

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 625.8

Т. В. Скрышник, канд. техн. наук

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ПОДБОР СОСТАВА ЛЕГКОГО БЕТОНА С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИСТИРОЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ

Представлены результаты экспериментальных исследований подбора состава легкого бетона с заполнителем из вспененного полистирола повторного использования для изготовления малых архитектурных форм. Установлены зависимости изменения физико-механических свойств легкого бетона на различных заполнителях в зависимости от изменения температуры окружающей среды. Уточнены изменения прочностных свойств бетона на вспененном пенополистироле при работе в условиях внешней среды в долговременной перспективе.

Ключевые слова: *легкий бетон, вспененный полистирол, малая архитектурная форма, прочность легкого бетона, теплофизические свойства материалов*

Введение

Легкие бетоны широко применяются в строительстве для изготовления элементов малых архитектурных форм, деталей ограждений. Однако, несмотря на ряд преимуществ легких бетонов, их дальнейшее применение сдерживается из-за недостаточного количества заполнителей, приемлемых как по физико-механическим свойствам, так и по цене. Традиционные заполнители – это искусственно вспененные материалы из неорганического сырья, на приготовление которых необходимы дополнительные средства для приобретения сырья и термообработки (керамзитобетон, шлакобетон, перлитобетон, пенобетон и т. д.).

Минимизация себестоимости производства легких бетонов требует дальнейшего совершенствования их состава и технологии приготовления с целью предварительного прогнозирования и/или задания определенных свойств конечных изделий.

Анализ последних исследований

Для большинства конструкций, которые должны иметь малую среднюю плотность и соответственно небольшой вес, применяются легкие бетоны. Установлено, что чем больше объем пор в бетоне, тем меньше его средняя плотность и масса, а также выше теплоизоляционные свойства [1, 2, 3].

Существующие типы легких бетонов – пенобетон и газобетон отличаются видом заполнителя и режимом твердения. При производстве пенобетона, благодаря наличию пены, образуются замкнутые воздушные ячейки с тонкими стенками в большей части объема (80 %), чередующиеся с цементным раствором. Средняя плотность пенобетона находится в диапазоне 300–1200 кг/м³. Особенно ценным свойством его является малая теплопроводность.

Газобетон автоклавного твердения производят с использованием цементного или известкового вяжущего в смеси с молотым кварцевым песком. В качестве газообразователя используют тонкоизмельченный алюминиевый порошок (пудру) в смеси с известью-пушонкой. Выделяющийся при химической реакции водород вспучивает цементное тесто, которое затем затвердевает, сохраняя пористую структуру.

Дополнительное вспенивание материала и автоклавное твердение получаемых изделий, применение дополнительных компонентов вяжущего (алюминиевый порошок и из-

весь-пушонка) вызывает повышение себестоимости конечной продукции.

С одной стороны – использование в качестве заполнителя уже готового полимерного материала в виде вторичного сырья позволяет снизить затраты на подготовку заполнителя для легкого бетона и завершающую термообработку готовой продукции.

С другой стороны – общехозяйственной проблемой является поиск путей утилизации изделий из вспененного полистирола (одноразовой посуды, скорлуп для трубопроводов, уплотнителей для бытовой техники), имеющих ограниченный срок службы. Возникает необходимость подбора оптимального состава легкого бетона с заполнителем из вторичного вспененного полистирола.

Цель работы

Целью работы является подбор оптимального состава легкого бетона с заполнителем из вспененного полистирола с заданными физико-механическими свойствами.

Методика исследований

Исходя из требований, предъявляемых к легким бетонам, он должен обладать рядом свойств:

- малой истинной плотностью и низкой теплопроводностью, которые будут достигнуты за счет обычных технологических приемов (без автоклавной обработки);
- достаточной механической прочностью (на сжатие, растяжение и изгиб);
- остаточной долговечностью (стойкостью к климатическим воздействиям и к воздействию химически агрессивных сред, огнестойкостью).

Подбор состава легкого бетона с заполнителем из вспененного полистирола производится согласно требованиям ГОСТ 27006-86, которым установлены правила подбора, назначение и выдача в производство состава бетона [4]. Суть подбора состава бетона заключается в определении номинального состава, расчета и корректировки рабочего состава.

Состав бетона подбирали, исходя из среднего показателя прочности и плотности, с учетом фактической однородности бетона и планируемых мероприятий по ее повышению. Подобранный состав бетона проверялся на морозостойкость, т. к. изделия из него эксплуатируются в условиях изменяющихся сезонных температур. Исследуемые составы бетона приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исследование составов бетона с различным видом пенополистирольного заполнителя и армирующих добавок на сжатие

Серия образцов	Вода, л	Цемент, кг	Вид заполнителя/масса, кг	Добавки	$R_{сж}$, МПа
Невспененный первичный					
I	0,284	0,795	Крупный гранулят/0,450	–	14,02
II	0,315	0,628	Мелкий гранулят/0,503	–	16,30
III	0,330	0,930	Рядовой гранулят/0,500	–	14,25
Вспененный вторичный					
IV	0,360	0,715	Вторичный (гранулы)/0,015	ПЭ волокна	19,0
V	0,300	0,700	Вторичный (объединенные гранулы)/0,015	ПЭ волокна	18,4
VI	0,330	0,700	Вторичный (ломаный листовой)/0,004	ПЭ волокна	17,2

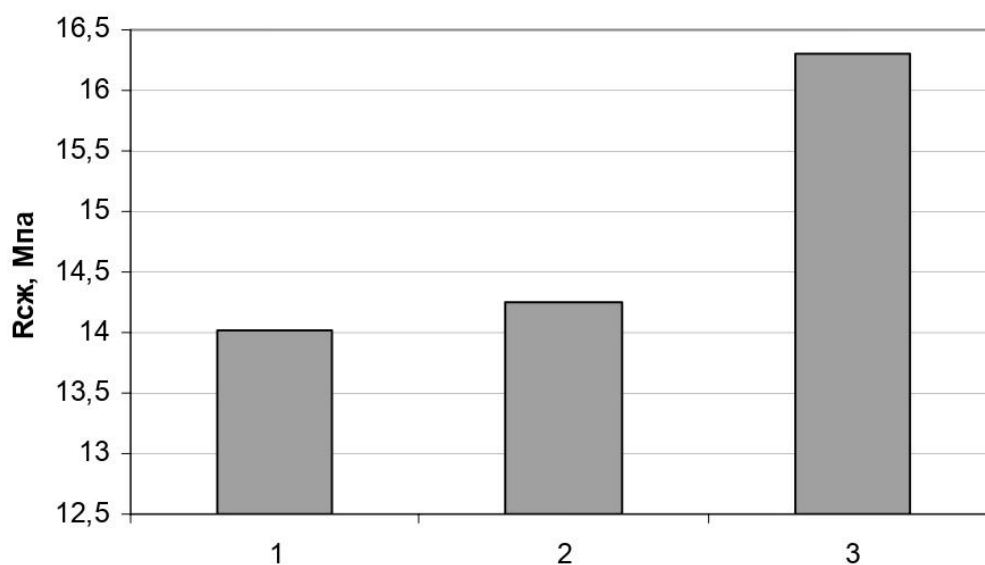
Из рассмотренных образцов легких бетонов, получаемых с применением вспененного вторичного полистирола, максимальной прочностью на сжатие характеризуется IV состав с 0,015 кг вторичного вспененного гранулированного полистирола и добавкой ПЭ волокон.

Образцы легких бетонов IV, V, VI составов на основе смеси вторичного полистирола и ПЭ волокон показали лучшие результаты по сравнению с аналогичными легкими бетонами на первичном полистироле, но без ПЭ волокон. Определенную трудность вызвало измельчение отходов крупнокускового полистирола в связи с возникающей электризацией крошки.

Перемешивание исходных материалов начинали с перемешивания сухих материалов, а затем постепенно добавляли расчетное количество воды.

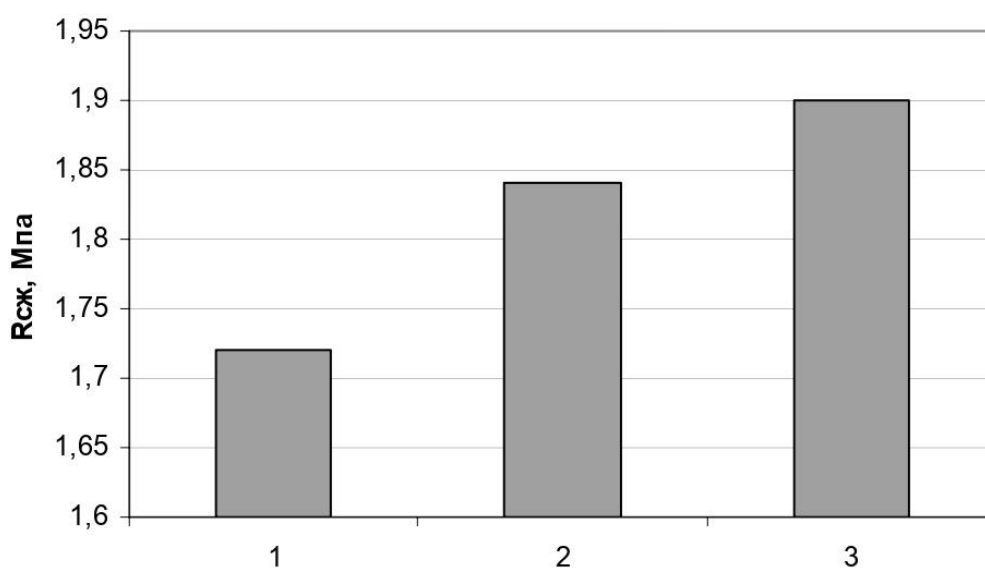
Режим твердения полученных образцов соответствовал режиму твердения бетона в конструкциях, для которых производился подбор состава бетона (во влажной среде, при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Образцы распалубливали не раньше, чем через семь суток после их изготовления (ГОСТ 10180-90) [5].

По результатам испытаний серий образцов исследуемых составов получены зависимости прочности образцов легкого бетона на сжатие от количества основного заполнителя (вспененного полистирола и полистирола в гранулах) (рисунки 1, 2).



1 – крупный гранулят; 2 – мелкий гранулят; 3 – рядовой гранулят

Рисунок 1 – Прочность бетона на сжатие с заполнителем из первичного полистирола в гранулах



1 – ломаный листовой; 2 – объединенные гранулы; 3 – гранулы

Рисунок 2 – Прочность бетона на сжатие с заполнителем из вторичного полистирола

Максимальная прочность легкого бетона получена в составе на невспененном первичном, мелком грануляте, но этот состав не экономичен. В тоже время прочность легкого бетона, полученная на вспененном полистироле вторичного использования, достаточна для изготовления малых архитектурных форм, а его себестоимость меньше, чем у легкого бетона на невспененном первичном мелком грануляте.

Следующим фактором, определяющим долговечность изделий из легкого бетона в процессе эксплуатации, является попеременное замораживание и оттаивание.

При этом основной причиной, приводящей к разрушению бетона при попеременном замораживании-оттаивании, являются напряжения, возникающие при замерзании и расширении воды в порах бетона.

Для определения морозостойкости при испытаниях бетона на пористых заполнителях (в нашем случае заполнителем является вспененный полистирол) в качестве основного метода применяем метод по ГОСТ 10060.0-95 [6]. Критерием морозостойкости является число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое выдержат кубы (с ребром 10 см) без снижения предела прочности на сжатие более чем на 15 %.

Для определения морозостойкости бетона на вспененном вторичном полистироле изготавливались три партии по три основных и три контрольных образца.

Кубы изготавливали, хранили и испытывали в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 10180-90 [5] (таблица 2). Испытания образцов на морозостойкость начинали через 7 суток после выдерживания в заданных условиях ($P = 730$ мм рт. ст., $t = 18$ °С).

Таблица 2 – Нормативное число циклов попеременного замораживания и оттаивания образцов бетона

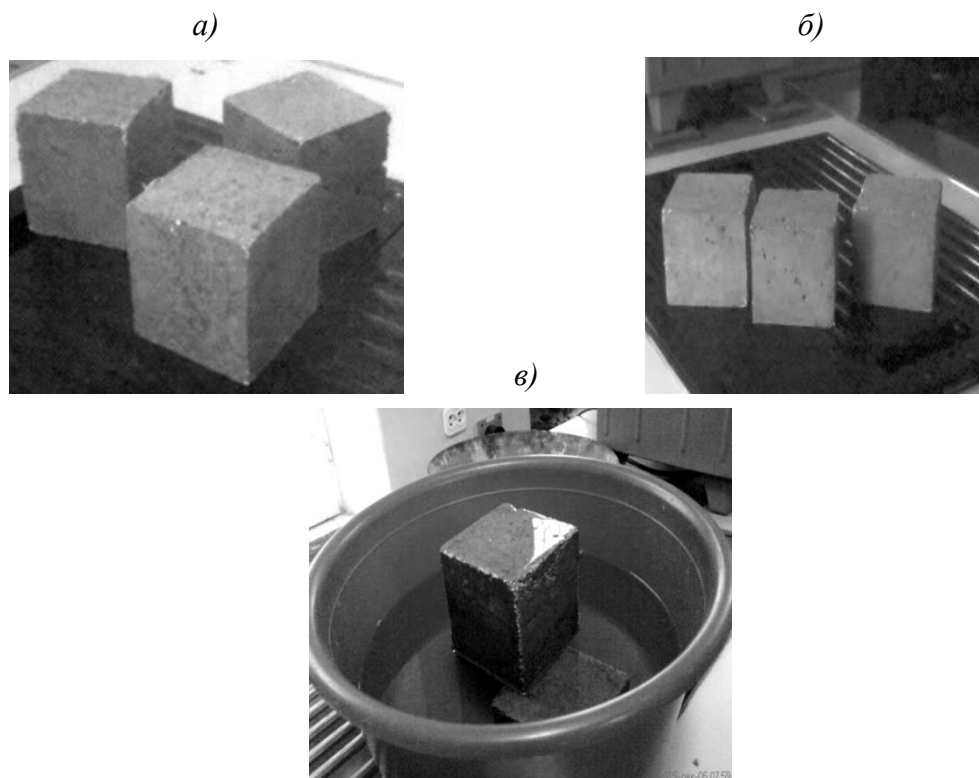
Показатель	Проектная марка бетона по морозостойкости Мрз							
	50	75	100	150	200	300	400	500
n	50	50;75	75;100	100	150	200	300	400
				150	200	300	400	500
n_1	25	25;50	50;75	75;125	125	175	250	350
					175	250	350	450

Примечание: n – число циклов, после которых образцы должны испытываться на сжатие; n_1 – число циклов, после которых должен проводиться контрольный осмотр

В лаборатории кафедры «Автомобильные дороги и искусственные сооружения» АДИ ГОУВПО «ДОННТУ» проведено 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания образцов бетона в морозильной камере «Донбасс». При этом соблюдались следующие условия:

- 1) замораживали образцы при $t = -20$ °С в течение 12 часов;
- 2) при загрузке камеры расстояние между верхом кубов и низом полок вышележащего ряда, а также между кубами было не менее 2 см; к кубам был обеспечен свободный доступ воздуха со всех сторон.

Контрольный осмотр проводился на 25-й и на 50-й циклы попеременного замораживания и оттаивания (рисунок 3). В результате чего было установлено, что образцы сохранили свою первоначальную форму (то есть не наблюдалось ни глубоких трещин, ни какого-либо иного изменения формы образцов). Это подтверждает то, что образцы хорошо переносят перепады температур.



а) образцы, подготовленные к замораживанию;
 б) образцы после 25-го цикла замораживания-оттаивания;
 в) образцы после 50-го цикла замораживания-оттаивания при насыщении водой

Рисунок 3 – Бетон с заполнителем из вспененного полистирола повторного использования

Выводы

1. В результате проведенных исследований был подобран состав легкого бетона на вспененном вторичном полистироле с армирующими ПЭ волокнами, соответствующий требуемым физико-механическим свойствам.
2. Установлено, что проектная марка бетона по морозостойкости для исследуемых образцов соответствует марке F 75.
3. Это позволяет рекомендовать данный состав легкого бетона для изготовления бетонных изделий малых архитектурных форм с целью их круглогодичного использования.

Список литературы

1. Скрипник, Ю. Г. Пінополістирол – реальність наших днів / Ю. Г. Скрипник, В. В. Петрович, Г. В. Скрипник // Будівництво України. – 2002. – № 6. – С. 37–39.
2. Бойко, А. Российский рынок будет развиваться / А. Бойко // Тара и упаковка. – 2006. – № 6. – С. 5–9.
3. Ландеховская, М. Американский опыт управления отходами / М. Ландеховская // Тара и упаковка. – 2006. – № 5. – С. 78–81.
4. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава: межгосударственный стандарт: издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 25 марта 1986 № 31 : введен впервые : дата введения 1987-01-01. – Москва : Стройиздат, 1987.
5. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного строительного комитета СССР от 29.12.1989 № 168 : взамен ГОСТ 10180-78 : дата введения 1991-01-01 / разработан НИИЖБ Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1991 – 31 с.
6. ГОСТ 10060.0-95. Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Минстроя России от 5 марта 1996 г. № 18-17 : взамен ГОСТ 10060-87 : дата введения 1996-09-01 / разработан НИИЖБ Российской Федерации. – Москва : Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997. – 13 с.

Т. В. Скрыпник
Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка
Подбор состава легкого бетона с заполнителем из вспененного полистирола
для изготовления малых архитектурных форм

Представлены результаты экспериментальных исследований подбора состава легкого бетона с заполнителем из вспененного полистирола повторного использования для изготовления малых архитектурных форм. Получены зависимости физико-механических свойств от температуры окружающей среды для легкого бетона на различных заполнителях. Максимальная прочность легкого бетона была получена в составе на невспененном первичном, мелком грануляте, но этот состав не экономичен. В тоже время прочность легкого бетона, полученного на вспененном полистироле вторичного использования, достаточна для изготовления малых архитектурных форм, а его себестоимость меньше, чем у легкого бетона на невспененном первичном мелком грануляте. Уточнены теплофизические свойства бетона на вспененном пенополистироле в долговременной перспективе.

ЛЕГКИЙ БЕТОН, ВСПЕНЕННЫЙ ПОЛИСТИРОЛ, МАЛАЯ АРХИТЕКТУРНАЯ ФОРМА, ПРОЧНОСТЬ ЛЕГКОГО БЕТОНА, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

T. V. Skrypnik
Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Selection of the Lightweight Concrete Composition with Expanded Polystyrene Filler
for the Manufacture of Small Architectural Forms

The results of the experimental studies of the selection of the lightweight concrete composition filled with the recycled expanded polystyrene for the manufacture of the small architectural forms are presented. The dependences of the physical and mechanical properties on the ambient temperature for the lightweight concrete on various fillers are obtained. The maximum strength of the lightweight concrete was obtained in the composition on the non-foamed primary, fine granulate, but this composition is not economical. At the same time, the strength of the lightweight concrete, obtained on the recycled foamed polystyrene, is sufficient for the manufacture of the small architectural forms, and its cost is less than that of the lightweight concrete on the non-foamed primary fine granules. The thermophysical properties of concrete on expanded polystyrene foam in the long term are specified.

LIGHTWEIGHT CONCRETE, EXPANDED POLYSTYRENE, SMALL ARCHITECTURAL FORM, LIGHTWEIGHT CONCRETE STRENGTH, MATERIALS THERMOPHYSICAL PROPERTIES

Сведения об авторе:

Т. В. Скрыпник
 SPIN-код РИНЦ: 2966-5060
 Researcher ID: G-5121-2016
 Телефон: +38 (06242) 4-40-39
 Эл. почта: skrypnik_tv@rambler.ru

Статья поступила 29.06.2022

© Т. В. Скрыпник, 2022

Рецензент: В. В. Губа, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»