

Задания этого типа не следует решать. Необходимо лишь определить, достаточно ли данной информации для решения. При этом следует помнить, что информации достаточно, если она позволяет найти единственное значение неизвестной величины.

Думаю, такие задания бесценны с точки зрения практики. В какой бы области ни работал специалист, умение взвесить, проанализировать данные, которыми он располагает, и сделать заключение является необходимой составляющей успеха любого начинания.

В заключение хотелось бы отметить, что многие студенты наших англо-украинских проектов, безусловно, имеют реальные шансы продолжить образование в европейских учебных заведениях и в США.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Sherman K. Stein** Calculus and Analytic Geometry. McGraw-Hill Book Company, New York, 2002. – 878 p.
2. **Samuel C. Brownstein, Mitchel Weiner, Sharon Weiner Green.** How to prepare for the Graduate Record Examination. Barron's Educational Series, 2010. – 659 p.

УДК 666.974.2 : 666.973.3 : 728.37

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕГКИХ ЖАРСТОЙКИХ БЕТОНОВ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕПЛОВЫХ УСТРОЙСТВ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

А. Ю. Конопляник, к. т. н., доц., Р. И. Романовский, студент

Ключевые слова: жилые дома, легкий жаростойкий бетон, вяжущее, исследования, свойства бетона

Постановка проблемы. Ранее были подобраны составы легких жаростойких бетонов на керамзитовом заполнителе с вяжущими из глиноземистого, высокоглиноземистого цементов и комбинированным вяжущим из глиноземистого цемента и жидкого стекла, которые могут быть использованы в тепловых устройствах и конструкциях индивидуальных жилых домов [1]. При изготовлении таких бетонов в условиях индивидуального строительства важной составляющей является время их выдержки в соответствующем температурно-влажностном режиме до достижения необходимых характеристик, которые влияют на физико-механические свойства бетона. В связи с этим ставится вопрос исследования закономерностей изменения физико-механических и теплотехнических характеристик бетонов в течение определенного периода.

Анализ публикаций. В работе [1], которая является предшествующей стадией выполняемых исследований, в полной мере изложена методика подбора материалов и составов легких теплоизоляционных бетонов на их основе, а также технология их изготовления.

Цель работы состояла в выборе оптимальных составов легких теплоизоляционных бетонов на различных вяжущих путем исследования и проведения сопоставительных характеристик их прочностных, деформативных и теплотехнических свойств.

Изложение материала. Определяли объемный вес, линейную и объемную усадку, предел прочности при сжатии, влажность и теплопроводность подобранных 11 составов легких теплоизоляционных бетонов [1, табл. 4].

Прочность бетона на сжатие в МПа определяли согласно нормативному документу [2] после сушки образцов, выдержанных в нормальных условиях определенное количество суток. Кубики размером 70 × 70 × 70 мм доводили до разрушения на 10-тонном прессе УММ – 20 со скоростью подъема нагрузки 10 кгс за секунду. Предел прочности на сжатие определяли отношением разрушающей нагрузки к площади поперечного сечения образца. Испытание образцов бетона на прочность на прессе приведено на рисунке 1.



Рис. 1. Определение прочности бетона на сжатие

Влажность бетона перед сушкой после выдержки образцов в нормальных условиях на протяжении определенного количества суток определяли весовым способом в соответствии с источником [3]. Показатели влажности определяли относительно высушенных до постоянного веса образцов.

Поскольку теплопроводность исследуемых составов жаростойких бетонов не является основной характеристикой, определяющей срок службы бетонов при воздействии высоких температур, при ее определении считали возможным использовать расчетный метод. Теплопроводность легких бетонов определяли путем расчета их коэффициента теплопроводности в Вт/м °К по формуле В. П. Некрасова [4] в зависимости от их объемного веса:

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22\gamma^2} - 0,16, \quad (1)$$

где: γ – объемный вес образца, т/м³.

Методика определения объемного веса, линейной и объемной деформации бетонов приведена в работе [1], а измерение размеров образцов для определения их усадки и объемного веса – на рисунке 2 .



Рис. 2. Измерение размеров образцов для определения усадки и объемного веса бетона

Исследовали характер зависимости напряжений от деформаций оптимальных составов бетона при загрузении призм размерами $100 \times 100 \times 400$ (высота) мм поэтапной нагрузкой [5]. При этом определяли модуль упругости каждого из составов.

Для этого на четырех противоположных гранях призм устанавливали индикаторы часового типа и поэтапно на прессе П-125 загружали призму нагрузкой 6,25 кН. После приложения нагрузки фиксировали показания индикаторов и определяли средние деформации бетона. Испытание призм на прессе приведено на рисунке 3, а характер их разрушения – на рисунке 4.

Нагрузку доводили до разрушающей и строили графики зависимости напряжений от деформаций. На графиках определяли зоны упругих и упруго-пластических деформаций, напряжения σ_{02} и деформации ϵ_{02} , до которых действует закон Гука.

Напряжения σ_{02} принимали равными $0,2 R_{b \text{ разр}}$. Вычисляли начальные модули упругости каждого состава отношением напряжений σ_{02} к деформациям ϵ_{02} .

Свойства легких жаростойких бетонов приведены в таблице.

Как видно из таблицы, объемный вес жаростойких бетонов зависит от времени выдержки образцов, количества воды затворения в смеси и связанной воды, а также расхода сыпучих



Рис. 3. Испытания призм на прессе



Рис. 4. Характер разрушения призм после испытания на прессе

Свойства легких жаростойких бетонов

№ сос-та-вов	Объемный вес, кг/м ³				Усадка, % <u>линейная</u> <u>объемная</u>			Коэффициент теплопроводности, Вт/м · °К				Предел прочности при сжатии, МПа			Влажность, %		
	После распа- лубки	После сушки	<u>4 сут</u> сушки	<u>7 сут</u> сушки	После сушки	<u>4 сут</u> сушки	<u>7 сут</u> сушки	После Распа- лубки	После сушки	<u>4 сут</u> сушки	<u>7 сут</u> сушки	1 сут	4 сут	7 сут	После распа- лубки	4 сут	7 сут
1	1065	-	-	<u>1055</u> 1040	-	-	<u>0,29/0,68</u> 1,3/2,21	0,442	-	-	<u>0,434</u> 0,429	-	-	7,21	5,6	-	3,34
2	1135	-	-	<u>1125</u> 1090	-	-	<u>0,36/0,56</u> 1,38/1,96	0,479	-	-	<u>0,473</u> 0,455	-	-	9,51	5,65	-	3,43
3	1230	-	<u>1220</u> 1165	<u>1210</u> 1170	-	<u>0,17/0,23</u> 0,34/0,58	<u>0,37/0,64</u> 1,42/1,71	0,529	-	<u>0,523</u> 0,494	<u>0,518</u> 0,497	-	9,02	11,49	6,01	4,92	3,65
4	1260	-	<u>1240</u> 1190	<u>1230</u> 1185	-	<u>0,17/0,23</u> 0,29/0,75	<u>0,44/0,52</u> 1,21/1,36	0,545	-	<u>0,534</u> 0,508	<u>0,529</u> 0,505	-	7,73	9,69	6,19	4,48	4,21
5	1275	-	<u>1250</u> 1195	<u>1235</u> 1200	-	<u>0,15/0,28</u> 0,48/0,92	<u>0,49/0,58</u> 1,46/1,57	0,552	-	<u>0,539</u> 0,51	<u>0,531</u> 0,513	-	6,93	9,23	6,77	4,83	4,28
6	1245	-	<u>1230</u> 1180	<u>1220</u> 1180	-	<u>0,2/0,42</u> 0,56/0,94	<u>0,25/0,54</u> 0,48/0,95	0,537	-	<u>0,529</u> 0,502	<u>0,523</u> 0,502	-	10,04	10,63	6,03	4,42	4,05
7	1290	-	<u>1270</u> 1220	<u>1255</u> 1215	-	<u>0,25/0,35</u> 0,65/1,24	<u>0,15/0,31</u> 0,59/0,89	0,56	-	<u>0,55</u> 0,523	<u>0,542</u> 0,52	-	10,18	13,23	6,11	4,16	3,75
8	1275	-	<u>1260</u> 1210	<u>1250</u> 1215	-	<u>0,16/0,33</u> 0,48/0,8	<u>0,14/0,35</u> 0,35/0,78	0,552	-	<u>0,545</u> 0,518	<u>0,539</u> 0,52	-	8,98	10,18	6,22	4,42	4,14
9	1320	1165	-	-	<u>0,32</u> 0,91	-	-	0,576	0,494	-	-	4,98	-	-	12,44	-	-
10	1330	1180	-	-	<u>0,32</u> 0,97	-	-	0,582	0,502	-	-	5,1	-	-	12,04	-	-
11	1375	1205	-	-	<u>0,22</u> 0,6	-	-	0,606	0,515	-	-	5,54	-	-	13,0	-	-

компонентов, имеющих различный насыпной вес. Повышенный объемный вес после распалубки образцов бетона на комбинированном вяжущем связан с применением жидкого стекла. После сушки образцов объемный вес, связанный со структурообразованием бетона и удалением физически связанной воды, составляет $1\ 040 - 1\ 220\ \text{кг/м}^3$. А если учитывать эффективный объемный вес (за исключением не технологичных в изготовлении составов 1,2 и 11), тогда он составляет $1\ 165 - 1\ 220\ \text{кг/м}^3$.

С изменением объемного веса образцов напрямую связано изменение влажности образцов и их теплопроводность.

Наибольшую влажность после распалубки, равную $12,04 - 13,0\ \%$, имеют образцы на комбинированном вяжущем из глиноземистого цемента и жидкого стекла. Влажность остальных составов на глиноземистом и высокоглиноземистых цементах составляет $5,6 - 6,77\ \%$. В дальнейшем с течением времени выдержки образцов влажность уменьшается и через 7 суток выдержки составляет $3,34 - 4,28\ \%$.

Коэффициент теплопроводности жаростойких бетонов изменяется в широких пределах в зависимости от объемного веса образцов. Поскольку при работе тепловых агрегатов закономерно говорить об эксплуатации высушенной до постоянного веса футеровки, то эффективный коэффициент теплопроводности жаростойких бетонов составляет $0,494 - 0,52\ \text{Вт/м} \cdot \text{К}$.

Усадка жаростойких бетонов значительно зависит от времени выдержки образцов. Усадка жаростойких бетонов с вяжущим из глиноземистого цемента значительно увеличивается с увеличением времени выдержки бетонов с 4 до 7 сут. Наименьшие значения линейной и объемной усадки после сушки, равные $0,52$ и $1,36\ \%$, соответственно имеют образцы состава 4. Усадка жаростойких бетонов с вяжущим из высокоглиноземистого цемента, наоборот, с увеличением времени выдержки бетонов с 4 до 7 сут. уменьшается. При этом усадка после сушки образцов составов 7 и 8 практически одинакова и составляет $0,31 - 0,35$ и $0,78 - 0,89\ \%$. Интересным являются показатели усадки жаростойких бетонов на комбинированном вяжущем. Несмотря на высокие показатели влажности, их усадка после сушки составляет $0,3$ и $0,91 - 0,97\ \%$. Это можно объяснить быстрыми сроками схватывания смесей и структурообразования бетонов в процессе сушки.

Таким образом, учитывая показатели усадки, оптимальными сроками выдержки образцов следует считать: для бетонов с вяжущим из глиноземистого цемента – 4 сут.; для бетонов с вяжущим из высокоглиноземистого цемента – 7 сут.; для бетонов с комбинированным вяжущим – 1 сутки.

Прочность жаростойких бетонов также зависит от времени выдержки образцов и увеличивается с увеличением их времени выдержки. Наибольшей прочностью бетонов с вяжущим из глиноземистого цемента обладают образцы состава 3 через 7 сут. выдержки. При этом прочность на сжатие составляет $11,49\ \text{МПа}$. Наибольшей прочностью бетонов с вяжущим из высокоглиноземистого цемента, равной $13,23\ \text{МПа}$, обладают образцы состава 7 через такое же время выдержки. Прочность после сушки бетонов на комбинированном вяжущем составляет $4,98 - 5,54\ \text{МПа}$.

На рисунках 5–7 приведены зависимости между напряжениями и деформациями бетона, которые имеют вид кривых для каждого из оптимальных составов бетона.

Начальные модули упругости составов бетонов разные. Наибольший модуль упругости, равный $4,8 \times 10^3\ \text{Мпа}$, имеет бетон состава 3 с вяжущим из глиноземистого цемента, а наименьший, равный $3,17 \times 10^3\ \text{Мпа}$, – бетон состава 9 с комбинированным вяжущим из глиноземистого цемента и жидкого стекла.

Визуальный осмотр внутренней поверхности бетона призмы состава 9 показал, что качество внутренней поверхности бетона хорошее. Расслоений бетона нет, керамзитовый заполнитель не всплывает, а пространство между зернами заполнителя равномерно заполнено цементным тестом.

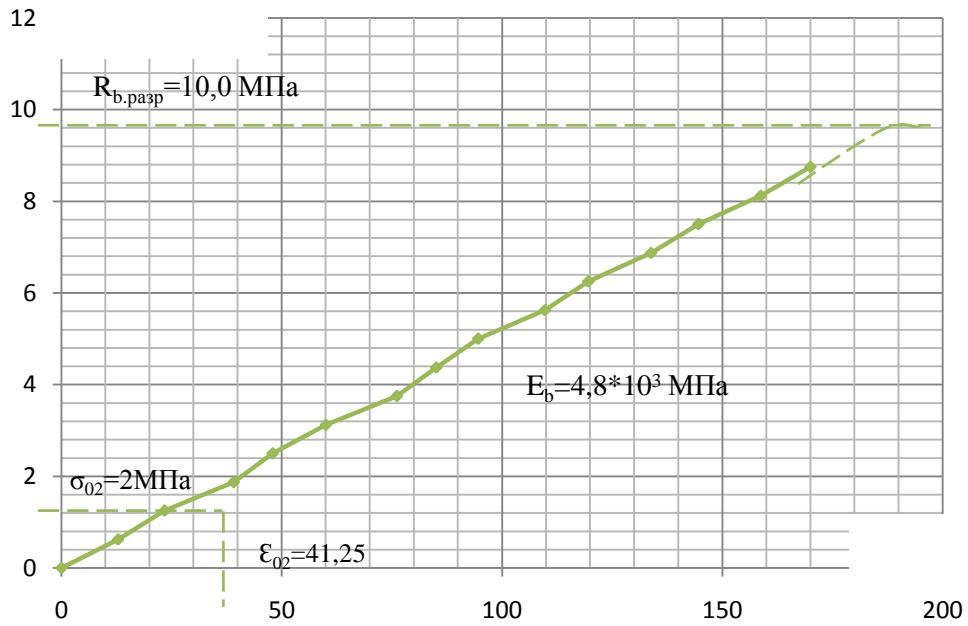


Рис. 5. Зависимость между напряжениями и деформациями бетона состава 3 с вяжущим из глиноземистого цемента при испытании призм на сжатие

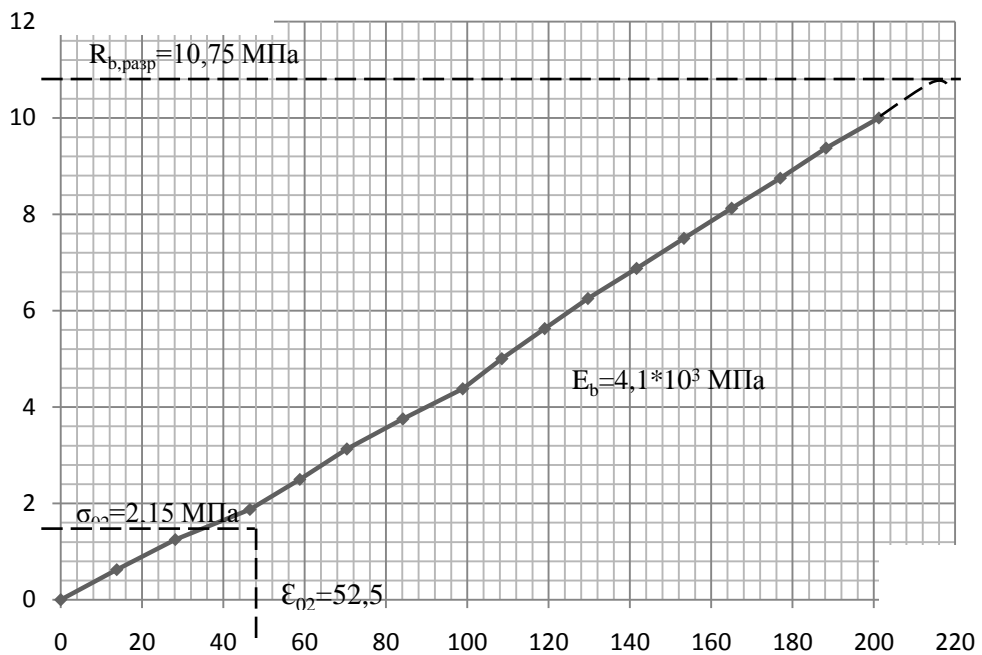


Рис. 6. Зависимость между напряжениями и деформациями бетона состава 7 с вяжущим из высокоглиноземистого цемента при испытании призм на сжатие

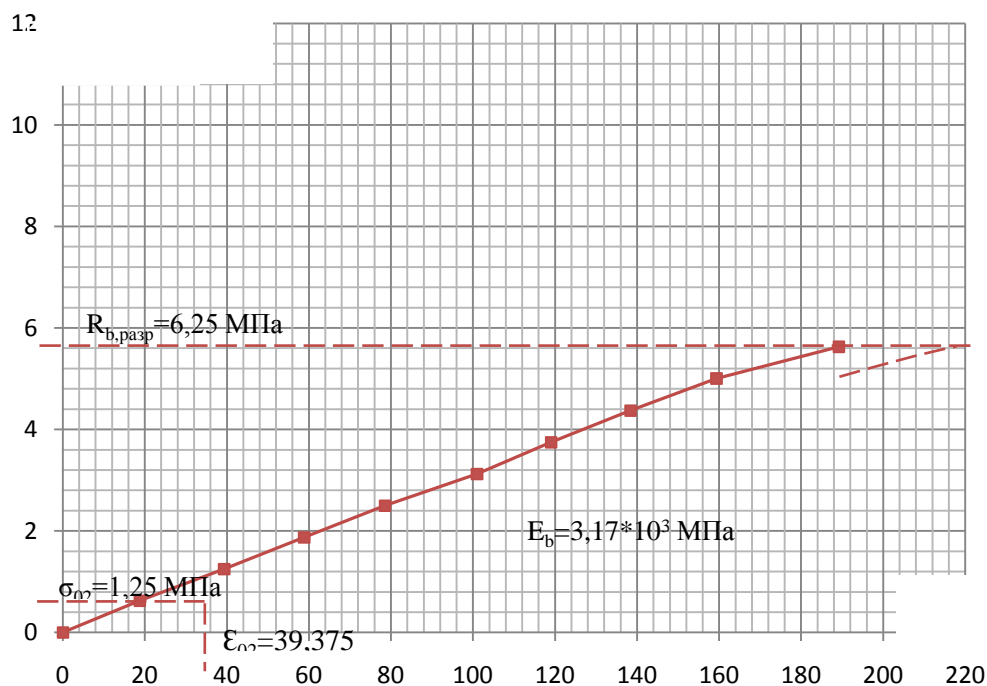


Рис. 7. Зависимость между напряжениями и деформациями бетона состава 9 с комбинированным вяжущим из глиноземистого цемента и жидкого стекла при испытании призм на сжатие

Выводы. Разработанные составы легких жаростойких бетонов на керамзитовом заполнителе с вяжущими из глиноземистого, высокоглиноземистого цементов и комбинированным вяжущим из глиноземистого цемента и жидкого стекла по своим физико-механическим и теплотехническим характеристикам могут быть использованы для изготовления отдельных несущих конструкций, теплоизоляции стен и перекрытий и футеровки тепловых устройств жилых домов.

Учитывая показатели усадки, прочности и теплотехнические характеристики оптимальными составами для конструкций и тепловых агрегатов следует считать: состав 3 с вяжущим из глиноземистого цемента, состав 7 с вяжущим из высокоглиноземистого цемента и состав 9 с комбинированным вяжущим из глиноземистого цемента и жидкого стекла.

Оптимальное время выдержки бетонов перед сушкой следует считать: для составов бетонов с вяжущим из глиноземистого цемента – 4 сут., составов бетонов с вяжущим из высокоглиноземистого цемента – 7 сут. и составов бетонов с комбинированным вяжущим из глиноземистого цемента и жидкого стекла – 1сутки.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Подбор составов легких жаростойких бетонов для конструкций и тепловых устройств индивидуальных жилых домов / А. Ю. Конопляник, Р. И. Романовский // Вісник Придніпр. держ. акад. будівниц. та архітект. – Д. : ПДАБА, 2013. – № 8. – С. 52 – 59.

2. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. ДСТУ Б В.2.7. – 214:2009. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010 – 43 с.

3. Бетоны. Метод определения влажности. ГОСТ 12730.2 – 78. – М. : Изд-во стандартов, 1979.

4. Строительные материалы: учебник для студентов вузов / Под ред. Г. И. Горчакова. – М. : Высшая школа, 1982. – 352 с.

5. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона. ДСТУ Б В.2.7. – 217:2009. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010.