

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА С ОПТИМАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

В.А. РАХМАНОВ, генеральный директор ОАО «ВНИИжелезобетон», член-корреспондент РААСН, профессор

В статье рассматриваются вопросы оптимизации основных физико-технических свойств полистиролбетонов – принципиально нового класса теплоизоляционно-конструкционных бетонов, отвечающих повышенным требованиям энергоресурсосбережения в области строительства.

Повышение требований по энергоресурсосбережению в строительстве ставит в приоритетное положение особо легкий полистиролбетон (ПСБ) плотностью от 150 до 600 кг/м³, прочностью 0,2-3,5 МПа, морозостойкостью F25-F100 по ГОСТ Р 51263-99, разработанный ВНИИжелезобетоном, занимающий особое место как наиболее эффективный теплоизоляционно-конструктивный материал.

Он не требует существенных затрат на создание производства, а его применение, при обеспечении современных требований по теплозащите, не приводит к утолщению наружных стен зданий, как это имеет место при использовании ячеистых бетонов, что снижает эффективность инвестиционных затрат на строительство.

В отличие от ближайшего аналога – ячеистого бетона – полистиролбетон представляет собой принципиально новый класс теплоизоляционно-конструкционных бетонов, обладающих уникальными свойствами: повышенной в среднем в 2,5 раза прочностью на растяжение при изгибе и на 10-15% прочностью на сжатие; пониженными в 1,5 раза водопоглощением, на 10-30% теплопроводностью и в 2,7 раза паропроницаемостью.

Морозостойкость ПСБ значительно выше, чем у автоклавных ячеистых бетонов, испытываемых по регламентируемой ГОСТ 31359-2007 мягкой методике с оттаиванием замороженных образцов над водой, что приводит к их постепенному высыханию, уменьшению деструкционных процессов и завышению показателей морозостойкости на 2-3 марки против жесткой методики ГОСТ 10060.1-95 с оттаиванием образцов в воде. В условиях отсутствия единой методики испытаний легких бетонов для сопоставления с ячеистым бетоном Мрз полистиролбетона должна умножаться на повышающий коэффициент К=2.

В полистиролбетонных конструкциях плотностью от 250 кг/м³ металлическая арматура в отличие от ячеистого бетона не требует защитных покрытий. Данный материал имеет высокие показатели по звукоизоляции и долговечности, легко обрабатывается, биостоек, не повреждается грызунами.

Теплотехнический потенциал полистиролбетона, изготавливаемого по традиционной технологии, в настоящее время имеет значительные резервы, связанные с возможностью технологического управления свойствами материала, основанного на расчетной модели зависимостей прочности, плотности и теплопроводности полистиролбетона от состава и качества его компонентов.

В данной работе на основе разработанной ВНИИжелезобетоном [1, 2] расчетной модели полистиролбетона как двухкомпонентного материала слитной структуры предложены формулы для определения прочности (1, 2) и плотности материала (3):

$$R_{\text{ПСБ}} = 0,24R_{\text{ц}} \cdot \left(\frac{0,001 \cdot \rho_{\text{ПСБ}} - \rho_{\text{ПВГ}}}{1 - \varphi} \right)^2 \cdot (1 - \varphi)^n \quad (1)$$

$$R_{\text{ПСБ}} = 0,3R_{\text{ц}} \cdot (\text{Ц/В} - 0,5) \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{в}}^{\text{ц.м.}}}{100} \right) \cdot (1 - \varphi)^n \quad (2)$$

$$\rho_{\text{ПСБ}} = 1000 [\varphi \cdot \rho_{\text{ПВГ}} + (1 - \varphi) \cdot \rho_{\text{ц.м.}}] \quad (3)$$

Формула (1) связывает прочность ПСБ с его плотностью, характеристиками компонентов и содержанием пенополистирольного вспененного гранулированного заполнителя (ПВГ). Формула (2) описывает прочность ПСБ как функцию прочности цементной матрицы согласно общепринятой зависимости $R = f(R_{\text{ц}}, \text{Ц/В})$ с учетом снижения прочности матрицы при ее поризации, а также впервые используемых коэффициентов, отражающих влияние концентрации $\langle \varphi \rangle$ и свойства $\langle n \rangle$ ПВГ.

Преобразуя формулу (1), можно получить удобное для практики уравнение (4), позволяющее рассчитать плотность ПСБ с требуемой прочностью:

$$\rho_{\text{ПСБ}} = 1000 [\rho_{\text{ПВГ}} + (1 - \varphi) \sqrt{\frac{R_{\text{ПСБ}}}{0,24 \cdot R_{\text{ц}} (1 - \varphi)^n}}] \quad (4)$$

В формулах (1-4):

- $R_{\text{ПСБ}}$ – прочность полистиролбетона при сжатии, МПа;
- $\rho_{\text{ПСБ}}$ – плотность полистиролбетона в сухом состоянии, кг/м³;
- $\rho_{\text{ПВГ}}$ – плотность вспененных гранул полистирольного бисера ПВГ, г/см³;
- $\rho_{\text{ц.м.}}$ – плотность поризованной цементной матрицы в сухом состоянии, г/см³;
- φ – объемная концентрация ПВГ, определяемая из степенной зависимости:

$$R_{\text{ПСБ}} = R_{\text{ц.м.}} (1 - \varphi)^n, \quad (5)$$

где $R_{\text{ц.м.}} = 0,24 R_{\text{ц}} \rho_{\text{ц.м.}}^2$,

в случае поризованной цементной матрицы

$$R_{\text{ц.м.}} = 0,3 R_{\text{ц}} (\text{Ц/В} - 0,5) \left(1 - \frac{V_{\text{в}}^{\text{ц.м.}}}{100} \right)^2,$$

где $V_{\text{в}}^{\text{ц.м.}}$ – объем вовлеченного воздуха, %;

$\rho_{\text{ц}}$ – плотность цемента, г/см³;

$R_{\text{ц}}$ – активность цемента, в возрасте 28 сут. или после тепловой обработки, МПа;

- n – комплексный показатель, характеризующий совокупность свойств ПВГ и их влияние на прочность ПСБ.

Варьируемые параметры в этих формулах:

- объемная концентрация φ – 0,3-0,65
- плотность гранул $\rho_{\text{ПВГ}}$ – 0,02-0,06 г/см³,
что соответствует насыпной плотности – 7-30 кг/м³
- Ц/В – от 1,2 до 3
- объем вовлеченного воздуха в цементной матрице $V_{\text{в}}^{\text{ц.м.}}$ – от 30 до 70%.

Требуемая прочность ПСБ марок D250 и выше (отпускная или в проектном возрасте), учитываемая при расчете стен и перемычек теплоэффективных зданий, принимается в зависимости от класса по прочности ПСБ (B0,35-B2,5) и его однородности. Согласно ГОСТ Р 51263-99 нормативный партионный коэффициент вариации (V_n) ПСБ равен 18%. Однако, как показал производственный опыт, при

надлежащей технологии и контроле качества значение V_n может составлять 10-12%. Это в соответствии с методикой ГОСТ Р 18105-90 позволяет снизить требуемую плотность до 25% и получить ПСБ с заданной прочностью.

Наличие формул позволяет рассчитать влияние различных факторов на прочность и плотность ПСБ. При снижении водосодержания смеси, например за счет введения водоредуцирующих добавок или повышения ее жесткости, прочность ПСБ практически не меняется, так как для сохранения одинаковой плотности бетона необходимо увеличить объем вовлеченного воздуха, что нивелирует эффект от повышения Ц/В. Как следует из анализа формулы (4) и кривых на рис. 1 и 2, в зависимости от свойств ПВГ возможно получение составов наименьшей плотности при различных значениях ϕ . Использование высококачественного ПВГ ($n=1,6$) с оптимальной $\phi=0,6$ позволяет на 30-40% снизить плотность по сравнению с ПСБ, приготовленным на ПВГ низкого качества ($n=2,8$) с тем же $\phi=0,6$.

При оптимизации ϕ уменьшается различие в плотности ПСБ, приготовленных на ПВГ с низким и высоким качеством. Причем этот эффект мало зависит от прочности ПСБ. Оптимизация величины ϕ дает больший эффект для бетонов, приготовленных на ПВГ низкого качества ($n=2,5-3,0$ – снижение $\rho_{ПСБ}$ на 20-25%). Для ПСБ, приготовленного на ПВГ высокого качества ($n=1,5-1,7$), эффект снижения плотности составляет 5-10%.

Таким образом, для получения ПСБ наименьшей плотности необходимо устанавливать оптимальные значения ϕ с учетом свойств применяемого ПВГ. При этом необходимо обеспечить требуемую удобоукладываемость, воздухоудерживающую способность, нерасслаиваемость, сохраняемость и перекачиваемость (для монолитного бетона)готавливаемых смесей. Уплотненная смесь должна иметь слитную (поризованную) структуру. Для этого необходимо соблюдать надлежащий режим приготовления смеси, правильно назначать дозировку воды и воздухововлекающей добавки.

Практическое использование выведенных формул требует увязки комплексного показателя n с конкретными определяемыми и контролируемыми характеристиками ПВГ (крупность, плотность, прочность и однородность гранул). Результаты экспериментов выявили явную тенденцию к росту n по мере увеличения размера гранул ПВГ и снижения их плотности (прочности).

Для совокупной оценки характеристик ПВГ был предложен параметр m , рассчитываемый по формуле:

$$m = 0,001 \frac{d_{cp} \cdot K_2}{\rho_{ПВГ} \cdot K_1} \quad (6)$$

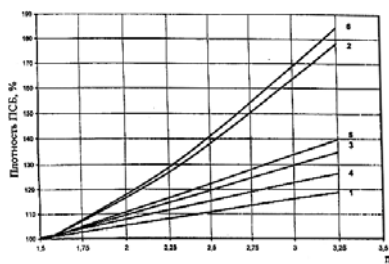


Рис. 1. Расчетные зависимости между плотностью и прочностью ПСБ при варьировании показателя качества ПВГ (n) и его содержания в полистиролбетоне (ϕ):
1, 3, 5, 7 – $\phi=0,3$; 2, 4, 6, 8 – $\phi=0,6$;
1, 2 – $n=1,6$; 3, 4 – $n=2,0$; 5, 6 – $n=2,4$;
7, 8 – $n=2,8$

где: d_{cp} – средний размер гранул, мм; $\rho_{ПВГ}$ – плотность гранул, г/см³;

K_1 – совокупный коэффициент, учитывающий изменение прочности гранул, однородности их поровой структуры, температурного режима и кратности вспенивания и охлаждения ($K_1=2$);

K_2 – коэффициент, учитывающий однородность гранул по размерам ($K_2=1,1$).

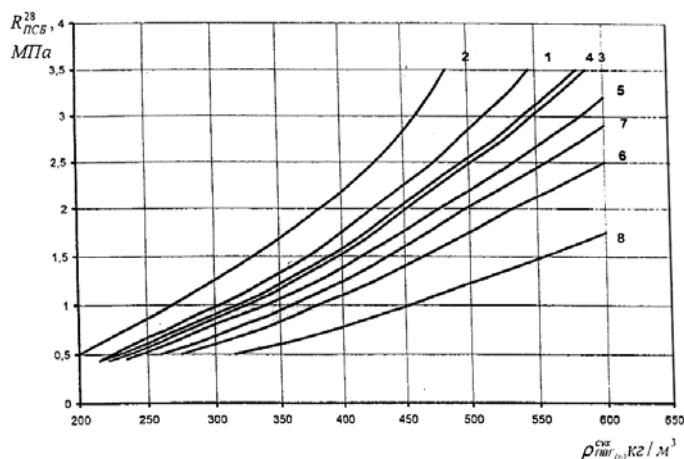


Рис. 2. Влияние показателя качества ПВГ (n) на плотность ПСБ при различной ϕ и прочности полистиролбетона:
1-3 – $R_{ПСБ}=0,5$ МПа; 4-6 – $R_{ПСБ}=2,0$ МПа; 1, 4 – $\phi 0,3$; 2, 6 – $\phi 0,6$;
3, 5 – оптимальное ϕ для ПСБ данной прочности

Обработка результатов экспериментов позволила построить обобщенную зависимость между n и m , которая описывается формулой:

$$n = 1,5 + 1,7 \sqrt{m - 0,03} \quad (7)$$

На рис. 3 показана усредненная зависимость между комплексным показателем n и параметром m .

Расчетные формулы учитывают результаты испытаний более 80 составов ПСБ марок D150-D550 с прочностью 0,2-3,0 МПа, приготовленных на 33 партиях ПВГ, полученных на заводе ЗАО «Юникон-ЗСК» (рис. 4) и ряде предприятий России. В испытаниях варьировались насыпная плотность ПВГ (7-30 кг/м³), плотность гранул (0,02-0,06 г/см³) со средним размером 2,5-10 мм с рядовым и фракционированным зерновым составом. В опытах применяли цементы различных заводов с активностью 30-50 МПа.

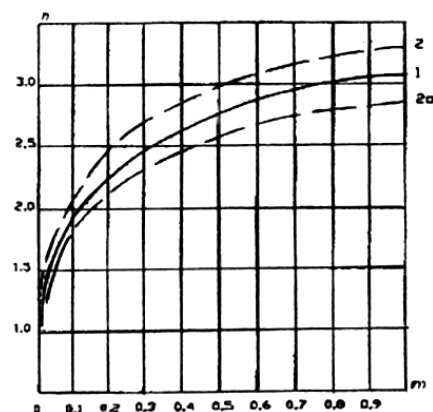


Рис. 3. Зависимость между комплексным показателем n и параметром m , оценивающим совокупность свойств ПВГ:
1 – усредненная зависимость;
2 и 2а – пределы колебаний



Рис. 4. Формовочный цех завода ЗАО «Юникон-ЗСК»

Расхождения между фактическими и расчетными значениями плотности и прочности ПСБ находились в пределах $\pm 12\%$, среднее квадратическое отклонение составило 6,3%.

Таким образом, проведенные исследования позволили предложить для практики статистически обоснованные эмпирические расчетные формулы для определения плотности ПСБ с требуемой прочностью.

Пользуясь этими формулами, можно без проведения трудоемких экспериментов установить значения минимальной плотности ПСБ с требуемой прочностью на применяемых материалах и оптимальный состав полистиролбетона (значения ϕ , расход цемента).

Окончательный состав должен устанавливаться по результатам приготовления смесей в производственных условиях с уточнением расходов воды и воздухововлекающей добавки для получения смеси с требуемыми свойствами и наименьшей стоимостью.

В табл. 1 приведены значения минимальной плотности ПСБ при использовании ПВГ с различными характеристиками, а также оптимальные значения ϕ и расходы цемента для получения таких бетонов.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что применение ПСБ минимальной плотности с оптимальным содержанием ПВГ наивысшего качества позволяет в среднем снизить плотность до 40% и расход цемента на 20-25%.

Расход цемента рассчитывали по формуле:

$$\rho_{\text{ц}} = \frac{\rho_{\text{ПСБ}} - \phi \cdot \rho_{\text{ПВГ}}}{1,15} \quad (8)$$

Для получения ПСБ с минимальной плотностью следует использовать ПВГ с возможно меньшей величиной показателя n – желательно 1,5-1,7. Такой ПВГ может быть получен при значениях m , равных 0,03-0,05.

Таблица 1. Минимальные значения плотности ПСБ (в сухом состоянии) и расход цемента при применении ПВГ различного качества

Требуемая прочность ПСБ через 28 суток, МПа	Плотность ПСБ/расход цемента, кг/м ³ при применении ПВГ с n и значениях ϕ			
	$n=1,6;$ $\phi=0,5-0,6$	$n=2,0;$ $\phi=0,3-0,6$	$n=2,4;$ $\phi=0,3-0,4$	$n=2,8;$ $\phi=0,3$
0,5	205/160	235/190	250/210	250/210
0,75	245/194	285/235	300/255	315/270
1,0	265/210	325/270	335/285	360/305
1,5	335/270	395/330	415/355	435/370
2,0	385/315	450/380	485/415	495/425
2,5	425/350	500/420	535/455	560/480
3,5	485/405	590/500	630/540	660/570
5,0	595/500	700/605	-	-

Примечание: При расчетах активность цемента принята 45 МПа

Анализ формулы (6) показывает, что для этого надо использовать мелкий ПВГ (фракций 1,25-5 мм) с плотностью гранул 0,02-0,06 г/см³, отличающихся повышенной прочностью (величина K_1 не менее 2). Насыпная плотность такого ПВГ будет находиться в пределах 11-25 кг/м³ (для ПСБ D350-D600) и 8-10 кг/м³ (для ПСБ D150-D300), а его расход на 1 м³ ПСБ – 0,9-1,1 м³.

В табл. 2 показаны эффективность различных технологических приемов снижения коэффициентов теплопроводности ПСБ (в су-

Таблица 2. Эффективность различных технологических приемов повышения теплозащитных свойств полистиролбетона

Класс ПСБ по прочности	Требуемая прочность, МПа, при $V_n, \%$		Плотность ПСБ, кг/м ³		Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/м ² С				Расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/м ² С, при условиях эксплуатации Б			
					ПСБ		МПСБ		ПСБ		МПСБ	
					при плотности				при плотности			
	18	12	мин.	ср.	мин.	ср.	мин.	ср.	мин.	ср.	мин.	ср.
В0,35	0,52	0,41	175	245	0,060	0,074	0,049	0,064	0,067	0,087	0,054	0,073
В0,5	0,75	0,58	220	290	0,069	0,083	0,060	0,071	0,071	0,101	0,067	0,084
В0,75	1,12	0,88	250	350	0,075	0,095	0,065	0,081	0,090	0,120	0,075	0,098
В1,0	1,55	1,17	295	395	0,084	0,104	0,072	0,088	0,102	0,129	0,085	0,105
В1,5	2,25	1,76	360	450	0,102	0,120	0,083	0,103	0,122	0,145	0,101	0,123
В2,0	3,00	2,34	415	500	0,113	0,137	0,091	0,115	0,133	0,186	0,109	0,149
В2,5	3,75	2,93	450	620	0,125	0,149	0,097	0,124	0,145	0,205	0,115	0,163
В3,5	5,25	4,10	510	-	0,132	-	0,107	-	0,169	-	0,129	-

Примечания: 1. МПСБ – модифицированный полистиролбетон, приготавливаемый на цементно-шлаковом вяжущем или ШПЦ специального назначения с водоредуцирующими добавками. 2. Минимальная плотность ПСБ рассчитывалась по формуле (3) при $R_{\text{ПСБ}}$, определенном по ГОСТ 18105 при $V_n=12\%$, $\phi=0,5-0,6$, $n=1,6$. Средняя плотность – при $\phi=0,3-0,4$, $n=2,8$

хом состоянии и при условиях эксплуатации Б), включая повышение однородности производства полистиролбетонных изделий в заводских условиях с уменьшением коэффициента вариации по прочности с $V_n=18\%$ до $V_n=12\%$, и выпуск опытных партий модифицированного полистиролбетона (МПСБ) с применением шлакопортландцемента (ШПЦ).

Как следует из данных табл. 2, приемы, снижающие плотность ПСБ, – оптимизация состава и свойств ПВГ (n) и повышение его однородности – позволяют уменьшить коэффициент теплопроводности в сухом состоянии на 15-25%, а расчетный коэффициент теплопроводности – на 20-30%.

Модификация ПСБ снижает коэффициент теплопроводности на 13-20% для бетона минимальной плотности и на 14-17% для ПСБ со средней плотностью. Расчетный коэффициент уменьшается на 16-20% для ПСБ со средней плотностью и на 30-45% для МПСБ минимальной плотности по сравнению с ПСБ со средней плотностью.

Во всех случаях конечные показатели насыпной плотности ПВГ и экономии цемента должны быть увязаны с экономикой получаемого ПСБ.

Учитывая, что цена 1 м³ ПВГ зависит от стоимости бисерного стирола при использовании в ПСБ минимальной плотности ПВГ с повышенной плотностью, стоимость сырья на 1 м³ ПСБ, несмотря на снижение расхода цемента, может повыситься.

Однако при технико-экономической оценке строительных материалов для наружных ограждающих конструкций расчеты следует выполнять не на 1 м³ материала, а на 1 м² конструкций при их требуемом уровне теплозащиты. При подобном подходе необходимо учитывать сниженное до 20% значение расчетного коэффициента теплопроводности ПСБ минимальной плотности. В результате толщина однослойной блочной полистиролбетонной кладки для наружных стен даже в условиях повышенных требований к сопротивлению теплопередаче до $R_0=3,5 \text{ м}^2\text{С}/\text{Вт}$ (для Центрального региона России в 1,4-1,8 раза) может быть уменьшена на 10-15%. При расчете на 1 м² стены это обстоятельство снижает расход материалов, электроэнергии и дает значительную экономию при производстве ПСБ изделий и строительстве энергоэффективных зданий.

Одним из преимуществ такого подхода является возможность использования для ограждающих конструкций ПСБ средней и повышенной плотности (D400-D450) наряду с увеличением размеров стеновых блоков.

Обобщение экспериментальных данных в условиях заводского производства показало, что водопотребность полистиролбетонных смесей повышается с ростом плотности ПСБ и расходом цемента. Для ПСБ D150 водопотребность составляет 90-100 л/м³, для ПСБ D600 – 170-180 л/м³ (марки смеси по удобоукладываемости П₁-П₂). Для получения смеси повышенной удобоукладываемости (марки П₄-П₅) должны применять пластификаторы, снижающие расход воды, но не влияющие на прочность бетона. Ц/В цементного теста по мере увеличения плотности ПСБ повышается с 1,0-1,3 (D150) до 2,7-3,0 (D600). Объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси, необходимый для получения слитной структуры, с повышением плотности уменьшается с 30-35% до 15-20%. Уменьшение ϕ с 0,6 до 0,3 требует увеличения степени поризации и дозировки воздухововлекающей добавки. Однако при интенсивном режиме перемешивания это увеличение не превышает 10-20% и незначительно замедляет схватываемость смеси.



Рис. 5. Установка для производства пенополистирольного заполнителя

Существенное влияние на перемешивание и поризацию смеси оказывает влажность ПВГ. С повышением влажности до 20-30% насыпная плотность ПВГ увеличивается на 10-15%. При объемном дозировании это приводит к уменьшению фактического содержания заполнителя, вызывая при неизменной дозировке воздухововлекающей добавки уменьшение объема вовлеченного воздуха и повышение плотности бетона. Для приготовления ПСБ с высокой однородностью следует использовать ПВГ с постоянной влажностью 10-12%.

Анализ приведенных выше формул и накопленного опыта заводского производства полистиролбетонных ограждающих конструкций и изделий на заводе ЗАО «Юникон-ЗСК» и массового строительства с их применением в Московском регионе теплоэффективных жилых и общественных зданий позволяет рекомендовать следующие основные технологические мероприятия для улучшения свойств и оптимизации составов полистиролбетонов:

- получение ПСБ с улучшенными свойствами требует организации специализированного производства пенополистирольного заполнителя высокого качества (показатель $n = 1,5-1,7$) из подготовленного сырья – фракционированного бисерного стирола, обеспечивающего при оптимальных режимах вспенивания и охлаждения получение мелкого заполнителя (фракций 1,25-5 мм) с плотностью гранул 0,02-0,06 г/см³, влажностью 10-12%, насыпной плотностью 8-10 кг/м³ для ПСБ D150-D300 и 11-25 кг/м³ для ПСБ D350-D600. Конструкция установок (рис. 5) должна обеспечивать минимальный расход тепла, потери сырья и необходимую экологическую безопасность;

- приготовление ПСБ должно осуществляться с поризацией воздухововлекающими добавками. За счет постоянства плотности, зернового состава и влажности ПВГ, применения объемных дозаторов (точность $\pm 2\%$), регулярного контроля плотности приготовленной смеси (отклонение от заданной $\pm 3\%$) и точности дозирования добавок, воды и цемента ПСБ должен иметь высокую однородность по плотности и прочности. Партионный коэффициент вариации по прочности не должен превышать 12%. Это позволяет

при приготовлении ПСБ марок D250 и выше снизить требуемую плотность до 25% с обеспечением заданной прочности материала;

- для дополнительного уменьшения коэффициента теплопроводности ПСБ с пониженной плотностью рекомендуется технология модифицированного полистиролбетона (МПСБ) с использованием в качестве вяжущего шлакопортландцемента (ШПЦ) специальной поставки с гарантированной маркой 400-500 и пониженной на 30-40% теплопроводностью с содержанием молотого граншлака 30-50%, а при приготовлении смеси – введением водоредуцирующих добавок 1-2 групп эффективности. Теплопроводность может при этом снизиться дополнительно до 15%, а в целом с учетом пониженной плотности – до 20-25%. Для реализации этого эффекта необходимо организовать на основе ШПЦ массовое промышленное производство «теплого» цемента



Рис. 6. Откалиброванные полистиролбетонный стеновой блок и перемычки

с гарантированной пониженной теплопроводностью и стабильной активностью (40 МПа и более);

- наличие полученных расчетных формул позволяет на стадии проектирования намечаемых к строительству зданий и организации производственной базы выполнить в рамках ТЭО оптимизацию составов ПСБ и их расчетных показателей (плотности, прочности, теплопроводности), необходимых для установления толщины наружных ограждающих конструкций, предполагаемую стоимость ПСБ и конструкций, технико-экономическую эффективность намечаемого строительства.

В заключение необходимо отметить, что специалистами ВНИИжелезобетона под руководством автора разработана комплексная инновационная технология полистиролбетонов, основанная на:

- использовании полученных статистически обоснованных аналитических зависимостей для расчета минимальной плотности и теплопроводности при оптимальной прочности полистиролбетона с учетом новых комплексных параметров ПВГ, основанных на опыте работы ЗАО «Юникон-ЗСК» и других производств России;

- отработанной в производственных условиях ЗАО «Юникон-ЗСК» технологии получения повышенной однородности продукции (рис. 6) с доведением партионного коэффициента по прочности бетона до $V_n=12\%$;

- технологии производства модифицированных бетонов с использованием «теплых» цементов (ШПЦ), отработанной на опытной базе института. Заводское производство изделий по дан-

ной технологии будет осуществлено при промышленном выпуске «теплого» цемента;

- модернизированной технологии производства ЗАО «Юникон-ЗСК», использующего новое смесительное, формовочное, калибровочное оборудование и модификаторы свойств ПСБ, обеспечивающие возможности компьютерных технологий для приготовления ПСБ с заданными свойствами с учетом показателей ПВГ и автоматизированного производства по резательной технологии с расчетной толщиной ограждающих конструкций энергоэффективных зданий, определяемой в зависимости от района строительства, типа здания и нормативных требований по теплозащите.

При этих условиях реализуются значительные технологические резервы полистиролбетона, используемого для ограждающих конструкций энергоэффективных зданий системы «Юникон», которые по праву занимают лидирующее место среди строительных материалов в России.

Библиографический список

1. Рахманов В.А., Довжик В.Г. Амханицкий Г.Я. «Улучшение свойств и оптимизация составов полистиролбетона». Труды II Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону. М. 2005. Т. 4, стр. 135-147.
2. Рахманов В.А. «Расчетный метод определения состава полистиролбетона с требуемой прочностью и минимальной плотностью». Журнал «Промышленное и гражданское строительство», № 7, 2009, стр. 45-47.

Генеральному директору ОАО «ВНИИжелезобетон» В.А. Рахманову

От имени редакционного совета журнала «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века» примите наши сердечные поздравления со знаменательной датой – 70-летием со дня рождения!

Как крупный ученый и организатор в области строительных материалов Вы вносите важный вклад в развитие этой отрасли. Возглавляемый Вами институт «ВНИИжелезобетон», являясь ведущей организацией в сфере строительных материалов, в частности в области бетона и железобетона, вносит значительный вклад в развитие этой отрасли, создает инновационные материалы и конструкции для широкого применения в строительстве в Москве и других регионах страны.

Выполненная под Вашим руководством работа института по созданию новых материалов и конструкций на основе композиционных полистиролбетонов, по организации их производства на отечественном импортозамещающем оборудовании и внедрению этих материалов в массовое строительство для повышения энергоэффективности зданий удостоена Премии правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2009 год.

За крупные личные достижения в сфере строительства Вы отмечены государственными наградами, наградами правительства Москвы и общественных организаций, являетесь профессором, членом-корреспондентом РААСН, почетным деятелем науки и техники г. Москвы.

От души поздравляем Вас, уважаемый Виктор Алексеевич, с юбилеем, желаем здоровья, семейного счастья и дальнейших творческих успехов.

**Редакционный совет журнала
«Строительные материалы,
оборудование, технологии XXI века»**

