

УДК 691.175

П.П. Гуюмджян, С.В. Коканин, С.В. Цыбакин*

ИИ ГПС МЧС России, *ФГБОУ ВПО Костромская ГСХА

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств пенополистирольных теплоизоляционных материалов. Эксплуатационный ресурс определялся на материалах, подверженных старению, действию жидких агрессивных сред и атмосферных воздействий. Выявлены деструктивные процессы, приводящие к разрушению стирольного пенопласта.

Ключевые слова: пенополистирол, деструкция, старение, морозостойкость.

Современное развитие строительной отрасли нашей страны немыслимо без применения полимерных материалов, к которым относят пенополистирол.

Энергоэффективность пенополистирола очень высока, но вместе с этим данный материал обладает рядом недостатков, к которым следует отнести: недолговечность, пожароопасность и токсичность.

При эксплуатации, хранении и рециклинге пенополистирол разрушается под действием внешних и внутренних факторов. Внутренними факторами являются процессы, связанные с естественной деструкцией полимера. Внешние факторы — это действие жидких агрессивных сред, а также атмосферные воздействия (колебание температуры и влажности) и старение (фото- и теплостарение). При длительном воздействии этих факторов происходит изменение структуры материала и, как следствие, его физико-механических свойств.

Исследования в области определения долговечности пенополистирола как теплоизоляционного материала являются весьма актуальными. Актуальность данного направления подтверждается и тем, что вопросы дальнейшего применения пенополистирола обсуждались на заседании круглого стола РААСН видными учеными и специалистами нашей страны. В результате работы круглого стола сформулированы следующие задачи: пенополистирол является одним из широко применяемых теплоизоляционных материалов как в нашей стране, так и за рубежом; применение пенополистирола в строительстве должно соответствовать всем строительным, пожарным и санитарно-техническим нормам, действующим в Российской Федерации; пенополистирол как теплоизоляционный строительный материал нуждается во всестороннем изучении как с точки зрения временной деструкции под воздействием внешних и внутренних факторов, так и долговечности [1—3].

В качестве исследуемых материалов применялись образцы беспрессового (EPS — expanded polystyrene) и экструдированного (XPS — extruded polystyrene) пенополистирола отечественного производства как наиболее распространенных полимеров. Исследовался беспрессовый пенополистирол компании ЗАО «Мосстрой-31», экструдированный — ООО «Полиспен». Найденные физико-механические характеристики отобранных образцов соответствуют требованиям нормативных документов и значениям результатов сертификационных испытаний.

Исследования фотостарения пенополистирольных материалов осуществлялось на экспериментальных установках ультрафиолетового (УФ) и инфракрасного (ИК) облучения. Согласно полученным данным коэффициент теплопроводности пенополистирольных образцов в результате фотостарения возрастает (рис. 1).

Результаты исследования физико-механических свойств пенополистирола вследствие фотостарения показали, что плотность материала падает, а водопоглощение возрастает за счет разрушения стенок ячеек и увеличения инфильтрации пенопласта

(рис. 2). Твердость уменьшается вследствие повышения поверхностной эрозии. Наблюдается растрескивание поверхности полимера и изменение его окраски.

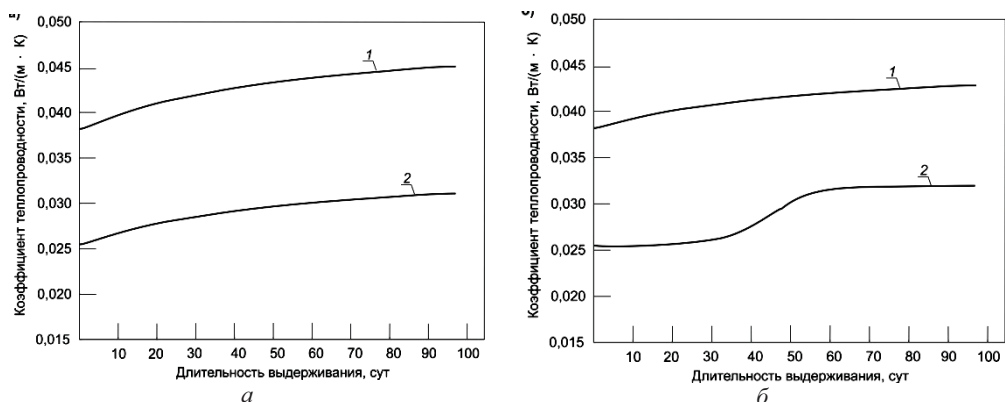


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности пенополистирольных образцов от длительности выдерживания в УФ (а) и ИК (б) свете: 1 — ПСБ; 2 — ЭППС

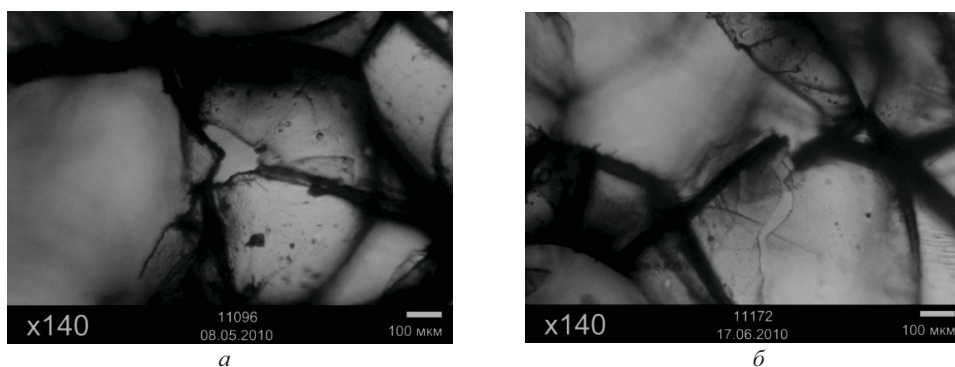


Рис. 2. Микроструктура экструдированного пенополистирола после 14 (а) и 56 (б) сут испытания на фотостарение

Деструкция пенополистирола, вызванная теплостарением, аналогична процессам, протекающим при фотостарении. Скорость развития этих процессов зависит от температуры окружающей среды. Так, к 7 сут испытания на теплостарение при температуре +30 °С наблюдается разрушение тонких оболочек структуры пенопласта и полная анизотропия ее текстуры, что пагубно влияет на физико-механические и теплоизоляционные свойства исходного материала. К 28 сут экспонирования происходит полное раскрытие пленок ячеек с образованием сквозных микропор и увеличением степени закрытой и открытой пористости пенопласта. Результаты исследования физико-механических свойств пенополистирола при теплостарении приведены на рис. 3.

Плотность беспрессового пенополистирола при выдержке его в нормальных условиях изменяется незначительно и во многом зависит от влажности окружающей среды. С увеличением температуры и времени выдержки плотность материала уменьшается. Так, при температуре выдержки +30 °С плотность к 28 сут испытания снижается на 6,5 %, а при +50 °С — на 9,1 %, что связано с уменьшением степени замкнутости ячеек. Разрушение стенок происходит за счет перепада давления газа внутри и снаружи ячеек в результате действия градиента температур. При температуре +60 °С плотность к 28 сут снижается на 13 %, наблюдается коробление и растрескивание поверхности образца, которое вызывает увеличение открытой пористости. Результаты исследований экструдированного пенополистирола свидетельствуют об уменьшении плотности при температуре +30 °С на 1,5 %. Дальнейшее увеличение температуры вызывает незначительное, по

сравнению с беспрессовым пенополистиролом, уменьшение плотности. Так, например, при температуре +40 °С этот показатель снижается на 2,6 %, а при +60 °С — на 4,1 %.

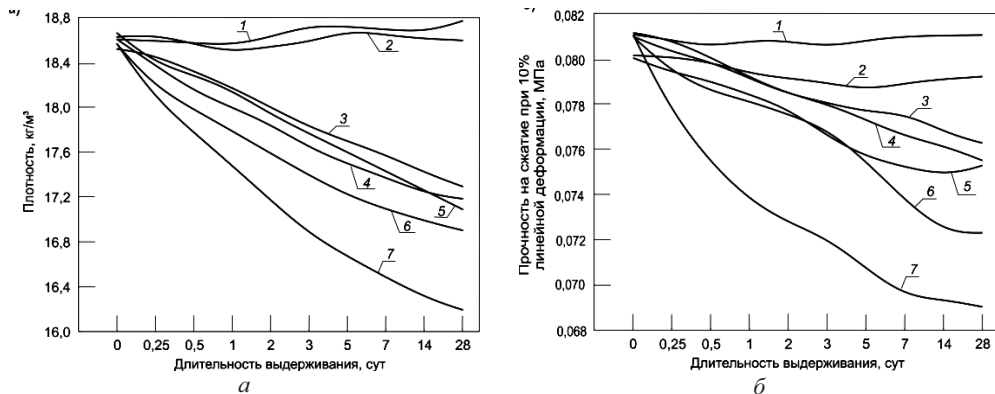


Рис. 3. Зависимость плотности (а) и прочности на сжатие при 10 % линейной деформации (б) пенополистирольных образцов от длительности выдерживания при температурах, °С: 1 — 18; 2 — 25; 3 — 30; 4 — 35; 5 — 40; 6 — 50; 7 — 60

Прочность на сжатие при 10%-й линейной деформации образцов из пенополистирола, изготовленного по беспрессовой технологии в интервале температур от +30 °С до +40 °С уменьшается на 6,2 %. При повышении температуры до +60 °С происходит резкое уменьшение прочностных характеристик материала на 16 %, аналогично ведет себя экструдированный пенополистирол. В интервале температур от +25 до +50 °С прочность на сжатие при 10%-й линейной деформации к 28 сут снижается на 1,1 %, а при температуре +60 °С — на 2,6 %. По мнению авторов, это связано с разрушением тяжелой структуры пенопласта.

Исследование деструкции пенополистирола во влажной среде проводилось в течение 1 года. Водопоглощение и объемное расширение (набухание) определялось на влажном материале, а механические характеристики — на высушенных образцах (табл. 1).

Табл. 1 Физико-механические свойства образцов пенополистирола после испытания на длительность водопоглощение

Марка	Показатель	Длительность выдерживания, сут							
		1	7	14	28	56	84	170	340
ЭПС	Объем, см ³	75,12	75,54	75,94	76,14	76,21	76,48	76,52	76,51
	Водопоглощение, %	0,98	1,77	2,15	2,83	3,94	4,78	5,64	5,65
	Прочность на сжатие при 10 % лин. деформ., МПа	0,390	0,380	0,371	0,368	0,364	0,365	0,364	0,365
ПСБ	Объем, см ³	74,92	75,96	76,12	76,31	76,54	76,82	77,03	77,05
	Водопоглощение, %	4,10	3,25	3,42	3,94	4,28	4,72	5,49	5,51
	Прочность на сжатие при 10 % лин. деформ., МПа	0,031	0,029	0,029	0,028	0,027	0,025	0,025	0,026

Результаты исследования физико-механических свойств пенополистирола при пониженных температурах приведены в табл. 2. Исследование пенополистирольных материалов на морозостойкость осуществлялось при различных условиях криостатирования (окружающая среда и температура).

После проведения испытаний на попеременное замораживание и оттаивание у пенополистирола увеличилась открытая пористость образцов, что подтверждается уменьшением твердости в результате поверхностной эрозии.

Табл. 2. Физико-механические свойства пенополистирола при испытании при пониженных температурах

Марка	Показатель	Исходные значения	Условия криостатирования и длительность выдерживания, цикл													
			Сухое состояние				Водонасыщенное состояние				В 5% водном растворе NaCl					
			75	100	150	75	100	150	75	100	150	75	100	150		
ЭПС	Потеря массы, %	0	0,9	1,2	1,5	1,0	1,4	1,5	1,3	1,6	1,8					
	Плотность, кг/м ³	34,8	31,9	30,2	29,5	31,5	28,8	26,7	29,1	27,9	25,5					
	Прочность на сжатие при 10 % лин. деформ., МПа	0,35	0,31	0,27	0,25	0,29	0,27	0,24	0,29	0,27	0,26					
	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,026	0,029	0,030	0,031	0,029	0,031	0,032	0,031	0,033	0,035					
ПСБ	Потеря массы, %	0	1,2	1,5	1,7	1,4	1,7	1,9	1,6	1,9	2,2					
	Плотность, кг/м ³	17,4	16,1	15,6	14,8	15,9	13,6	12,4	14,8	13,6	13,0					
	Прочность на сжатие при 10 % лин. деформ., МПа	0,09	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06				
	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,039	0,041	0,042	0,042	0,042	0,043	0,043	0,043	0,043	0,044	0,044				

Образцы не подверглись короблению, их форма не изменилась, окраска материалов сохранилась в первоначальном виде. У образцов беспрессового пенополистирола произошло отслоение поверхностной пленки, которая образуется при вспенивании материала и отщепления макроячеек — вспененных гранул. Наибольшая величина потери массы наблюдалась у образцов беспрессового пенополистирола с меньшими размерами гранул. Наиболее существенное влияние на пенополистирол оказывает водный раствор натриевой соли (агрессивная среда). Экспериментальные данные свидетельствуют о росте водопоглощения и уменьшении прочности на сжатие, что связано с разрушением структуры пеноматериала.

Экспериментально доказано снижение твердости стирольных пластиков. Влияние низких температур приводит к разрушению ячеистой структуры материала с появлением поверхностных пустот, что связано с образованием открытой пористости. Ухудшаются прочностные свойства, причем экспериментальные исследования показывают наибольшее ухудшение механических свойств при испытании в сухом состоянии. Это происходит за счет деформации скелета поропласта вследствие перепада давления газа внутри и снаружи замкнутых ячеек. Ухудшение механических свойств в результате разрушения ячеистой структуры материала и образование открытой пористости приводят к изменению теплофизических свойств пенопласта.

Исследование структуры пенополистирола при фото- и теплостарении показало развитие деструктивных процессов в материале, приводящие к нарушению целостности первоначальной структуры и текстуры материала. В результате экспонирования разрываются тяжи и узлы ячеек, что приводит к снижению физико-механических и теплоизоляционных свойств применяемого в строительстве пеностирольного полимера. Наиболее отрицательное влияние оказывает действие источников облучения на твердость пенополистирола, что является следствием повышения поверхностной эрозии материала. Для экструдированного пенополистирола при испытании на фотостарение значительно повышается водопоглощение.

Результаты исследования физико-механических свойств пенополистирола на теплостарение показали, что с увеличением температуры и времени выдержки плотность пенопласта уменьшается. Это связано с уменьшением степени замкнутости ячеек, разрушение которых происходит за счет перепада давления газа внутри и снаружи ячеек в результате действия температуры.

Выявлено, что водопоглощение увеличивается при теплостарении, что является следствием разрушения стенок ячеек пенополистирола и инфильтрации влаги по образовавшимся открытым порам. Экструдированный пенополистирол хуже воспринимает аномально высокие температуры.

Термодеструкция, как и фотодеструкция, снижает прочностные характеристики пенополистирола. Экспериментально установлено уменьшение твердости стирольных пластиков. Изменение температуры приводит к разрушению ячеистой структуры материала с появлением поверхностных пустот и открытых пор.

Изменение массы образцов после испытаний на попеременное замораживание и оттаивание свидетельствует о разрушении поверхности материала и отторжении поверхностных вспененных гранул. Наибольшая величина потери массы в результате попеременного замораживания и оттаивания наблюдается у образцов беспрессового пенополистирола с меньшими размерами гранул.

Все вышеперечисленные факторы оказывают влияние на физико-механические свойства пеностирольных строительных материалов, применяемых строительными организациями.

Библиографический список

1. Проблемы и перспективы применения пенополистирола в строительстве (Информация) // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 68—69.

2. Итоги круглого стола «Проблемы и перспективы применения пенополистирола в строительстве» [Электронный ресурс] / РААСН. Режим доступа: <http://www.raasn.ru>. Дата обращения: 17.03.2011.

3. Пена дней // Строительный эксперт. 2011. № 03—04 (315). С. 13—15.

Поступила в редакцию в декабре 2011 г.

Для цитирования: Гуюмджян П.П., Коканин С.В., Цыбакин С.В. Исследование долговечности пенополистирола строительного назначения // Вестник МГСУ. 2012. № 1. С. 88—93.

Об авторах: **Гуюмджян Перч Погосович** — доктор технических наук, **Ивановский институт государственной противопожарной службы МЧС России**;

Коканин Сергей Владимирович — преподаватель кафедры пожарной профилактики УНК «Государственный пожарный надзор», **Ивановский институт государственной противопожарной службы МЧС России**, 153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33, 8-(960)-513-34-24, s.kokanin@yandex.ru;

Цыбакин Сергей Валерьевич — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии, организации и экономики строительства, **Костромская государственная сельскохозяйственная академия (КГСХА)**, 156530, Костромская область, Костромской район, пос. Каравaeво, Учебный городок КГСХА, АСФ, 8-(4942)-66-18-88.

P.P. Guyumdzhan, S.V. Kokanin, S.V. Tsibakin

RESEARCHES OF WORKING LIFE OF FOAM POLYSTYRENE OF BUILDING APPOINTMENT

Results of experimental researches of physicommechanical properties of foam polystyrene thermal insulation materials are presented in article. The operational resource was defined on materials subject to ageing, action of liquid excited environments and atmospheric impacts. The destructive processes leading to destruction of foam polystyrene are revealed.

Key words: foam polystyrene, destruction, ageing, frost resistance.

References

1. *Problemy i perspektivy primeneniya penopolistirola v stroitel'stve (Informacija)* [Problems and prospects of application of foam polystyrene in construction (Information)]. *Stroitel'nye materialy* [Building materials], 2011, № 3, Pp. 68—69.

2. *Itogi kruglogo stola «Problemy i perspektivy primeneniya penopolistirola v stroi-tel'stve»* [The results of the round table "Problems and prospects of application of foam polystyrene in construction"]. RAABS. URL: <http://www.raasn.ru>.

3. *Pena dnei* [Foam of days]. *Stroitel'nyj jekspert* [Construction expert]. 2011. no 3-4 (315). Pp. 13—15.

About authors: **Guyumdzhan Perch Pogosovich** — Doctor of Technical Sciences, **Ivanovo Institute of State Fire Fighting Service of Emergency Control Ministry of Russia**;

Kokanin Sergey Vladimirovich — The teacher of Chair Fire preventive maintenance UNK "The State fire supervision", **Ivanovo Institute of State Fire Fighting Service of Emergency Control Ministry of Russia**, 33, pr. Builders, Ivanovo, 153040,+7-(960)-513-34-24, s.kokanin@yandex.ru;

Tsybakin Sergey Valerievich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department Technology, Organization and Economics of Construction, **Kostroma state agricultural-agricultural academy (KSAA)**, PP, campus KSAA, pos. Karavaevo, Kostroma district, Kostroma region, 156530,+7-(4942)-66-18-88.

For citation: Gуюmджян P.P., Коканин S.V., Цыбакин S.V. *Issledovanie dolgovechnosti penopolistirola stroitel'nogo naznachenija* [Researches of working life of foam polystyrene of building appointment]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering], 2012, no 1, Pp. 88—93.