

УДК 630*383.4

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ ЦЕМЕНТНЫЙ БЕТОН,
АРМИРОВАННЫЙ ДРЕВЕСИНОЙ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Т. Н. Стородубцева, С. С. Чернавцев, Н. В. Федянина, Д. А. Паринов,
Д. С. Ступников (ВГЛТА)

В современном мире очень важным становится вопрос изготовления строительных материалов на основе отходов древесного производства. Опилка, стружка, щепа, древесная шерсть, дробленка – все они могут служить отличной составляющей современных строительных материалов, выполняя функцию заполнителя. Такие материалы принято относить к легким бетонам, в силу того, что второй составляющей в них является, как правило, портландцемент. Они отличаются невысокой средней плотностью (300 ... 800 кг/куб. м) и теплопроводностью. Кроме того, в отличие от цементных блоков, их достаточно легко обрабатывать [1 ... 4]. Целью данной работы является применение мелкозернистого цементного бетона, армированного древесиной с изучением их физических физико-технических свойств для получения долговечных покрытий автомобильных дорог.

В связи с этим, перед нами ставятся следующие задачи:

- определение закономерностей влияния древесного наполнителя на формирование структуры мелкозернистых бетонов на цементных и органических вяжущих рациональных составов;
- изучение физических, физико-механических и технических характеристик мелкозернистого бетона;
- исследование возможности использования древесного наполнителя в бетонных конструкциях дорожного покрытия автомобильных дорог с определением основных физических и физико-механических характеристик бетона рационального состава.

Решением данных задач являются определение зависимости прочности арболита от породы древесины для заполнителя, построение графиков кривых влияния условий и времени выдержки на прочность наполненного мелкозернистого бетона, от содержания наполнителя, влияния породы заполнителя и удельного давления, а также прочности при сжатии от температуры.

При соответствующей пропитке заполнителей минерализаторами, материал приобретает новые качества, а именно, трудносгораемость и биостойкость.

Среди группы подобных материалов, наиболее известным является арболит.

Арболит – это легкий бетон, который получается путем смешивания древесного заполнителя и минерального вяжущего вещества, например портландцемента. Арболитовые изделия производят в виде плит, блоков, стеновых камней и панелей, кроме того, арболит можно заливать в опалубку.

В результате подобной смешанной структуры, арболит приобрел двойные свойства. С одной стороны, благодаря портландцементу это достаточно прочный материал, а в результате наличия древесной породы стены «дышат» и хорошо удерживают тепло.

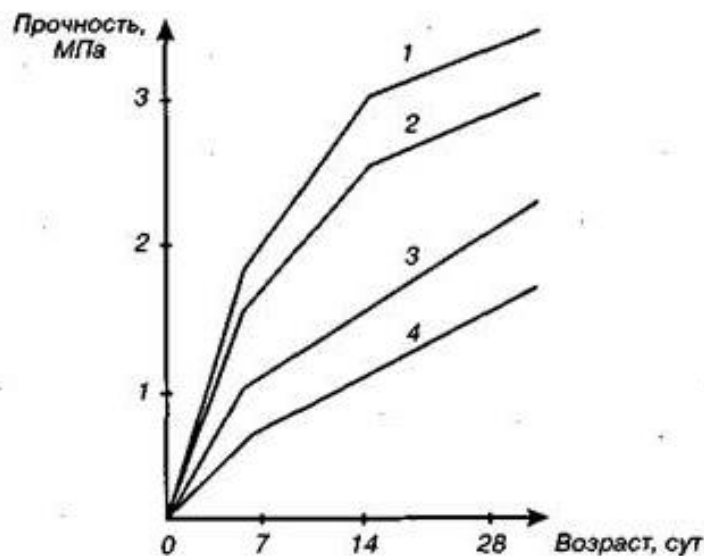
Удивительно то, что арболит – материал с отличными качествами – был известен еще с середины прошлого столетия. В России производство арболита было поставлено на широкую ногу. Однако политика государства того времени была направлена на строительство домов из кирпича и, особенно, из крупноблочных бетонных плит. В результате темпы и объемы его изготовления существенно снизились, а как уникальный материал он фактически был незаслуженно забыт.

Технологические характеристики арболита должны соответствовать ГОСТ 19222-84. Разделяют два типа арболита: теплоизоляционный и конструкционный. Основная отличительная характеристика – средняя плотность в высушенном состоянии. В первом случае он не превышает 500 кг/куб. м, во втором – составляет от 500 до 800 кг/куб. м. В зависимости от пропорций, арболит изменяет свои свойства, в результате технические характеристики могут сильно варьироваться. Приведем некоторые из них.

На рисунке 1 представлен график зависимости прочности арболита от породы древесины для заполнителя.

Прочность при сжатии от 0,5 до 5,0 МПа, прочность при изгибе – 0,7 ... 1,0 МПа, модуль упругости – 250 ... 2300 МПа. Эти три характеристики на самом деле дают арболиту чудесную уникальность. Как правило, большинство материалов при достижении максимальной нагрузки сжатия просто разрушаются, причем происходит это быстро, взрывоподобно. Блоки из арболита же ведут себя иначе – при достижении предела нагрузки они не распадаются, а начинают сжиматься, и сжатие может достигать до 10 %. Если же нагрузка ис-

чезает, блок в скором времени примет первоначальную форму. Таким образом, разрушение блока происходит не при достижении максимально указанной нагрузки, а при нагрузках порой в 1,5 ... 2 раза превышающих норму. Более того, разрушение это постепенное. Даже полностью смятый блок не разваливается на мелкие части, а остается единым куском. Такие свойства блоков просто незаменимы при строительстве, ведь стены, когда здание дает усадку, часто трескаются. С арболитом эта неприятность сводится к минимуму.



1 – ели; 2 – сосны; 3 – берёзы; 4 – осины

Рисунок 1 – график зависимости прочности арболита от породы древесины для разного заполнителя

Следующая характеристика – морозостойкость, достигает – 50 градусов. Таким образом, материал пригоден для применения в районах с умеренным климатом и южнее.

Арболит является огнестойким материалом. Огнестойкость составляет 0,75 ... 1,5 часов.

Основной фактор, который влияет на прочность арболита это тип древесины, который применялся при его изготовлении. Особую прочность придают ему хвойные сорта деревьев, такие как ель и сосна. Второй фактор, влияющий на прочность – влажность, которая должна составлять от 0 до 25 %. Максимальная прочность будет достигнута при 16 ... 17 %.

Технология изготовления готовых изделий из арболита не слишком сложна. В нее включается: заготовка сырья; приготовление арболитовой смеси; укладка смеси в форму; затвердевание и сушка изделий; отделка.

Изделия из арболита бывают как неармированные, так и армированные стальной арматурой.

Итак, подводя итоги вышесказанного, выделим основные характеристики арболита:

1 Экологическая безопасность, использование вторичного сырья, остающегося от лесозаготовок и переработки древесины.

2 Низкая теплопроводность и теплоусвоение. Блок, толщиной 30 см равен стене из кирпича шириной 75 см. Отопление помещения фактически не тратится на прогревание стен.

3 Высокая паропроницаемость. Это обеспечит комфортную влажность в помещении в течение года.

4 Не горит. Обеспечивает повышенную пожаробезопасность.

5 Не гниет. Срок службы здания достаточно высок.

6 Обладает небольшим весом. 1 кв. м стены из арболита в 4 раза легче кирпичной кладки.

7 Не трескается, имеет повышенную сопротивляемость к ударным нагрузкам.

8 Легко обрабатывается. Материал легко рубить, пилить, то есть не возникает проблем с пропилом дверных и оконных проемов. Кроме того, в него легко забивать гвозди и крюки.

9 В силу своих свойств, экономичен на всех стадиях строительства.

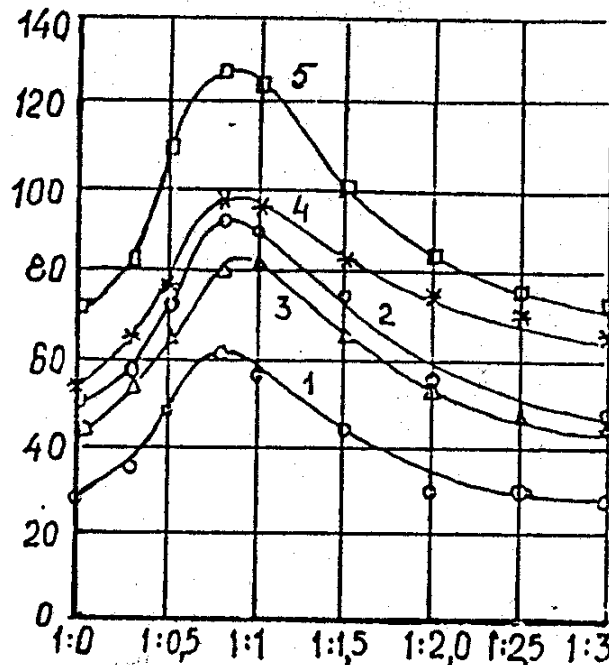
10 Существенно снижает трудоемкость монтажа конструкций.

11 Поверхность легко обрабатывается при дальнейшей обработке.

Редкий материал обладает таким множеством положительных свойств. Таким образом, арболит является отличным современным строительным материалом, имеющим в будущем огромный потенциал в использовании.

Из рисунка 2 видно, что наиболее эффективным виброуплотнением следует считать совмещение двух режимов виброуплотнения (разночастотное уплотнение). При таком режиме была получена наиболее максимальная прочность мелкозернистого бетона при сжатии – 94 МПа и средняя плотность – 2326 кг/м³ в воздушно-сухом состоянии.

В ходе исследований структурных моделей были получены графики кривых влияние породы заполнителя и удельного давления поливибрирования на характер изменения прочности песчаного бетона в зависимости от расхода заполнителя (рисунок 3).



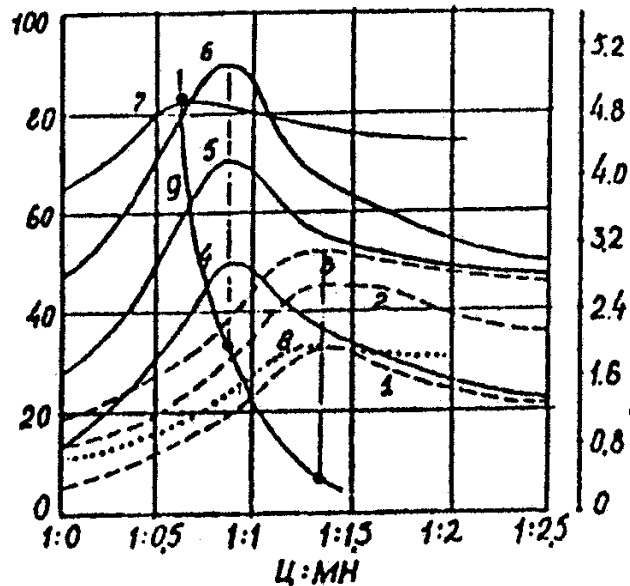
по вертикали – предел прочности при сжатии, МПа; по горизонтали – соотношение цемента и микрозаполнителя; 1, 2 – прочность влажного и сухого пропаренного бетона после 28 сут. выдержки в нормальных условиях (НУ); 3 – прочность суточного бетона после температуростойкости (ТВО); 4 – то же после 240 суток выдержки в комнатных условиях ($t = 20^{\circ}\text{C}$; $W = 50 \dots 60 \%$); 5 – то же в нормальных условиях ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $W = 95 \dots 99 \%$)

Рисунок 2 – влияние условий и времени выдержки на прочность наполненного мелкозернистого бетона, армированного древесиной, разночастотного вибрационного уплотнения в зависимости от содержания наполнителя (МН) в цементе [1 ... 2]

Определены принципы формирования высокопрочной структуры мелкозернистого бетона для покрытий автомобильных дорог между физико-химическими и технологическими процессами.

Наполнитель оказывает положительное влияние на структуру и свойства цементных систем. Использование различных по кристаллохимическому строению минеральных заполнителей показало (рис. 3), что слабые химические связи в минералах снижают их прочностные свойства и что при более крупном заполнителе уменьшается расход наполнителя (кривая 9, рис. 3).

Прочностные свойства ВМБ находятся в прямой зависимости от плотности структурных образований: на макроуровне – от плотности жесткого каркаса зерен заполнителя, на микроуровне – от пленки ЦК в межзерновом пространстве и ее толщины. Они определяют прочность и долговечность бетона [1].

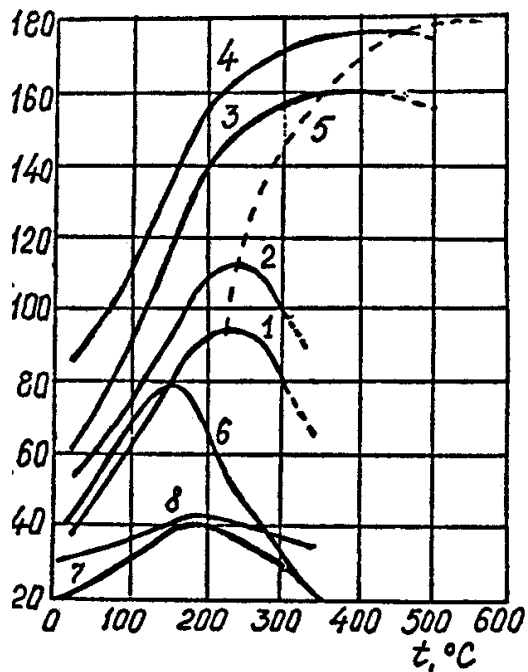


слева по вертикали – предел прочности при сжатии, МПа; справа по вертикали – ср. модуль крупности заполнителя; по горизонтали – соотношение цемента и микронаполнителя; 1, 2, 3 – на барханном полиминеральном каракумском песке ($M_{кр} = 0,36$) при $P_{уд} = 0,0006; 0,0036; 0,0131$ МПа; 4, 5, 6 – то же на кварцевом песке ($M_{кр} = 2,3 : 1,0 = 4,1 : 0,9$); 7 – на отходах камнедробления (серый гранит), $M_{кр} = 3,7$, $P_{уд} = 0,0131$ МПа.; 8 – на барханном карбонатном песке Прикаспия $M_{кр} = 0,5 \dots 0,6$, $P_{уд} = 0,0131$ МПа; 9 – влияние размеров зерна заполнителя на расход наполнителя [1 ... 2]

Рисунок 3 – Влияние породы заполнителя и удельного давления поливибрирования на характер изменения прочности песчаного бетона в зависимости от расхода заполнителя

Основным фактором, ограничивающим широкое применение сборного железобетона при строительстве автомобильных дорог, является дефицитность цемента, качественного крупного заполнителя, стальной арматуры и, конечно, высокая стоимость этих материалов. Применение силикатного и мелкозернистого бетонов не решает полностью данную проблему, лишь немного снижая стоимость плит колейных покрытий. На стоимость дорожного покрытия этого вида сильно влияет и сложная конструкция стыков, связанная с устройством болтовых, сварных или основанных на их сочетаниях соединений.

На графике (рис. 4) представлена зависимость предела прочности от температуры высоконаполненного мелкозернистого бетона.



по вертикали – предел прочности при сжатии, МПа; по горизонтали – температура в градусах, °С; 1 – после ТВО суточной выдержки при $t = 20$ °С, $W_B = 65$ %, В25; 2 – то же В40; 3 – то же 28 суточной выдержки, В45; 4 – то же 120 сут. выдержки, В60; 5 – кривая экстремальных величин прочности; 6 – цементно-песчаный раствор состава 1:3 28 суточной выдержки; 7 – то же на песчаном диоритовом заполнителе; 8 – тяжелый бетон на диоритовом крупном заполнителе

Рисунок 4 – Температуростойкость высоконаполненного мелкозернистого бетона при первом нагреве

Бетон на основе неорганических вяжущих веществ представляет собой композиционные материалы (КМ), получаемые в результате твердения рациональной по составу, тщательно перемешанной и уплотненной бетонной смеси из вяжущего вещества – цемента, воды и заполнителей.

Среди других КМ бетоны относятся к самым массовым по применению в различных конструкциях. Так как, кроме высокой прочности, они обладают легкой формуемостью, возможностью осуществить высокую степень механизации технологических операций, экономичностью, на рисунке 5 представлен вид колеиных покрытий лесовозных автомобильных дорог.

Для конструкций, связанных с воздействием воды, применяют тяжелые бетоны со средней плотностью не менее 2500 кг/м^3 . т.е. они должны быть предельно плотными, водонепроницаемыми, морозо- и коррозионностойкими и соответствовать ГОСТ 25192-82.

К заполнителям тяжелого бетона, в соответствии с ГОСТ 10268-80, для плит колеиных покрытий лесовозных автомобильных дорог и железнодорожных шпал различного назначения предъявляют специальные требования к зерновому составу, плотности, прочности, содержанию зерен слабых пород, водопоглощению, морозостойкости и т.д. [1 ... 4].



Рисунок 5 – колеиные покрытия лесовозных автомобильных дорог

Выводы

В ходе исследований определены закономерности влияния древесного наполнителя на формирование структуры мелкозернистых бетонов на цементных и органических вяжущих рациональных составов. Определены технологические характеристики арболита. Изучена и исследована возможность использования древесного наполнителя в бетонных конструкциях дорожного покрытия автомобильных дорог с определением основных физических и физико-механических характеристик бетона.

Библиографический список

1 Стородубцева, Т. Н. Строительные композиционные материалы для строительства лесовозных автомобильных дорог : учеб. пособие / Т. Н. Сторо-

дубцева ; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2008. – 112 с.

2 История строительного материаловедения и развития технологий строительных материалов и изделий : учеб. пособие / под общ. ред. И. А. Рыбьева. – М : МИКХиС, 1998. – 130 с.

3 Рыбьев, И. А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ / И. А. Рыбьев. – М. : Высш. шк., 1978. – 309 с.

4 Бухонов, Ю. Н. Сопротивляемость и деформативность композиционного материала на основе древесины при изгибе [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю. Н. Бухонов. – Воронеж, 1998. – 20 с.