УДК 691.32:620.191.33

В. А. Перфилов, В. И. Лепилов, У. В. Канавец, М. О. Зубова, И. Г. Лукина

ОГРАЖДАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПОВЫШЕННЫМИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ В КОНСТРУКЦИЯХ ЖИЛОГО МОДУЛЯ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАТФОРМ

Предложен способ приготовления бетонной смеси с предварительным совместным перемешиванием в переменном электромагнитном поле вяжущего, модифицирующей добавки и базальтовых волокон и использованием в качестве ферромагнитных компонентов стальной фибры. Полученный фибробетон использован в качестве ограждающего элемента с повышенными теплозащитными свойствами конструкций жилого модуля морских платформ.

Ключевые слова: ограждающие конструкции жилого модуля морских платформ, способ приготовления смеси, модифицирующая добавка, фибровые волокна, прочность, блоки, теплопроводность.

The authors provide the way of preparation of a concrete mixture with the preparative joint blending in an alternating electromagnetic field of the binding material, modifying additive and basalt fibers, using steel fiber as ferromagnetic components. The obtained fiber concrete is used as a protective element with increased heat-shielding properties of the structures of an accommodation block.

Key words: protective structures of an accommodation block, way of preparation of the concrete mixture, modifying additive, fiber, reliability, blocks, heat conductivity.

При строительстве морских нефтегазовых сооружений, эксплуатируемых в течение многих десятилетий, необходимо обеспечить комфортные условия для проживания рабочего персонала. С этой целью широко применяются отдельные жилые модули, размещенные за эстакадой от основной нефтегазодобывающей платформы, например как, на ледостойкой стационарной платформе ЛСП-2. Ограждающие конструкции этих модулей должны обладать малой теплопроводностью и достаточной прочностью.

В настоящее время предъявляются повышенные требования к теплоизоляционным свойствам ограждающих конструкций зданий и сооружений. Это связано с необходимостью улучшения качества внутреннего воздуха, сокращения расхода тепловой и электрической энергии, а также улучшения экологической обстановки. В связи с этим ведется постоянная работа по поиску новых технологий производства строительных материалов и изделий с повышенными теплофизическими характеристиками.

Строительной индустрией выпускается большое количество облегченных строительных материалов с повышенными теплозащитными свойствами, соответствующими требованиям нормативных документов [1, 2]. Однако основным недостатком таких изделий являются значительные потери тепла из-за конвекции в воздушных прослойках. Попыткам уменьшения и подавления конвективной теплопередачи посвящены многие работы и исследования [3].

Предлагается использовать высокопрочный, водостойкий и морозоустойчивый фибробетонный блок пониженной теплопроводности для изготовления ограждающих конструкций зданий и сооружений без применения дополнительной тепловой изоляции. Для более широкого внедрения фибробетонов, которые отвечали бы требованиям современного строительства, необходимо производить подбор оптимальных составов с минимальным расходом дорогостоящего макроупрочнителя, использовать различные модификаторы и совершенствовать технологию приготовления бетонной смеси.

При изготовлении фибробетонов в качестве вяжущего использовался портландцемент М 500 Себряковского цементного завода. В качестве крупного заполнителя применялся щебень из гранитных пород. Мелкий заполнитель представлен кварцевым песком Орловского карьера. Для повышения прочности и трещиностойкости фибробетона на макроуровне применялись стальные волокна-фибры «Миксарм» с конусообразными анкерами на концах на основе стальной проволоки, выпускаемой ОАО «Северсталь-метиз» по ТУ 1211-205-46854090—2005.

Для снижения расхода дорогостоящей стальной фибры дополнительно применялась дисперсная арматура в виде базальтового волокна диаметром 13…17 мкм и длиной 6…12 мм с прочностью на растяжение до 2000 МПа [4]. Количество вводимой дорогостоящей стальной фибры по сравнению с известным составом [5] сократили в 1,8 раз, а расход базальтовой фибры не превышал 1,3 кг/м^3 , что составляет не более 220 р. на 1 м^3 смеси.

Способ приготовления предлагаемой модифицированной бетонной смеси заключается в следующем.

Предварительно проводят перемешивание портландцемента, модифицирующей добавки и базальтовой фибры в линейно-индукционном вращателе (ЛИВ) в течение 8…10 мин, используя в качестве ферромагнитных компонентов фибру стальную «Миксарм». В камере линейно-индукционного вращателя осуществляется тщательное перемешивание и частичное диспергирование вяжущего и модифицирующей добавки с помощью вращающихся ферромагнитных частиц под действием переменного электромагнитного поля. В процессе перемешивания в электромагнитном поле тонкоизмельченные частицы портландцемента и модификатора адсорбируются на поверхности базальтовых и намагниченных металлических фибровых волокон, являющихся структурообразующим компонентом, что приводит к более эффективному пространственному распределению волокон и повышению реакционной способности смеси. Полученную сухую смесь с равномерно распределенными стальными и базальтовыми волокнами, обладающую за счет электромагнитной обработки повышенной реакционной способностью, перемешивают в смесителе при последовательном введении заполнителей и воды затворения в течение 5…6 мин.

Для экспериментальной проверки предлагаемого способа приготовления модифицированной бетонной смеси и его влияния на прочность бетонов с применением стальных и базальтовых волокон подбор составов осуществляли по разработанной компьютерной программе [6].

Анализ полученных данных показывает, что применение предварительной диспергации и перемешивания портландцемента, пластификатора, базальтовой и стальной фибры в линейно-индукционном вращателе способствует увеличению прочности на сжатие полученного фибробетона по сравнению с фибробетоном, приготовленным без предварительной диспергации, на 20 %, прочности на растяжение при изгибе — на 29 %.

Предлагается использовать высокопрочный, водостойкий и морозоустойчивый фибробетонный блок пониженной теплопроводности, приготовленный по описанному выше способу, для изготовления ограждающих конструкций жилого модуля морской стационарной платформы.

Поставленную задачу предлагается решать путем устройства в корпусе фибробетонного блока системы параллельных воздушных прослоек, разделенных экранами из материала блока. Плоскость экранов расположена перпендикулярно направлению теплового потока. Толщина воздушной прослойки подбирается таким образом, чтобы в ней была полностью подавлена конвективная теплопередача и передача теплоты осуществлялась за счет теплопроводности воздуха при заданных интервалах температур [3].

Предлагаемый ограждающий элемент в виде блока стандартных размеров 20 × 20 × 40 см с повышенными теплозащитными свойствами выполнен на основе фибробетона с использованием стальных и базальтовых волокон. В теле изделия выполняются воздушные прослойки в виде девяти сплошных воздушных экранов, расположенных на расстоянии 20 мм от боковых поверхностей, не доходящих до торцевых стенок изделия 20 мм и до ложковой поверхности 3…5 мм. Воздушные прослойки разделены экранами из материала блока толщиной 14,33 мм.

Была определена толщина воздушной прослойки для отрицательных температур по известным критериальным уравнениям [7, 8], в которой отсутствует конвективная составляющая теплопередачи.

Коэффициент эквивалентной теплопроводности кладки $\lambda_{кл}$ из фибробетонных блоков вычислялся с помощью расчетной схемы, представленной в работе [3]. Коэффициент теплопроводности фибробетона в сухом состоянии составлял $\lambda_{фб}$ = 1,5 Вт/(м · К), количество воздушных экранов — от 3 до 9 при их толщине 5 мм. Полученные результаты приведены в табл.

Значения коэффициентов теплопроводности предлагаемого экранированного фибробетонного блока

Количество воздушных прослоек толщиной 5 мм, *n* шт	Эквивалентный коэффициент теплопроводности экранированного блока $\lambda_{экв.\,б}$, Вт/(м · К)	Эквивалентный коэффициент теплопроводности экранированного блока в кладке $\lambda_{экв.кл}$, Вт/(м · К)
3	0,446	0,455
4	0,3968	0,410
5	0,3651	0,3803
6	0,3437	0,3604
7	0,3266	0,3446
8	0,3138	0,3327
9	0,340	0,3235

Анализируя результаты расчетов, представленных в табл., можно сделать вывод, что с увеличением количества воздушных экранов происходит уменьшение коэффициента теплопроводности экранированного блока. Наличие трех воздушных экранов в блоке уменьшает коэффициент теплопроводности в 3,2 раза, при экранировании девятью воздушными прослойками коэффициент теплопроводности уменьшается почти в 4,2 раза по сравнению с полнотелым фибробетонным блоком. Даже при трех воздушных экранах коэффициент теплопроводности предлагаемого фибробетонного блока ($\lambda_{ф.\,б}$ = 0,446 Вт/(м · К)) почти на 30 % меньше коэффициента теплопроводности четырнадцатипустотного силикатного кирпича ($\lambda_{с.\,к}$ = 0,58 Вт/(м · К)), широко применяемого в жилищном и гражданском строительстве.

Таким образом, применение экранированных фибробетонных блоков с использованием стальных и базальтовых волокон позволит отказаться от дополнительных теплоизоляционных материалов. Значительно снизятся капитальные затраты на строительство [3]. Это позволит улучшить качество внутреннего воздуха, ощутимо сократить затраты электрической и тепловой энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 530—95. Кирпич и камни керамические. Технические условия. М. : Госстрой России, 1996. 17 с.

2. СНиП 23-02—2003. Тепловая защита зданий. М. : Госстрой России, 2004. 28 с.

3. *Перфилов В. А., Лепилов В. И.* Керамзитобетонный блок с высокими теплозащитными свойствами // Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Сер.: Технические науки. № 6. 2008. С. 116—120.

4. *Перфилов В. А., Аткина А. В., Кусмарцева О. А.* Фибробетоны с высокодисперсными волокнистыми наполнителями // Международ. науч.-практ. конф. «Малоэтажное строительство» в рамках проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области». Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. С. 89—91.

5. Способ приготовления модифицированной сталефибробетонной смеси и модифицированная сталефибробетонная смесь : пат. на изобретение № 2214986 Рос. Федерация / Антропова Е. А., Дробышевский Б. А., Бялик Б. Ф., Мазур В. Н. : зарег. 27.10.2003.

6. *Перфилов В. А., Митяев С. П.* Расчет фибробетона с нанодобавкой // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009612195 от 29.4.2009.

7. *Ковалевский В. И., Бойков Г. П.*. Методы теплового расчета экранной изоляции. М. : Энергия, 1974. 200 с.

8. *Михеев М. А., Михеева И. М.* Основы теплопередачи. М. : Энергия, 1973. 320 с.

1. GOST 530—95. Kirpich i kamni keramicheskie. Tekhnicheskie usloviya. M. : Gosstroy Rossii, 1996. 17 s.

2. SNiP 23-02—2003. Teplovaya zashchita zdaniy. M. : Gosstroy Rossii, 2004. 28 s.

3. *Perfilov V. A., Lepilov V. I.* Keramzitobetonnyy blok s vysokimi teplozashchitnymi svoystvami // Izv. vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Ser.: Tekhnicheskie nauki. № 6. 2008. S. 116—120.

4. *Perfilov V. A., Atkina A. V., Kusmartseva O. A.* Fibrobetony s vysokodispersnymi voloknistymi napolnitelyami // Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. «Maloetazhnoe stroitel'stvo» v ramkakh proekta «Dostupnoe i komfortnoe zhil'e grazhdanam Rossii: tekhnologii i materialy, problemy i perspektivy razvitiya v Volgogradskoy oblasti». Volgograd : VolgGASU, 2009. S. 89—91.

5. Sposob prigotovleniya modifitsirovannoy stalefibrobetonnoy smesi i modifitsirovannaya stalefibrobetonnaya smes' : pat. na izobretenie № 2214986 Ros. Federatsiya / Antropova E. A., Drobyshevskiy B. A., Byalik B. F., Mazur V. N. : zareg. 27.10.2003.

6. *Perfilov V. A., Mityaev S. P.* Raschet fibrobetona s nanodobavkoy // Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2009612195 ot 29.4.2009.

7. *Kovalevskiy V. I., Boykov G. P.* Metody teplovogo rascheta ekrannoy izolyatsii. M. : Energiya, 1974. 200 s.

8. *Mikheev M. A., Mikheeva I. M.* Osnovy teploperedachi. M. : Energiya, 1973. 320 s.

© Перфилов В. А., Лепилов В. И., Канавец У. В., Зубова М. О., Лукина И. Г., 2013

Поступила в редакцию
в сентябре 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Ограждающие элементы с повышенными теплозащитными свойствами в конструкциях жилого модуля морских нефтегазовых платформ / В. А. Перфилов, В. И. Лепилов, У. В. Канавец, М. О. Зубова, И. Г. Лукина // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 2(27). URL: http://vestnik.vgasu.ru/attachments/PerfilovLepilovKanavetsZubovaLukina-2013_2(27).pdf