

В. А. ПРУСАКОВ, генеральный директор ООО "ПРОМИЗОЛ"

(Россия, 140073, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Томилино, мкр. Птицефабрика, лит. 2С, офис 215; e-mail: info@tdpromizol.com)

М. В. ГРАВИТ, канд. техн. наук, доцент кафедры "Строительство уникальных зданий и сооружений", Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; e-mail: marina.gravit@mail.ru)

Н. С. ТИМОФЕЕВ, ООО "ПРОМИЗОЛ" (Россия, 140073, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Томилино, мкр. Птицефабрика, лит. 2С, офис 215; e-mail: info@tdpromizol.com)

Я. Б. СИМОНЕНКО, студентка, Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; e-mail: YannaSimnna98@mail.ru)

К. В. ГУТОРОВ, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; e-mail: minedrot@gmail.com)

А. М. К. С. ШЕВЧЕНКО, студентка, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29; e-mail: shevchenko.a79215529163@yandex.ru)

УДК 614.842/.847

ОГНЕЗАЩИТА ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ШВОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Дан обзор огнестойких заделок деформационных швов как зарубежных, так и отечественных производителей. Показано, что для защиты деформационных швов при пожаре применяются огнестойкие заделки, специально разработанные для этих целей и гарантированно работающие при сжатии, растяжении и сдвиге шва. Обоснована необходимость выбора комплексного решения, обеспечивающего максимальное удовлетворение потребностей при выполнении огнезащитных работ по защите деформационного шва при воздействии пожара. Показано, что особое внимание следует уделять технологии сопряжения конструкций (изделий) огнестойких заполнений при их монтаже в деформационные швы по всей длине, гарантированно не допускающей появления технологических зазоров и пустот.

Ключевые слова: здания; сооружения; строительные конструкции; напряжения; пожарная безопасность; деформационные швы; линейные швы; огнезащита.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.45-56

Введение

По данным МЧС за 2016 г. на территории России произошло около 140 тыс. пожаров, уничтожено 35 тыс. и повреждено 88 тыс. зданий [1]. Огнестойкость здания, одна из его классификационных характеристик, рассчитывается на этапе проектирования. Это представляет собой важный этап в мероприятиях по обеспечению пожарной безопасности [2–5].

Сопряжения между ограждающими конструкциями здания, к которым предъявляются требования пожарной безопасности, делятся на деформационные (меняющие свои геометрические размеры под влиянием каких-либо факторов) и линейные, или строительные (не меняющие своих геометрических размеров).

Деформационные швы обеспечивают способность многоэтажных и многосекционных зданий

сопротивляться воздействию различных факторов в течение всего срока их эксплуатации без снижения несущей способности конструкций. Такие воздействия могут оказывать различные факторы, такие как сейсмическая активность, неравномерная плотность грунта, перепад температуры окружающей среды, повышенные нагрузки.

В зависимости от наиболее характерных видов нагрузок деформационные швы можно разделить на 4 типа [5]:

1) *температурные швы*, которые пронизывают сооружение сверху донизу — от пола до кровли, но фундамент не затрагивают; позволяют монолитным материалам свободно сжиматься и разжиматься при перепадах температур;

2) *осадочные швы*, разделяющие здание по всей высоте — от фундамента до крыши, чтобы избежать

опасных деформаций вследствие неравномерной деформации грунта;

3) *усадочные швы*, используемые в монолитном строительстве (бетон, затвердевая, усаживается крайне неравномерно, что приводит к созданию внутреннего напряжения и, как следствие, к образованию трещин);

4) *антисейсмические швы*, активно применяемые в сейсмически активных регионах.

К деформационным швам предъявляются определенные требования по огнестойкости, так же как и к перекрытиям, стенам и перегородкам, которые определяются согласно нормативной документации по пожарной безопасности строительной конструкции в целом. Отдельных требований по огнезащите при устройстве деформационных швов в российском законодательстве не существует: их огнестойкость регламентируется лишь в совокупности с остальными элементами конструкции [6–8]. Для увеличения огнестойкости конструкции применяют различные виды огнестойкой заделки, которую устанавливают внутри деформационных швов (рис. 1). Таким образом, понятие “огнестойкая заделка” можно определить как специальное огнестойкое заполнение строительного шва в узле примыкания ограждающих конструкций с нормированными пределами огнестойкости.

В зарубежной и российской системах нормативных документов, устанавливающих требования к деформационным швам, методы испытаний и принципы классификации средств огнезащиты для строительных конструкций имеют существенные отличия, поэтому изучение данных документов, в частности проведение сравнительного анализа, в настоящее время является необходимой частью общего процесса в области технического регулирования в Российской Федерации, направленного на изменение национальной системы стандартизации и интеграцию с другими системами европейского и мирового сообщества [9].

Российская методика испытаний, на основании которой устанавливаются пределы огнестойкости конструкции, имеющей огнестойкую заделку деформационных швов, изложена в ГОСТ 30247.0–94 и ГОСТ 30247.1–94. Пределы огнестойкости определяются по потере целостности (E) и потере теплоизолирующей способности (I).

Например, в настоящее время испытания на огнестойкость проводятся для огнестойкой заделки деформационного конструктивного шва, состоящей из терморасширяющегося герметика и внутреннего заполнения шва минеральной ватой; пределы огнестойкости, как правило, могут составлять EI 90 при плотности минеральной ваты до 110 кг/м³ и EI 180 при плотности не менее 110 кг/м³ (согласно офици-



Рис. 1. Деформационный шов без огнестойкого заполнения (а) и с огнестойким заполнением (б)

Fig. 1. Expansion joint without firestop cover (a) and expansion joint with firestop cover (b)

альным данным в сертификатах соответствия). При указанных испытаниях не учитывается растяжение и сжатие или сдвиг деформационного шва, в том числе циклические деформации растяжение – сжатие – сдвиг, неизбежно возникающие в процессе его эксплуатации, что делает результаты испытаний недостаточно объективными.

Цель настоящего исследования заключается в рассмотрении типов деформационных швов и в изучении применения огнестойкой заделки — материалов (изделий), которые устанавливаются в горизонтальные и вертикальные деформационные швы монолитных и сборных железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения и обеспечивают нераспространение и локализацию пожара в течение требуемого периода времени.

Необходимость использования огнезащиты деформационных швов

Правильное проектирование, устройство и монтаж деформационных швов имеют большое значение при строительстве, поскольку дают возможность обеспечить длительный срок службы основных несущих и ограждающих конструкций зданий, а также элементов внутренней и внешней отделки. Деформационные швы являются элементами узлов примыкания строительных конструкций, таких как стены, перегородки и перекрытия, для которых существуют требования по огнестойкости. В соответствии со ст. 88 Федерального закона № 123-ФЗ [6] места сопряжения противопожарных стен, перекрытий и перегородок с другими ограждающими конструкциями здания, сооружения, пожарного отсека должны иметь предел огнестойкости не менее, чем сопрягаемые преграды [10]. Согласно п. 5.2.1 СП 2.13130.2012 [11] данное требование касается всех конструкций

с нормируемыми пределами огнестойкости. Основная сложность заключается в том, что применение распространенных негорючих материалов невозможно из-за динамической работы деформационных швов (сжатие, растяжение, сдвиг), что приводит к ускоренному износу этих материалов [12, 13].

Для защиты деформационных швов в конструкциях при пожаре применяются специальные виды огнестойкой заделки, разработанные для эксплуатации в деформационных швах. Конструкции (изделия), в которых применяется такая огнестойкая заделка, выполняют свои функции и сохраняют все противопожарные характеристики как при сжатии шва, так и при его растяжении. В отличие от специальной заделки, например, минеральная вата, установленная в чистом виде в шов, при его сжатии еще будет сохранять какие-то защитные свойства, а при растяжении — сдвиге шва ни о какой серьезной защитной функции говорить не приходится. По мнению авторов, минеральная вата как конструктивный элемент защиты деформационного шва от огня не выдержит испытаний в условиях, имитирующих работу деформационного шва. Анализ и изучение пожароопасных свойств строительных материалов, оценка “поведения” конструкций при пожаре, проведение расчета прочности и устойчивости зданий при огневом воздействии — все это позволяет разработать и предложить потребителям высокоеэффективные способы огнезащиты конструктивных элементов [14–17].

Среди ведущих производителей систем огнезащиты деформационных швов следует упомянуть компании “Veda-France”, “Hilti”, ООО “Огнеза”, “Promat”, ООО “ПРОМИЗОЛ”. Конструктивные решения противопожарных заделок компаний “Veda-France”, “Hilti”, “Promat”, взятые из открытых источников, приведены на рис. 2–4.

Огнестойкие заполнения устанавливают для компенсации возможных изменений ширины шва от первоначальной ширины в горизонтальные и вертикальные деформационные швы монолитных и сборных железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения, а также в зазоры между торцом вертикальных стен и межэтажных перекрытий.

Противопожарная заделка компании “Promat” (см. рис. 4) может устанавливаться по двум схемам. По первой схеме (см. рис. 4,а) для защиты уплотнительной ленты 5 от пожара стык заполняется минеральной ватой 4 со стороны возможного воздействия огня. Заготовленный стыковой элемент PROMASEAL®-PL 1 устанавливается поверх минераловатного наполнения 4. Благодаря промежуточным слоям пеноматериала стыковой элемент упруго сжимается по ширине и, разжимаясь в полости

стыка, плотно устанавливается в нем (см. рис. 4,б). В случае пожара пеноматериал сгорает, а вспучивающийся материал PROMASEAL®-PL сильно увеличиваясь в объеме, образует огнестойкую пену, которая заполняет стык и заделывает его, предотвращая нагрев и прогорание уплотнительной ленты. Стыковой элемент PROMASEAL®-PL наклеивается kleem Promat® K84 на минераловатную полосу. Установленные в стыке элементы плотно соединяются между собой торцами. Для защиты от атмосферных воздействий используется силикон PROMASEAL®. При установке по второй схеме (см. рис. 4,б) стыковой элемент PROMASEAL®-PL может применяться также для уплотнения деформационных стыков (без уплотняющей ленты). Установка происходит, как описано выше, со стороны возможного воздействия пожара. Если воздействие пожара возможно с каждой стороны, стыковой элемент 1 следует устанавливать с обеих сторон.



Рис. 2. Конструктивное решение противопожарной заделки компании “Veda-France” (торговая марка Vedafeu)

Fig. 2. The constructive solution of the fire barrier of “Veda-France” (trademark Vedafeu)

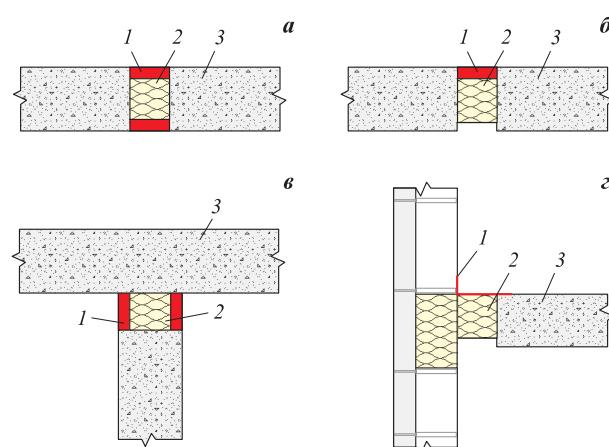
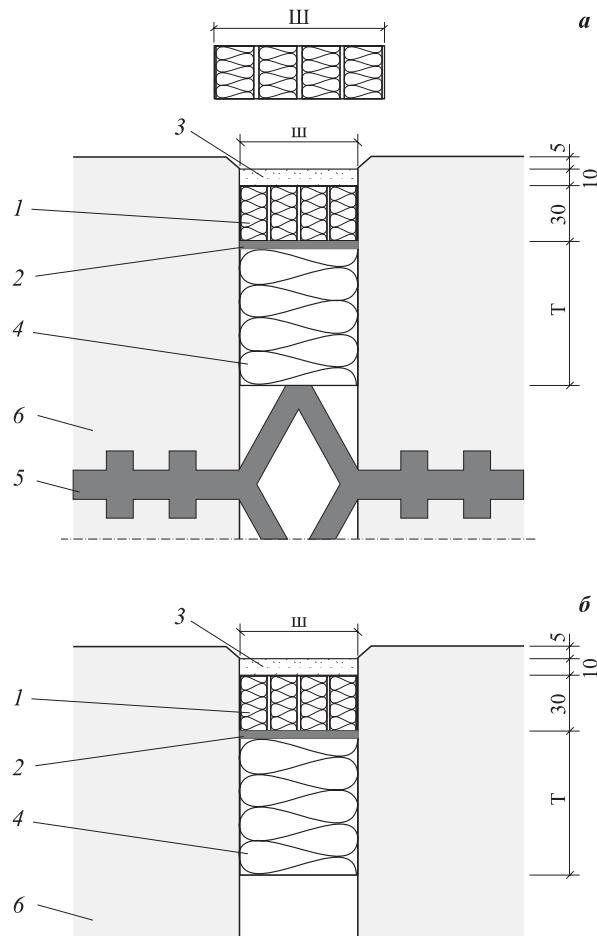


Рис. 3. Конструктивное решение противопожарной заделки компании “Hilti”: а — шов в стене; б — шов в перекрытии; в — шов примыкания стены к перекрытию; г — шов примыкания перекрытия к стене; 1 — противопожарный материал; 2 — минеральная вата; 3 — бетон

Fig. 3. The constructive solution of the fire barrier of “Hilti”: a — joint in wall; b — joint in floor slab; v — coupling joint of wall and floor slab; g — coupling joint of floor slab and wall; 1 — fire protecting material; 2 — rock wool; 3 — concrete



Рассмотрим также установку изделий для защиты деформационных швов на примере изделий производства ООО “ПРОМИЗОЛ” (рис. 5). Изделие “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” типа “шнур” обеспечивает огнезащиту деформационных швов шириной до 100 мм и огностойкостью до EI 240. Для обеспечения заданной огностойкости подобного изделия, предназначенного для огнезащиты деформационного шва, важно выполнять требования по соблюдению глубины его заделки с обогреваемой стороны. Для изделия “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” типа “шнур” это требование критично для заделки деформационных швов шириной 30 мм и менее. Глубина заделки в этом случае составляет не менее 50 мм.

Огнезащита деформационного шва шириной свыше 100 мм производится изделием “ПРОМИЗОЛ-Шов-П150/240” типа “подушка”, которое также предназначено для обеспечения огностойкости конструкции до EI 240. Схематично различия между огностойкими заделками деформационных швов типа “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш(П)150/240” типов “шнур” и “подушка” показаны на рис. 6 и 7.

Испытание на сейсмическое воздействие герметика “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” проводилось по ГОСТ 30546.1, ГОСТ 30546.2, ГОСТ 30546.3 моделированием сейсмического воздействия 9 баллов

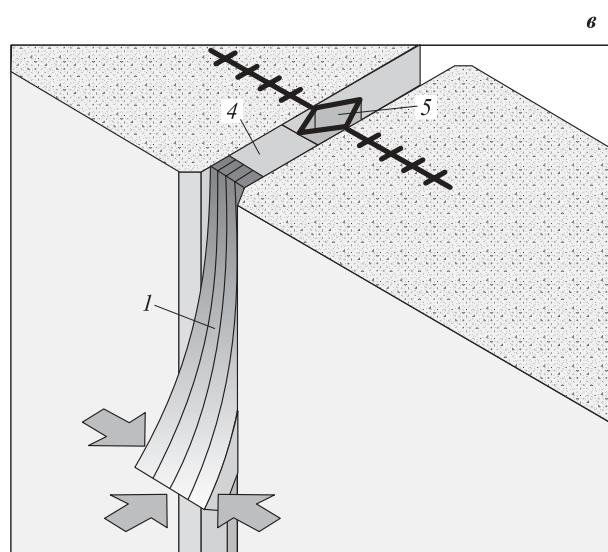


Рис. 4. Конструктивное решение противопожарной заделки компании “Promat”: *a* — деформационный стык с ПВХ-уплотнителем; *b* — без уплотнительной ленты; *в* — фрагмент заделки; 1 — стыковой элемент PROMASEAL®-PL; 2 — специальный клей Promat® K84; 3 — специальный кремний PROMASEAL®; 4 — заполнитель — минеральная вата; 5 — уплотнительная лента; 6 — бетон

Fig. 4. The constructive solution of the fire barrier of “Promat”: *a* — expansion joint with PVC-sealing; *b* — expansion joint without PVC-sealing; *v* — piece of expansion joint; 1 — coupling piece PROMASEAL®-PL; 2 — special glue Promat® K84; 3 — special silicon PROMASEAL®; 4 — rock wool; 5 — sealing cord; 6 — concrete



Рис. 5. Огнестойкая заделка деформационного шва изделием “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240-80”

Fig. 5. Filling expansion joint with firestop cover “PROMIZOL-Shov-Sh150/240-80”

по шкале MSK-64. Результатом испытаний стала разработка изделия “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” в сейсмическом исполнении (сертификат № РОСС RU.MO10.H01245).

Для понимания поведения деформационного шва и его свойств при механических воздействиях в процессе эксплуатации проводились испытания образцов в натуральную величину (диаметр 80 мм, длина 1000 мм) на испытательном оборудовании при указанных технических режимах согласно ТУ

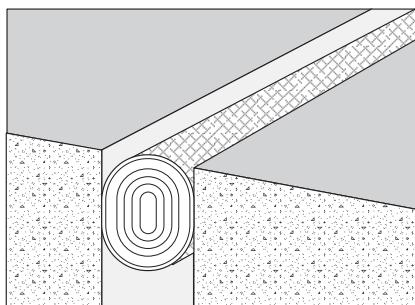


Рис. 6. Огнезащита деформационного шва шириной менее 100 мм огнестойкой заделкой “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” типа “шнур”

Fig. 6. Fire protection of expansion joint with width less than 100 mm by firestop cord “PROMIZOL-Shov-Sh150/240”

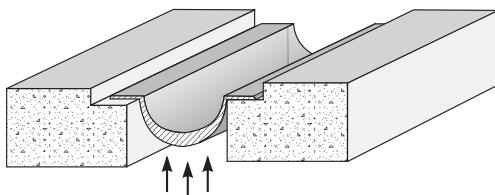


Рис. 7. Огнезащита деформационного шва шириной свыше 100 мм огнестойкой заделкой “ПРОМИЗОЛ-Шов-П150/240” типа “подушка”

Fig. 7. Fire protection of expansion joint with width more than 100 mm by firestop cushion “PROMIZOL-Shov-P150/240”

23.99.19-00-2017 “Испытания на механическую прочность противопожарного барьера для защиты деформационного шва”, разработанным ООО “ПРОМИЗОЛ”. Методика испытаний заключается в многократном изменении проектного размера имитатора деформационного шва с вмонтированным испытуемым изделием. При проведении испытаний пошагово увеличивается нагрузка в заданном направлении (сжатие, растяжение или сдвиг) до появления характерных разрушений или необратимых изменений изделия. Испытания показали, что “ПРОМИЗОЛ-Шов” имеет устойчивые деформационные характеристики (прочность на сжатие — до 60 %, растяжение — до 40 %, сдвиг — до 45 %), при которых отсутствуют механические повреждения и остаточная деформация. Получены также положительные результаты при испытании на цикличность сжатие – растяжение и на сдвиг. Данную методику механических испытаний заполнения деформационных швов можно использовать для проверки любых оболочных изделий, предназначенных для заделки деформационных швов. Для заделок, которые по принципу заполнения используют просто забивку (зачеканку) шва, нет физического смысла в проверке их деформационных свойств из-за отсутствия заданной однородности заполнения и контролируемых границ.

Огнестойкие заполнители ООО “ПРОМИЗОЛ” — одни из немногих систем, которые разрабатыва-

лись специально для эксплуатации в деформационных швах. Основной задачей разработчиков являлось обеспечение нераспространения огня даже при раскрытии шва на 50 %. Например, противопожарная заделка “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” типа “шнур” для защиты деформационного шва шириной от 20 до 100 мм с рекомендуемым диаметром изделия от 28 до 140 мм обеспечивает предел огнестойкости EI 150–240* (см. таблицу). Особую роль для достижения заявленных деформационных и огнестойких характеристик играет предварительное сжатие изделия, которое зависит от предполагаемой ширины защищаемого деформационного шва.

При производстве противопожарной заделки “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш(П)150/240” используется высококачественное базальтовое сверхтонкое волокно (БСТВ), расположенное особым образом. Контроль за содержанием твердых неволокнистых включений (так называемых “корольков”) размером свыше 0,25 мм, не превышающим 10 % от общей доли заполнителя, позволяет гарантировать работу изделия длительное время, соизмеримое со сроком эксплуатации проектируемых зданий. Кроме того, в систему огнезащиты “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” входит специальный огнезащитный клей, расход которого зависит от диаметра шнура.

Для предотвращения проникновения огня через стыки заделки при монтаже объектов, при обработке торцов противопожарных заделок “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш(П)150/240” используется специальная огнезащитная сетка.

Для огнезащиты линейных швов также применяется противопожарная заделка “ПРОМИЗОЛ-Шов”. Принцип огнезащиты линейных швов аналогичен огнезащите деформационных швов, но при этом используется материал, менее критичный в плане многократного изменения линейных размеров. Типовые решения по применению противопожарной заделки “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240” показаны на рис. 8 и 9.

Таким образом, огнестойкая заделка для деформационных швов представляет собой комплекс материалов и мероприятий, которые препятствуют проникновению открытого огня, лучистой энергии и продуктов горения через деформационные швы и включают в себя:

* Испытания на предел огнестойкости (EI) проводились по ГОСТ 30247.1 как на огнестойкость ограждающей конструкции, в которой был предусмотрен на всю длину печи шов проектной ширины, в который согласно регламенту по производству работ предварительно было вмонтировано изделие “ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240”. Испытания показали, что пределы огнестойкости (EI) противопожарной заделки “ПРОМИЗОЛ-Шов-П150/240” типа “подушка” при ширине деформационного шва от 150 до 400 мм с рекомендуемым размером противопожарной заделки от 220 до 570 мм составляет от 150 до 240 мин.

Основные эксплуатационные характеристики "ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240"
Main performance characteristics "PROMIZOL-Shov-Sh150/240"

№ п/п No.	Параметр Parameter	Значение параметра Parameter value
1	Плотность основного используемого материала, кг/м ³ / Density of the main material used, kg/m ³	75
2	Теплопроводность при температуре (20±5) °C, Вт/(м·К), не более / Thermal conductivity at a temperature of (20±5) °C, W/(m·K), not more than	0,04
3	Водопоглощение за 24 ч, % об., не более / Water absorption for 24 hours, % by vol., not more than	2
4	Стойкость к появлению плесени и грибков / Resistant to mold and fungi	Да / Yes
5	Влажность, % масс., не более / Humidity, % by mass, no more than	0,5
6	Сейсмоустойчивость / Seismic stability	Да / Yes
7	Виброустойчивость / Vibration resistance	Да / Yes
8	Упругость, % / Elasticity, %	75,50
9	Стойкость к большинству химических агрессивных веществ / Resistance to most chemicals aggressive substances	Да / Yes
10	Минимальный срок эксплуатации, лет / Minimum service life, years	30–40
11	Ремонтопригодность / Repairability	Да / Yes

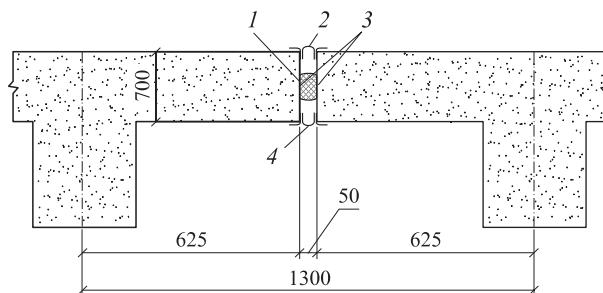


Рис. 8. Устройство примыкания перегородок к плите перекрытия шириной 50 мм с пределом огнестойкости EI 240: 1 — противопожарный барьер "ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240-80"; 2, 4 — нащельник деформационного шва (по согласованию с заказчиком); 3 — клеевая основа "ПРОМИЗОЛ-К"

Fig. 8. The structure of adjoining partitions to a plate of overlapping width of 50 mm with of fire resistance EI 240: 1 — firestop cover "PROMIZOL-Shov-Sh150/240-80"; 2, 4 — molding for expansion joint; 3 — glue base "PROMIZOL-K"

1) огнестойкую заделку, которая представляет собой не только негорючий материал, но и технологически сложную конструкцию, работающую в условиях циклической деформации;

2) материал для фиксации заделки к смежным строительным конструкциям, включающий в себя клеевые составы и монтажные наборы (перфорированные ленты и крепеж);

3) материалы для огнезащиты стыков самих заделок (как правило, для типового строительства выпускаются заделки определенной длины, обычно 2,0 м; для обеспечения огнестойкости стыков дополнительно прикладывается материал);

4) технологию монтажа;

5) проведение механических испытаний, подтверждающих возможность сохранения свойств заделки в процессе эксплуатации, в том числе при по-

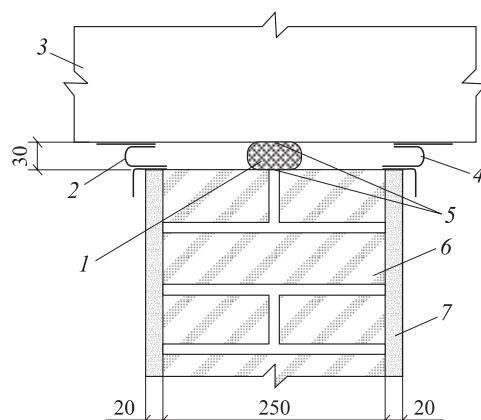


Рис. 9. Устройство деформационного шва шириной 30 мм с пределом огнестойкости EI 240: 1 — железобетонная плита перекрытия; 2, 4 — нащельник деформационного шва (по согласованию с заказчиком); 3 — противопожарный барьер "ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240-50"; 5 — клеевая основа "ПРОМИЗОЛ-К"; 6 — кирпичная кладка; 7 — отделка

Fig. 9. The structure of an expansion joint in width of 30 mm with limit of fire resistance EI 240: 1 — reinforced concrete floor slab; 2, 4 — molding for expansion joint; 3 — firestop cover "PROMIZOL-Shov-Sh150/240-50"; 5 — glue base "PROMIZOL-K"; 6 — brickwork; 7 — facing

следующем проведении огневых испытаний (после механических).

Заключение

Для защиты деформационных швов при пожаре используются огнестойкие заделки, специально разработанные для применения в деформационных швах, гарантированно работающие при циклических деформациях сжатия, растяжения и сдвига шва. Это их основное отличие от огнестойких заделок для конструкционных (линейных) швов.

Применение заделок позволяет заметно сократить трудозатраты при монтаже узла заполнения деформационного шва, уменьшить зависимость процесса монтажа узла заполнения деформационного шва от человеческого фактора, решить любую задачу по огнезащите швов и примыканий.

На основании исследования технологий огнезащиты деформационных швов (ГОСТ Р 54257–2010, [18–32] авторами определены основные требования к деформационным (механическим) и огнезащитным свойствам конструкций (изделий), предназначенных для огнезащиты деформационного шва и обеспечивающих комплексные эксплуатационные характеристики.

Конструкции (изделия), предназначенные для огнезащиты деформационного шва, должны обеспечивать:

- стабильную собственную механическую прочность на растяжение не менее 40 %; после испытания конструкция (изделие) не должна иметь механических повреждений и деформации наполнителя;
- стабильную собственную механическую прочность на сжатие не менее 50 %; после испытания конструкция (изделие) не должна иметь механических повреждений и деформации наполнителя;
- стабильную деформационную (механическую) прочность на сдвиг не менее 20 %; после испытания конструкция (изделие) не должна иметь механических повреждений и деформации наполнителя;
- сохранение упругих свойств при заявлении изготавителем максимальном воздействии на изделие при растяжении – сжатии – сдвиге не менее 100 циклов; после испытания конструкция (изделие) не должна иметь механических повреждений и деформации наполнителя;
- заявленную изготавителем огнестойкость изделия (EI), испытанную не менее чем при 20 %-ном расширении и сдвиге от проектной ширины деформационного шва, в том числе после проведения механических испытаний.

Перечисленные параметры рекомендуется представлять в технической документации изготавителя

конструкции (изделия) огнестойкой заделки для деформационного шва. Все конструкции (изделия), параметры которых не соответствуют требованиям, обозначенным выше, следует относить к изделиям для защиты недеформационных швов.

При применении других наполнителей для огнестойкого заполнения шва рекомендуется соблюдать вышеуказанные требования, используя материал, обеспечивающий деформационные характеристики как при сжатии шва, так и при его растяжении и сдвиге в течение всего срока предполагаемой эксплуатации здания. Особое внимание следует уделять технологии сопряжения конструкций (изделий) при монтаже огнестойкого заполнения в деформационные швы по всей длине, гарантированно не допускающей появления технологических зазоров и пустот.

В условиях открытой экономики и либерализации внешней торговли иностранная конкуренция играет роль фактора, стимулирующего создание более совершенных методов по защите зданий и сооружений от пожара. На текущий момент на рынке строительных материалов России представлено крайне мало отечественных производителей, большинство огнезащитных заполнений (заделок) европейского производства.

В настоящее время российские потребители огнезащитной продукции все больше внимания начинают уделять ее качеству, а не цене, что стимулирует отечественных производителей огнезащиты заниматься новыми разработками.

На основании вышесказанного предлагается разработать национальный стандарт “Конструкции строительные. Огнезащитное заполнение деформационных швов зданий и сооружений. Методы испытаний”, который бы конкретизировал особенности испытаний огнестойких заполнений деформационных швов на предел огнестойкости и дал возможность отказаться от испытаний подобных изделий по ГОСТ 30247.1, который не в полной мере отвечает требованиям к огнестойким заделкам деформационных швов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сведения о пожарах и их последствиях за 2016 год. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2016_god (дата обращения: 20.12.2017).
2. Осипов И. А., Зыбина О. А. Повышение предела огнестойкости деформационных швов строительных конструкций с помощью интумесцентной герметизирующей композиции // Инженерно-строительный журнал. — 2014. — № 8(52). — С. 20–24.
3. Голева Е. В., Стариков А. В. Современные инженерные решения, повышающие пожарную безопасность многоэтажных жилых зданий // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. — 2016. — № 1(6). — С. 1–4.
4. Qianli Ma, Wei Guo. Discussion on the fire safety design of a high-rise building // Procedia Engineering. — 2012. — Vol. 45. — P. 685–689. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.223.

5. Водржих Ф. Деформационные швы в конструкциях наземных зданий / Пер. с чеш. — М. : Стройиздат, 1978. — 224 с.
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 15.12.2017).
7. Маковей В. А. Подтверждение соответствия продукции, применяемой для защиты зданий и сооружений, требованиям пожарной безопасности // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. — 2016. — № 1(25). — С. 15–25.
8. Маковей В. А. Требования к контролю качества огнезащиты материалов, изделий и конструкций // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. — 2015. — № 4(24). — С. 18–28.
9. Еремина Т. Ю., Гравит М. В., Дмитриева Ю. Н. Конструктивные средства огнезащиты. Анализ европейских нормативных документов // Архитектура и строительство России. — 2012. — № 9. — С. 30–36.
10. Казакова В. А., Терещенко А. Г., Недвига Е. С. Пожарная безопасность высотных многофункциональных зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2014. — № 3(18). — С. 38–56.
11. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с изм. 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096437> (дата обращения: 20.12.2017).
12. Takabatake H., Yasui M., Nakagawa Y., Kishida A. Relaxation method for pounding action between adjacent buildings at expansion joint // Earthquake Engineering & Structural. — 2014. — Vol. 43, Issue 9. — P. 1381–1400. DOI: 10.1002/eqe.2402.
13. Орлович Р. Б., Зимин С. С., Рубцов Н. М. О расположении вертикальных деформационных швов в каменной облицовке наружных стен каркасно-монолитных зданий // Строительство и реконструкция. — 2014. — № 3(53). — С. 15–20.
14. Ильин Н. А., Битюцкий А. И., Шепелев А. П., Фролова Е. И., Эсмонт С. В. К оценке огнестойкости каменных стен и перегородок зданий // Градостроительство и архитектура. — 2012. — № 4(8). — С. 92–100.
15. Кирюханцев Е. Е., Иванов В. Н. Проблемы пожарной безопасности высотных зданий и пути их решения // Технологии техносферной безопасности. — 2013. — № 4(50). — 5 с.
16. Кривцов Ю. В., Пронин Д. Г. Огнестойкость зданий и сооружений: нормативные требования и расчетные обоснования // Вестник НИЦ Строительство. — 2014. — № 11. — С. 55–66.
17. Ильин Н. А. Определение огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений // Современные научно-исследовательские технологии. — 2009. — № 1. — С. 14–16.
18. Гордеев Н. А., Годунова Г. Н. Обеспечение огнестойкости проемов для прокладки кабельных изделий в противопожарных преградах при использовании терморасширяющейся противопожарной пены и огнестойкой монтажной пены // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 4. — С. 37–40. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.04.37-40.
19. Голиков А. Д., Черкасов Е. Ю., Григорьев Д. М. Прогнозирование предела огнестойкости стен зданий с температурными швами, заполненными огнестойкой пеной // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2013. — Т. 22, № 8. — С. 48–52.
20. Плетнёв В. И., Негуен С. Т. Экспериментальное исследование деформационных швов различной ширины в перемычках зданий сложной макроструктуры // Вестник гражданских инженеров. — 2011. — № 1(26). — С. 55–57.
21. Saknits T., Serduks D., Goremkins V., Pakrastins L., Vatin N. I. Fire design of arch-type timber roof // Magazine of Civil Engineering. — 2016. — Vol. 64, No. 4. — P. 26–39. DOI: 10.5862/mce.64.3.
22. Xiao Youyou, Zheng Yuying, Wang Xie, Chen Zhijie, Xu Zhe. Preparation of a chitosan-based flame-retardant synergist and its application in flame-retardant polypropylene // Journal of Applied Polymer Science. — 2014. — Vol. 131, No. 19. — Art. 40845. DOI: 10.1002/app.40845.
23. McHugh B. Filling the voids in firestopping — Promoting responsible firestop practices // The Construction Specifier. — 2003. — Vol. 56(7). — P. 64–71.
24. Lee Y. W., Kim G. Y., Gucunski N., Choe G. C., Yoon M. H. Thermal strain behavior and strength degradation of ultra-high-strength-concrete // Materials and Structures. — 2016. — Vol. 49, Issue 8. — P. 3411–3421. DOI: 10.1617/s11527-015-0728-x.
25. Lazarevska M., Cvetkovska M., Knežević M., Gavriloska A. T., Milanovic M., Murgul V., Vatin N. Neural network prognostic model for predicting the fire resistance of eccentrically loaded RC columns // Applied Mechanics and Materials. — 2014. — Vol. 627. — P. 276–282. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.627.276.

26. Kostić R., Vatin N., Murgul V. Fire safeguards of "Plastbau" construction // Applied Mechanics and Materials. — 2015. — Vol. 725-726. — P. 138–145. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.725-726.138.
27. Chaimahawan P., Pimanmas A. Seismic retrofit of substandard beam-column joint by planar joint expansion // Materials and Structures. — 2009. — Vol. 42, Issue 4. — P. 443–459. DOI: 10.1617/s11527-008-9393-7.
28. Franco A., Royer-Carfagni G. Contact stresses in adhesive joints due to differential thermal expansion with the adherends // International Journal of Solids and Structures. — 2016. — Vol. 87. — P. 26–38. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2016.02.036.
29. Zdanowicz Ł., Kisiel P., Kwiecień A. Stress redistribution in concrete floor on ground due to application of polymer flexible joint to fill expansion joint // Procedia Engineering. — 2015. — Vol. 108. — P. 467–474. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.06.172.
30. СП 13.13130.2009. Атомные станции. Требования пожарной безопасности (с изм. 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200075283> (дата обращения: 15.12.2017).
31. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084848> (дата обращения: 15.12.2017).
32. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87 (с изм. 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097510> (дата обращения: 15.12.2017).

Материал поступил в редакцию 26 декабря 2017 г.

Для цитирования: Прусаков В. А., Гравит М. В., Тимофеев Н. С., Симоненко Я. Б., Гуторов К. В., Шевченко А. М. К. С. Огнезащита деформационных и линейных швов зданий и сооружений // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 2–3. — С. 45–56. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.45-56.

English

FIRE RETARDANT COATING FOR EXPANSION AND LINEAR JOINTS IN BUILDINGS

PRUSAKOV V. A., General Director of OOO "PROMIZOL"
(Ptitsefabrika, 2C, office 215, Tomilino, Lyubertsy District, Moscow Region, 140073, Russian Federation; e-mail: info@tdpromizol.com)

GRAVIT M. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction of Unique Buildings and Structures, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Politekhnicheskaya St., 29, Saint Petersburg, 195251, Russian Federation; e-mail: marina.gravit@mail.ru)

TIMOFEEV N. S., OOO "PROMIZOL" (Ptitsefabrika, 2C, office 215, Tomilino, Lyubertsy District, Moscow Region, 140073, Russian Federation; e-mail: info@tdpromizol.com)

SIMONENKO Ya. B., Student, Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Politekhnicheskaya St., 29, Saint Petersburg, 195251, Russian Federation; e-mail: YannaSimnna98@mail.ru)

GUTOROV K. V., Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Politekhnicheskaya St., 29, Saint Petersburg, 195251, Russian Federation; e-mail: minedrot@gmail.com)

SHEVCHENKO A. M. K. S., Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Politekhnicheskaya St., 29, Saint Petersburg, 195251, Russian Federation; e-mail: shevchenko.a79215529163@yandex.ru)

ABSTRACT

Buildings and structures of complex architectural forms and large extent are subject to deformations under the influence of fluctuations in the temperature of the outside air, uneven sedimentation of the soil base, seismic phenomena and other causes. To prevent cracks in bearing and fencing structures, expansion joints are provided that cut the building into compartments. Proper design, construction and execution of expansion joints are of great importance in construction, as they provide the opportunity to provide long service life and fire resistance of the main load-bearing and enclosing structures of buildings, internal and external finishes.

Normative requirements for the device and technical parameters of fire protection of expansion joints do not currently exist, and since the expansion joints are elements of load-bearing and enclosing structures, their fire resistance is determined in conjunction with the rest of the elements of fire protection barriers, use and application is regulated by the norms of Russian federal legislation.

To increase the overall fire resistance of the construction, special fire barriers are used, which are installed inside the expansion joints. The article gives an overview of the fire barriers of expansion joints of both foreign and domestic producers. It is shown that for the protection of expansion joints in a fire, fire barriers are used, specially designed for use in expansion joints, which are guaranteed to work with compression, stretching and shear. It has been established that the production of innovative fire-retardant materials is one of the main tasks of fire safety, this is also the way of the consistent transformation of the idea into a product that passes through the stages of research, design development, production and realization in civil and industrial buildings. It is necessary to choose a comprehensive solution that ensures the maximum satisfaction of the requirements when performing fire protection work to protect the expansion joint when exposed to a fire.

The authors declare that the structures (products) intended for fire protection of the expansion joint should provide a stable own mechanical tensile strength of at least 40 %; at least 50 % compression; for a shift of not less than 20 %, the retention of elastic properties at the manufacturer's declared maximum tensile-compressive stress per product of not less than 100 cycles. After the test, the structures (articles) should not have mechanical damages and deformation of the filler, as well as the manufacturer's declared fire resistance tested with at least 20 % expansion from the design width of the expansion joint.

The listed parameters are recommended to be presented in the technical documentation of the manufacturer of the construction (product) of fireproof filling for the expansion joint. All designs (products), whose parameters do not meet the requirements indicated above, should be attributed to the products to protect the other types of joints.

When using other fillers for the fire barrier, it is recommended that the above requirements be met using material that provides deformation characteristics, both in the compression of the joint and during its stretching, and in the shear, during the entire period of the intended use. Particular attention should be paid to the technology of interfacing the structures (products) of fire barriers when they are installed in expansion joints along the entire length, which is guaranteed to prevent the appearance of technological gaps and voids. Proceeding from the experience of operating such sealing products, it is extremely important that the design of the fire-resistant seal allows during operation to observe the possible formation of gaps between the protected surface of the structure and the deformation body of the billet.

Keywords: buildings; constructions; building construction; tensions; fire safety; expansion joints; linear joints; fire protection.

REFERENCES

1. *Information on fires and their consequences for 2016* (in Russian). Available at: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2016_god (Accessed 20 December 2017).
2. Osipov I. A., Zybina O. A. Increase in fire resistance of building expansion joints via intumescent sealant composition. *Inzhenerno-stroitelnyj zhurnal / Magazine of Civil Engineering*, 2014, no. 8(52), pp. 20–24 (in Russian).
3. Goleva E. V., Starikov A. V. Modern engineering solutions that increase the fire safety of multi-storey residential buildings. *Aktualnyye problemy sotsialno-gumanitarnogo i nauchno-tehnicheskogo znanija / Actual Problems of Socio-Humanitarian and Scientific-Technical Knowledge*, 2016, no. 1(6), pp. 1–4 (in Russian).
4. Qianli Ma, Wei Guo. Discussion on the fire safety design of a high-rise building. *Procedia Engineering*, 2012, vol. 45, pp. 685–689. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.223.
5. Voldřich F. *Dilatační spáry v pozemních stavbách*. Praha, SNTL, 1976 (in Czech). (Russ. ed.: Voldrzikh F. Deformatsionnyye shvy v konstruktsiyakh nazemnykh zdaniy. Moscow, Stroyizdat Publ., 1978. 224 p.).
6. *Technical regulations for fire safety requirements*. Federal Law on 22.07.2008 No. 123 (ed. 29.07.2017) (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (Accessed 15 December 2017).
7. Makovey V. A. Confirmation of conformity of products used for the protection of buildings and structures, on fire safety requirements. *Chrezvychaynyye situatsii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost / Emergencies: Industrial and Environmental Safety*, 2016, no. 1(25), pp. 15–25 (in Russian).

8. Makovey V. A. Requirements for quality control of fire protection of materials, products and structures. *Chrezvychaynyye situatsii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost / Emergencies: Industrial and Environmental Safety*, 2015, no. 4(24), pp. 18–28 (in Russian).
9. Eremina T. Yu., Gravit M. V., Dmitrieva Yu. N. Constructive means of fire protection of building structures. Analysis of the European regulations. *Arkhitektura i stroitelstvo Rossii / Architecture and Construction of Russia*, 2012, no. 9, pp. 30–36 (in Russian).
10. Kazakova V. A., Tereshchenko A. G., Nedviga E. S. The high-rise buildings fire safety. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy / Construction of Unique Buildings and Structures*, 2014, no. 3(18), pp. 38–56 (in Russian).
11. Set of rules 2.13130.2012. *Systems of fire protection. Fire-resistance security of protecting units* (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200096437> (Accessed 20 December 2017)
12. Takabatake H., Yasui M., Nakagawa Y., Kishida A. Relaxation method for pounding action between adjacent buildings at expansion joint. *Earthquake Engineering & Structural*, 2014, vol. 43, issue 9, pp. 1381–1400. DOI: 10.1002/eqe.2402.
13. Orlovich R. B., Zimin S. S., Rubcov N. M. Location vertical extension joints in stone facing of external multi-layer walls of frame-monolithic multi-storey building. *Stroitelstvo i rekonstruksiya / Construction and Reconstruction*, 2014, no. 3(53), pp. 15–20 (in Russian).
14. Ilin N. A., Bityutskiy A. I., Shepelev A. P., Frolova E. I., Esmont S. V. Assessment of fire resistance of masonry walls and partitions of buildings. *Gradostroitelstvo i arkhitektura / Urban Construction and Architecture*, 2012, no. 4(8), pp. 92–100 (in Russian).
15. Kirukhancev E. E., Ivanov V. N. The problems of high-rise buildings fire safety and the ways of their solving. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2013, no. 4(50). 5 p. (in Russian).
16. Krivtsov Yu. V., Pronin D. G. Fire resistance of buildings and structures: regulation requirements and calculation justifications. *Vestnik NITs Stroitelstvo / Herald Research Center of Construction*, 2014, no. 11, pp. 55–66 (in Russian).
17. Ilin N. A. Determination of fire resistance of building structures of buildings and structures. *Sovremenныe naukoyemkiye tekhnologii / Modern High Technologies*, 2009, no. 1, pp. 14–16 (in Russian).
18. Gordeev N. A., Godunova G. N. Fire resistance ensuring of structural openings for cablings in fire stop barriers with using of the thermoexpansion fire-resistant foam and fire-resistant polyurethane foam. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 4, pp. 37–40 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.04.37-40.
19. Golikov A. D., Cherkasov E. Yu., Grigoriev D. M. Forecasting limit of fire resistance of walls of buildings with expansion joints filled with fire-resistant foam. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 8, pp. 48–52 (in Russian).
20. Pletnov V. I., Nguyen Cao Trung. Experimental research of deformation seams of various width in the bridges of buildings of complicated macrostructure. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov / Bulletin of Civil Engineers*, 2011, no. 1(26), pp. 55–57 (in Russian).
21. Saknite T., Serduks D., Goremkins V., Pakrastins L., Vatin N. I. Fire design of arch-type timber roof. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, vol. 64, no. 4, pp. 26–39. DOI: 10.5862/mce.64.3.
22. Xiao Youyou, Zheng Yuying, Wang Xie, Chen Zhijie, Xu Zhe. Preparation of a chitosan-based flame-retardant synergist and its application in flame-retardant polypropylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 2014, vol. 131, no. 19, art. 40845. DOI: 10.1002/app.40845.
23. McHugh B. Filling the voids in firestop — Promoting responsible firestop practices. *The Construction Specifier*, 2003, vol. 56(7), pp. 64–71.
24. Lee Y. W., Kim G. Y., Gucunski N., Choe G. C., Yoon M. H. Thermal strain behavior and strength degradation of ultra-high-strength-concrete. *Materials and Structures*, 2016, vol. 49, issue 8, pp. 3411–3421. DOI: 10.1617/s11527-015-0728-x.
25. Lazarevska M., Cvetkovska M., Knežević M., Gavriloska A. T., Milanovic M., Murgul V., Vatin N. Neural network prognostic model for predicting the fire resistance of eccentrically loaded RC columns. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 627, pp. 276–282. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.627.276.
26. Kostić R., Vatin N., Murgul V. Fire safeguards of “Plastbau” construction. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 725-726, pp. 138–145. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.725-726.138.
27. Chaimahawan P., Pimanmas A. Seismic retrofit of substandard beam-column joint by planar joint expansion. *Materials and Structures*, 2009, vol. 42, issue 4, pp. 443–459. DOI: 10.1617/s11527-008-9393-7.
28. Franco A., Royer-Carfagni G. Contact stresses in adhesive joints due to differential thermal expansion with the adherends. *International Journal of Solids and Structures*, 2016, vol. 87, pp. 26–38. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2016.02.036.

29. Zdanowicz Ł., Kisiel P., Kwiecień A. Stress redistribution in concrete floor on ground due to application of polymer flexible joint to fill expansion joint. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 108, p. 467–474. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.06.172.
30. Set of rules 13.13130.2009. *Nuclear power plants. Fire safety requirements* (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200075283> (Accessed 15 December 2017).
31. Set of rules 20.13330.2011. *Loads and actions*. The updated edition of Construction Norms and Regulations 2.01.07–85* (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200084848> (Accessed 15 December 2017).
32. Set of rules 70.13330.2012. *Load-bearing and separating constructions*. The updated edition of Construction Norms and Regulations 3.03.01–87 (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200097510> (Accessed 15 December 2017).

For citation: Prusakov V. A., Gravit M. V., Timofeev N. S., Simonenko Ya. B., Gutorov K. V., Shevchenko A. M. K. S. Fire retardant coating for expansion and linear joints in buildings. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 2-3, pp. 45–56 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.45-56.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ : монография.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 104 с. : ил.



Изложены современные подходы к нормированию площадей пожарных отсеков и раскрыты требования к ним. Предложен метод научно-технического обоснования размеров пожарных отсеков с учетом вероятностного подхода на основе расчета пожарного риска. Рассмотрены возможности расчета вероятностных показателей, используемых в разработанном методе. Представлены основные достижения в данном направлении отечественной и зарубежной науки; приведены сведения о положительных и отрицательных сторонах действующей системы технического регулирования.

Монография ориентирована на научных и инженерных работников, занимающихся вопросами проектирования противопожарной защиты зданий и сооружений, а также на научных и практических работников пожарной охраны, преподавателей и слушателей учебных заведений строительного и пожарно-технического профиля, специалистов страховых компаний, занимающихся вопросами оценки пожарного риска.

Монография рекомендуется к использованию при выполнении научно-исследовательских и нормативно-технических работ по оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, в том числе тех, на которые отсутствуют нормы проектирования, а также при проведении оценки страхования пожарных рисков.

Разработанный метод расчета может быть положен в основу технических регламентов и сводов правил в области строительства и пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru