

УДК 691-405.8

doi: 10.37657/vniipo.avpb.2023.35.20.001

ИСПЫТАНИЯ, ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА

Виктор Алексеевич Рахманов, Владислав Иванович Мелихов, Григорий Игоревич Капаев

ООО «Институт ВНИИжелезобетон»

Аннотация. Приведены результаты пожарно-технических испытаний полистиролбетона марок по средней плотности D150–D600, обладающего эффективными теплоизоляционно-конструктивными свойствами. Проведена оценка характеристик его горючести, воспламеняемости, дымообразующей способности, токсичности продуктов горения и распространения пламени по поверхности, по результатам которой в межгосударственном стандарте на полистиролбетон нормированы требования к указанным характеристикам, что открывает возможности для более эффективного применения полистиролбетона в энергосберегающем строительстве зданий.

Ключевые слова: полистиролбетон, пожарно-технические свойства, горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения, распространение пламени по поверхности, нормирование, стандартизация

Для цитирования: Рахманов В.А., Мелихов В.И., Капаев Г.И. Испытания, оценка и нормирование пожарно-технических свойств полистиролбетона // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2023. № 4. С. 6–15. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2023.35.20.001>.

TESTING, EVALUATION AND STANDARDIZATION OF FIRE-ENGINEERING PROPERTIES OF POLYSTYRENE CONCRETE

Viktor A. Rakhmanov, Vladislav I. Melikhov, Grigory I. Kapayev

LLC «Institute VNIIZhelezobeton»

Abstract. There were presented the results of fire-engineering tests of D150-D600 medium-density polystyrene concrete grades, which have effective heat-insulating and structural properties. There was carried out the evaluation of its combustibility, flammability, smoke-generating ability, toxicity of combustion products and its surface flame spread behaviour. According to the results of this assessment, the requirements for specified properties were regulated in the interstate standard for polystyrene concrete. It helps to use the polystyrene concrete more efficiently in energy-efficient building construction.

Keywords: polystyrene concrete, fire-engineering properties, combustibility, flammability, smoke-generating ability, toxicity of combustion products, surface flame spread, regulation, standardization

For citation: Rakhmanov V.A., Melikhov V.I., Kapayev G.I. Testing, evaluation and standardization of fire-engineering properties of polystyrene concrete. Aktual'nye Voprosy Pozharnoi Bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2023, no. 4, pp. 6-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2023.35.20.001>.

Постановка задачи

В 90-х годах на основе проведенных институтом «ВНИИжелезобетон» НИОКР был создан и стандартизирован уникальный теплоизоляционно-конструкционный материал – полистиролбетон (ПСБ) марок по средней плотно-

сти D150–D600, эффективно сочетающий положительные свойства вспененного полистирола, имеющего низкую теплопроводность, и ячеистого бетона, обладающего относительно высокой прочностью [1].

За последние 20 лет в Центральном и других регионах России ПСБ успешно использовался в ограждающих конструкциях при строительстве и реконструкции жилых и общественных энергосберегающих зданий, в том числе многоэтажных (до 25 этажей), общей площадью порядка 18 млн м². Однако его массовое и эффективное применение сдерживалось из-за того, что в ГОСТ Р 51263-2012 «Полистиролбетон. Технические условия» ПСБ нормировался как слабогорючий материал (группа горючести Г1) и в ограждающих конструкциях должен быть защищен негорючими материалами (кирпич, штукатурка, ГВЛ и т. п.). Это усложняло и удорожало строительство энергоэффективных зданий.

Следует отметить, что отечественные и зарубежные публикации, а также нормативные документы и патенты по негорючему ПСБ, в том числе за последние 10 лет фактически отсутствуют (кроме материалов ВНИИжелезобетона).

Как показано ниже, ВНИИжелезобетону удалось получить негорючий ПСБ без снижения его нормируемой прочности [2, 3]. Также были уточнены другие стандартизированные пожарно-технические свойства ПСБ: воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения и распространение пламени по поверхности.

Результаты экспериментально-теоретических исследований

Для получения негорючего ПСБ институтом в последние годы были проведены исследования, учитывающие положение ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть», согласно которому при испытаниях строительных материалов на негорючесть содержание в них горючих органических веществ не должно превышать 2 % по массе.

В полистиролбетоне горючим органическим компонентом является его заполнитель – полистирол вспененный гранулированный (ПВГ), а негорючие компоненты представлены портландцементом, а также тонкодисперсными минеральными добавками (в случаях их применения).

Было установлено, что для заданных значений плотности ПСБ $\rho_{\text{ПСБ}}$ (кг/м³) оптимизированное для получения его максимальной прочности относительное (в долях от 1) удельное содержание ПВГ в полистиролбетоне по объему, характеризующееся безразмерным параметром φ_p , должно вычисляться по формуле

$$\varphi_p = \frac{0,53}{1 + 0,00148(\rho_{\text{ПСБ}} - \rho_{\text{ПСБ1}})}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ПСБ1}} = 150 \text{ кг/м}^3$.

При проведении экспериментальных исследований в заводских условиях ООО «ЮНИКОН-ЗСК» изготавливались ПСБ стеновые блоки размером 295 × 375 × 595 мм, из которых в возрасте не менее 28 суток выбуривались образцы-цилиндры для испытаний на прочность при сжатии и горючесть, а также выпиливались образцы плиты и призмы для испытаний других пожарно-технических характеристик.

Для обеспечения повышенной прочности негорючего ПСБ использовался портландцемент марки 500-Д0-Н, отвечающий требованиям ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия».

Также для повышения прочности и снижения стоимости негорючего ПСБ была апробирована модифицированная минеральная порошкообразная добавка – микрокремнезем марки МК-85, отвечающий требованиям ГОСТ Р 38894-2020 «Микрокремнезем конденсированный для бетонов и строительных растворов Технические условия».

Для уменьшения опасности горения ПСБ использовался ПВГ, полученный вспениванием исходного полистирольного бисера, характеризующегося воспламеняемостью группы не более В2.

По результатам исследований ВНИИжелезобетонном был предложен надежный критерий негорючести ПСБ, отражающий соотношение в процентах по массе его горючих и негорючих компонентов, который имеет вид

$$K_{\text{нг}} = \frac{100G_{\text{ПВГ}}}{\text{Ц} + \text{МК}} = \frac{100 \rho_{\text{ПВГ}} \varphi}{\text{Ц} + \text{МК}} \leq 2,0 \%, \quad (2)$$

где $G_{\text{ПВГ}} = \rho_{\text{ПВГ}} \varphi$ – удельное содержание ПВГ в ПСБ, кг/м³; $\rho_{\text{ПВГ}}$ – средняя плотность зерен ПВГ, кг/м³; Ц – удельное содержание портландцемента в ПСБ, кг/м³; МК – удельное содержание микрокремнезема в ПСБ, кг/м³.

Этот критерий удовлетворяет упомянутому выше требованию ГОСТ 30244-94:

$$\frac{100G_{\text{ПВГ}}}{\rho_{\text{ПСБ}}} < K_{\text{нг}} \leq 2 \%, \text{ так как } \rho_{\text{ПСБ}} > \text{Ц} + \text{МК}.$$

Удельный расход (содержание) портландцемента в ПСБ вычисляли в зависимости от принятой плотности ПСБ по формуле

$$\text{Ц} = \frac{\rho_{\text{ПСБ}} - \varphi \rho_{\text{ПВГ}}}{1,24 - 0,0857 \sqrt{\frac{\rho_{\text{ПСБ}}}{\rho_{\text{ПСБ1}}} - 1}}. \quad (3)$$

Удельное содержание микрокремнезема в ПСБ – МК составляло 5–15 % от Ц.

Расчеты по формулам (1)–(3) показывают, что для плотностей ПСБ, соответствующих маркам по средней плотности (D), условие (2) соблюдается только для ПСБ марок D400–D600.

В то же время испытаниями, результаты которых представлены в табл. 1, негорючий ПСБ был получен для марок D300 и D350 при фактических плотностях соответственно 320 кг/м³ и 360–370 кг/м³ при значениях $\varphi = \varphi_{\text{нг(max)}} \leq \varphi_p$. Так, для ПСБ D300 плотностью 320 кг/м³ фактические значения расхода ПВГ были $\varphi_{\text{нг(max)}} = 0,36 < \varphi_p = 0,42$, а для ПСБ D350 при плотности 360–370 кг/м³ – $\varphi_{\text{нг(max)}} = \varphi_p = 0,40$. В связи с этим для негорючего ПСБ марок по средней плотности D300 и D350 максимальное значение расхода ПВГ было предложено вычислять по формуле, выведенной из (1) и (2):

$$\varphi_{\text{нг(max)}} = \frac{0,02\rho_{\text{ПСБ}}}{\rho_{\text{ПВГ}} \left(1,26 - 0,0857 \sqrt{\frac{\rho_{\text{ПСБ}}}{\rho_{\text{ПСБ1}}} - 1} \right)}. \quad (4)$$

Из табл. 1 видно, что для ПСБ марок по плотности D225–D250 уменьшение содержания ПВГ (с φ_p до $\varphi_{\text{нг(max)}}$) должно обеспечивать негорючесть ПСБ, однако прочность была ниже нормируемой.

В то же время применение микрокремнезема позволило повысить на 5–15 % прочность негорючего ПСБ плотностью D300 и D350.

Расчетно-экспериментальные данные по негорючести ПСБ были подтверждены приведенными ниже результатами стандартных испытаний по ГОСТ 30244-94, выполненными в 2019 и 2021 гг. по техническому заданию ВНИИжелезобетона аккредитованным сертификационным центром ИЦ «Огнестойкость», на основе которых был запатентован способ получения негорючего ПСБ [4].

Результаты испытаний комплексных пожарно-технических свойств ПСБ

Испытания комплекса пожарно-технических свойств ПСБ по классификации ст. 13 Федерального закона № 123-ФЗ [5] были проведены в 2019 году.

Расходы основных материалов для ПСБ блоков и изготовленных из них образцов для проведения указанных огневых испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики негорючего и горючего сборного полистиролбетона

Марка по средней плотности ПСБ	Расчетная плотность ПСБ, $\rho_{ПСБ}$, кг/м ³	Удельный расход основных материалов				Горючесть ПСБ		Прочность ПСБ на сжатие			Соответствие нормативным требованиям
		Портландцемент 500-ДО-Н, Ц, кг/м ³	Микрокремнезем МК-85, МК, кг/м ³	ПВГ ⁽¹⁾		Критерий негорючести, $K_{нгр}$ %, ф.(2)	Группа горючести по ГОСТ 30244-94	Нормативные требования по ГОСТ 33929-2016 ⁽²⁾	Фактические значения	Класс фактических значений	
		$\varphi_{п1}$ ф.(1)	$\varphi_{п(макс)}$ ф.(4)	$\sigma_{пвг}$ ф.пвг кг/м ³			Класс	$R_{ПСБ}^н$ МПа	$R_{ПСБ}^ф$ МПа	Класс (марка)	
D225	235	0,48	–	7,4	–	3,8	Г1–Г2	0,41/0,59	0,57	В0,35	Соотв. В0,35
		197	0,25	3,9	–	2,0	НГ		0,20	(M2)	Не соотв.
D250	250	0,46	–	7,1	–	3,4	Г1	0,59/0,88	0,86	В0,5	Соотв. В0,5
	270	0,45	–	6,9	–	3,0	Г1		0,95	В0,75	Соотв. В0,75
D300	300	0,43	–	4,3	–	1,9	НГ		0,49	В0,35	Не соотв.
	320	0,42	–	6,6	–	2,6	Г1	0,88/1,17	0,93	В0,75	Соотв. В0,75
	274	–	0,36	5,5	–	2,4	Г1		1,24 (100 %)	В1	Соотв. В1
	249	25 (10 % от Ц)	0,36	5,5	–	2,0	НГ		1,04 (84 %)	В0,75	Соотв. В0,75
D350	350	0,41	–	6,3	–	2,1	Г1	1,17/1,76	1,67	В1	Соотв. В1
	360	0,40	0,40	6,1	–	2,0	НГ		1,69	В1	Соотв. В1
	283	28 (10 % от Ц)	0,40	6,1	–	2,0	НГ		1,64	В1	Соотв. В1
	370	0,40	0,40	6,1	–	1,9	НГ		1,80	В1,5	Соотв. В1,5
D400	400	0,39	–	6,0	–	1,7	НГ		2,01	В1,5	Соотв. В1,5
	450	0,37	–	5,7	–	1,4	НГ	1,76	2,08	В1,5	Соотв. В1,5
D500	500	0,35	–	5,4	–	1,2	НГ	2,35	2,64	В2	Соотв. В2
	550	0,33	–	5,1	–	1,0	НГ	2,35	2,77	В2	Соотв. В2
D600	600	0,32	–	4,9	–	0,9	НГ	2,93	2,97	В2,5	Соотв. В2,5

1) Использовался ПВГ со средней плотностью зерен $\rho_{пвг} = 15,4$ кг/м³.

2) В числителе указаны значения прочности ПСБ на сжатие, полученные по обычной технологии, в знаменателе – по спецтехнологии.

А. Горючесть ПСБ

Испытания ПСБ марок по средней плотности D300, D350, D400 и D600 на горючесть проводились по рекомендациям ГОСТ 30244-94 (метод 1).

Для повышения достоверности испытывалось удвоенное (по сравнению с рекомендациями ГОСТ 30244-94) количество образцов-цилиндров диаметром 45 мм и высотой 50 мм.

Средние (статистически достоверные) значения параметров составили:

- потеря массы образцов (допускается не более 50 %) находилась в пределах от 22 % (для ПСБ плотностью D300) до 18 % (для ПСБ плотностью D600) с разбросом от 0 до 3 %;

- прирост температуры в печи (допускается не более 50 °С) был в пределах 1–3 °С;

- продолжительность непрерывного пламенного горения (допускается не более 10 с) ПСБ образцов для испытанных плотностей (D300, D350, D400 и D600) составила 0 с.

На основе результатов испытаний совокупные значения среднеарифметических характеристик всех трех параметров (потеря массы образцов, прирост температуры в печи и продолжительность непрерывного пламенного горения) для полистиролбетона плотностью D300–D400 и D600 дают основание характеризовать его как негорючий материал группы НГ.

В 2021 году для подтверждения негорючести ПСБ блоков с добавкой микрокремнезема, имевших фактическую плотность 316–320 кг/м³ (марка по средней плотности D300), в ИЦ «Огнестойкость» были проведены дополнительные испытания на горючесть по методике ГОСТ 30244-94 (метод 1) пяти образцов-цилиндров, отобранных из указанных ПСБ блоков. Согласно этим испытаниям для ПСБ плотностью D300 была подтверждена его негорючесть (группа НГ).

Учитывая результаты испытаний на негорючесть, группа НГ нормирована в Изменении № 1 ГОСТ 33929-2016 для ПСБ марок по средней плотности в интервале D300–D600, включая плотности D450–D550, для которых результаты могут быть интерполированы.

Б. Воспламеняемость

Испытания на воспламеняемость негорючего ПСБ проводили по методике ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость».

Испытания 15 образцов-призм 165 × 165 × 70 мм для каждой плотности ПСБ (D300, D350, D400 и D600) начинали согласно п. 9.4 ГОСТ 30402-96 с ППТП (поверхностная плотность теплового потока), равной 30 кВт/м², которые показали, что воспламенение образцов отсутствует. В связи с этим последовательно проводили испытания при ППТП = 40 кВт/м² и ППТП = 50 кВт/м², которые также показали отсутствие воспламенения.

Согласно пп. 9.10 и 9.12 ГОСТ 30402-96 испытания при критической для группы воспламеняемости В1 ППТП = 50 кВт/м² повторили на дополнительных образцах ПСБ каждой плотности.

Хотя по п. 9.12 ГОСТ 30402-96 повторные испытания могут проводиться только на двух представительных образцах, они были выполнены для всех 15 дополнительных образцов (для каждой плотности ПСБ), что обеспечивало практически 100%-ную достоверность их результатов. Повторные испытания также подтвердили отсутствие воспламеняемости при критической ППТП = 50 кВт/м².

Таким образом, по результатам испытаний для негорючего ПСБ марок по средней плотности D300, D350, D400 и D600 достоверно установлена группа В1 как для трудновоспламеняемого материала (согласно требованиям Федерального закона № 123-ФЗ [5] и ГОСТ 30402-96), которая по интерполяции также может быть распространена и на ПСБ плотностей D450, D500 и D550, т. е. для всего диапазона марок по средней плотности – D300–D600.

Учитывая результаты ранее выполненных испытаний при разработке ГОСТ 33929-2016, группа В1 нормирована в Изменении № 1 ГОСТ 33929-2016 для всех нормируемых плотностей (D150–D600), включая горючий материал плотностей D150–D250.

В. Дымообразующая способность

Группа дымообразующей способности негорючего ПСБ плотностью D300, D350, D400 и D600 определялась по результатам испытаний, проведенных по методике ГОСТ 12.1.044-2018 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». Испытывалось удвоенное (по сравнению с требуемым по указанному стандарту) количество (20 шт.) образцов-пластин размером 40 × 40 × 10 мм для обеспечения надежной статистической достоверности результатов.

Результаты испытаний показали, что максимальные значения коэффициента дымообразования в режиме горения образцов не превышали $K_m = 5 \text{ м}^2/\text{кг}$, а средние находились в пределах 1–3 $\text{м}^2/\text{кг}$.

Согласно требованиям Федерального закона № 123-ФЗ [5] и ГОСТ 12.1.044-96, строительные материалы с коэффициентом дымообразования $K_m < 50 \text{ м}^2/\text{кг}$ относятся к группе Д1.

Поэтому по результатам испытаний негорючий ПСБ плотностью D300–D400 и D600 с высокой достоверностью должен соответствовать группе Д1, как материал с малой дымообразующей способностью.

Результаты проведенных испытаний также могут быть распространены и на ПСБ плотностью D450, D500 и D550, т. е. для ПСБ марок по средней плотности – стандартизированного диапазона D300–D600 должна быть установлена группа Д1, как для материала с малой дымообразующей способностью.

Г. Токсичность продуктов горения

Испытания на токсичность продуктов горения проводились по методике ГОСТ 12.1.044-2018 (раздел 13) на образцах-пластинах размером 40 × 40 × 10 мм из негорючего ПСБ марок по средней плотности D300, D350, D400 и D600.

Общее количество испытанных образцов составляло по 20 шт. для каждой плотности ПСБ (по ГОСТ 12.1.044-2018 требуется не менее 10 шт.), что гарантировало высокую статистическую достоверность результатов испытаний.

Были проведены предварительные и основные (контрольные) испытания (экспозиция 30 мин) с последующим контролем состояния подопытных животных (до 7–14 суток).

Предварительные испытания проводились на 5–10 образцах для каждой плотности ПСБ, основные – на остальных образцах.

Результаты испытаний на токсичность продуктов горения ПСБ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сводные результаты испытаний на токсичность продуктов горения ПСБ

Марка по средней плотности ПСБ (D)	Потеря массы образцов после горения, %	Летальность, %		Показатель токсичности, H_{CL50} , г/м ³
		После экспозиции до 30 мин	После 7–14 суток	
D300	21	12,5	0	295
D350	21	12,5	0	296
D400	19	12,5	0	311
D600	17	0	0	329

Как видно из результатов испытаний, значения показателя токсичности находятся в пределах 295–329 г/м³ (при экспозиции 30 мин), что лучше в 2,5–2,7 раза по сравнению с нормируемым по ГОСТ 12.1.044-2018 значением – более 120 г/м³ для материалов группы токсичности – Т1 категории «малоопасного». При этом негорючий ПСБ плотностью D300–D600, имеющий наименее опасную группу Т1, характеризуется пониженным в среднем в 2,6 раза уровнем токсичности (по сравнению с нормируемым).

В ГОСТ 33929-2016 по токсичности продуктов горения группа Т2 была нормирована для ПСБ всех стандартизируемых плотностей (D150–D600) независимо от его качества и технологии изготовления, тогда как в Изменении № 1 ГОСТ 33929-2016 на основании приведенных выше результатов испытаний негорючий ПСБ плотностью D300–D600 стандартизирован как материал улучшенного качества, изготавливаемый по спецтехнологии, характеризующийся группой токсичности продуктов горения Т1.

Д. Распространение пламени по поверхности

Стандартные испытания ПСБ на распространение пламени по поверхности по методике ГОСТ Р 51032-97 проводились впервые. Испытывались образцы-пластины размером 1100 × 250 × 50 мм.

В результате испытаний горючего ПСБ плотностью D150 и D250 и негорючего ПСБ плотностью D300 и D400 на распространение пламени по поверхности для всех образцов получены следующие данные:

- время воспламеняемости образцов ПСБ составило 0 с и, соответственно, длина распространения пламени равнялась 0 мм;
- среднее значение КПТП (критической поверхностной плотности теплового потока) характеризовалось величиной не менее 11 кВт/м², что согласно ГОСТ Р 51032-97 соответствовало группе РП1.

Показатель группы РП1, очевидно, может быть интерполирован для ПСБ плотностей D175, D225, D300 и экстраполирован на материал плотностью D450–D600 независимо от его горючести.

Результаты испытаний ПСБ на распространение пламени дают основание утверждать, что для горючего и негорючего полистиролбетона всех стандартизированных марок по средней плотности (D150–D600) может быть нормирована группа РП1, как для материала, не распространяющего пламя.

Е. Класс пожарной опасности негорючего ПСБ

В результате пожарно-технических испытаний полистиролбетона марок по средней плотности D300–D600 с высокой достоверностью подтверждена его группа негорючести НГ (согласно ГОСТ 30244-94).

Поэтому, согласно требованиям табл. 3 Пособия ОАО «НИЦ «Строительство» по определению пределов огнестойкости [6], негорючий полистиролбетон плотностью D300–D600 характеризуется классом пожарной опасности КМ0.

Нормирование пожарно-технических характеристик ПСБ

Нормированные в Изменении № 1 ГОСТ 33929-2016 пожарно-технические характеристики ПСБ (горючего и негорючего) для сборных изделий (стеновые блоки, плиты, перемычки) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Нормированные пожарно-технические характеристики ПСБ для сборных изделий

Марка полистиролбетона по средней плотности	Группы пожарной опасности по ФЗ №123-ФЗ [5]								По распространению пламени по поверхности
	По горючести				По воспламеняемости	По дымообразующей способности	По токсичности продуктов горения		
	Технология получения материала по ГОСТ 33929		Качество материала по Изменению № 1 ГОСТ 33929				Технология получения материала по ГОСТ 33929		
	Обычная	Спецтехнология	Обычное	Улучшенное			Обычная	Спецтехнология	
Обычное	Улучшенное								
D150	Слабогорючий (Г1)	Слабогорючий (Г1)	Слабогорючий (Г1)	Трудновоспламеняемый (В1)	С умеренной дымообразующей способностью (Д2)	Умеренно опасный (Т2)	Умеренно опасный (Т2)	Не распространяющий пламя (РП1)	
D175									
D200									
D225									
D250									
D300									
D350									
D400									
D450									
D500									
D550									
D600									
		Негорючий (НГ)	Негорючий (НГ)		С малой дымообразующей способностью (Д1)		Малоопасный (Т1)		

В то же время ПСБ, используемый при монолитном бетонировании ограждающих конструкций, ввиду более низкого уровня контроля его качества (по сравнению со сборным ПСБ), в Изменении № 1 ГОСТ 33929-2016 нормирован как негорючий (группа НГ) только для плотностей D400–D600 и как материал обычного качества стандартизирован для всех плотностей (D150–D600) как трудновоспламеняемый (В1), с умеренно дымообразующей способностью (Д2) и умеренноопасный по токсичности продуктов горения (Т2). Для сборного и монолитного ПСБ всех плотностей (D150–D600) материал нормирован как нераспространяющий пламя по поверхности (РП1).

Заключение

1. В результате экспериментально-теоретических исследований ВНИИжелезобетоном предложен надежный критерий оценки негорючести полистиролбетона, а также сформулированы и запатентованы требования к его изготовлению.
2. На основе анализа и обобщения результатов испытаний пожарно-технических характеристик негорючего полистиролбетона для него установлен

класс пожарной опасности КМ0, что позволяет эффективно использовать полистиролбетон в наружных стенах зданий без его обязательной защиты негорючими материалами (штукатурка, кирпич, ГВЛ).

3. По результатам пожарно-технических и прочностных испытаний достоверно подтверждена возможность получения негорючего ПСБ в сборных изделиях заводского изготовления (группа НГ по ГОСТ 30244-94) для марок по средней плотности D300–D600 без снижения его нормированной прочности, и для него установлены группы по дымообразующей способности – Д1 и токсичности продуктов горения – Т1 по ГОСТ 12.1.044-2018 с пониженным уровнем токсичности. Также для всех стандартизированных плотностей ПСБ (D150–D600) подтверждена группа воспламеняемости В1 по ГОСТ 30402-96 и установлена группа распространения пламени по поверхности – РП1 по ГОСТ Р 51032-94.

4. Требования к комплексу уточненных пожарно-технических характеристик полистиролбетона (горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения и распространение пламени по поверхности) отражены в Изменении № 1 ГОСТ 33929-2016 на полистиролбетон, введенного в действие на территории России в феврале 2023 г.

Список литературы

1. *Рахманов В.А.* Полистиролбетон системы «Юникон» – энергоэффективный материал XXI века: монография. Москва: Изд. «Золотое сечение», 2017. 512 с.

2. *Рахманов В.А., Мелихов В.И., Капаев Г.И., Козловский А.И.* Инновационная спецтехнология получения полистиролбетона нового поколения // Москва: Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 29–31.

3. Патент № 2753832 Российская Федерация, МПК С04В 28/02 (2006.01). Способ получения негорючего полистиролбетона: опубл. 23.08.2021, Бюл. № 24 / *Рахманов В.А., Мелихов В.И., Капаев Г.И.*; заявитель и патентообладатель ВНИИжелезобетон. Приоритет 10.08.2020 г. // Федеральный институт промышленной собственности, ФИПС: офиц. сайт. URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=5d0c1de1fa6d83d253b5a3bb7e788108>.

4. *Рахманов В.А.* Результаты исследований пожарно-технических свойств негорючего полистиролбетона // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году: сборник научных трудов РААСН. Т. 2. Российская академия архитектуры и строительных наук. Москва: Издательство АСВ, 2020. С. 367–374.*

5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. закона от 14 июля 2022 г. № 276-ФЗ) // КонсультантПлюс: сайт. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (дата обращения: 09.02.2023).

6. Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, параметров пожарной опасности материалов. Порядок проектирования огнезащиты: справочный материал. Разработано ОАО «НИЦ «Строительство» (д.т.н., проф. А.И. Звездов), Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» (д.т.н., проф. И.И. Ведяков; д.т.н., проф. Ю.В. Кривцов; к.т.н., с.н.с.

И.Р. Ладыгина; к.т.н., с.н.с. В.В. Пивоваров; В.В. Яшин; П.П. Колесников), при участии Холдинга «Ассоциация КрилаК». Москва, 2013.

Статья поступила в редакцию 25.09.2023;

одобрена после рецензирования 25.10.2023;

принята к публикации 24.11.2023.

Рахманов Виктор Алексеевич – член-корреспондент РААСН, профессор. Тел. (495) 287-02-96 (доб. 350). E-mail: institute@unicon-zsk.ru; **Мелихов Владислав Иванович** – кандидат технических наук, заместитель генерального директора института по науке. Тел. (495) 644-16-37 (доб. 246). E-mail: V.Melikhov@vniizhbeton.ru; **Капаев Григорий Игоревич** – кандидат химических наук, заведующий лабораторией химических добавок. Тел. (495) 287-02-96 (доб. 265). E-mail: g.kapaev@vniizhbeton.ru.

ООО «Институт ВНИИжелезобетон», Москва, Россия.

Viktor A. Rakhmanov – Corresponding member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Professor. Phone: (495) 287-02-96 (additional phone number 350). E-mail: institute@unicon-zsk.ru; **Vladislav I. Melikhov** – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director General of the Institute for Science. Phone: (495) 644-16-37 (additional phone number 246). E-mail: V.Melikhov@vniizhbeton.ru; **Grigory I. Kapaev** – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Laboratory of Chemical Additives. Phone: (495) 287-02-96 (additional phone number 265). E-mail: g.kapaev@vniizhbeton.ru.

LLC «Institute VNIizhelezobeton», Moscow, Russia.