Frost resistance is 75 cycles.

Keywords: pored, wood concrete, expanded polystyrene, hogged chips, properties

Suggested citation: Adamiya A.M., Grents N.V., Sobolev A.V. *Fizicheskie svoystva porizovannogo arbolita, sodержashchego vspuchenny polistirol'nyy graviy* [Physical properties of pored wood concrete containing expanded polystyrene gravel]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 1, pp. 100–104. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-1-100-104

References

- [1] Sheykin A.E., Chekhovskiy Yu.V., Brusser M.I. *Struktura i svoystva tsementnykh betonov* [Structure and properties of cement concretes]. Moscow: Stroizdat Publ., 1979, 343 p.
- [2] Ryb'ev I.A., Klimenko M.I. *Issledovanie obshchikh zakonomernostey v strukture i svoystvakh arbolita* [Investigation of general regularities in the structure and properties of arbolite]. *Construction and architecture*, 1972, no. 2, pp. 77–82.
- [3] Alimov A.A. *Issledovanie vliyaniya strukturnykh kharakteristik na osnovnye fiziko-mekhanicheskie svoystva betonov* [Investigation of the influence of structural characteristics on the basic physical and mechanical properties of concrete]. Author's abstract diss. ... Cand. Sci (Tech.). Moscow, 1970, 60 p.
- [4] Savin V.I., Adamiya A.M., Shirokova O.A. *Vliyanie vspuchennogo polistirola na svoystva porizovannoy arbolitovoy smesi i arbolita* [Influence of expanded polystyrene on the properties of a porous arbolite mixture and arbolite]. *Scientific Proceedings MSFU*, 1989, iss. 216, pp. 79–86.
- [5] Shcherbakov A.S., Khoroshun I.P., Podchufarov V.S. *Arbolit. Povyshenie kachestva i dolgovechnosti* [Arbolite. Improved quality and durability]. Moscow: Forest Industry, 1979, 160 p.
- [6] Shcherbakov A.S., Putlyaev I.E., Adamiya A.M. *Snizhenie vodopotrebnosti arbolita na osnove otkhodov drevesiny* [Reduction of the water demand of arbolite based on wood waste]. *Composite building materials and use of industrial wastes: Abstracts Proc. to the Zonal Conf.*, Penza, 10–11 October 1988, Penza House of Scientific and Technical Propaganda. Penza: PDNTP Publ., 1988, 244 p.
- [7] *Arbolit* [Arbolite]. Ed. G.A. Buzhevich. Moscow: Literature on Construction Publ., 1968, 244 p.
- [8] Nanazashvili I.Kh. *Arbolit — effektivnyy stroitel'nyy material* [Arbolite is an effective building material]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1984, 244 p.
- [9] Belenkiy Yu.S., Kudryavtsev A.A. *Svoystva vibroprokatnogo arbolita* [Properties of vibration rolled arbolite]. *Concrete and reinforced concrete*, 1975, no. 3, pp. 21–22.
- [10] Abramnikov N.I. *Porizovanny tsementnyy arbolit na drevesnykh zapolnitelyakh* [Pored cement arbolite on wood aggregates]. Author's abstract. diss. ... Cand. Sci (Tech.). Moscow: NIIZhB, 1980, 22 p.
- [11] Gurevich A.A. *Teoreticheskoe i eksperimental'noe issledovanie faktorov, vliyayushchikh na prochnost' arbolita na drevesnoy droblenke* [Theoretical and experimental study of factors affecting the transparency of arbolite on wood crushed stone]. Author's abstract. diss. ... Cand. Sci (Tech.). Moscow: MLTI, 1980, 25 p.
- [12] Savin V.I., Abramnikov N.I. *Porizovanny arbolit* [Pored arbolite]. *Scientific Proceedings MSFU*, 1982, iss. 121, pp. 11–16.

Authors' information

Adamiya Anzor Mikhaylovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of Department of Industrial Transport and Construction of BMSTU (Mytishchi branch), adamiya@mgul.ac.ru

Grents Natal'ya Vasil'evna — Senior Teacher of the Department of Ecology and Industrial Safety of BMSTU (Mytishchi branch), grents@mgul.ac.ru

Sobolev Alexey Viktorovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of Department of Ecology and Industrial Safety of BMSTU (Mytishchi branch), asobolev@mgul.ac.ru

Received 15.11.2017.