

УДК 691.327:666.972.54

Теплоэффективные ограждающие конструкции зданий с использованием полистиролбетонов, разработанных институтом «ВНИИжелезобетон»

Виктор Алексеевич РАХМАНОВ, член-корреспондент РААСН, профессор, e-mail: institute@unicon-zsk.ru
 АО «Технологический институт ВНИИжелезобетон», 111141 Москва, ул. Плеханова, 7

Аннотация. Рассмотрены отечественные энергоэффективные полистиролбетонные строительные материалы, применяемые при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых и общественных зданий и сооружений с учетом повышенных требований к тепловой защите ограждающих конструкций. Научно обоснованы преимущества универсальной строительной системы «ЮНИКОН», разработанной институтом «ВНИИжелезобетон», в сравнении с ячеистыми бетонами различной плотности. Даны технологические решения по конструктивным характеристикам системы «ЮНИКОН». Импортозамещающие отечественные технологии строительства энергоэффективных зданий нового поколения по системам «ЮНИКОН», «ЮНИКОН-2» и «ЮНИКОН-3» с «тонкими» однослойными наружными стенами из полистиролбетона при высокой экономичности ограждающих конструкций полностью отвечают современным повышенным требованиям по энерго- и ресурсосбережению.

Ключевые слова: полистиролбетон, система «ЮНИКОН», импортозамещение, теплоэффективные ограждающие конструкции зданий.

THERMAL EFFICIENT ENCLOSING STRUCTURES OF BUILDINGS WITH THE USE OF POLYSTYRENE CONCRETES DEVELOPED BY INSTITUTE «VNIIZHELEZOBETON»

Victor A. RAKHMANOV, e-mail: institute@unicon-zsk.ru

Technological Institute «VNIIZhelezobeton», ul. Plehanova, 7, Moscow 111141, Russian Federation

Abstract. Domestic energy efficient polystyrene building materials used in new construction, reconstruction and overhaul repair of civil and public buildings and structures with due regard for strict requirements for thermal protection of enclosing structures are considered. Advantages of the universal construction system «UNICON» developed by the institute «VNIIZhelezobeton» in comparison with cellular concretes of different densities are scientifically substantiated. Technological solutions concerning structural characteristics of the «UNICON» system are presented. Import-substituting domestic technologies of the construction of energy efficient buildings of a new generation according to the «UNICON», «UNICON-2», and «UNICON-3» systems with «thin» single-layer external walls made of polystyrene concrete at high cost efficiency of enclosing structures fully meet modern strict requirements for energy- and resource saving.

Key words: polystyrene concrete, system «Unicon», import substitution, thermal efficient enclosing structures of buildings.

Применение полистиролбетонов в ограждающих конструкциях энергоэффективных зданий в России началось с принятием изм. № 3 к СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», значительно повысившего требования к теплозащите жилых и общественных зданий.

Уже с 1 июля 1996 г. строительство, реконструкция и капитальный ремонт зданий должны были осуществляться в соответствии с повышенными требованиями к теплозащите ограждающих конструкций зданий [1–3]. В Московском регионе сопротивление теплопередаче R_0 было установлено $3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а к

2016 г. этот показатель вырос до $3,5\text{--}4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Отсутствие на тот период отечественных теплоэффективных строительных материалов вело к нерациональному росту толщины наружных стен, значительному увеличению материалоемкости зданий и расходу энергии на их отопление.

Большое число западных технологий многослойных наружных стен, появившихся в России, не получило массового применения в силу их высокой стоимости и низкого качества строительных работ, что приводило к созданию «мостиков холода» в наружных стенах и как результат — к

снижению энергоэффективности зданий.

Все это потребовало создания «теплого дома» по инновационной технологии, обеспечивающей требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций на основе однослойной кладки капитальных теплотехнически однородных наружных стен из принципиально нового импортозамещающего материала — полистиролбетона. Его создание было поручено институту «ВНИИжелезобетон» (постановление правительства Москвы от 25 октября 1994 г. № 952 «О мерах по организационно-техническому обеспечению

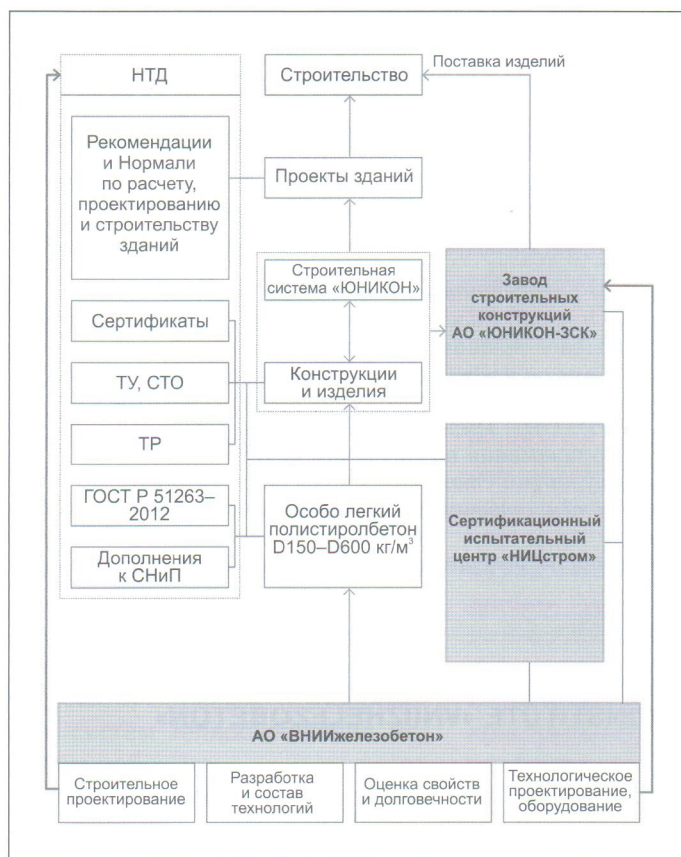


Рис. 1. Структурная схема научно-технического и производственного обеспечения строительства энергоэффективных зданий с ограждающими конструкциями системы «ЮНИКОН» на основе особо легких композиционных полистиролбетонов нового поколения

развития Московского строительства на основе новых прогрессивных технологий и материалов ВНИИжелезобетона). На тот момент были лишь отрывочные данные об этом материале, обладающем невысокими физико-техническими свойствами, по которому к тому же отсутствовала общероссийская нормативная база.

Работы по научно-технической проблеме создания эффективных полистиролбетонов ВНИИжелезобетон проводил комплексно, по классической схеме НИОКР: «лаборатория – КБ – испытательный центр «НИЦстром» – завод АО «ЮНИКОН-ЗСК» – стройплощадка» (рис. 1).

Были организованы комплексные лабораторные исследования технологий и свойств материала,

рассмотрены вопросы расчета и проектирования, заводского экспериментального производства изделий и конструкций, а также их всесторонние испытания (рис. 2); осуществлено опытное строительство нового поколения энергоэффективных зданий с ограждающими конструкциями из полистиролбетона системы «ЮНИКОН».

Все эти разработки сопровождались созданием первых отечественных нормативных документов на базе ГОСТ Р 51263–99 «Полистиролбетон. Технические условия» и сразу же внедрялись в практику строительства.

Для реализации этих работ в институте «ВНИИжелезобетон» был создан первый отечественный импортзамещающий завод АО «ЮНИКОН-ЗСК» по выпуску

комплектных полистиролбетонных изделий мощностью до 100 тыс. м³ изделий в год (рис. 3) для строительства энергоэффективных зданий с ограждающими конструкциями из полистиролбетона.

Были найдены оптимальные проектные, технологические и производственные решения теплоизоляционного контура здания (система «ЮНИКОН») с обеспечением приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен $R_o \geq 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Разработана рациональная конструкция однослойной кладки наружной стены повышенной теплотехнической однородности из стеновых элементов заводского производства с заданными свойствами. Этому способствовал созданный в институте прин-

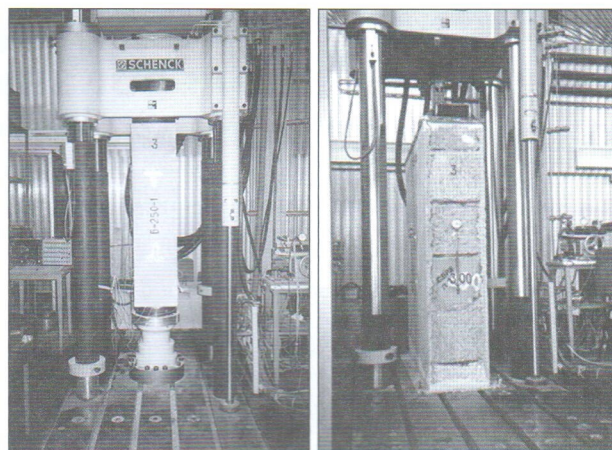
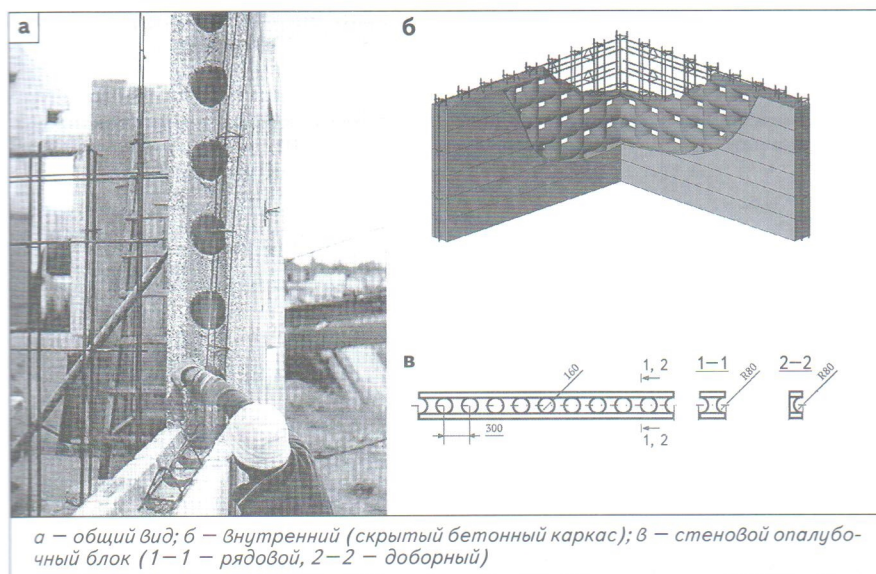


Рис. 2. Испытания полистиролбетонных образцов, изделий и фрагментов наружных стен в испытательном центре «НИЦстром» института «ВНИИжелезобетон»



Рис. 3. Первый отечественный импортзамещающий завод АО «ЮНИКОН-ЗСК»



а — общий вид; б — Внутренний (скрытый бетонный каркас); в — стеновой опалубочный блок (1-1 — рядовой, 2-2 — доборный)

Рис. 4. Ограждающие конструкции из полистиролбетонных перекрестно-пустотных элементов с внутренним несущим железобетонным каркасом

ципиально новый уникальный строительный материал — особо легкий композиционный теплоизоляционно-конструкционный полистиролбетон для системы «ЮНИКОН», оптимальным образом сочетающий высокие теплоизоляционные свойства полистирольного пенопласта и конструкционные качества поризованного цементного камня [4–14]. Его плотность — 150 — 600 кг/м³, морозостойкость — до F300.

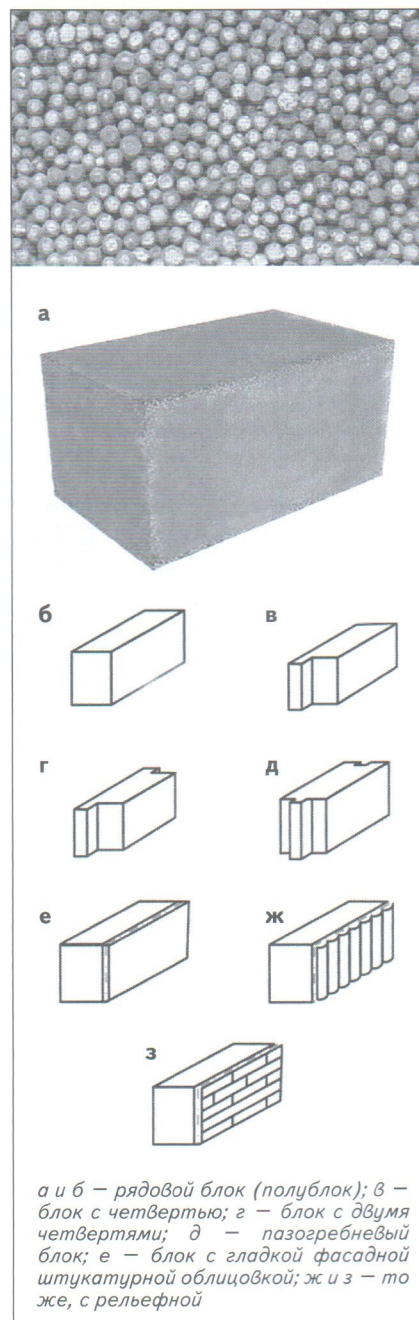
По сравнению с ячеистым бетоном равной плотности прочность полистиролбетона на растяжение при изгибе выше в среднем в 2,5 раза, прочность при сжатии — на 10–15 %, морозостойкость выше на 3–5 марок, водопоглощение меньше в 1,5 раза, а теплопроводность ниже на 15–30 %. Данный материал имеет высокие показатели по звукоизоляции, воздухопроницаемости, долговечности, легко обрабатывается (пилится, штробится), биостоек, не повреждается грызунами.

Строительная система «ЮНИКОН», разработанная для жилых и общественных зданий (ТС-28-32-10), основана на приме-

нении особо легких композиционных полистиролбетонов в виде сборных изделий и монолита в ограждающих конструкциях зданий: наружных стенах, утепляемых покрытиях и перекрытиях (чердачных, над холодными подвалами, техподпольями и проездами). На эту систему получен патент РФ на полезную модель [15].

В совокупности эти конструкции создают вокруг здания замкнутую тепло- и звукоизолирующую, морозостойкую, пожаробезопасную и сейсмопригодную оболочку, обеспечивающую его энергоэффективность, повышенную теплозащиту, безопасность и комфортность проживания при увеличении полезных площадей здания за счет более «тонких» наружных стен. Система «ЮНИКОН» может использоваться в сочетании с различными несущими конструктивными схемами (каркасные, каркасно-стеновые, стеновые) из различных материалов — железобетона (сборного и монолитного), стали, кирпича и др.

На все полистиролбетонные изделия системы получены патенты на полезные модели РФ: перекрестно-пустотные элементы



а и б — рядовой блок (полублок); в — блок с четвертью; г — блок с двумя четвертями; д — пазогребневый блок; е — блок с гладкой фасадной штукатурной облицовкой; ж и з — то же, с рельефной

Рис. 5. Полистиролбетонные сплошнотелые блоки системы «ЮНИКОН»

[16]; сплошные стеновые блоки, теплоизоляционные плиты [17]; надпроемные перемычки [18].

Система «ЮНИКОН» разработана институтом «ВНИИжелезобетон» в трех вариантах.

Первый вариант, успешно апробированный в начале 1990-х гг., основан на использовании сборных особо легких полистиролбе-



Рис. 6. Мансардная надстройка из полистиролбетонных блоков и плит над зданием института «ВНИИжелезобетон» (без усиления фундаментов), Москва

тонных перекрестно-пустотных элементов плотностью D250...D350, образующих теплоэффективные ограждающие конструкции зданий с внутренним перекрестным несущим каркасом из монолитного армированного тяжелого бетона диаметром 160 мм, прочностью 35–50 МПа (рис. 4).

Номенклатура изделий включает в себя рядовые и торцевые элементы, а также элемент с четвертью, с габаритными размерами 3×0,15...0,3×0,5 м.

Согласно проведенным с привлечением НИИСФ РААСН теплотехническим расчетам и испытаниям, принятые параметры ограждающих полистиролбетонных конструкций с внутренней армированной бетонной решеткой обеспечивают повышенные требования теплотехнических норм (изм. № 3 к СНиП II-3-79*). Методика расчета таких стен, разработанная совместно с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко и МНИИТЭП, выявила рациональную область их применения для зданий высотой до 9–12 этажей, а для стен со сплошнотелыми стеновыми блоками — до 25 этажей.

Перекрестно-пустотная система ограждающих конструкций системы «ЮНИКОН» предусматривает возможность круглогодичного строительства как при ручной сборке элементов на «теплых» клеевых композициях, так и при крановом монтаже предва-

1. Расчетные коэффициенты теплопроводности теплоизоляционного и теплоизоляционно-конструкционного полистиролбетона, изготовленного по спецтехнологии для сборных изделий

Класс или марка по прочности	Марка по средней плотности	Расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации	
		А	Б
M3,5	D175	0,055	0,056
B0,35(M5)	D200	0,060	0,061
B0,5	D225	0,065	0,066
B0,75	D250	0,071	0,073
B1	D300	0,080	0,083
B1,5	D350	0,088	0,092

рительно собранных из элементов крупноразмерных стеновых панелей.

По этой схеме с применением перекрестно-пустотных элементов из полистиролбетона в мкр Жулебино (Москва) в 1996 г. были построены первые два коттеджа с полным комплексом экологических испытаний [8], показавших их экологическую безопасность и комфортность проживания.

Второй вариант системы, наиболее массово используемый в последние годы, основан на применении в ограждающих конструкциях сборных сплошнотелых полистиролбетонных изделий, изготавливаемых АО «ЮНИКОН-ЗСК» по технологии, дающей возможность декоративной фактурной отделки боковых поверхностей.

В целом система предусматривает использование полной номенклатуры сборных изделий стеновых сплошных блоков плотностью D250...D600, надпроемных перемычек длиной до 3 м марок по плотности D250...D600, армированных стальной арматурой без защитных покрытий, жестких теплоизоляционных плит плотностью D150...D225 повышенной прочности, а также широкой номенклатуры доборных элементов рельефной отделки фасадов зданий (рис. 5).

Полистиролбетонные изделия, освоённые АО «ЮНИКОН-ЗСК», отвечают теплозащитным требованиям для условий Московского региона, имеют габаритные размеры и массу, обеспечивающие возможность их ручного монтажа. Допуски по габаритам не превышают 1–1,5 мм. Изделия предназначены для монтажа на «теплых» клеевых композициях, в том числе плотностью D600...D800 (ТУ 2513-203-00284807-98), с толщиной швов кладки 2–3 мм, что повышает теплотехническую однородность ограждающих конструкций.

Полистиролбетонные блоки имеют более крупные размеры по сравнению с блоками из ячеистых бетонов и используются в однорядной кладке, что обеспечивает более низкую трудоемкость возведения наружных стен. Их основную номенклатуру составляют: рядовые блоки, полублоки, получаемые резкой рядовых блоков, пазогребневые блоки и блоки с четвертями (см. рис. 5).

Для ненесущих наружных стен, используемых в Московском регионе, разработаны блоки толщиной 250–375 мм, высотой 295–375 мм и длиной 595 мм, имеющие марки по плотности D250...D300 с прочностью при сжатии 0,6–0,9 МПа и морозостойкостью F100...F150.

2. Значения расчетного коэффициента теплотехнической однородности кладки $r_{кл}$

Толщина кладочного шва, мм		Кладка на «теплой» клеевой композиции	Кладка на «холодной» клеевой композиции		
горизонтального	вертикального	Армирование горизонтального шва сеткой			
		базальтовой	стальной	базальтовой	стальной
3	2	0,977/0,981	0,974/0,978	0,928/0,937	0,897/0,912
	3	0,975/0,978	0,971/0,975	0,896/0,909	0,887/0,902
4	2	0,972/0,976	0,968/0,973	0,886/0,903	0,878/0,897
	3	0,969/0,974	0,965/0,970	0,876/0,893	0,868/0,887
	4	0,961/0,971	0,962/0,968	0,867/0,883	0,859/0,877
5	3	0,964/0,969	0,960/0,966	0,857/0,877	0,850/0,871
	4	0,961/0,967	0,957/0,964	0,848/0,868	0,841/0,862
	5	0,959/0,964	0,955/0,961	0,839/0,858	0,832/0,852

Примечания:

- Высота полистиролбетонных блоков – 295 и 375 мм, длина – 595 мм.
- В числителе указаны значения $r_{кл}$ при высоте блока 295 мм, в знаменателе – при высоте 375 мм.
- Марка полистиролбетона по средней плотности – D250, расчетная теплопроводность полистиролбетона – 0,08 Вт/(м·°С).
- Характеристики клеевой композиции: «теплой» – $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_k = 0,22 \text{ Вт/(м·°С)}$; «холодной» – $\rho = 1650 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_k = 0,70 \text{ Вт/(м·°С)}$.
- Расчетная теплопроводность материалов принята для условий эксплуатации Б.
- Теплопроводность горизонтальных швов блочной кладки, армированных базальтовой сеткой, принималась $\lambda_{шг} = \lambda_k$, а армированных стальной сеткой вычислялась по формуле $\lambda_{шг} = 58 \lambda_k^{1-V}$.
- Коэффициент теплотехнической однородности кладки вычисляли по формуле

$$r_{кл} = \frac{(\alpha_{шв} L^{-1} + \alpha_{шв} H^{-1}) \lambda_{ПСБ}}{\alpha_{шв} \lambda_k L^{-1} + \alpha_{шв} \lambda_{шг} H^{-1} + \lambda_{ПСБ}}$$

Отдельную группу стеновых полистиролбетонных изделий составляют блоки повышенной заводской готовности с отделочным фасадным слоем из мелкозернистого бетона толщиной 10–20 мм с гладкой (под окраску) или с декоративной рельефной поверхностью.

Для повышения теплотехнической однородности наружных стен и обеспечения их бескранового монтажа впервые в практике строительства институтом «ВНИИжелезобетон» были разработаны, запатентованы [18] и внедрены армированные полистиролбетонные перемычки двух типов: с плоскими горизонтальными сварными каркасами и с П-образными стальными оцинкованными профилями по альбому

рабочих чертежей «Полистиролбетонные армированные перемычки для теплоэффективных стен зданий системы «ЮНИКОН» ВНИИжелезобетона» (шифр 22-2000).

Использование полистиролбетонных перемычек и блоков в сочетании с принятыми размерами швов кладки (2–3 мм) с «теплыми» клеевыми композициями плотностью D600...D800 (см. табл. 2), позволяет обеспечить предельный, близкий к единице, коэффициент теплотехнической однородности кладок наружных стен.

Разработанные институтом жесткие полистиролбетонные плиты толщиной 80–100 мм обладают достаточной прочностью (0,2–0,35 МПа), в связи с чем при



Рис. 7. Первых два коттеджа с полистиролбетонными стенами с внутренней бетонной решеткой из перекрестно-пустотных элементов в Жулебино, Москва

утеплении крыш с мягкой кровлей и перекрытий над подвалами не требуется устраивать толстую растворную армированную стяжку. Плиты могут использоваться для утепления торцов несущих железобетонных перекрытий в жилых зданиях с оштукатуренным фасадом, так как имеют марку по морозостойкости не менее F35. Изделия могут иметь конструкционный слой толщиной 15–30 мм из цементно-песчаного бетона, приклеенного асбестоцементного, цементно-стружечного или гипсоволокнистого листа, что снижает трудоемкость работ при устройстве утепляющих слоев покрытий или перекрытий (патент РФ на полезную модель [17]).

Наружные блочные стены системы «ЮНИКОН» имеют облицовочные слои по фасаду: из лицевого кирпича (как правило, пустотелого) толщиной 120 мм; из цементно-песчаной штукатурки толщиной 10–30 мм по стальной оцинкованной сетке; из керамической плитки или пустотелых камней, а также навесные венти-

лируемые фасады. Облицовка с внутренней стороны включает: штукатурный слой толщиной 20 мм по стальной сетке или гипсоволокнистые листы, крепящиеся вплотную к полистиролбетону.

Использование таких облицовок обеспечивает пожарную безопасность конструкции при применении обычного полистиролбетона, имеющего группу горючести Г1. В системе также предусмотрено использование: стальных или базальтовых проволочных (стержневых или сетчатых) элементов для армирования кладки из полистиролбетонных элементов и соединения (связи) конструкций между собой или со слоями облицовки; закладных стальных изделий; теплоизоляционных материалов (минераловатных плит) для устройства термовставок в торцах железобетонных перекрытий; герметизирующих и уплотняющих изделий для устройства сжимаемого шва под несущими перекрытиями.

Третий вариант монолитной системы «ЮНИКОН» предусматривает устройство ограждающих конструкций, включая наружные стены, утепление покрытий и перекрытий зданий из монолитного полистиролбетона плотностью D250...D300. По этому варианту были возведены 18-этажные монолитные жилые здания в районе Куркино (Москва), 8–11-этажный жилой дом в г. Дзержинске и других городах Московской обл., а в регионах России из монолитного полистиролбетона построены, как правило, 3–5-этажные жилые дома и коттеджи.



Рис. 8. Многоэтажные дома со стенами из сплошных полистиролбетонных блоков

Строительная система «ЮНИКОН-2». На основе всесторонних исследований и обобщения накопленного опыта производства, проектирования и массового строительства энергоэффективных зданий с применением полистиролбетона была выявлена возможность стандартизации полистиролбетона нового поколения с повышенными на 15–25 % физико-механическими характеристиками. Это было отражено в разработанном институтом «ВНИИжелезобетон» новом национальном стандарте – ГОСТ Р 51263–2012 «Полистиролбетон. Технические условия», позволяющем более эффективно использовать этот уникальный материал в строительстве.

Причем особое внимание было уделено возможности дополнительного улучшения на 12–15 % прочностных и теплоизоляционных характеристик полистиролбетона плотностью D175... D350, используемого при заводском изготовлении блоков для наружных стен и теплоизоляционных плит. Такие показатели были достигнуты при производстве изделий по спецтехнологии, предусматривающей использование заполнителя улучшенного качества, оптимизацию состава полистиролбетона при обеспечении пониженного партионного коэффициента вариации его прочности ($V_m \leq 12\%$). Указанные характеристики, нормированные в ГОСТ Р 51263, приведены в табл. 1.

На основе данных нового государственного стандарта на полистиролбетон, натуральных прочностных и теплотехнических испытаний фрагментов полистиролбетонных ограждающих конструкций, выполненных «НИЦСтром» совместно с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко и НИИСФ РААСН в соответствии с СП 63.4330.2012 и СП 15.13330.2012, институтом «ВНИИжелезобетон» выпущены новые нормативные документы (СТО ВНИИжелезобетон 86549669-001-2012, СТО НОСТРОЙ 2.7.131-2013 и СТО НОСТРОЙ 2.6.182-2015) по проектированию и строительству зданий с ограждающими сборными и монолитными полистиролбетонными конструкциями усовершенствованной, более эффективной строительной системы «ЮНИКОН-2».

Теплотехнические расчеты и натурные испытания, выполнен-

ные совместно с НИИСФ РААСН, показывают, что для жилых зданий с кирпичным фасадом при применении стеновых блоков системы «ЮНИКОН-2», изготовленных по спецтехнологии из полистиролбетона D250, сопротивление теплопередаче для блоков толщиной 295 мм составляет $R_o \geq 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а для блоков толщиной 375 мм $R_o \geq 4,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Еще большие теплотехнические резервы появляются при использовании апробированных стеновых блоков плотностью D225.

В сравнении с системой «ЮНИКОН» при применении новой системы обеспечивается:

- использование стеновых блоков из особо легкого полистиролбетона нового поколения с улучшенными физико-механическими свойствами: а) плотностью D225...D250 (вместо D250...D300) без снижения прочности за счет модернизации технологии; б) дополнительно пониженной против требований ГОСТ Р 51263 на 12–15 % расчетной теплопроводностью полистиролбетонных изделий, изготовленных по спецтехнологии (табл. 1);
- использование перемычек из полистиролбетона с минимальной плотностью D250 (вместо D300) с новым типом армирования под увеличенную нагрузку до 2000 Н/м (вместо максимальных 1000 Н/м) с минимальным размером по высоте — 140 мм (вместо 235 мм);
- использование кладки ПСБ-блоков из особо легких клеевых композиций с толщиной горизонтальных швов до 3 мм, армированных стальной либо базальтовой сеткой, и вертикальных швов толщиной не более 2 мм, что повышает коэффициент теплотехнической однородности наружных стен до $r_{кл} = 0,978...0,981$ (табл. 2);
- возможность получения для



Рис. 9. Жилые дома из монолитного полистиролбетона в Куркино, Москва

наружных стен приведенного сопротивления теплопередаче $R_{опр} \geq 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ при применении «тонкой» кладки из полистиролбетонных блоков толщиной 295 мм и общей толщине стены менее 0,5 м, обеспечивающих требования по энергосбережению, изложенные в постановлении правительства Москвы от 9 июня 2009 г. № 536 и письме заместителя мэра Москвы от 7 октября 2012 г. № 25-11-3073/2-2;

- возможность использования вентилируемых фасадов зданий (на основе) с наружными стенами из полистиролбетонных блоков;
- возможность применения для наружных стен зданий блоков повышенной заводской готовности (с цементно-песчаной облицовкой).

Наиболее массовое распространение полистиролбетон получил в Москве и Московской обл. ВНИИжелезобетон с привлечением МНИИТЭП, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, НИИЖБ и Росгражданпроекта разработал нормы типовых деталей и узлов системы «ЮНИКОН» для Москвы (1999 г., 2005 г.) и Московской обл. (2001 г.), а также рекомендации по проектированию этой системы [19].

Последние разработки ВНИИ-

железобетон позволили приступить к реализации системы «ЮНИКОН-3», изделия которой состоят из негорючего полистиролбетона, отвечающего требованиям ГОСТ 30244 на испытания строительных материалов на горючесть. На основании лабораторных испытаний ведется промышленная отработка спецтехнологии в заводских условиях АО «ЮНИКОН-ЗСК».

Спецтехнология негорючего полистиролбетона «ЮНИКОН-3» защищена заявкой на патент РФ [20].

Использование спецтехнологии «ЮНИКОН-3» в ограждающих конструкциях энергоэффективных зданий позволяет не только уменьшить их стоимость за счет сокращения расхода ПВГ, но и повысить архитектурную выразительность зданий, частично отказавшись от повсеместно применяемой кирпичной облицовки и перейти на более широкое использование навесных вентилируемых фасадов, сократив расходы на их устройство.

Особо следует отметить преимущества особо легких полистиролбетонных систем «ЮНИКОН» при надстройке этажей и мансард существующих зданий без усиления фундаментов в условиях сплошной городской застройки (рис. 6).

Опыт массового внедрения энергосберегающей системы «ЮНИКОН» из полистиролбетона в практику строительства показал, что наряду с повышением теплоэффективности, морозостойкости, пожарной безопасности, сейсмопригодности и архитектурной выразительности зданий, применение этой системы позволяет:

- снизить на 10–15 % материалоемкость и массу несущих конструкций зданий;
- сократить в 1,5–2 раза сроки монтажа ограждающих конструкций;

- осуществлять надстройку мансардных этажей эксплуатируемых зданий без усиления фундаментов;
- увеличить на 5–6 % полезную площадь зданий на одинаковом пятне застройки благодаря более «тонким» наружным стенам в условиях повышенных требований по теплозащите;
- обеспечить круглогодичное производство работ.

По сравнению со зданиями-аналогами с наружными стенами из ячеистого бетона или кирпича с пенополистирольным утеплителем, обеспечивается снижение общих сметных затрат на строительство и повышение эффективности инвестиций до 15 %.

Только в Московском регионе к середине 2007 г. с использованием системы «ЮНИКОН» были построены первые 2 млн м² энергоэффективных зданий высотой до 25 этажей с экономическим эффектом, утвержденным правительствами Москвы и Московской обл., более 4 млрд р. при удельной эффективности 2 тыс. р. на 1 м² построенных площадей.

На рис. 7–9 показаны характерные примеры энергоэффективных зданий системы «ЮНИКОН», построенных в тот период в Москве и Московской обл.

В настоящее время по этой технологии объем строительства в России составил более 14 млн м² ресурсосберегающего жилья и объектов соцкультбыта. Накоплен более чем 15-летний положительный опыт массового строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий с использованием технологии «ЮНИКОН». Наряду с высокой теплоизоляцией, дома показали комфортные условия проживания, высокую долговечность фасадов и надежные условия эксплуатации.

Научные разработки института по проблеме полистиролбетонов защищены 50 патентами РФ и награждены тремя медалями и дипломом РААСН за лучшие конкурсные работы.

В 2010 г. работа награждена премией правительства РФ в области науки и техники.

Импортозамещающие отечественные технологии строительства энергоэффективных зданий нового поколения по системам «ЮНИКОН», «ЮНИКОН-2» и «ЮНИКОН-3» с «тонкими» однослойными наружными стенами из полистиролбетона по ГОСТ Р 51263 при высокой экономичности ограждающих конструкций полностью отвечают современным по-

вышенным требованиям по энерго- и ресурсосбережению.

Вывод

Разработана и всесторонне апробирована в массовом строительстве эффективная теплоизоляционно-конструкционная оболочка для энергосберегающих зданий на основе универсальной строительной системы «ЮНИКОН», включающей «тонкие» однослойные наружные стены из композиционных полистиролбетонов нового поколения. Создана необходимая нормативно-техническая документация, содержащая проектные, технологические и производственные решения, предусматривающие производство на заводе АО «ЮНИКОН-ЗСК» сборных и монолитных полистиролбетонов требуемой номенклатуры и строительно-технических свойств, их установку и бетонирование на объекте, облицовку ограждающих конструкций зданий по современным архитектурным решениям.

В условиях возросших требований к энергосбережению можно ожидать, что будущее социального жилищного строительства – за полистиролбетоном института «ВНИИЖелезобетон».

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю. М. Пути развития строительного материаловедения: новые бетоны // Технологии бетонов. 2012. № 3-4. С. 39–42.
2. Гусев Б. В. Напряженно-деформированное состояние в бетоне как композиционном материале // Технологии бетонов. 2015. № 1-2. С. 21–25.
3. Гусев Б. В., Фаликман В. Р. Бетон и железобетон в эпоху устойчивого развития // Евразийский союз ученых. 2015. № 2. С. 15.
4. Рахманов В. А., Довжик В. Г. Стандартизация полистиролбетона расширяет его применение в строительстве // Бетон и железобетон. 1999. № 5. С. 6–8.
5. Рахманов В. А., Довжик В. Г. Свойства и расчетные характеристики полистиролбетонного конструктивно-теплоизоляционного материала для наружных самонесущих стен // 2-й Междунар. симпозиум по конструкционным легким бетонам. Норвегия, 2000, С. 680–690.
6. Рахманов В. А., Мелихов В. И., Казарин С. К. Разработка и применение энергосберегающих полистиролбетонных ограждающих конструкций системы «ЮНИКОН» ВНИИЖелезобетона // Сб. докл. II Всерос. (Междунар.) конф. по бетону и железобетону. М., 2005. С. 245–255.
7. Рахманов В. А. Расчетный метод определения состава полистиролбетона с требуемой прочностью и минимальной плотностью // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 7. С. 45–47.
8. Рахманов В. А., Козловский А. И. Современные аспекты экологической безопасности производства и применения полистиролбетона в строительстве // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 6–9.
9. Рахманов В. А. Энергосбережение в строительстве

на основе применения инновационной технологии изготовления особо легких полистиролбетонов // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 8. С. 61–62.

10. Рахманов В. А. Инновационная технология полистиролбетона с оптимальными свойствами // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI в. 2011. № 9. С. 37–41.
11. Рахманов В. А. Энергосберегающее домостроение с применением ограждающих конструкций из полистиролбетона // Строительство. Новые технологии, новое оборудование и новые материалы. 2011. № 11. С. 9–13.
12. Рахманов В. А. Новый национальный стандарт на полистиролбетон // Бетон и железобетон. 2013. № 6. С. 24–26.
13. Рахманов В. А., Мелихов В. И., Юнкевич А. В. Особо легкий полистиролбетон – эффективный материал для строительства энергоэффективных зданий // Междунар. науч.-техн. конф. «Строительная наука XXI в.: теория, образование, практика, инновации по Северо-Арктическому региону»: сб. докл. Архангельск, 2015. С. 374–377.
14. Рахманов В. А. Энергоэффективное строительство на основе импортозамещающей наукоемкой технологии «ЮНИКОН» // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 8. С. 50–52.
15. Патент на полезную модель RU 99032. Строительная система зданий / Рахманов В. А., Росляк Ю. В., Мелихов В. И., Юнкевич А. В.
16. Патент на изобретение RU 14951. Перекрестно-пустотный строительный элемент / Рахманов В. А., Казарин С. К.
17. Патент на полезную модель RU 91352. Теплоизоляционный плитный элемент / Рахманов В. А., Мелихов В. И., Мишуков Н. Е.
18. Патент на полезную модель RU 101061. Надпроемная перемычка из особо легкого бетона / Рахманов В. А., Мелихов В. И., Мишуков Н. Е., Сафонов А. А.
19. Рекомендации по проектированию энергоэффективных ограждающих конструкций зданий системы «ЮНИКОН» / М. : Москомархитектура, 2002.
20. Заявка в Роспатент на изобретение № 2016135975. Негорючий полистиролбетон / Рахманов В. А., Мелихов В. И., Капаев Г. И., Козловский А. И.

R E F E R E N C E S

1. Bazhenov Yu. M. Ways of development of building materials: new concrete. *Tekhnologii betonov*, 2012, no. 3-4, pp. 39–42. (In Russian).
2. Gusev B. V. The stress-strain state in concrete as a composite material. *Tekhnologii betonov*, 2015, no. 1-2, pp. 21–25. (In Russian).
3. Gusev B. V., Falikman V. R. Concrete and reinforced concrete in the era of sustainable development. *Evrasiyskiy soyuz uchenykh*, 2015, no. 2, p. 15. (In Russian).
4. Rakhmanov V. A., Dovzhik V. G. Standardization of polystyrene extends its use in construction. *Beton i zhelezobeton*, 1999, no. 5, pp. 6–8. (In Russian).
5. Rakhmanov V. A., Dovzhik V. G. Properties and design characteristics of the poly-stirolbioteh heat-insulating construction material for outer self-supporting walls. 2-y *Mezhdunar. simpozium po konstruktivnym legkim betonam*. Norvegiya, 2000, pp. 680–690. (In Russian).
6. Rakhmanov V. A., Melikhov V. I., Kazarin S. K. The development and application of energy-saving polystyrene walling system "Unicon" VNIIZhelezobetona. *Sb. dokl. II Vseros. (Mezhdunar.) konf. po betonu i zhelezobetonu*. Moscow, 2005. Pp. 245–255. (In Russian).
7. Rakhmanov V. A. The method of determining the composition of the polystyrene concrete with the required strength and minimum density. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2009, no. 7, pp. 45–47. (In Russian).
8. Rakhmanov V. A., Kozlovskiy A. I. Modern aspects of ecological safety of production and use of polystyrene in building. *Stroitel'nye materialy*, 2009, no. 2, pp. 6–9. (In Russian).
9. Rakhmanov V. A. Energy saving in construction on the basis of application innovatsionnoi manufacturing technology particularly easy polistirolbetona. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2011, no. 8, pp. 61–62. (In Russian).
10. Rakhmanov V. A. The innovative technology of polystyrene with optimal properties. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI v.*, 2011, no. 9, pp. 37–41. (In Russian).
11. Rakhmanov V. A. Energy efficient construction with the use of enclosing structures of polystyrene. *Stroitel'stvo. Novye tekhnologii, novoe oborudovanie i novye materialy*, 2011, no. 11, pp. 9–13. (In Russian).
12. Rakhmanov V. A. New national standard for polystyrene. *Beton i zhelezobeton*, 2013, no. 6, pp. 24–26. (In Russian).
13. Rakhmanov V. A., Melikhov V. I., Yunkevich A. V. Particularly lightweight polystyrene concrete is an effective material for the construction of energy efficient buildings. *Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Stroitel'naya nauka XXI v.: teoriya, obrazovanie, praktika, innovatsii po Severo-Arkticheskomu regionu»: sb. dokl.* Arkhangel'sk, 2015. Pp. 374–377. (In Russian).
14. Rakhmanov V. A. Energy efficient construction on the basis of import-substituting high technology «Unicon». *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2016, no. 8, pp. 50–52. (In Russian).
15. Patent na poleznuyu model' RU 99032. *Stroitel'naya sistema zdaniy* [Construction system of buildings]. Rakhmanov V. A., Roslyak Yu. V., Melikhov V. I., Yunkevich A. V. (In Russian).
16. Patent na izobretenie RU 14951. *Perekrestno-pustotnyy stroitel'nyy element* [Cross-hollow construction element]. Rakhmanov V. A., Kazarin S. K. (In Russian).

17. Patent na poleznuyu model' RU 91352. *Теплоизоляционный плитный элемент* [Insulating plate element]. Rakhmanov V. A., Melikhov V. I., Mishukov N. E. (In Russian).
18. Patent na poleznuyu model' RU 101061. *Nadbramna jumper from especially lightweight concrete* [Nadbramna jumper from especially lightweight concrete]. Rakhmanov V. A., Melikhov V. I., Mishukov N. E., Safonov A. A. (In Russian).
19. *Rekomendatsii po proektirovaniyu energoeffektivnykh ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy sistemy «UNIKON»* [Design guidelines energy efficient building envelope system «UNICON»]. Moscow, Moskomarkhitektura Publ., 2002. (In Russian).
20. Zayavka v Rospatent na izobrenenie № 2016135975. *Negoryuchiy polistirolbeton* [Non-flammable polystyrene]. Rakhmanov V. A., Melikhov V. I., Kapaev G. I., Kozlovskiy A. I. (In Russian).

Для цитирования: Рахманов В. А. Теплоэффективные ограждающие конструкции зданий с использованием полистиролбетонов, разработанных институтом «ВНИИжелезобетон» // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 9–18.

For citation: Rakhmanov V. A. Thermal efficient enclosing structures of buildings with the use of polystyrene concretes developed by institute «VNIIZhelezobeton». *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2017, no. 2, pp. 9–18. (In Russian). ■

