

УДК 678

**Ф.А. Шутов, И.В. Щербанев, А.Б. Сивенков****ПЕНОКОМПОЗИТ PENOCOM®: НОВЫЙ ОГНЕСТОЙКИЙ  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ**

*Пенокомпозит PENOCOM® призван удовлетворить потребность строительного рынка России в легких огнестойких, экологически безопасных и энергосберегающих материалах на основе отечественного полимерного (неполиуретанового) сырья. PENOCOM® изготавливается по заливочной технологии без подвода тепла и давления извне, имеет группу горючести Г1 и плотность 30–500 кг/м<sup>3</sup>. На основе PENOCOM® производятся SIP- и сэндвич-панели, скорлупы для теплоизоляции магистральных нефтепроводов и локальных теплотрасс. Оценена огнестойкость модельных трехслойных строительных конструкций со средним слоем из PENOCOM®.*

*Пенокомпозит; теплоизоляционный материал; огнестойкий материал; строительные конструкции.*

**F.A. Shutov, I.V. Scherbanev, A.B. Sivenkov****FOAMED COMPOSITE PENOCOM®: NOVEL FIRERESISTANT THERMAL  
INSULATIVE MATERIAL FOR BUILDING CONSTRUCTIONS**

*Foamed composite PENOCOM® has been designed to fulfill requirements of Russian market in low-density fire resistant, environmentally benign and energy saving materials and constructions based on local polymeric (non-polyurethane) raw materials. The PENOCOM® is produced by casting technology without applying external heating and pressure. It has fire resistant grade G1 (self retarding) and range of densities from 30 to 500 kg/m<sup>3</sup>. The PENOCOM® is used for manufacturing SIP- and sandwich-panels and for shells of oil- and pipe-lines. The fire resistance of various small-size model three-layer panels with PENOCOM® as a middle layer has been estimated.*

*Foam composite; thermal insulation material; fire-proof material; building construction.*

Разработанный нами материал PENOCOM® принадлежит к инновационным материалам, поскольку в комплексе объединяет ряд уникальных свойств и призван удовлетворить потребность строительного рынка в огнестойком, энергосберегающем материале, изготавливаемом по экологически безопасной технологии на основе отечественного полимерного (неполиуретанового и неминерального) сырья.

В отличие от некоторых видов отечественных легких теплоизоляционных строительных материалов, пенокомпозит PENOCOM® полностью соответствует требованиям Федерального закона № 123-ФЗ («Технический регламент о требованиях пожарной безопасности») и относится к группе горючести Г1. При длительном (до 2 часов) воздействии пламени пропановой горелки (1500 °С) он не разрушается, а только коксуется. Материал обладает гораздо более высокой химической и биологической стойкостью по сравнению с пенополистиролом и пенополиуретаном, он устойчив к кислотам и щелочам, и не подвержен воздействию грызунов.

Семейство материалов PENOCOM® отличается широким диапазоном плотностей (30 до 500 кг/м<sup>3</sup>) и, соответственно, очень широким диапазоном теплопроводности и прочности. Например, коэффициент теплопроводности материала плотностью 55 кг/м<sup>3</sup> составляет 0,037 ккал/м час °С (т.е. соответствует теплопроводности пенополистирола ПСБ более низкой плотности), а с плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> – 0,054 ккал/м час °С. Такой диапазон технических характеристик позволяет использовать PENOCOM® высокой плотности не только как эффективный теплоизоляционный, но одновременно и как конструкционный материал.

Материалы семейства PENOCOM<sup>®</sup> получили федеральные сертификаты соответствия, горючести и санитарно-гигиенической безопасности. Учитывая повышенные требования к экологической безопасности, предъявляемой к современной теплоизоляции в строительстве, данные материалы прошли дополнительную экологическую экспертизу Федерального Агентства по Техническому Регулированию и Метрологии. По данным Агентства они экологически безопасны как при изготовлении, так и при эксплуатации. При этом концентрация выделяемых материалом таких токсичных веществ, как фенол, формальдегид, стирол, бензол, толуол и т.д. (всего 16 веществ), гораздо ниже ПДК (предельно допустимых концентраций).

Исходные композиции для получения PENOCOM<sup>®</sup> состоят их смеси двух жидких компонентов, выпускаемых отечественной промышленностью, также ряда жидких и твердых добавок (рецептура находится в стадии патентования). Для получения материала компоненты смешивают и полученную смесь заливают в форму, где она вспенивается без подвода тепла и давления извне. Таким образом, данная технология является энергосберегающей.

Вспенивание и отверждение пенопласта завершается в пределах 2–3 мин и может производиться в широком диапазоне температур наружного воздуха от –15 до +35 °С. Для снижения себестоимости и для регулирования плотности и повышения прочностных характеристик и водостойкости в композицию добавляются комплексные многоцелевые добавки. Важно отметить, что получение материалов PENOCOM<sup>®</sup> разной плотности достигается только за счет изменения соотношения компонентов композиции без изменения химического состава компонентов.

Получение изделий из PENOCOM<sup>®</sup> осуществляется по двум технологиям: вспениванием либо в открытых, либо в закрытых формах любых размеров и конфигураций. В первом случае (свободное вспенивание) композиция заливается в открытые полости: SIP- и сэндвич-панели, полые кирпичные и бетонные кладки, чердачные и кровельные перекрытия и т.д. Такая технология осуществляется как в заводских условиях, так и непосредственно на строительных площадках. При вспенивании в закрытых формах изготавливаются, например, скорлупы для теплоизоляции магистральных нефтепроводов, локальных паро- и теплотрасс; стандартные блоки 200x300x600 мм (заменяющие блоки из пено- и газобетона); монопанели с упрочненным поверхностным слоем; а также огнестойкие прозрачные перегородки, рамы дверей и окон, заполненные PENOCOM<sup>®</sup> и т.д.

Испытания элементов ограждающих конструкций с теплоизоляционным материалом «Пеноком» проводились в малогабаритной огневой печи (рис. 1–4) в условиях стандартного температурного режима пожара:

$$T_f - T_0 = 345 \lg(8\tau + 1),$$

где  $T_f$  и  $T_0$  – текущая и начальная температура в камере печи, °С, соответственно;  $\tau$  – время, мин.

Указанный температурный режим пожара достигался с помощью специальной газовой горелки с регулируемой подачей газа (пропана). Термопары обеспечивали автоматизированную регистрацию среднеобъемной температуры в печи, а также температуры на поверхности и внутри образца. Вертикально ориентированные образцы имели размер 150x150 мм, толщину 100 мм и плотность 50 кг/м<sup>3</sup>.

Стандартный температурный режим пожара используется для экспериментального определения предела огнестойкости строительных конструкций по ГОСТ 30247.0 и ГОСТ 30247.1 [1, 2]. Следует отметить, что отечественные методы количественной оценки предела огнестойкости строительных конструкций в печных устройствах и реализации температурно-временного режима пожара подобны стандартам ISO 834 и ASTM E-119 [3, 4].

В работе были проведены исследования огнестойкости модельных (малоразмерных) трехслойных ограждающих конструкций с теплоизоляцией среднего слоя из материала PENOCOM<sup>®</sup>. Параметры огнестойкости оценивались по потере теплоизолирующей способности в условиях стандартного температурного режима пожара с различными вариантами наружных облицовок:

- ◆ конструкция №1: цементно-стружечная плита (ЦСП) – PENOCOM<sup>®</sup> – два слоя гипсокартоновой (ГК) плиты;
- ◆ конструкция №2: слой древесностружечной плиты OSB – PENOCOM<sup>®</sup> – слой OSB;
- ◆ конструкция №3: один слой магнезита – PENOCOM<sup>®</sup> – два слоя ГК;
- ◆ конструкция №4: один слой OSB – PENOCOM<sup>®</sup> – два слоя ГК;
- ◆ конструкция №5: два слоя ГК – PENOCOM<sup>®</sup> – два слоя ГК.

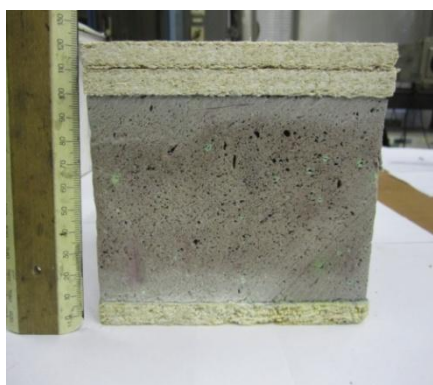


Рис. 1. Вид образца до испытаний



Рис. 2. Образец загружен в печь



Рис. 3. Конечная стадия испытаний



Рис. 4. Выемка образца после испытаний

Критерием оценки огнестойкости элементов модельных конструкций была выбрана потеря теплоизолирующей способности конструкции, а именно: время достижения критической температуры 180 °С внутри образца. Результаты огневых испытаний показывают, что время достижения критической температуры для пяти исследованных модельных трехслойных конструкций при трехмерном температурном воздействии заметно различается, а именно:

- ◆ для конструкции №1 за 7 минут;
- ◆ для конструкций №2 и №4 за 5 минут (рис.5);
- ◆ для конструкций №3 и №5 за 15 минут (рис. 6).

По результатам огневых испытаний установлено, что модельные трехслойные строительные конструкции с теплоизоляцией PENOCOM® и внешним слоем из магнетита и/или двумя слоями гипсокартона, вполне перспективны для использования в качестве полноразмерных противопожарных ограждающих конструкций. Для окончательного заключения необходимо проведение классификационных огневых испытаний полноразмерных панелей по ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94.

Разработанные огнестойкие теплоизоляционные материалы PENOCOM®, изготавливаемые на основе отечественного сырья и современных энергосберегающих и экологически безопасных технологий, позволят решить многие проблемы строительной индустрии России. Промышленное производство этих материалов и строительных конструкций на их основе начато в 2011 г. на заводе ЗАО «Домостроительство», группой компаний FACHMANN в Московской области [5, 6].

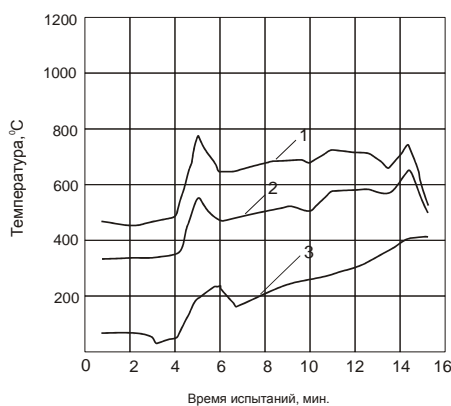


Рис. 5. Результаты испытаний огнестойкости трехслойной модельной конструкции №4: один слой OSB – PENOCOM® – два слоя Гипсокартона (1 – среднеобъемная температура в печи; 2 – температура на поверхности образца; 3 – температура внутри образца на расстоянии 4 см от поверхности)

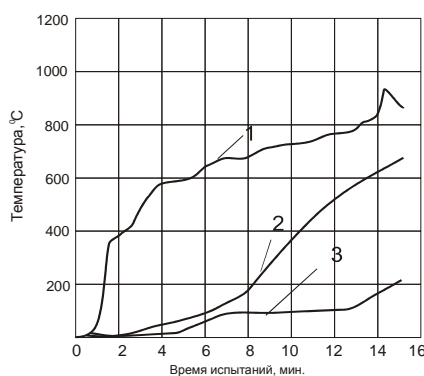


Рис. 6. Результаты испытаний огнестойкости трехслойной модельной конструкции №3: один слой магнетита – PENOCOM® – два слоя Гипсокартона (1 – среднеобъемная температура в печи; 2 – температура на поверхности образца; 3 – температура внутри образца на расстоянии 4 см от поверхности)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
2. ГОСТ 30247.1-94. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
3. ISO 834-75. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. General requirements.
4. ASTM E-119. Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials.
5. *Shutov F.A. et al.* Foam Based on Reactive Oligomers, Technomic, Society of Plastics Engineers USA, 1982.
6. *Шутов Ф.А.* Передовая технология каркасно-панельного домостроения СИП (SIP), РФ, Ассоциация СИП, 2012. – С. 93-97.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.В. Пузач.

**Шутов Федор Анатольевич** – ООО «НПК ПЕНОКОМ»; e-mail: fashutov@mail.ru; 115409, Москва, ул. Москворечье, 55, корп. 1; тел.: +74956556835; президент.

Shutov Fyodor Anatol'evich – “NPK PENOCOM, Inc.”; e-mail: fashutov@mail.ru; 55, Moskvorechie, korp. 1, Moscow, 115409, Russia; phone: +74956556835; president.

**Щербанев Игорь Владимирович** – e-mail: dronni2008@mail.ru; генеральный директор.

**Scherbanev Igor Vladimirovich** – e-mail: dronni2008@mail.ru; general manager.

**Сивенков Андрей Борисович** – Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; e-mail: sivenkov01@mail.ru; 129311, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; тел.: 84956172626, 89161745244; заместитель начальника УНЦ ППБС – начальник научно-исследовательского отдела проблем пожарной профилактики в строительстве и сертификации; к.т.н.; доцент.

**Sivenkov Andrey Borisovich** – State Fire Academy (University), Ministry of Civil Protection and Emergency Situation and Disaster Management of Russia; e-mail: sivenkov01@mail.ru; 4, B. Galushkina, Moscow, 129344, Russia; phone: +74956172626, 89161745244; vice director of education and research center in fire protective treatment and certification; cand. of eng. sc.; associated professor.

УДК 630.432

**В.В. Богданова, О.И. Кобец**

**СИНТЕЗ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И ТОРФА  
НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ И ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА**

*С использованием в качестве исходных реагентов недефицитных природных силикатов (бентонита, трепела), неорганических кислот и щелочных агентов получены суспензии ортофосфатов двух-, трехвалентных металлов-аммония, обладающие комплексными огнезадерживающими свойствами одновременно к древесине и торфу. Исследованы факторы, оказывающие влияние на их огнезащитно-огнетушащую эффективность и атмосферостойкость: фазовый состав, дисперсность и массовое соотношение жидкостного и нерастворимого компонентов суспензий, а также степень удерживания азот- и фосфорсодержащих соединений в материале. Установлено, что лучшие огнезадерживающие свойства и атмосферостойкость характерны для суспензий с большим содержанием мелкодисперсных частиц аморфного нерастворимого компонента как в нано-, так и в микродиапазоне. Предположено, что в этом случае обеспечивается прочное удерживание огнезащитного средства в порах горючего материала.*

*Суспензии фосфатов металлов-аммония; огнезащитно-огнетушащие свойства по отношению к древесине и торфу; атмосферостойкость.*