

***ТР-5043***

---

# **ОГНЕСТОЙКОСТЬ ОСТЕКЛЕННЫХ ФАСАДОВ**

**Обзор зарубежных источников**

---

**СИТИС**

---

Строительные Информационные Технологии и Системы  
[www.sitis.ru](http://www.sitis.ru)

**ТР-5043.**

**Огнестойкость остекленных фасадов  
Обзор зарубежных источников**

**Редактор:**

**Грачев В.Ю.**

**Переводчики:**

**Борноволова Е. А.**

**Патрушева Н. А.**

**Слепушкин В. А.**

**© ООО «СИТИС», 2009 г.**

**© Грачев В.Ю., 2009 г.**

**ООО «СИТИС»**

**620028 Екатеринбург, ул. Долорес Ибаррури, 2**

**Тел: 310-00-99 e-mail: support@sitis.ru**

**www.sitis.ru**

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
Обзор источников.....	6
Термины и определения.....	7
Словарь терминов.....	11
EN 1363–1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ.....	12
Применение результатов испытаний.....	12
Стендовое оборудование и его применение.....	13
Условия проведения испытаний.....	21
Испытываемые образцы.....	25
Установка испытываемого образца.....	26
Предварительная обработка.....	28
Порядок проведения испытаний.....	29
Эксплуатационные показатели.....	32
Протокол испытания.....	33
EN 1363–2. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ.....	35
Альтернативные температурные режимы.....	35
Испытание на удар.....	37
Измерение теплового излучения.....	39
ENV 1363–3. ПРОВЕРКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧЕЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ.....	40
Измерительные элементы.....	40
Установка измерительного элемента.....	44
Применение контрольно-измерительного оборудования.....	45
Порядок проведения испытаний.....	45
Критерии проверки.....	45
Протокол испытания.....	46
Дополнительные измерения.....	47
EN 1364–1. ИСПЫТАНИЯ НЕНЕСУЩИХ СТЕН НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ.....	49
Стендовое оборудование и его применение.....	49
Условия проведения испытаний.....	59
Испытываемые образцы.....	60
Установка испытываемого образца.....	61
Предварительная обработка.....	61
Порядок проведения испытаний.....	61
Эксплуатационные показатели.....	61
Протокол испытания.....	61
Сфера прямого применения результатов испытаний.....	61
Особые требования к испытанию остекленных элементов или несущих стен с остеклением.....	62
prEN 15254-4. РАСШИРЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ. НЕНЕСУЩИЕ СТЕНЫ. ОСТЕКЛЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ.....	65
Общие принципы.....	65
Общие правила.....	67
Изменение системы остекления.....	68
Изменение каркасной системы.....	71
Изменение огнестойкого остекленного элемента.....	73
Примеры.....	75
Расчет теплового излучения.....	77
EN 1364–3. ИСПЫТАНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ (ПОЛНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ, ПОЛНАЯ СБОРКА).....	80
Стендовое оборудование и его применение.....	80
Условия проведения испытаний.....	87
Испытываемые образцы.....	87
Установка испытываемого образца.....	88
Предварительная обработка.....	88
Порядок проведения испытаний.....	88
Эксплуатационные показатели.....	88
Протокол испытания.....	89
Сфера прямого применения результатов испытаний.....	89
Испытание навесных фасадов (полная конфигурация).....	89
EN 1364–4. ИСПЫТАНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ (ЧАСТИЧНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ).....	92
Стендовое оборудование и его применение.....	92

Условия проведения испытаний .....	95
Испытываемые образцы .....	95
Установка испытываемого образца .....	96
Предварительная обработка .....	96
Порядок проведения испытаний .....	96
Эксплуатационные показатели .....	97
Протокол испытания .....	97
Сфера прямого применения результатов испытаний .....	98
Испытание навесных фасадов (частичная конфигурация) .....	98
Описание стандартных конфигураций .....	104
LPR 11. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОГНЯ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ С ОСТЕКЛЕННЫМИ НАВЕСНЫМИ ФАСАДАМИ .....	112
Обзор типовых форм навесных фасадных систем .....	112
Методология эксперимента .....	113
Экспериментальная работа .....	116
Сводная таблица результатов .....	152
Заключение .....	152
Список литературы .....	154

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Вопросы нормирования и оценки огнестойкости остекленных фасадов и перегородок являются актуальными при проектировании и строительстве современных зданий. При этом спектр отечественных нормативных документов, методик и руководств освещает эти вопросы не очень широко, а соответствующая зарубежная нормативная и техническая литература представлена фрагментарно.

Цель данного обзора представить вниманию специалистов дополнительную информацию по вопросам огнестойкости остекленных фасадов. Возможно, это окажет содействие при оценке возможных решений и направлении исследований.

Обзор не претендует на всеобъемлющее и объективное описание данной проблематики, а является только изложением информации по теме из источников, которые были доступны авторам. Информация дается только по литературе на английском языке, литература на других языках в подборке источников отсутствует.

Коллектив авторов

## ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ

Обзор зарубежных источников «Огнестойкость остекленных фасадов» составлен на основе европейских стандартов по проведению испытаний на огнестойкость, включая следующие источники:

- общие требования к проведению испытаний (EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования»);
- особые требования к проведению испытаний (EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры»);
- требования к печам для проведения испытаний на огнестойкость (ENV 1363-3 «Испытания на огнестойкость. Часть 3: Проверка эксплуатационных характеристик печей»);
- требования к проведению испытаний на огнестойкость несущих конструкций, а именно: несущих стен и остекленных фасадов (EN 1364-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены», prEN 15254-4 «Расширенное применение результатов испытаний на огнестойкость. Несущие стены. Часть 4: Остекленные конструкции», EN 1364-3 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 3: Навесные фасады. Полная конфигурация (полная сборка)», EN 1364-4 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 4: Навесные фасады. Частичная конфигурация»).

В тексте сохранены порядок изложения и стилистика европейских стандартов и приведены комментарии в сравнении с российскими нормативными документами (ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования»). Комментарии выделены *курсивом*. Следует отметить, что сравниваемая информация по общим требованиям к проведению испытаний на огнестойкость из стандарта ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» была гармонизирована со стандартом Международной организации по стандартизации ISO 834-1 «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования» 1975 года выпуска, в то время как соответствующая информация в представленных в обзоре европейских стандартах соотносится с более современной версией стандарта ISO 834-1, выпущенной в 1999 году.

Помимо вышеперечисленных стандартов обзор зарубежных источников включает в себя данные из отчета Совета по предотвращению убытков (Loss Prevention Council), составленного для Ассоциации британских страховщиков и Страховой ассоциации Ллойда (LPR-11 «Распространение огня в многоэтажных зданиях с остекленными навесными фасадами»), в котором приводятся результаты 11 испытаний, проведенных с целью измерения способности навесных фасадных систем препятствовать распространению огня на вышележащие этажи и прилегающие здания.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Базовое испытание (*reference test*)** – испытание на огнестойкость в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены», и, если необходимо, со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры», на котором основано расширенное применение, и результаты которого используются в качестве основного источника данных для расширенного применения. Базовое испытание может также использоваться как испытание начального типа в целях присвоения огнестойкому стеклу знака соответствия европейским стандартам. Базовое испытание предоставляет данные для определения соответствия эксплуатационным показателям (например, целостности или теплоизоляционной способности и целостности), максимальной площади оконного стекла и размеров огнестойкого стекла, разрешенным изменениям размеров каркасной системы, максимальным размерам огнестойкого остекленного элемента для каждого типа материала каркаса, изменениям системы остекления. [prEN 15254-4]

**Вертикальный импост (*mullion*)** – вертикальный элемент каркасной конструкции навесного фасада, разделяющий два смежных оконных стекла или панели, и поддерживающий смежные элементы заполнения, зоны остекления, панели или двери. [EN 1364-1, EN 1364-3, EN 1364-4]

**Время превышения нормы (*overrun time*)** – период времени огнестойкости (в минутах), превысивший время огнестойкости по классификации согласно результатам базового испытания, являющийся предметом расширенного применения. [prEN 15254-4]

**Горизонтальный импост (*transom*)** – горизонтальный элемент каркасной конструкции навесного фасада, разделяющий два смежных оконных стекла или панели, и поддерживающий смежные элементы заполнения, зоны остекления, панели или двери. [EN 1364-1, EN 1364-3, EN 1364-4]

**Данные предыдущих испытаний (*historical test data*)** – данные, полученные в результате испытаний на огнестойкость, проведенных в соответствии с предшествующими или текущими национальными стандартами, основанные на кривой «температура – время», по аналогии с той, что описана в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» (и определена в стандарте ISO 834-1 «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования»), в ходе которых регистрировалось давление в печи. Если же давление в печи не регистрировалось в ходе подобных испытаний, как указано в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования», следует обратить внимание на оценку целостности. Данные предыдущих испытаний считаются пригодными при условии, что с момента их получения изделие не претерпело изменений. [prEN 15254-4]

**Дискретная(ые) зона(ы) (*discrete area(s)*)** – часть(и) общей поверхности конструкции, исключая раму, стыковые соединения и т.п., которые могут иметь иную пожарно-изоляционную характеристику. [EN 1363-1]

**Измерительный элемент (*measuring element*)** – устройство для измерения теплового воздействия в печи при проведении испытаний на огнестойкость. [ENV 1363-3]

**Изолированная несущая стена (*insulated non-loadbearing wall*)** – стена с остеклением или без него, соответствующая показателям целостности и теплоизолирующей способности на ожидаемый период огнестойкости. [EN 1364-1]

**Изолированное остекление (*insulated glazing*)** – огнестойкое остекление, соответствующее показателям целостности и теплоизолирующей способности на ожидаемый период огнестойкости. [EN 1364-1]

**Испытательная нагрузка (*test load*)** – нагрузка, прилагаемая к испытываемому образцу. [EN 1363-1]

**Испытательная рама (*test frame*)** – рама, на которой закреплена испытываемая конструкция, с целью помещения её в печь. [EN 1363-1]

**Испытываемая конструкция (*test construction*)** – а) испытываемый образец, вмонтированный в опорную конструкцию [EN 1363-1]; б) сочетание измерительных элементов с опорной конструкцией. [ENV 1363-3]

**Испытываемый образец (*test specimen*)** – элемент (или часть) строительной конструкции, предназначенный для определения его огнестойкости или его влияния на огнестойкость другого строительного элемента. [EN 1363-1]

**Каркасная система (*framing system*)** – профиль каркаса и крепления к опорной конструкции (например, стена). [prEN 15254-4]

**Коэффициент пропорциональности (*aspect ratio*)** – отношение высоты оконного стекла к его ширине. [EN 1364-1]

**Кривая огневого воздействия извне (*external fire exposure curve*)** – альтернативный режим нагрева, используемый для моделирования огневого воздействия на стену извне. [EN 1364-4]

**Межоконная панель (*spandrel panel*)** – панель в пределах межоконного пространства. [EN 1364-4]

**Межоконное пространство (*spandrel area*)** – пространство навесного фасада между двумя горизонтальными зонами, обычно между остеклением, маскирующим край плиты перекрытия. [EN 1364-4]

**Механическая прочность (*mechanical stability*)** – способность выдерживать вес элемента навесного фасада, отпавшего от образца в результате повреждения крепления. [EN 1364-4]

**Навесной фасад (*curtain wall(walling)*)** – обычно состоит из соединенных между собой и закрепленных на опорной конструкции здания вертикальных и горизонтальных элементов, заполненных для формирования легковесной, ограждающей пространство сплошной облицовки, которая отдельно или в сочетании с конструкцией здания выполняет все обычные функции наружной стены, но не обеспечивает несущих характеристик здания. [EN 1364-3, EN 1364-4]

**Надоконная панель (*downstand*)** – особый тип межоконной панели, направленной от перекрытия вниз, включая или исключая пространство перед перекрытием. Прим. Термин «надоконная панель» взят из российской практики, поскольку он отражает смысл английского термина «downstand», хотя и не является его буквальным переводом. [EN 1364-4]

**Негерметичность (*smoke leakage*)** – способность элемента конструкции сокращать проникновение горячих и/или холодных газов или дыма с одной стороны элемента на другую до уровней ниже тех, что были заданы. [EN 1363-1]

**Неизолированная несущая стена (*uninsulated non-loadbearing wall*)** – стена, соответствующая показателям целостности и, если требуется, теплоизлучения на ожидаемый период огнестойкости, но не обеспечивающая теплоизоляцию. Такая несущая стена может полностью состоять из огнестойкого неизолированного остекления. [EN 1364-1]

**Неизолированное остекление (*uninsulated glazing*)** – огнестойкое остекление, соответствующее показателям целостности и, если требуется, теплоизлучения на ожидаемый период огнестойкости, но не обеспечивающее теплоизоляцию. [EN 1364-1]

**Несущая внутренняя стена (*internal non-loadbearing wall*)** – стена с остеклением или без него, являющаяся преградой огню. Может отдельно подвергаться огневому воздействию с любой стороны. [EN 1364-1]

**Несущая наружная стена (*non-loadbearing external wall*)** – стена, формирующая наружную ограждающую конструкцию здания, отдельно подвергающаяся огневому воздействию изнутри или извне; навесной фасад является специфичным примером несущей наружной стены. [EN 1364-1, EN 1364-4]

**Несущая стена (*non-loadbearing wall*)** – стена, не рассчитанная на несение дополнительной нагрузки, за исключением собственного веса. [EN 1364-1, EN 1364-3, EN 1364-4]

**Несущая конструкция (*loadbearing element*)** – конструкция, принимающая на себя внешнюю нагрузку в здании и выдерживающая её при пожаре. [EN 1363-1]

**Несущая способность (*loadbearing capacity*)** – способность испытываемого образца несущей конструкции выдерживать испытательную нагрузку, где это необходимо, не превышая при этом заданные показатели с учётом степени и нормы отклонения. [EN 1363-1]

**Обогреваемая поверхность (*exposed face*)** – сторона конструкции, которую в ходе испытания подвергают тепловому воздействию. [EN 1363-1]

**Огнестойкое изолированное остекление (*fire-resistant insulated glazing*)** – огнестойкое остекление, соответствующее показателям целостности и теплоизолирующей способности на ожидаемый период огнестойкости. [EN 1364-3, EN 1364-4]

**Огнестойкое неизолированное остекление (*fire-resistant non-insulated glazing*)** – огнестойкое остекление, соответствующее показателям целостности и, если требуется, теплоизлучения на ожидаемый период огнестойкости, не обеспечивающее теплоизоляцию. [EN 1364-3, EN 1364-4]

**Огнестойкое остекление (*fire-resistant glazing*)** – система остекления, состоящая из одного или более прозрачных или полупрозрачных оконных стекол с соответствующим методом крепления, например, рамами,



уплотнителями и крепежными материалами, соответствующая требуемым показателям огнестойкости. [EN 1364-1, EN 1364-3, EN 1364-4]

**Огнестойкое стекло (*fire-resistant glass*)** – изделие из стекла, монолитный, многослойный или теплоизоляционный стеклопакет, который при использовании в огнестойких остекленных элементах может быть классифицирован в соответствии со стандартом EN 13501-2 «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам - Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость». Теплоизоляционный стеклопакет не следует путать с огнестойкими остекленными элементами с теплоизоляцией. [prEN 15254-4]

**Ограничитель (*restraint*)** – ограничение расширения или вращения (вызванного тепловым и/или механическим воздействиями) возможное в данных условиях на концах, краях или опорах испытываемого образца. Ограничители бывают продольными, поперечными и ротационными. [EN 1363-1]

**Оконное стекло (*pane*)** – одно стекло. [EN 1364-1, EN 1364-3, EN 1364-4]

**Опорная конструкция (*supporting construction*)** – конструкция, необходимая для испытания некоторых строительных элементов, в которую вмонтирован испытываемый образец, например: стена, в которой установлена дверь. [EN 1363-1]

**Опорное перекрытие (*supporting floor*)** – образец перекрытия, формирующий часть стендового оборудования для закрепления испытываемого образца навесного фасада и установки горизонтального продольного уплотнителя. [EN 1364-4]

**Остекленные элементы (*glazed elements*)** – элементы конструкции, состоящие из одного или более оконных (светопрозрачных) стекол, монтируемых в раму при помощи креплений и уплотнителей. [EN 1364-1, EN 1364-3]

**Отклонение (*deflection*)** – движение, связанное со структурным или тепловым воздействием. [EN 1363-1]

**Оценка огнестойкости (*fire performance (rating)*)** – классифицирование огнестойкого остекленного элемента в соответствии со стандартом EN 13501-2 «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам - Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость» с учетом целостности, теплового излучения и теплоизолирующей способности (E, EW или EI). [prEN 15254-4]

**Плоскость нейтрального давления (*neutral pressure plane*)** – высота, на которой давление внутри печи равно наружному давлению. [EN 1363-1]

**Подоконная панель (*upstand*)** – особый тип межоконной панели, направленной от перекрытия вверх, включая или исключая пространство перед перекрытием. Прим. Термин «подоконная панель» взят из российской практики, поскольку он отражает смысл английского термина «upstand», хотя и не является его буквальным переводом [EN 1364-4]

**Подставка (*plinth*)** – вид стандартной опорной конструкции, уменьшающей высоту проема за счет поднятия опоры для точного размещения испытываемого образца. [EN 1364-1]

**Постоянная времени (*time constant*)** – время, характерное для реакции системы на ступенчатое изменение входной переменной: время, через которое характерное свойство процесса достигает 63% итогового изменения вследствие ступенчатого изменения. Определение выведено из реакции так называемой системы первого порядка на ступенчатое изменение. Это реакция в форме:  $\Delta Y(t) = (1 - e^{-t/\tau}) \cdot \Delta Y_{\infty}$ , где  $t$  - время,  $Y_{\infty}$  - итоговое изменение  $Y$ .  $\tau$  – постоянная времени. [ENV 1363-3]

**Прилегающая стеновая конструкция (*associated wall construction*)** – конструкция, закрывающая вертикальную часть печи на ожидаемый период огнестойкости. [EN 1364-3]

**Разделяющая конструкция (*separating element*)** – конструкция, отделяющая две прилегающие зоны здания друг от друга и сохраняющая это разделение при пожаре. [EN 1363-1]

**Свечение (*glowing*)** – видимое излучение при беспламенном горении материала. [EN 1363-1]

**Семейство изделий из стекла (*glass product family*)** – различные типы огнестойкого стекла, выпускаемого одним производителем, имеющие одинаковое описание изделия, одинаковые требования к установке, одинаковую классификацию огнестойкости и подвергающиеся системе управления производства одного и того же предприятия. Теплоизоляционные стеклопакеты, многослойное стекло, высокопрочное стекло и армированное стекло являются примерами разных семейств изделий из стекла. Альтернативные компоненты, применяемые в

производстве огнестойкого стекла, допустимы при следующих условиях: а) они изготовлены в соответствии с тем же стандартом изделия, или б) имеются данные предыдущих испытаний, свидетельствующие о такой же или лучшей их огнестойкости, или с) они подвергаются дополнительным правилам, приведённым в данном стандарте. Где необходимо, эти компоненты могут включать стекло, промежуточные слои, покрытия, уплотнители, проставочные плиты и т.п. Данные предыдущих испытаний могут использоваться для доказательства того, что промежуточные продукты можно считать членами одного семейства изделий из стекла. В этом случае данные должны быть основаны на аналогичных максимальных площадях и габаритах оконного стекла. [prEN 15254-4]

**Семейство каркасных систем (*frame product family*)** – разные типы отсеков каркаса, производимых одним производителем, имеющие одинаковые требования к установке, одинаковую классификацию огнестойкости и подвергающиеся системе управления производства одного и того же предприятия. [prEN 15254-4]

**Система облицовки фасадов (*over-cladding system*)** – система защиты от атмосферных воздействий, закрепляемая на наружной стене, иногда называемая *дождевым экраном*. [EN 1364-3, EN 1364-4]

**Система остекления (*glazing system*)** – все материалы, связанные с креплением стекла в раме и обеспечивающие необходимый крепеж и герметичность (например, материалы остекления, штапики и их крепления, монтажные плиты, уплотнители). [prEN 15254-4]

**Совмещённая конструкция (*associated construction*)** – форма конструкции, требуемая для испытания некоторых типов испытываемых образцов (например, газобетонные плиты поверх балки). [EN 1363-1]

**Стандартная конфигурация (*standard configuration*)** – расположение компонентов навесного фасада в испытываемом образце со стандартными характеристиками для обеспечения использования расширенных правил применения результатов испытания. [EN 1364-4]

**Стандартная опорная конструкция (*standard supporting construction*)** – форма конструкции, предназначенная для блокировки печи и поддержания испытываемой несущей стены, соответствующая показателям устойчивости к тепловой деформации. [EN 1364-1]

**Тепловой поток (*heat flux*)** – количество тепловой энергии на единицу площади объекта, зафиксированное измерительным устройством, включая тепло, передаваемое в результате конвекции и теплового излучения. [EN 1363-2]

**Теплоизолирующая способность (*insulation*)** – способность испытываемого образца разделяющей конструкции, подвергаемого огневому воздействию с одной стороны, сдерживать повышение температуры необогреваемой поверхности в заданных пределах. [EN 1363-1]

**Уровень условного пола (*notional floor level*)** – расчётная высота пола по отношению к положению строительной конструкции в условиях эксплуатации. [EN 1363-1]

**Устойчивое горение (*sustained flaming*)** – непрерывное горение в течение более 10 секунд. [EN 1363-1]

**Фактические свойства материала (*actual material properties*)** – свойства материала, определяемые на основе репрезентативных частей испытываемого на огнестойкость образца в соответствии с требованиями стандарта для конкретного изделия. [EN 1363-1]

**Характерные свойства материала (*characteristic material properties*)** – свойства материала, заданные для класса материала, который может быть использован в целях проектирования. [EN 1363-1]

**Целостность (*integrity*)** – способность испытываемого образца разделяющей конструкции, подвергаемого огневому воздействию с одной стороны, предотвращать проникновение на необогреваемую поверхность горячих газов и пламени. [EN 1363-1]

**Элемент строительной конструкции (*element of building construction*)** – определённая часть конструкции (например: стена, перегородка, пол, крыша, балка или колонна). [EN 1363-1]

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

<i>Actual material properties</i>	фактические свойства материала
<i>Aspect ratio</i>	коэффициент пропорциональности
<i>Associated construction</i>	совмещённая конструкция
<i>Associated wall construction</i>	прилегающая стеновая конструкция
<i>Characteristic material properties</i>	характерные свойства материала
<i>Curtain wall(walling)</i>	навесной фасад
<i>Deflection</i>	отклонение
<i>Discrete area</i>	дискретная (обособленная) зона
<i>Downstand</i>	надоконная панель
<i>Element of building construction</i>	элемент строительной конструкции
<i>Exposed face</i>	обогреваемая поверхность
<i>External fire exposure curve</i>	кривая огневого воздействия извне
<i>Fire performance rating</i>	оценка огнестойкости
<i>Fire-resistant glass</i>	огнестойкое стекло
<i>Fire-resistant glazing</i>	огнестойкое остекление
<i>Fire-resistant insulated glazing</i>	огнестойкое изолированное остекление
<i>Fire-resistant non-insulated glazing</i>	огнестойкое неизолированное остекление
<i>Frame product family</i>	семейство каркасных систем
<i>Framing system</i>	каркасная система
<i>Glass product family</i>	семейство изделий из стекла
<i>Glazed elements</i>	остекленные элементы
<i>Glazing system</i>	система остекления
<i>Glowing</i>	свечение
<i>Heat flux</i>	тепловой поток
<i>Historical test data</i>	данные предыдущих испытаний
<i>Insulated glazing</i>	изолированное остекление
<i>Insulated non-loadbearing wall</i>	изолированная ненесущая стена
<i>Insulation</i>	теплоизолирующая способность, (тепло)изоляция
<i>Integrity</i>	целостность
<i>Internal non-loadbearing wall</i>	ненесущая внутренняя стена
<i>Loadbearing capacity</i>	несущая способность
<i>Loadbearing element</i>	несущая конструкция
<i>Measuring element</i>	измерительный элемент
<i>Mechanical stability</i>	механическая прочность
<i>Mullion</i>	вертикальный импост
<i>Neutral pressure plane</i>	плоскость нейтрального давления
<i>Non-loadbearing external wall</i>	ненесущая наружная стена
<i>Non-loadbearing wall</i>	ненесущая стена
<i>Notional floor level</i>	уровень условного пола
<i>Over-cladding system</i>	система облицовки фасадов
<i>Overrun time</i>	время превышения нормы
<i>Pane</i>	оконное стекло
<i>Plinth</i>	подставка
<i>Reference test</i>	базовое испытание
<i>Restraint</i>	ограничитель
<i>Separating element</i>	разделяющая конструкция
<i>Smoke leakage</i>	негерметичность
<i>Spandrel area</i>	межоконное пространство
<i>Spandrel panel</i>	межоконная панель
<i>Standard configuration</i>	стандартная конфигурация
<i>Standard supporting construction</i>	стандартная опорная конструкция
<i>Supporting construction</i>	опорная конструкция
<i>Supporting floor</i>	опорное перекрытие
<i>Sustained flaming</i>	устойчивое горение
<i>Test construction</i>	испытываемая конструкция
<i>Test frame</i>	испытательная рама
<i>Test load</i>	испытательная нагрузка
<i>Test specimen</i>	испытываемый образец
<i>Time constant</i>	постоянная времени
<i>Transom</i>	горизонтальный импост
<i>Uninsulated glazing</i>	неизолированное остекление
<i>Uninsulated non-loadbearing wall</i>	неизолированная ненесущая стена
<i>Upstand</i>	подоконная панель

## EN 1363–1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

Описание общих требований к проведению испытаний на огнестойкость подготовлено на основе первой части европейского стандарта EN 1363 «Испытания на огнестойкость» [4, 5, 12], который соотносится со стандартом Международной организации по стандартизации ISO 834-1 «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования» [15] и регламентирует общие принципы определения огнестойкости разных элементов конструкции при стандартных условиях пожара. Часть 1 следует рассматривать в сочетании с частью 2 («Альтернативные и дополнительные процедуры») и частью 3 («Проверка эксплуатационных характеристик печей») данного стандарта.

Цель определения огнестойкости состоит в том, чтобы оценить поведение образца элемента строительной конструкции в заданных условиях нагрева и давления. Описанная методика позволяет измерить способность элемента противостоять воздействию высоких температур, задавая показатели, с помощью которых среди прочих характеристик могут быть определены следующие: несущая способность, локализация распространения огня (целостность конструкции) и функции теплопроницаемости (теплоизолирующая способность).

Во время испытания определённую часть элемента подвергают воздействию особого режима нагрева, в ходе чего характеристики испытываемого образца отслеживаются на основе показателей, описанных в установленном выше стандарте. Огнестойкость испытываемого образца выражается значением времени, в течение которого соответствующие показатели удовлетворены. Значения времени, полученные таким образом, служат эталоном адекватности конструкции при пожаре, но не имеют прямой взаимосвязи с продолжительностью реального пожара.

В данной главе описаны подходы к проведению испытаний и порядок их проведения, одинаковые для всех методов испытания конкретных типов конструкций (например, кривая «температура – время»). Если принцип одинаков для многих методов испытаний конкретных типов конструкций, а детали отличаются в зависимости от исследуемого элемента (например, измерение температуры необогреваемой поверхности), описание общего принципа также приведено в данной главе, а детали описаны в стандартах, посвящённых методам испытания конкретных типов конструкций.

### ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Полученные результаты испытаний могут быть напрямую применимы к другим подобным элементам или разновидностям испытываемого элемента. Степень, в которой это допустимо, рассматривается в соответствии со сферой прямого применения результата испытаний. Она ограничена правилами, которые лимитируют возможность изменения испытываемого образца без его дальнейшей оценки. Правила определения допустимых изменений приводятся в каждом методе испытания конкретного типа конструкции.

Изменения, выходящие за пределы допустимых значений при прямом применении результатов испытаний, попадают в сферу их расширенного применения. Для этого требуется подробное изучение компетентным органом конкретного изделия и его рабочих характеристик, выявленных при испытании(ях).

Большинство огнестойких изделий, поставляемых производителями, отличаются от тех образцов, которые изначально прошли испытания. Поставляемая продукция представлена широким спектром форм, размеров и материалов, включая отделку, в целях удовлетворения требований рынка. Подвергнуть испытанию все разновидности каждого изделия не представляется возможным. Тем не менее, поставлять значительно отличающиеся друг от друга разновидности изделий без предоставления официального обоснования или одобрения недопустимо и не разрешается производителям. Поэтому необходим механизм, с помощью которого разновидности испытанного образца или образцов могли бы быть одобрены с достаточной уверенностью в том, что эти разновидности будут функционировать также хорошо, как если бы их подвергли испытанию аналогичному тому, что прошёл начальный образец.

**Сфера прямого применения.** Степень, до которой испытанное изделие можно или нельзя изменять при прямом применении, приведена в руководстве или правилах, которые ограничивают допустимое изменение испытываемого образца без дальнейшей оценки или расчётов. Пункт, касающийся сферы прямого применения, в каждом стандарте на испытание конкретных типов конструкций может относиться к более распространённым формам конструкции, опыт испытания которых привёл к выводу о том, что такие разновидности допустимы. Степень допустимых изменений обычно стабильна, поскольку изменения основаны на минимально достижимом уровне общей согласованности.

Такой набор правил позволяет строительной экспертизе и другим органам принять изделие, не проводя оценку самостоятельно и не обращаясь за профессиональной помощью к другим компетентным органам. Изменения, допустимые при прямом применении, могут быть введены автоматически в изготавливаемые изделия без дополнительной оценки.

**Расширенное применение.** У испытываемого образца могут быть изменения, с которыми нельзя иметь дело при прямом применении. Кроме того, типы правил, приведённые для прямого применения, разработаны на основе результатов отдельных испытаний, а не на основе концепции серии испытаний разных размеров и/или разновидностей изделия. Таким образом, прямое применение не учитывает интерполяцию между результатами разных испытаний и мало пригодно для экстраполяции переменной составляющей за пределы испытываемой сферы.

В связи с этим, изменения, выходящие за пределы правил, приведённых для прямого применения, и учёта интерполяции и экстраполяции исходя из серии испытаний, попадают в категорию расширенного применения. Оно включает в себя подробное изучение конструкции конкретного изделия и его эксплуатационных характеристик в ходе испытания или испытаний, проводимых компетентным органом, который выдаёт отчёт об изученном изменении или изменениях. Методика, используемая при оценке огнестойкости конструкции, может быть основана на расчётных методах, экспертизе или общепринятых правилах применения, соответствующих подходам, применяемым для различных элементов.

Продолжительность, при которой испытываемый элемент согласно сфере прямого или расширенного применения соответствует определённым показателям, позволяет в результате составить классификацию.

Все приведенные значения являются номинальными, если не указано иное.

## **СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ**

Стендовое оборудование для проведения испытаний включает в себя следующее:

- a) специально спроектированная печь для помещения испытываемого образца в испытательные условия;
- b) контрольно-измерительное оборудование, позволяющее отслеживать температуру в печи;
- c) оборудование для отслеживания и контроля давления горячих газов в печи;
- d) рама, в которую может быть помещена испытываемая конструкция, и которую можно разместить таким образом по отношению к печи, чтобы добиться необходимого теплового воздействия, давления и условий опирания;
- e) приспособления для необходимого нагружения и ограничения испытываемого образца, включая контроль и мониторинг нагрузки;
- f) оборудование для измерения температуры в печи и на обогреваемой поверхности образца, а также там, где это необходимо, внутри образца;
- g) оборудование для измерения отклонения испытываемого образца;
- h) оборудование для оценки целостности и определения соответствия эксплуатационным показателям;
- i) оборудование для определения истёкшего времени работы;
- j) оборудование для измерения концентрации кислорода в печи.

### **Испытательная печь**

Испытательная печь работает на жидком или газообразном топливе и служит для:

- a) нагревания вертикальных или горизонтальных разделяющих конструкций с одной стороны, или
- b) нагревания колонн со всех сторон, или
- c) нагревания стен более чем с одной стороны, или
- d) нагревания балок с трёх или четырёх сторон, если необходимо.

Для конкретных конструкций могут потребоваться другие специальные печи.

Футеровка печи должна состоять из материалов плотностью менее  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Такие футеровочные материалы должны иметь минимальную толщину 50 мм и составлять, по меньшей мере, 70% внутренней поверхности печи.

Печь должна обеспечивать стандартные условия огневого воздействия в плане теплового воздействия и давления. Печи могут быть спроектированы таким образом, что одновременно возможно проводить испытание нескольких элементов, при условии, что соблюдены все необходимые требования для каждого отдельного элемента.

### **Нагружающее оборудование**

Нагружающее оборудование должно обеспечивать размещение испытываемых образцов на уровне нагружения. Нагрузка может подаваться гидравлически, механически или с использованием грузов.

Нагружающее оборудование должно имитировать условия равномерно распределённой, концентрической, осевой или внецентренной нагрузки в соответствии с испытываемой конструкцией. Нагружающее оборудование должно поддерживать испытательную нагрузку на уровне постоянного значения ( $\pm 5\%$  от требуемого значения), не изменяя её распределение, и отслеживать максимальное отклонение и скорость отклонения испытываемого образца до потери им несущей способности или на протяжении всего испытания до момента его окончания, в зависимости от того, что из них наступит раньше.

Нагружающее оборудование не должно в значительной степени влиять на теплопередачу сквозь образец и не должно затруднять использование изоляционных прокладок термопары. Оно не должно затруднять измерение температуры поверхности и/или отклонение и должно позволять осуществлять наблюдение за обогреваемой поверхностью. Общая площадь точек контакта между нагружающим оборудованием и поверхностью испытываемого образца не должна превышать 10% от общей площади поверхности горизонтального испытываемого образца.

### **Испытательные рамы**

Особые испытательные рамы или иные приспособления должны применяться для воспроизведения граничных условий и условий опирания, соответствующих испытываемым конструкциям. Разные типы испытываемых конструкций требуют испытательных рам разной степени жёсткости. Эффективность испытательных рам должна оцениваться посредством применения расширяющей силы внутри рамы по середине ширины между двух элементов, расположенных напротив друг друга, и измерения увеличения внутреннего размера. Уве-

личение не должно превышать 5 мм при приложенной силе в 25 кН. Оценка должна производиться в обоих направлениях рамы.

## Контрольно-измерительные приборы

### Измерение температуры

Измерение температуры производится с помощью термопар.

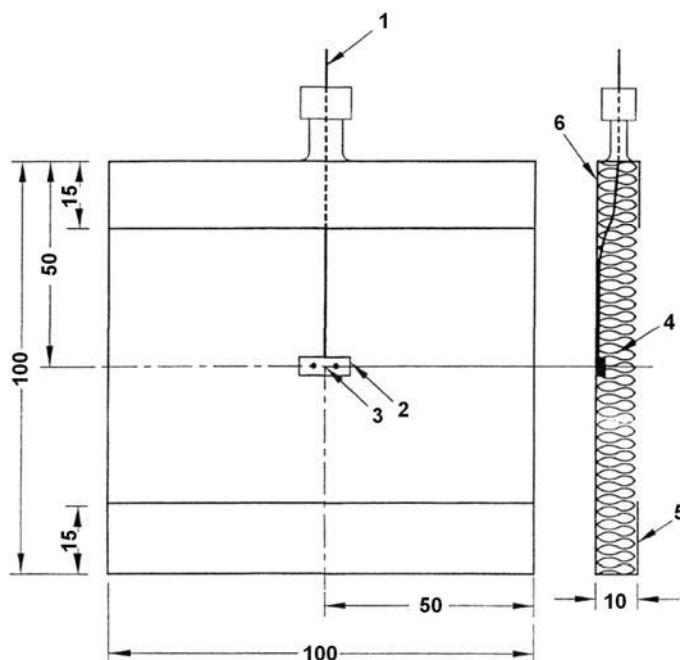
**Печные термопары** – это плоские термометры, которые представляют собой совокупность согнутой стальной пластинки, закреплённой на ней термопары и изоляционного материала.

Пластика должна быть выполнена из полоски никелевого сплава длиной  $(150 \pm 1)$  мм, шириной  $(100 \pm 1)$  мм и толщиной  $(0,7 \pm 1)$  мм, согнутой так, как показано на рис. 1. Холодный спай термопары выполняется из хромоникелевой/алюмоникелевой (тип К) проволоки (в соответствии со стандартом Международной электротехнической комиссии IEC 584-1 «Термопары. Часть 1: Справочные таблицы» [13]) внутри минеральной изоляции с огнеупорным стальным чехлом номинальным диаметром 1 мм. Горячие спаи защищены от чехла электрической изоляцией. Холодный спай термопары должен быть закреплён на геометрическом центре пластинки в положении, изображённом на рис. 1, с помощью небольшой стальной полоски, выполненной из того же материала, что и пластинка. Стальная полоска может быть приварена к пластинке либо прикручена к ней (с целью облегчить замену термопары). Полоска должна быть размером приблизительно  $18 \times 6$  мм, если она приварена к пластинке, и  $25 \times 6$  мм, если она прикручена к пластине винтами. Диаметр винтов – 2 мм.

Сочетание пластинки с термопарой должно быть смонтировано с подкладкой из неорганического изоляционного материала номинальным размером  $(97 \pm 1) \times (97 \pm 1)$  мм, толщиной  $(10 \pm 1)$  мм и плотностью  $(280 \pm 30)$  кг/м<sup>3</sup>.

Перед тем как впервые использовать плоские термометры, их необходимо выдержать в сушильном шкафу при температуре 1000°C в течение 1 часа. Альтернативой использованию сушильного шкафа является тепловое воздействие в печи для испытаний на огнестойкость в течение 90 мин. при стандартном температурном режиме (стандартная кривая «температура – время»).

Если плоский термометр используется более одного раза, необходимо вести журнал регистрации, указывая при каждом применении проведённые проверки и продолжительность использования. Термопара и изоляционная прокладка должны быть заменены по истечении 50 часов их нагревания в печи.



#### Обозначения:

1. защищённая чехлом термопара с изолированным горячим спаем
2. элемент, приваренный или прикрученный к стальной полосе
3. горячий спай термопары
4. изоляционный материал
5. полоска из никелевого сплава толщиной  $(0,7 \pm 0,1)$  мм
6. поверхность 'А'

Размеры указаны в мм

Рис. 1 Схема плоского термометра

Печные термопары устойчивы к повреждениям, но могут быть испорчены падающими обломками, и изнашиваться в процессе длительного использования, становясь с годами менее чувствительными. Перед каждым испытанием их следует проверить на качество функционирования. Если обнаружено повреждение, неточное функционирование или неисправность, термопары следует заменить.

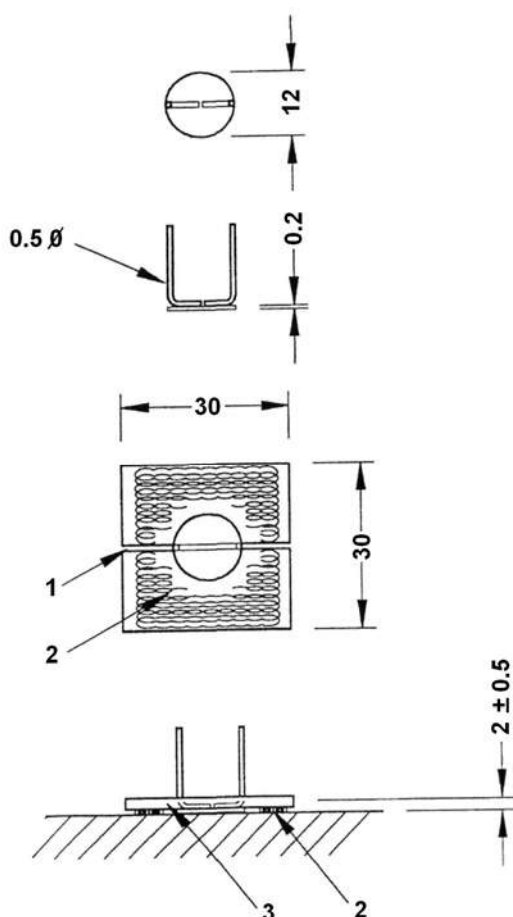
Основание печных термопар не должно проникать внутрь образца или крепиться к нему, за исключением случаев, когда иным способом невозможно удовлетворить особые требования по расположению рабочего спая. Если основание рабочего спая проникает внутрь образца либо прикреплено к нему, оно должно быть расположено таким образом, чтобы оказывать минимальное влияние на поведение образца по отношению к соответствующему показателю сбоя или определяемой дополнительной информации.

Печные термопары должны быть распределены таким образом, чтобы предоставлять надёжные данные о средней температуре вблизи испытываемого образца. Они должны располагаться таким образом, чтобы их не касалось пламя от горелок печи, и чтобы они были на расстоянии, по меньшей мере, 450 мм от стен, пола или потолка печи.

В начале испытания плоские термометры должны находиться на расстоянии  $(100 \pm 50)$  мм от обогреваемой поверхности испытываемой конструкции и оставаться на этом расстоянии как можно дольше в течение испытания. За счёт крепления плоские термометры не падают и не смещаются с места в ходе испытания.

В начале испытания в печи должно быть установлено, по меньшей мере, то количество плоских термометров ( $n$ ), которое необходимо в соответствии со стандартом на испытание конкретного типа конструкций. Если какой-то из плоских термометров выходит из строя, и в печи остаётся  $n-1$  термометров, специалистам лаборатории не нужно предпринимать никаких мер. Если же количество действующих термометров в ходе испытания становится меньше чем  $n-1$ , специалисты лаборатории должны заменить неисправные устройства, чтобы общее количество исправно действующих термометров равнялось, по меньшей мере,  $n-1$ .

**Термопары на необогреваемой поверхности.** Температура необогреваемой поверхности испытываемого образца должна измеряться с помощью дисковых термопар такого типа, который изображён на рис. 2. Для обеспечения хорошего теплового контакта, электроды термопар типа К (по стандарту Международной электротехнической комиссии IEC 584-1 «Термопары. Часть 1: Справочные таблицы» [13]) диаметром 0,5 мм должны быть припаяны или приварены к медному диску толщиной 0,2 мм и диаметром 12 мм. Каждая термопара должна быть защищена неорганической изоляционной прокладкой  $(30 \pm 0,5) \times (30 \pm 0,5) \times (2,0 \pm 0,5)$  (толщина) мм, если в стандартах для конкретных элементов не указано иное. Материал прокладки должен иметь плотность  $(900 \pm 100)$  кг/м<sup>3</sup>. Изоляционные прокладки должны быть подогнаны под электроды термопар. Щели могут проходить от противоположных краёв прокладки или от середины вдоль противоположных краёв, как показано на рис. 2.



**Обозначения:**

1. пример разрезов, позволяющих поместить прокладку над медным диском
2. пример расположения клеящего состава между термопарой и испытываемым образцом
3. медный диск и изоляционная прокладка, соединённая с поверхностью образца

Примечание: Клеящего состава между медным диском и поверхностью испытываемого образца или между медным диском и изоляционной прокладкой быть не должно.

Размеры указаны в мм

**Рис. 2 Пример соединения термопары и изоляционной прокладки**

Если не требуется оценка испытываемого образца на соответствие теплоизоляционным показателям, то термопары на необогреваемой поверхности не применяются. Если же такая оценка требуется, они устанавливаются на необогреваемой поверхности для измерения среднего и максимального повышения температуры.

Желательно прикреплять термопары к поверхности образца огнестойким клеящим составом. При этом не должно быть клеящего состава между медным диском и образцом или медным диском и прокладкой, а воздушный зазор между термопарой и поверхностью образца, при его наличии, должен быть сведён к минимуму. В случаях, когда склеивание невозможно, используются болты, винты или скобы, которые должны касаться только тех частей прокладки, которые находятся не над поверхностью диска.

Если происходит нагрев термопар на необогреваемой поверхности горячими газами, проникающими сквозь образец (например, через щель, образовавшуюся в ходе испытания), тогда данные, полученные от этой термопары, следует исключить.

***Особенности крепления термопар в зависимости от места расположения и типа поверхности:***

Плоские поверхности. Установите рабочий спай на плоской поверхности так, чтобы вся поверхность медного диска была в непосредственном контакте с необогреваемой поверхностью образца. Закрепите изоляционную прокладку на поверхности образца, используя огнестойкий клеящий состав либо механическое крепление вне зоны, покрывающей медный диск. Удостоверьтесь в том, что клеящий состав не попал между диском и поверхностью образца, и что все имеющиеся механические устройства имеют незначительное влияние на перенос тепла сквозь образец к медному диску.

Для некоторых горизонтальных разделяющих конструкций, особенно тех, которые имеют видимую теплоизоляцию на необогреваемой поверхности, этот способ может не подойти из-за волокнистой или упругой структуры материалов. В этих случаях следует использовать грузы для термопар таким образом, чтобы воздух свободно циркулировал над верхней поверхностью изоляционной прокладки.

Неровные поверхности. Если требуется прикрепить медные диски термопар на неровную поверхность, необходимо подготовить ровный участок размером (30 x 30) мм, чтобы обеспечить полный контакт. Если поверхность невозможно выровнять, термопару следует прикрепить к поверхности только по краю диска, используя огнеупорный керамический клей.

Небольшие элементы конструкции. Если требуется прикрепить рабочий спай к небольшому элементу, не прикрепляйте его к элементам диаметром менее 12 мм, например, к пазам и выемкам. Если необходимо измерить температуру небольших элементов, прикрепляйте к ним термопару только в том случае, если их диаметр больше 12 мм. При необходимости, измените форму изоляционной прокладки или обрежьте её, не трогая ту часть, которая находится непосредственно над диском.

***Крепление к конкретным материалам:***

Во всех случаях, когда применяется клеящий состав, его следует наносить тонким слоем достаточным для того, чтобы обеспечить крепкое соединение. Между прикреплением термопар и проведением испытания должно пройти достаточное количество времени, чтобы установились стабильные влажностные условия при использовании керамического клеящего состава, и произошло испарение растворителя в случае применения "контактного клея".

Сталь. Изоляционную прокладку с закреплённой термопарой следует приклеивать к чистой стальной поверхности, используя «керамический клей на водной основе», созданный путём смешивания компонентов для получения огнестойкого клеящего состава. Клеящий состав должен иметь такую консистенцию, чтобы не требовалось дополнительное механическое воздействие для удержания объекта на месте в процессе высыхания. Однако, если возникают сложности, для удержания объекта на месте можно использовать изоляционную ленту при условии, что лента будет убрана задолго до начала испытания, чтобы клеящий состав смог высохнуть. Ленту следует убирать осторожно, чтобы не повредить изоляционную прокладку. Если при удалении изоляционной ленты происходит повреждение термопары, термопару следует заменить.

Минеральная вата. Термопары с закреплёнными изоляционными прокладками должны быть расположены таким образом, чтобы при наличии поверхностной проволоочной/арматурной сетки, она бы могла помочь удержать объект на месте, а во всех случаях прикрепления к пористой поверхности, оно должно осуществляться с помощью "контактного клея". Особенностью клеящего состава является то, что при его применении требуется дать время на его высыхание прежде, чем соединить склеиваемые поверхности, что избавляет от необходимости прилагать внешнее давление.

Распыляемое минеральное волокно. Термопары не следует прикреплять прежде, чем распыляемое минеральное волокно достигнет стабильных влажностных условий. Во всех случаях следует использовать способ крепления для стальных поверхностей, а при наличии поверхностной проволоочной/арматурной сетки термопары следует прикреплять к теплоизоляции таким образом, чтобы проволоочная/арматурная сетка помогала удерживать объект на месте.



Распыляемый состав вермикулита/цемента. Используется тот же способ, что и при применении распыляемого минерального волокна.

Листы из пористого или минерального состава заполнителей. Используется та же методика, что и для стальных поверхностей.

Дерево. Для многих изолированных деревянных конструкций наиболее практичным способом крепления термопар к конструкции является крепление их к деревянной поверхности скобами сквозь изоляционную прокладку. При этом следует соблюдать осторожность, чтобы скобы не прошли сквозь диск или электроды термопар или не соприкасались с ними. Как вариант, можно использовать керамический клей на водной основе как в случае со стальными конструкциями, описанными выше.

Поверхности с нанесённым отделочным покрытием. Если термопару необходимо прикрепить к поверхности с тонким слоем отделочного покрытия (например, краски), рекомендуется прежде зачистить поверхность абразивом.

**Средняя температура необогреваемой поверхности.** Цель измерения средней температуры необогреваемой поверхности состоит в определении общего уровня теплоизолирующей способности испытываемого образца без учёта участков местного перегрева. Таким образом, повышение средней температуры необогреваемой поверхности основано на показаниях поверхностных термопар, расположенных в центре испытываемого образца или недалеко от центра, а также в центре или недалеко от центра каждой четверти.

Если образцы имеют постоянно меняющуюся плотность, как например, рифлёные или ребристые конструкции, количество и местоположение термопар может быть увеличено для адекватного отражения максимальной и минимальной толщины.

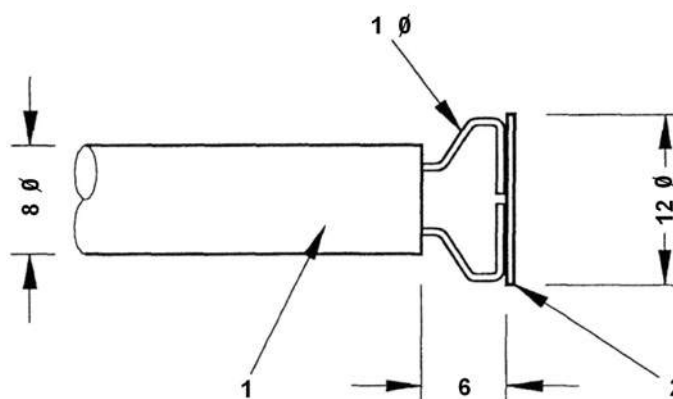
При размещении термопар для определения средней температуры необогреваемой поверхности следует избегать некоторых участков (например, участков местного перегрева), размещая термопары, по меньшей мере, в 50 мм от них. К таким участкам относятся: тепловые мосты, швы, стыки и сквозные соединения, такие как: болты, винты и т.п., а также все местоположения, где термопары могут быть подвержены прямому воздействию газов, проходящих сквозь испытываемый образец.

В некоторых методах проведения испытаний измерение повышения средней температуры необогреваемой поверхности для образцов, имеющих дискретные (обособленные) зоны с разной теплоизолирующей способностью, производится по частям. Правила применения термопар для определения средней температуры необогреваемой поверхности таких образцов приведены в стандартах на испытания конкретных типов конструкций.

**Максимальная температура необогреваемой поверхности.** Цель измерения максимальной температуры необогреваемой поверхности заключается в определении уровня теплоизолирующей способности в тех местах, где ожидается наличие более высоких температур. Для этих целей термопары должны крепиться обычным образом, при этом на каждый тип соединения/детали или интересующего участка прикрепляется минимум две термопары. При размещении термопары рядом с разрывом, например, между соседними панелями стены, центр диска должен размещаться более чем в 15 мм от разрыва. Правила применения термопар для оценки максимального повышения температуры необогреваемой поверхности приведены в стандартах на испытания конкретных типов конструкций. Незначительные участки местного нагрева, такие как: винты, гвозди или скобы можно не учитывать.

Если испытываемый образец имеет дискретные (обособленные) зоны ( $> 0,1 \text{ м}^2$ ), которые оцениваются по отдельности при определении повышения средней температуры необогреваемой поверхности, тогда и оценка максимального повышения температуры необогреваемой поверхности этих зон тоже должна проводиться по отдельности. Для этого может потребоваться установка дополнительных термопар на необогреваемую поверхность.

**Переносные термопары.** Конструкция из одной или более переносных термопар, показанных на рис. 3, необходима для измерения температуры необогреваемой поверхности во время испытания в местах, где ожидается наибольшее повышение температуры. Рабочий спай термопары должен состоять из электродов термопары типа К (по стандарту IEC 584-1 «Термопары. Часть 1: Справочные таблицы» [13]), имеющих диаметр 1,0 мм, припаянных или приваренных к медному диску диаметром 12 мм и толщиной 0,5 мм. Термопара должна быть оснащена рукояткой, чтобы её можно было приложить к любой точке необогреваемой поверхности испытываемого образца.



#### Обозначения:

1. двухканальный керамический держатель / с двумя отверстиями
2. медный диск толщиной 0,5 мм

Размеры указаны в мм

**Рис. 3 Сборка переносной термопары**

**Внутренние термопары.** Если необходима информация о температуре внутри испытываемого образца или конкретного элемента, её получают с помощью термопар, имеющих характеристики, подходящие к диапазону температур, которые необходимо измерить, и типу материалов испытываемого образца. Внутренние термопары должны быть закреплены таким образом, чтобы не повлиять на характеристики образца.

Внутренние термопары для измерения температур в углублениях внутри испытываемых образцов или температур материалов, таких как: бетон, сталь, дерево и т.п., должны быть изготовлены из оголённых проводов, изолированных двойным стекловолокном, с электродами диаметром 0,5 мм и обжимными или сварными соединениями. Провода должны оставаться изолированными как можно ближе к спаяу. Оголённые провода должны находиться как можно дальше друг от друга, чтобы свести электролитическое влияние до минимума. Их следует использовать только один раз.

Если измеряемые температуры не должны превысить 400°C, можно использовать рабочие спаи медь/константан; если прогнозируется наличие более высоких температур, следует использовать спаи типа К (хромель/алюмель).

Необходимо использовать подходящие способы надёжного крепления рабочих спаев к компонентам или к конструкции так, чтобы не нарушить тепловой режим. Например, спай можно зачеканить в участок из тяжёлого металла, просверлив отверстие в этом участке чуть большего диаметра, чем спай термопары, и достаточно глубокое, чтобы спай поместился под поверхность. Спай может быть вставлен в отверстие и зачеканен по краю отверстия пробойником, чтобы закрепить электроды в нужном положении. Как вариант, горячий спай может быть приварен к этому участку.

Такой же спай можно прикрепить к небольшим металлическим компонентам, таким как винты или провода, обмотав свободный конец вокруг них. В этом случае первый контакт между парой электродов термопары должен быть близок к той поверхности, чья температура измеряется. Тепловой контакт можно улучшить, используя небольшое количество припоя, который эффективен даже при температурах выше точки его плавления.

Теплового контакта можно добиться, вставив спай и изолированные выводы термопары в отверстие с помощью подходящего материала, имеющего схожие свойства. Кроме того, спаи и другие выводы могут быть залиты бетоном или другими материалами.

Провода термопар, по возможности, следует вести вдоль изотермы на расстоянии, по крайней мере, 50 мм, а затем вывести из образца наружу так, чтобы они не подвергались воздействию температур выше, чем температура горячего спаи. В проводах не должно быть никаких соединений или стыков на расстоянии до их появления на поверхности образца.

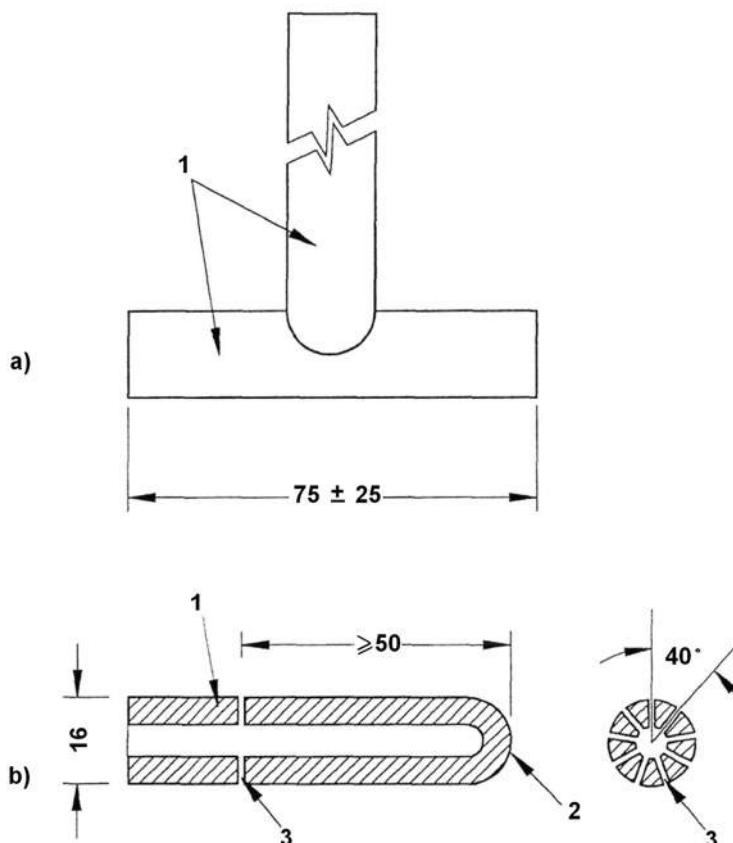
Провода термопары должны быть защищены от:

- a) чрезмерного повышения температуры;
- b) конденсации;
- c) короткого замыкания, вызванного каким-либо свойством испытываемой конструкции или нагреванием в ходе испытания;
- d) повреждения, вызванного деформацией образца в ходе испытания.

**Термопары для измерения температуры окружающей среды.** Наружная термопара используется для определения температуры окружающей среды в лаборатории вблизи испытываемого образца как до начала, так и во время испытания. В соответствии со стандартом IEC 584-1 «Термопары. Часть 1: Справочные таблицы» [13], термопара должна быть термопарой типа К, имеющей номинальный диаметр 3 мм, минеральную изоляцию и защитный чехол из нержавеющей стали. Рабочий спай термопары должен быть защищен от выделяемого тепла и сквозняков.

### Измерение давления

Давление в печи измеряется при помощи одной из конструкций датчиков, изображённых на рис. 4.



#### Обозначения:

- a) Т-образный датчик
- 1. трубка из нержавеющей стали (внутренний диаметр  $(7,5 \pm 2,5)$  мм)
- b) датчик трубки
- 1. трубка из нержавеющей стали
- 2. сварной край
- 3. отверстия  $\varnothing 1,2$  мм

Размеры указаны в мм

Рис. 4 Датчики давления

Датчик давления должен быть расположен так, чтобы не подвергаться прямому воздействию конвективных потоков от пламени и не находиться на пути отработавших газов. Трубки должны быть расположены горизонтально как в печи, так и на выходе в стене печи, чтобы давление соотносилось на одной и той же высоте внутри и снаружи печи. Вертикальный отрезок трубки, ведущий к измерительному прибору, должен оставаться при температуре окружающей среды.

**Печи для вертикальных конструкций.** Один датчик давления должен быть установлен для контроля над давлением внутри печи. Второй датчик может использоваться для получения информации о перепаде давления по вертикали внутри печи. Если такой датчик используется, он должен располагаться, по меньшей мере, на метр выше или ниже первого датчика.

**Печи для горизонтальных конструкций.** Один датчик давления должен быть установлен для контроля над давлением внутри печи. Второй датчик может использоваться для проверки показаний первого.

### Нагрузка

При использовании грузов не требуется дополнительного измерения нагрузки в ходе испытания. Нагрузки, подаваемые гидравлическими системами нагружения, измеряются с помощью динамометрических датчиков или другого соответствующего оборудования, имеющего такую же точность, или путём отслеживания гидравлического давления в нужный момент.

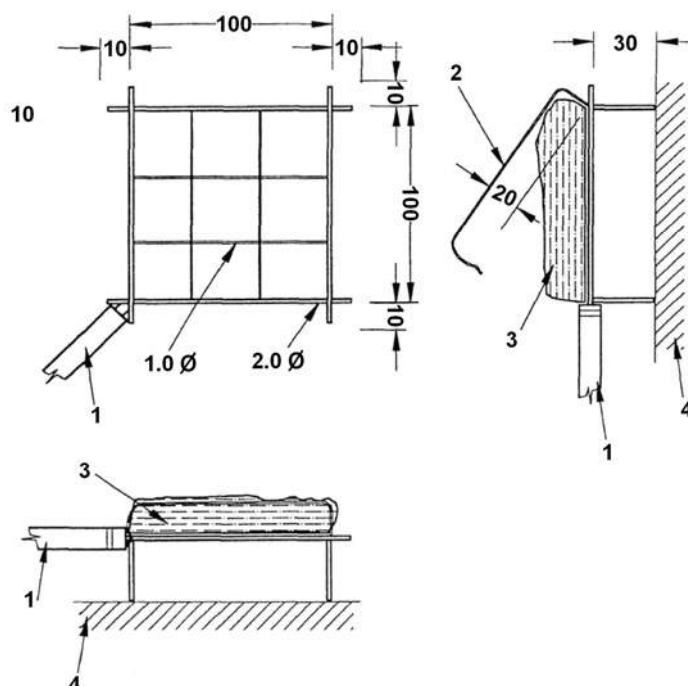
### Отклонение

Измерения отклонения могут производиться с использованием оборудования, где применяются механические, оптические или электрические методы. Если такое оборудование используется в отношении эксплуатационных показателей (например, измерения отклонения или сжатия), оно должно быть способным работать с частотой, по меньшей мере, одного показания прибора в минуту. Необходимо принять все меры по предотвращению дрейфа показаний датчика из-за нагревания.

Необходимо установить контрольно-измерительное оборудование для получения данных о степени и скорости отклонения в ходе проведения испытания и, если необходимо, после испытания.

### Целостность

Тампон из натуральной ваты или хлопка. Для измерения целостности применяется ватный тампон, который должен состоять из новых, необработанных, неокрашенных волокон 100% хлопка и иметь квадратную форму (100 x 100 мм), толщину 20 мм и вес 3-4 г. Перед применением его необходимо высушить в сушильном шкафу при температуре  $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$  в течение как минимум 30 минут. После просушивания его можно поместить в эксикатор на срок до 24 часов или хранить в герметичном контейнере не более одной недели, после чего процедуру просушки необходимо повторить, как описано выше. Для применения тампона его необходимо закрепить на проволочной раме, имеющей рукоятку нужной длины, как показано на рис. 5.



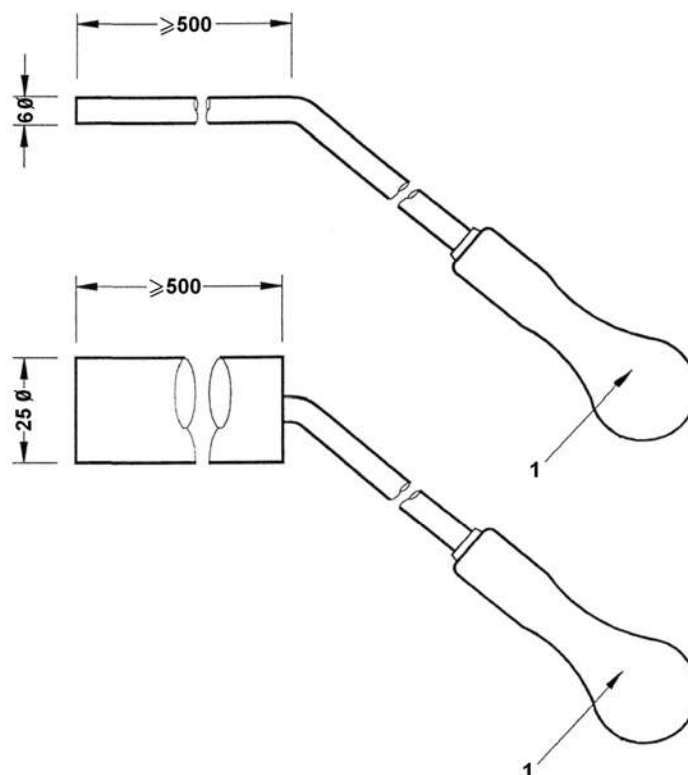
#### Обозначения:

1. рукоятка
2. защёлка (открыто)
3. тампон из хлопка или натуральной ваты (100 x 100) мм массой  $(3,5 \pm 0,5)$  гр.
4. поверхность испытываемого образца

Размеры указаны в мм

**Рис. 5 Рама для крепления тампона из натуральной ваты или хлопка**

Измерители промежутков. Два типа измерителей промежутков, изображённых на рис. 6, должны быть в наличии для измерения целостности. Они должны быть выполнены из цилиндрического стального стержня диаметром  $(6 \pm 0,1)$  мм и  $(25 \pm 0,2)$  мм и иметь рукоятки необходимой длины с изоляцией.



#### Обозначения:

1. рукоятка изолированная

Размеры указаны в мм

**Рис. 6 Пример измерителей промежутков**

#### **Точность измерительных приборов**

Для проведения огневых испытаний измерительное оборудование должно соответствовать следующим уровням точности:

- а) измерение температуры: печь  $\pm 15$  °С; окружающая среда и необогреваемая поверхность  $\pm 4$  °С; другое  $\pm 10$  °С;
- б) измерение давления:  $\pm 2$  Па;
- с) уровень нагрузки:  $\pm 2,5\%$  от испытательной нагрузки;
- д) измерение продольного сжатия или расширения:  $\pm 0,5$  мм; другие измерения отклонения:  $\pm 2$  мм.

#### **Неточности в измерении огнестойкости**

Существует множество факторов, которые могут повлиять на результат испытания на огнестойкость. Факторы, связанные с изменчивостью образца, включая материалы, изготовление и установку, не имеют отношения к недостоверности измерения. Среди остальных факторов некоторые являются значительно более важными (например, разная доза теплового воздействия, обеспечиваемая разными печами) по сравнению с другими (например, точность калибровки системы регистрации данных).

В связи с трудоёмкостью испытания, многие факторы, влияющие на результат, зависят от оператора. Профессиональная подготовка, опыт и отношение оператора к работе играют важную роль в устранении факторов, приводящих к значительным неточностям в измерениях. Составители стандартов подчеркивают, что в настоящий момент нет возможности выразить эти факторы с помощью цифр, и потому любая попытка установить степень неточности измерений без учёта переменных величин, зависящих от оператора, имеет ограниченное значение.

## **УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

### **Температура в печи**

#### **Кривая нагрева**

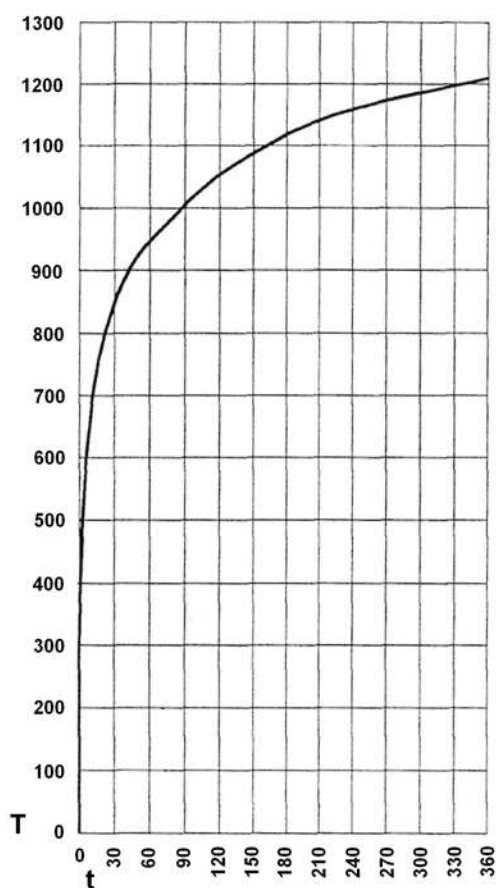
Средняя температура в печи в соответствии с показаниями печных термопар должна отслеживаться и контролироваться таким образом, чтобы соответствовать следующему соотношению (см. рис. 7):

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$$

где

$T$  - средняя температура в печи, °С

$t$  – время, мин.



$T$  – температура, °C  
 $t$  – время, мин.

Время (мин.)	Температура в печи (°C)	Время (мин.)	Температура в печи (°C)
0	20	90	1006
5	576	120	1049
10	678	150	1082
15	738	180	1110
20	781	210	1133
30	842	240	1153
45	902	300	1186
60	945	360	1214

**Рис. 7 Стандартная кривая «температура – время»**

### **Допустимые отклонения**

Процентное отклонение ( $d_e$ ) в площади кривой средней температуры, зарегистрированное указанными печными термопарами, по отношению ко времени из площади стандартной кривой «температура – время» должно быть в следующих пределах:

- а) 15%, когда  $5 < t \leq 10$
- б)  $(15 - 0,5 (t - 10))\%$ , когда  $10 < t \leq 30$
- в)  $(5 - 0,083 (t - 30))\%$ , когда  $30 < t \leq 60$
- г) 2,5%, когда  $t > 60$

$$d_e = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100$$

где

$d_e$  – процентное отклонение;

$A$  – площадь при фактической кривой «температура – время», °C мин.;

$A_s$  – площадь при стандартной кривой «температура – время», °С мин.;  
 $t$  – время, мин.

Все площади должны быть вычислены одним способом, т.е. суммированием площадей с интервалом не более 1 мин., и должны исчисляться от нулевой отметки времени.

В любой момент времени по истечении 10 мин. от начала испытания температура, регистрируемая термопарой в печи, не должна отличаться от соответствующего значения температуры на кривой «температура – время» более чем на 100 °С.

При испытании образцов, которые горят быстро, может наблюдаться отклонение от значений заданной кривой «температура – время», превышающее 100 °С, в течение не более 10 мин., при условии, что такое избыточное отклонение вызвано внезапным возгоранием значительного количества горючих материалов, повышающим температуру газа в печи.

Поскольку для первых пяти минут испытания не даются допустимые отклонения на соответствие кривой «температура – время», предполагается, что в течение этого времени работники лаборатории будут стараться соблюдать предписанное соотношение как можно точнее, чтобы разница между интегралами предписанной и полученной кривыми была минимальной в любой период времени на протяжении всего испытания.

В результате быстрого повышения температуры в первые пять минут испытания, операторам печи может быть сложно контролировать работу печи таким образом, чтобы достичь соответствия допустимым отклонениям, которые применимы по истечении этих пяти минут. Для получения дополнительной информации, которая поможет избежать этой проблемы и продолжать контроль за печью, можно использовать одну или более термопар традиционного типа (например, с 3-мм защитным чехлом из нержавеющей стали). Приобретая опыт сравнения показаний термопар и плоских термометров, операторы систем и контролирующие системы смогут добиться более точного соответствия температур, регистрируемых плоскими термометрами, предписанным температурам. Однако, соответствие предписанному соотношению «температура – время» во время проведения испытания осуществляется на основе информации, получаемой с помощью плоских термометров.

*Для сравнения – в пункте 6 «Температурный режим» ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» [22], составленном на основе ИСО 834-1:1975 «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования» [14], приведены требования к стандартному температурному режиму и отклонениям средней измеренной температуры в печи от значений температуры, соответствующих стандартной зависимости температуры от времени.*

### **Давление внутри печи**

На распределение давления по высоте печи в основном влияет естественная способность газов подниматься вверх, и в целях контроля давления можно предположить, что перепад давления будет составлять приблизительно 8,5 Па на метр высоты печи.

Система измерения давления должна быть системой, не учитывающей быстрых колебаний давления (например, при циклах в 1 секунду или меньше), связанных с турбулентностью и т.п. Давление внутри печи определяется относительно давления снаружи печи на одной и той же высоте.

Давление внутри печи должно отслеживаться и регулироваться таким образом, чтобы через пять минут от начала испытания оно соответствовало давлению, указанному для конкретного типа испытываемой конструкции,  $\pm 5$  Па, и чтобы через 10 минут от начала испытания и далее, оно поддерживалось на уровне значения, указанного для конкретного типа испытываемой конструкции,  $\pm 3$  Па.

### **Определение уровня нейтрального давления**

Работа печи должна быть налажена таким образом, чтобы уровень нейтрального давления (нулевого давления) находился на расстоянии 500 мм над уровнем условного пола. Независимо от этого, давление на верху испытываемого образца не должно превышать 20 Па, и это требование может привести к необходимости корректировки высоты уровня нейтрального давления.

Многочисленные вертикальные разделяющие конструкции. При проведении испытаний, в которых можно разместить несколько образцов по высоте печи, и где задано постоянное давление для испытываемого типа конструкции, такое давление должно применяться в отношении самого нижнего из испытываемых образцов, а ограничение в 20 Па на верху образца(ов) в данном случае не применяется.

Горизонтальные разделяющие конструкции. Работа печи должна быть налажена таким образом, чтобы давление с нижней стороны испытываемой конструкции определялось относительно высоты конструкции от уровня условного пола. Независимо от этого, давление с нижней стороны испытываемого образца не должно превышать 20 Па. Условие давления должно быть установлено на расстоянии 100 мм к низу от нижней стороны разделяющей конструкции.

Неразделяющие конструкции. Неразделяющие конструкции должны подвергаться испытанию в таких же условиях давления, что и разделяющие конструкции, находящиеся в той же плоскости, например, давление для балок – такое же как для полов, а для колонн – такое же как для стен.

### **Атмосфера (газовая среда) печи**

Соотношение «воздух-топливо» для горелок и выпуск вторичного воздуха задаются с тем, чтобы обеспечить минимальное содержание кислорода в атмосфере печи в объеме 4% при испытании образцов, не имеющих горючего содержимого. Эта настройка соотношения «воздух-топливо» для горелок, включая настройку для выпуска вторичного воздуха не должна меняться после последней проверки эксплуатационных характеристик

печи. Процедура проведения проверки эксплуатационных характеристик печи описана в стандарте ENV 1363-3. «Испытания на огнестойкость. Часть 3: «Проверка эксплуатационных характеристик печей» [12].

### **Приложение нагрузки**

Заказчик должен предоставить основание для испытательной нагрузки, включая расчёты, если испытательная нагрузка основана на свойствах материалов. Заказчик также должен указать взаимосвязь между испытательной нагрузкой и нагрузкой, применяемой во время эксплуатации (если известно). Специалисты лаборатории должны по возможности проверить свойства материалов, использованных заказчиком в расчёте испытательной нагрузки.

Рекомендации по выбору испытательной нагрузки. Нагрузка, прилагаемая к испытываемому образцу во время огневого испытания, оказывает значительное влияние на его эксплуатационные характеристики, а также является важным фактором, который следует учитывать при последующем применении результатов испытания и их связи с результатами подобных или иных испытаний. Поэтому в обязанности заказчика входит информирование специалистов испытательной лаборатории об условиях эксплуатации и согласование с ними испытательной нагрузки.

Какой бы метод ни применялся для увеличения нагрузки в ходе огневого испытания, желательно, чтобы он соотносился с конечной нагрузкой на испытываемую конструкцию до нагревания. Не менее важно, чтобы основание для увеличения нагрузки было чётко сформулировано в протоколе испытания, также как и любая другая существенная информация, например, о свойствах материалов и уровнях напряжения, которые влияют на значимость результатов испытания и их применение. Следует отметить, что испытываемая нагрузка необязательно должна соответствовать той, что применяется на практике.

Результаты испытания получают наиболее широкое применение, когда определение испытательной нагрузки и, следовательно, вызванных напряжений соотносится с измеряемыми свойствами материалов элементов конструкции, применяемых для создания испытываемого образца, одновременно с этим вызывающих развитие напряжений в материалах в критических областях этих элементов, которые являются максимально допустимыми в соответствии с методикой расчёта предельного состояния по потере несущей способности, описанной в государственных строительных нормах. Это предусматривает применение наиболее тяжёлых условий испытательной нагрузки, а также предоставляет практическую основу для экстраполяции результатов испытания и их применения в расчётах.

При соотношении требуемой испытательной нагрузки с характерными свойствами материалов, из которых состоит испытываемый образец, используются значения, которые, как правило, предоставляются производителями материалов. Кроме того, их можно найти в литературе, где описаны стандартные свойства необходимых материалов (обычно целыми группами). В большинстве случаев это приводит к низкому значению испытательной нагрузки, поскольку фактические значения обычно выше характеристических значений. С другой стороны, данная практика наиболее близка к типовым государственным методикам расчёта и другим соответствующим методикам в плане технических требований к материалам, используемым в строительных конструкциях. Сфера применения результатов таких испытаний может быть расширена, если всё-таки будут определены фактические свойства материалов и/или будет установлено фактическое напряжение в конструктивных элементах испытываемых образцов в ходе испытания на огнестойкость.

Если испытываемая нагрузка относится к конкретной ситуации, её применение в других ситуациях гораздо более ограничено. Испытываемая нагрузка неизменно меньше той, которая применяется обычно, и при условии, что конструктивные элементы подобраны с учётом их способности выдерживать обычные проектные нагрузки, указанные в официальных строительных нормах, появится больший запас прочности и увеличится огнестойкость по сравнению с эксплуатационными характеристиками испытываемых образцов при их нагружении в соответствии с описанием, приведённым в предыдущих параграфах. В этом случае сфера применения результатов также может быть расширена, если получить данные о фактических физических свойствах материалов конструктивных элементов и уровнях напряжения, существующих в этих элементах при заданном нагружении.

### **Ограничители/граничные условия**

Испытываемый образец или, при необходимости, испытываемая конструкция закрепляются на специальной раме, сконструированной таким образом, чтобы воспроизвести требуемые или расчётные граничные условия и условия опирания. Тип рамы для испытания и её эффективность будут различаться в зависимости от типа испытываемого элемента.

Граничные условия могут выступать в качестве ограничителей расширения, сжатия или вращения. И наоборот - граничные условия могут дать свободу движению. Образец можно испытывать в первом или втором варианте условий, применяемых ко всем или только к некоторым его краям. Выбор условий следует осуществлять на основе тщательного анализа условий, существующих на практике.

Если испытываемые образцы представляют собой конструкции с неопределёнными или изменчивыми граничными условиями эксплуатации, им необходимо обеспечить опору по краям или на концах таким образом, чтобы была возможность получить устойчивые результаты.

Если при проведении испытания используется ограничитель, следует описать условия ограничения с учётом свободного движения конструкции до возникновения сопротивления расширению, сжатию или вращению. Следует по возможности регистрировать внешние силы и моменты, передаваемые конструкции ограничителем в ходе испытания.

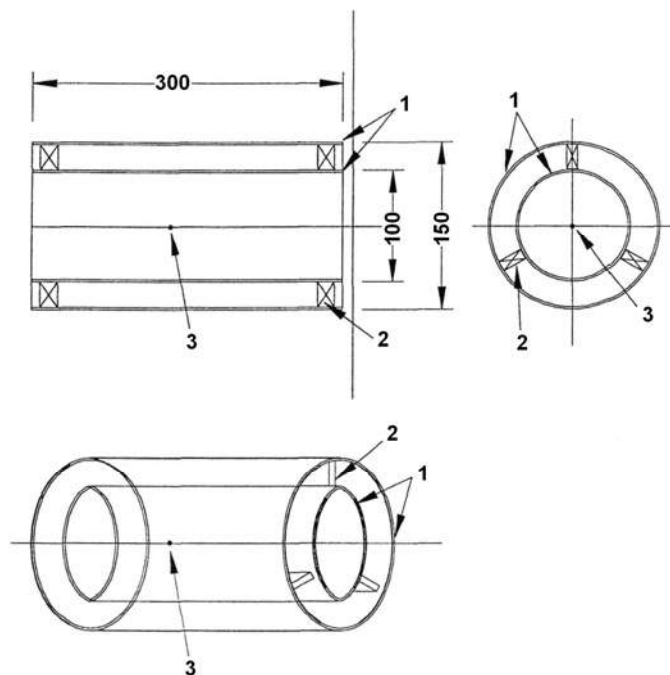


Ограничение может осуществляться посредством применения гидравлических или других систем приложения нагрузки. Сдерживающие силы могут быть применены таким образом, чтобы препятствовать расширению и/или вращению. В таких случаях значения этих сдерживающих сил представляют собой полезную информацию и должны измеряться через определённые промежутки времени на протяжении всего испытания.

### Температурные условия окружающей среды

Температура окружающего воздуха в начале испытания должна составлять  $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$  и отслеживаться с расстояния в 1-3 метра по горизонтали от обогреваемой поверхности, при этом на датчик температуры не должно влиять тепловое излучение от испытываемой конструкции и/или печи. Подходящее для этих целей устройство, состоящее из двух пластиковых трубок длиной 300 мм и номинальным диаметром 100 и 150 мм, изображено на рис. 8.

Во время испытания температура в лаборатории не должна падать более чем на  $5^\circ\text{C}$  или подниматься более чем на  $20^\circ\text{C}$  для всех разделяющих конструкций с теплоизоляцией, пока они продолжают сохранять теплоизолирующую способность.



### Обозначения:

1. концентрические трубы
2. распорка
3. расположение устройства, измеряющего температуру окружающей среды

Размеры указаны в мм

**Рис. 8 Устройство для измерения температуры окружающей среды**

### Отклонение от требуемых условий испытания

В случаях, когда температура внутри печи, давление в печи или температура окружающего воздуха, достигаемые в процессе проведения испытания, представляют более серьёзные условия воздействия на испытываемый образец, результаты испытания признаются действительными.

### ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ

Испытываемый образец, как правило, должен быть в натуральную величину. Если испытание образца в натуральную величину невозможно, размер образца должен соответствовать размеру, указанному в стандартах на испытание конкретных типов конструкций.

Если требуется, чтобы разделяющие конструкции были огнестойкими только с одной стороны, испытанию подвергается один образец, обогреваемой поверхностью которого и является та сторона, которая будет подвержена воздействию пожара.

Если требуется, чтобы разделяющие конструкции были огнестойкими с обеих сторон, испытанию подвергаются два образца по отдельности (по одному в каждом направлении), за исключением случаев, когда разделяющая конструкция полностью симметрична и требуемые условия огневого воздействия в обоих направлениях идентичны.

Если испытание проводится только с одной стороны, по причине того, что разделяющая конструкция симметрична, либо она должна быть огнестойкой только с одной стороны, это должно быть указано в протоколе

испытания. При наличии разных граничных условий могут потребоваться дополнительные испытываемые образцы.

Для испытания всех разделяющих конструкций требуется только по одному образцу.

Материалы, используемые для создания испытываемого образца, должны быть характерны для использования данной конструкции на практике. Необходимо включить в образец соответствующую отделку поверхности и крепления, являющиеся неотъемлемой частью образца и способные повлиять на его поведение в ходе испытания. Никаких вариаций в конструкции отдельного испытываемого образца (например, разных стыковых соединений) быть не должно. Любые видоизменения, связанные с установкой испытываемого образца на предусмотренную испытательную раму, не должны оказывать значительного влияния на поведение испытываемого образца, и должны быть полностью описаны в протоколе испытания.

Метод сборки и установки должен быть характерным для использования данной конструкции на практике, а стандартные конструктивные характеристики и качество изготовления изделия должны соответствовать тем, которые обычно обеспечиваются в зданиях. Это должно относиться и к способам доступа к испытываемому образцу (например, доступ к подвесным потолкам обычно осуществляется только снизу).

Заказчик отвечает за то, чтобы качество конструкции испытываемого образца соответствовало продукции, используемой на практике.

Специалисты лаборатории должны отследить процесс установки испытываемого образца, чтобы включить подробное описание методики, конструктивных характеристик и качества изделия в протокол испытания.

Заказчик должен предоставить в испытательную лабораторию описание всех элементов конструкции, чертежи, перечень основных компонентов и их производителей/поставщиков и информацию о процедуре сборки до начала проведения испытания. Вся эта информация должна предоставляться заблаговременно, чтобы у сотрудников лаборатории была возможность проверить испытываемый образец на соответствие предоставленной информации. По возможности, любое обнаруженное несоответствие должно быть устранено до начала испытания. Чтобы удостовериться в том, что описание испытываемого образца и, в особенности, его конструкции соответствует самому образцу, специалисты лаборатории контролируют производство испытываемого образца либо запрашивают дополнительный образец для испытаний. Если необходимо, должны быть определены фактические свойства материалов.

В некоторых случаях нет возможности проверить соответствие всех аспектов конструкции испытываемого образца до начала проведения испытания, и по окончании испытания можно не получить надлежащих сведений. В случае необходимости полагаться на информацию, предоставленную заказчиком, необходимо указать это в протоколе испытания. Тем не менее, специалисты лаборатории должны удостовериться в том, что они полностью одобряют конструкцию испытываемого образца, и что они смогут в точности описать все элементы конструкции в протоколе испытания. Дополнительные методы проведения контрольной проверки образца приведены в стандартах на испытание конкретных типов конструкций.

Контрольная проверка может проводиться третьими лицами. Однако ответственность лежит на специалистах лаборатории.

## **УСТАНОВКА ИСПЫТЫВАЕМОГО ОБРАЗЦА**

Испытываемый образец должен быть установлен так, чтобы в максимальной степени соответствовать условиям его установки при эксплуатации.

### **Опорные конструкции**

Многие конструкции, испытываемые на огнестойкость, устанавливаются на испытательную печь только после того, как их встраивают в некую другую конструкцию, располагающуюся между ними и испытательной рамой печи. Это может быть обусловлено их размером, например: большинство участков изоляции труб в месте их прохода через стену и дверных конструкций являются недостаточно большими, чтобы блокировать передний или верхний проём печи. Кроме того, на эксплуатационные показатели, ожидаемые от конструкции, в значительной степени влияет та опорная конструкция, в которой её испытывают. В случае с дверями, например, эксплуатационные показатели дверной конструкции, вмонтированной в кирпичную или бетонную стену, и смонтированной в облегчённую перегородку из стального каркаса и строительного картона, скорее всего, будут отличаться (в зависимости от типа дверей).

Поэтому необходимо знать свойства этих конструкций, чтобы суметь определить влияние, которое они могут оказать на испытываемый элемент. Такие конструкции называются опорными, поскольку они поддерживают испытываемый образец в испытательной раме. Как правило, они бывают двух типов:

**1. Стандартные опорные конструкции.** Это конструкции, используемые для перекрытия печи и поддержки испытываемого образца, имеющие количественное влияние на теплопередачу между конструкцией и испытываемым образцом и обеспечивающие определённую стойкость к деформации, вызванной тепловым воздействием. К стандартным опорным конструкциям относятся облегчённые перегородки из гипсокартона, кирпичные и бетонные стены. Каждому типу испытываемого элемента может соответствовать более одной разновидности конструкций. Стандартные опорные конструкции, выбранные для испытания, должны отражать сущность испытываемого элемента, прогнозируемую продолжительность испытания и сферу прямого применения результатов испытания. Например, подъёмную дверь-жалюзи с пределом огнестойкости 4 часа, спроектированную для использования в кирпичной или бетонной стенах, нельзя испытывать в облегчённой опорной конструкции из гипсокартона с пределом огнестойкости 30 минут. Такая конструкция не подходит для поддержания подъёмной двери, т.к. через 30 минут она разрушится, т.е. её огнестойкости недостаточно для оценки эксплуатационных характеристик испытываемого образца с пределом огнестойкости 4 часа, и сфера прямого

применения для испытания в облегчённой стандартной опорной конструкции не охватывает автоматически испытываемый образец, предназначенный для эксплуатации в составе бетонных или кирпичных конструкций.

В некоторых методах испытания конкретных конструкций имеются разные стандартные опорные конструкции. Это связано с тем, что разные методы по-разному оценивают эксплуатационные характеристики испытываемого образца относительно теплопередачи между конструкцией и испытываемым образцом и стойкости к деформации, вызванной тепловым воздействием.

**2. Совмещённые опорные конструкции.** Это особые виды конструкций, в которые устанавливается испытываемый образец, используемые для перекрытия печи, поддержки испытываемого образца и обеспечения тех уровней ограничения и теплопередачи, которые присутствуют в обычных условиях эксплуатации. К совмещённым опорным конструкциям относятся сборные перегородки, перегородки, облицованные индивидуально изготовленными материалами, и особые виды кирпичных стен.

Наиболее важный аспект совмещённых опорных конструкций заключается в том, что есть вероятность намного более ограниченной сферы прямого применения (если таковая имеется) по сравнению со стандартными опорными конструкциями. Это связано с тем, что влияние на теплопередачу между конструкцией и испытываемым образцом и стойкость к деформации, вызванной тепловым воздействием, неизвестны. Это именно те свойства стандартных опорных конструкций, которые позволяют создать сферу прямого применения для этого типа опорной конструкции. Отсюда следует, что испытания в совмещённых опорных конструкциях имеют более ограниченное значение по сравнению с испытаниями в стандартных опорных конструкциях.

По степени жёсткости различают следующие виды конструкций:

**Жёсткая конструкция высокой плотности.** Стена с блочной кладкой, кирпичной кладкой или однородная бетонная стена общей плотностью  $(1200 \pm 400)$  кг/м<sup>3</sup> и толщиной  $(200 \pm 50)$  мм.

**Жёсткая конструкция низкой плотности.** Стена из газобетона с общей плотностью  $(650 \pm 200)$  кг/м<sup>3</sup> и толщиной  $> 70$  мм.

В случае с опорными конструкциями для стен с блочной кладкой (включая газобетон) или кирпичной кладкой, описанных выше, отдельные элементы кладки должны быть соединены между собой с помощью строительного раствора из песка, цемента и воды в соотношении 4 части песка на 1 часть цемента.

**Гибкая конструкция.** Облегчённая перегородка из стального каркаса с облицовкой из гипсокартона:

а) Компоненты:

Направляющий профиль вдоль пола и потолка: U-образный профиль из катаной стали толщиной от 0,5 до 1,5 мм и глубиной от 61 до 77 мм.

Стойчатый профиль: C-образный профиль из катаной стали толщиной от 0,5 до 1,5 мм и глубиной от 65 до 75 мм.

Облицовка: гипсокартон типа F с бумажной отделкой (в соответствии со стандартом prEN 520 «Гипсокартон: технические требования и методы испытания»). Количество и толщина слоёв, которые должны быть закреплены с каждой стороны каркаса:

При прогнозируемой огнестойкости образца менее или равной 30 мин. – один слой толщиной 15 мм или два слоя каждый толщиной по 9,5 мм.

При прогнозируемой огнестойкости образца от 30 до 60 мин. – два слоя толщиной 12,5 мм каждый.

При прогнозируемой огнестойкости образца от 60 до 90 минут – три слоя толщиной 12,5 мм каждый.

При прогнозируемой огнестойкости образца от 90 до 120 мин. – три слоя толщиной 12,5 мм каждый (укреплённые)

Крепёж: самосверлящие/самонарезающие винты для стен из гипсокартона длиной от 15 до 25 мм для первого слоя листов толщиной 9,5 мм; длиной от 25 до 36 мм для второго слоя листов толщиной 9,5 мм; длиной от 20 до 30 мм для первого слоя листов толщиной 15 мм; длиной от 31 до 41 мм для второго слоя листов толщиной 12,5 мм; длиной от 45 до 55 мм для третьего слоя листов толщиной 12,5 мм

Соединительный состав: гипсовый штукатурный раствор

Теплоизоляция: отсутствует

б) Конструкция:

Центры крепления: Направляющие профили вдоль пола и потолка - до испытательной рамы  $< 600$  мм

Центры стойчатого профиля: от 400 до 625 мм (в зависимости от размера и места проёма для испытываемого образца). Эти центры не применяются в пределах расстояния в 200 мм между каждым из образцов и между образцами и краем печи.

Крепление стойчатого профиля: враспор

Допустимое расширение стойчатого профиля: максимум 10 мм

**Примечание:** Это не является проектной нормой расширения.

Центры крепления: гипсокартон к каркасу, через 300 мм по периметру и внутри во всех слоях.

Расположение вертикальных стыковых соединений: в шахматном порядке между слоями гипсокартона, в многослойных конструкциях

Расположение горизонтальных стыковых соединений (если необходимо): совпадают в однослойных системах на номинальной высоте 2,4 м; в шахматном порядке между слоями гипсокартона в многослойных конструкциях с внутренним слоем на номинальной высоте 0,6 м и внешним слоем на номинальной высоте 2,4 м. (Если листы гипсокартона, используемые в гибкой стандартной опорной конструкции, не имеют полной высоты (т.е. 3 метра), потребуется горизонтальное стыковое соединение в выше перечисленных местах. Горизонтальное стыковое соединение необходимо укрепить во избежание преждевременного разрушения. В этих целях с обратной стороны внешнего слоя листа на месте стыка можно поместить фиксирующую скобу шириной 100 мм, изготовленную из стали толщиной 0,5 мм. Фиксирующая скоба крепится винтами для гипсокартона

сквозь внешний слой листа на расстоянии 300 мм от центров. Для всех систем фиксирующая скоба нужна только позади внешнего слоя листа). Заполнение стыковых соединений: только во внешнем слое с помощью гипсового штукатурного раствора.

Если планируется испытывать образец в конструкции, не являющейся стандартной опорной конструкцией, его следует испытывать в той опорной конструкции, в которой планируется его последующее использование (например, из бетона нормальной плотности).

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА**

### **Предварительная обработка испытываемого образца**

В ходе проведения испытания прочность испытываемого образца и содержание в нем влаги должны примерно соответствовать тем значениям, которые наблюдаются при обычной эксплуатации конструкции. Образец не стоит подвергать испытанию до тех пор, пока он не достигнет равновесного состояния в результате хранения в условиях относительной влажности 50% при температуре 23°C. Если образец приводится к требуемым параметрам иным образом, это должно быть указано в протоколе испытания.

*Для сравнения - в пункте 7 «Образцы для испытаний конструкций» ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» [22], составленном на основе ИСО 834-1:1975 «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования» [14], приведены следующие требования: «Влажность образца должна соответствовать техническим условиям и быть динамически уравновешенной с окружающей средой с относительной влажностью  $(60 \pm 15)\%$  при температуре  $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ . Для получения динамически уравновешенной влажности допускается естественная или искусственная сушка образцов при температуре воздуха, не превышающей  $60^\circ\text{C}$ .*

Бетонные или кирпичные элементы или образцы, содержащие бетонные части, не должны подвергаться испытанию до тех пор, пока они не будут выдержаны в течение, по меньшей мере, 28 дней.

Массивным конструкциям, например, большим бетонным элементам, которые могут содержать в себе большое количество влаги может потребоваться очень долгое время на просушивание. Такие образцы могут быть подвержены испытанию, когда относительная влажность в соответствующих местах образца достигнет 75%. Если уровня относительной влажности в 75% нельзя достигнуть в течение разумно необходимого срока, в ходе проведения испытания необходимо измерять содержание влаги и фиксировать результаты этих измерений в протоколе испытания.

Влагосодержание гигроскопических материалов конструкции оказывает своё влияние, когда образец подвергается огневому воздействию. Большое содержание влаги может вызвать образование полостей для пара, которые могут привести к расслоению досок (листов, панелей) и растрескиванию бетона, а также возникновению неестественно высоких градиентов влажности и, следовательно, деформации материалов, таких как дерево. Аналогичным образом, на образцы с нехарактерно малым содержанием влаги может повлиять аномальное воздействие теплового потока, и в случае с составными конструкциями появляются усадочные трещины меньшего размера, чем при наличии большего содержания влаги.

При обычных условиях эксплуатации предполагается, что влагосодержание на единицу массы обычных материалов будет таким, как указано ниже. Рекомендуется соблюдать эти уровни содержания влаги в образцах, оцениваемых для внутреннего пользования, с учётом веса в сухом состоянии.

Древесина:

Все случаи применения для внутренних соединений – от 9% до 12%

Деревянные несущие и ненесущие конструкции, в которых дерево будет полностью или частично подвержено воздействию нагретой или не нагретой внутренней среды – от 9% до 12%

Другие случаи применения, включая деревянные несущие и ненесущие конструкции, в которых дерево изолировано от окружающих внутренних условий здания - от 14% до 18%

Бетон и кирпичная кладка - от 1% до 5%

Строительные гипсы - до 2%

Данные рекомендации относятся к материалам конструкции испытываемого образца. Однако, состояние материалов, применяемых при изготовлении совмещённой конструкции или перекрытия свода печи, также может повлиять на поведение огня и, следовательно, необходим контроль с учётом этих компонентов.

#### Рекомендации по проведению предварительной обработки

При хранении в условиях постоянной температуры и влажности любая конструкция в конечном итоге придёт в равновесное состояние. Так, при хранении в условиях относительной влажности 50% содержание влаги в поровой системе совпадёт с этим уровнем влагосодержания. Например, относительная влажность 50% для бетона соответствует влагосодержанию от 1% до 3%, а дерева – около 10%. Содержание влаги в бетоне, равное 5%, соответствует относительной влажности 100%.

Содержание влаги можно измерить посредством высушивания и взвешивания небольших кусочков материала. Относительную влажность образца можно легко измерить в небольших отверстиях в испытываемом образце (бетонном, деревянном и т.п.), или собрав кусочки материала в герметичные пластиковые пакеты. Затем можно провести измерения относительной влажности, когда воздух в отверстиях или пакете достигнет равновесного состояния с материалом, что, как правило, происходит в пределах одного часа.

Во многих случаях более легким и уместным способом определения равновесного содержания влаги является взвешивание специально изготовленных для этих целей испытываемых заготовок. Они должны быть созданы так, чтобы отражать потерю водяного пара испытываемым образцом, и иметь такую же толщину и те же

обогреваемые поверхности. Испытываемые заготовки должны быть доведены до равновесного состояния, как описано выше.

Ускоренная обработка допускается при условии, что используемый метод не меняет свойств составляющих материалов.

Обработка при высокой температуре допускается при условии, что используемая температура ниже критических температур всех материалов испытываемого образца.

Альтернативой обработке испытываемого образца целиком является обработка его частей в соответствии с приведёнными выше требованиями с последующей их сборкой при условии, что при сборке не будут использоваться гигроскопические материалы.

В стандартах на испытание конкретных типов конструкций могут содержаться дополнительные или альтернативные рекомендации по получению уравновешенной влажности.

Рекомендации по методам измерения влагосодержания:

а) Применение влагомера с непосредственным снятием показаний. Влагомеры с непосредственным снятием показаний являются удобным инструментом для определения влагосодержания готовых образцов. Однако, применение таких приборов имеет свои ограничения. При использовании этих приборов для определения влагосодержания железобетона стальная арматура может вызвать появление ошибок в показаниях в связи с проводимостью стали.

Таким же образом, композитные материалы из древесины, такие как конструкции из клеёной фанеры и многослойные клеёные конструкции приводят к возникновению ошибок в связи с проводимостью клеевых слоёв. В этих случаях следует использовать измерители на основе изолированного игольчатого электрода. Несмотря на то, что влагомеры применяются для целого ряда материалов, они не всегда могут достаточно точно определить содержание влаги. В связи с этим, их применение должно быть ограничено теми приборами, которые продемонстрировали достаточную корреляцию с методами печной сушки, но применение даже таких приборов следует ограничить однородными материалами, не имеющими составных элементов. Когда применение влагомеров считается неприемлемым, следует использовать сушку в печи.

б) Сушка в печи. При использовании методов печной сушки необходимо определить среднее содержание влаги. Для этого в толстых образцах следует удалить сердцевину от поверхности до середины толщины. Эту сердцевину необходимо взвесить, а затем сушить в печи при температуре  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  (за исключением изделий из строительного гипса, которые необходимо сушить при температуре  $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ ) до тех пор, пока не будет достигнута равновесная масса, т.е. такое состояние, при котором результаты двух последовательных взвешиваний с интервалом в 24 часа отличаются друг от друга менее чем на 0,1%. Исходя из разницы между двумя массами, можно рассчитать содержание влаги. Следует соблюдать осторожность, чтобы при вынимании сердцевины образца, не изменилось содержание в ней влаги.

### **Предварительная обработка опорных конструкций**

Когда испытываемый образец монтируется в опорную конструкцию (например, несущая стена монтируется в бетонную или кирпичную опорную конструкцию), полная обработка опорной конструкции может не понадобиться, если можно доказать, что не будет наблюдаться воздействий на поведение образца, вызванных избыточной влажностью и приводящих, например, к недостаточной прочности, отслаиванию, деформации, вызванной переувлажнением, температурным воздействиям и т.п.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

### **Применение ограничителей**

В зависимости от конструкции может быть подобран соответствующий ограничитель путём размещения образца внутри жёсткой рамы. Этот метод применяется для перегородок и некоторых типов полов соответствующим образом. В таких случаях щели между краями испытываемого образца и рамой должны быть заполнены несжимаемым материалом.

### **Приложение нагрузки**

При испытании несущих конструкций испытываемая нагрузка должна быть приложена, по меньшей мере, за 15 мин. до начала испытания и при такой интенсивности, чтобы не возникло динамических эффектов. Все возникающие отклонения должны быть измерены. Если испытываемый образец выполнен из материалов, которые вызывают явные отклонения при приложении испытательной нагрузки, прилагаемая нагрузка должна поддерживаться на одном уровне до начала огневого испытания до тех пор, пока все отклонения не стабилизируются. После приложения нагрузок и на протяжении всего испытания они должны оставаться постоянными, и в случае возникновения отклонения образца система нагружения должна быстро отреагировать, чтобы поддержать постоянное значение.

### **Начало испытания**

Не ранее чем за пять минут до начала испытания необходимо проверить начальные значения температур, регистрируемые всеми термопарами, чтобы удостовериться, что они не противоречат друг другу, и определить исходные значения. Необходимо соответствующим образом получить и другие исходные значения (например, отклонения), и зафиксировать начальное состояние испытываемого образца.

Начальные значения средней температуры внутри печи (если применяется) и температуры необогреваемой поверхности образца должны составлять  $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$  и не должны отличаться от начальной температуры

окружающей среды более чем на 5°C. Начальные значения температуры печных термопар должны быть в пределах  $(30 \pm 20)$  °C.

Испытание должно начинаться, когда значение температур любой из печных термопар превысит 50°C. С этого момента измеряется фактическая продолжительность испытания, и все ручные и автоматические системы измерения и наблюдения должны в этот момент начать свою работу либо уже работать.

### **Измерения и наблюдения**

Приведённые ниже измерения и наблюдения, если они необходимы, должны проводиться от начала испытания.

#### **Температуры**

Температуры, регистрируемые всеми термопарами (за исключением переносной термопары), должны измеряться и фиксироваться с интервалом не более 1 минуты на протяжении всего периода нагревания. Кроме того, при использовании переносной термопары вблизи разрыва (например, между прилегающими панелями стены), центр диска не должен располагаться ближе чем в 15 мм от разрыва.

Переносную термопару следует прикладывать к любым предполагаемым участкам местного перегрева, которые возникают в ходе испытания. Если за 20 с. применения переносной термопары не достигнуто значение температуры в 150°C, нет смысла продолжать удерживать её до тех пор, пока не будет достигнуто устойчивое состояние. Ограничения по использованию переносной термопары такие же, что и для стационарных термопар. Переносная термопара используется только для оценки испытываемого образца в сравнении с показателем максимальной температуры.

#### **Давление внутри печи**

Давление внутри печи должно измеряться и записываться непрерывно либо с интервалом не более 1 минуты.

#### **Отклонение**

Соответствующие отклонения испытываемого образца должны измеряться и записываться на протяжении всего испытания.

##### Испытываемые образцы несущих конструкций

При испытании образцов несущих конструкций измерения должны проводиться до и сразу же после приложения испытываемой нагрузки, а также с интервалом в 1 мин. в период нагревания.

а) При испытании образцов горизонтальных несущих конструкций измерения следует проводить в месте, где прогнозируется возникновение максимального отклонения книзу (для конструкций на простых опорах это, как правило, середина пролёта).

б) При испытании вертикальных несущих конструкций продольное отклонение, которое выражается в увеличении высоты испытываемого образца, должно отражаться со знаком «плюс», а то, которое приводит к снижению высоты испытываемого образца по сравнению с изначальным значением, должно отражаться со знаком «минус».

##### Дополнительные измерения отклонения (испытываемые образцы несущих и ненесущих конструкций)

Если в стандартах на испытание конкретных типов конструкций указаны соответствующие требования, то измерение отклонения должно проводиться в указанных местах и с нужной частотой, чтобы зафиксировать историю движения испытываемого образца. Соответствующий метод испытания содержит описание места и частоты проведения измерений каждого конкретного типа конструкции, подверженной испытанию. Может возникнуть необходимость увеличить частоту измерений в момент приближающегося нарушения целостности, чтобы получить информацию о расширенном применении.

##### Рекомендации по измерению отклонения вертикальных разделяющих конструкций с использованием репера (постоянной точки отсчёта)

Следует измерять горизонтальное отклонение испытываемых образцов с целью получения информации об истории движения образцов. Ниже подробно описан метод измерения горизонтального отклонения вертикальных разделяющих конструкций в случаях, когда отклонение не является показателем сбоя. В данном методе не описывается временной интервал между измерениями или места, в которых эти измерения должны осуществляться. Эту информацию можно найти в стандартах на испытание конкретных типов конструкций.

Специалисты лаборатории должны обеспечить наличие репера, расположенного горизонтально поперёк испытываемого образца на той высоте, на которой необходимо провести измерение. Репером может служить жёсткий стержень, как правило, стальной, или проволока под натяжением пружины (как правило, стальная). Репер должен быть расположен на некотором расстоянии от необогреваемой поверхности испытываемого образца, чтобы гарантировать, что отклонение испытываемого образца от печи не приведёт к его контакту с репером. Расстояние в 150 мм обычно достаточно, чтобы обеспечить необходимый промежуток. Репер должен быть таким, чтобы сам он не деформировался в сторону к или от печи под влиянием тепла, излучаемого образцом.

Специалистам лаборатории необходимо иметь измерительный прибор для определения расстояния между репером и испытываемым образцом. Как правило, достаточно точные результаты даёт стальная линейка.



Перед началом испытания необходимо закрепить репер(ы) поперёк передней части испытываемого образца на той высоте, где требуется провести измерения. На образце должны быть нанесены пометки (например, последовательность букв А, В, С, и т.д.) в местах проведения измерений. Для измерения значений оператор замеряет расстояние между репером и образцом и записывает их как значения начала отсчёта времени. Удобной формой записи таких данных является таблица. Следует проводить измерения осторожно, чтобы не повредить образец.

Дальнейшие измерения после начала испытания следует проводить через необходимые промежутки времени, чтобы получить информацию об истории движения образца. Оператору следует соблюдать осторожность, чтобы не подвергнуться чрезмерному тепловому воздействию при нахождении в непосредственной близости от испытываемого образца. Жёстких правил относительно интервалов измерений нет, однако ниже приводятся некоторые рекомендации:

30-мин. испытание: первые 20 мин. - каждые 10 мин., затем – каждые 5 мин.

60-мин. испытание: первые 50 мин.- каждые 10 мин., затем – каждые 5 мин.

90-мин. испытание: первые 80 мин. – каждые 20 мин., затем – каждые 5 мин.

120-мин. испытание: первые 100 мин. – каждые 20 мин., затем – каждые 10 мин.

180-мин. испытание: первые 150 мин. – каждые 30 мин., затем – каждые 10 мин.

240- мин. испытание: первые 210 мин. – каждые 30 мин., затем – каждые 10 мин.

Рекомендуется сократить интервал между измерениями, если на основе наблюдений можно предположить, что образец начинает разрушаться до предполагавшегося времени разрушения.

После того, как будут получены все значения измерений, прежде чем помещать их в протокол испытания, их необходимо обработать. Необходимо вычесть измерения на начало отсчёта времени из всех других значений, чтобы получить движение в чистом выражении. При этом можно получить отрицательные значения: отклонение от печи. Значения следует внести в протокол испытания в табличной или графической форме.

### ***Целостность***

Если в описании соответствующего метода не указано иное, целостность разделяющих конструкций должна определяться в ходе испытания с помощью ватных тампонов, измерителей промежутков и наблюдения за испытываемым образцом на наличие устойчивого горения.

Тампон из хлопка или натуральной ваты. Тампон из хлопка или натуральной ваты применяется посредством наложения рамы, внутри которой он закреплен, на поверхность испытываемого образца максимум на 30 секунд или до момента возгорания тампона (определяемого как пламенное горение или свечение при беспламенном горении). Обугливание тампона без пламени или свечения не учитывается. Допускаются небольшие изменения в местоположении тампона с целью достижения максимального эффекта от горячих газов.

При наличии неровностей поверхности испытываемого образца у отверстия, необходимо удостовериться в том, что при проведении измерений между тампоном и любой из частей поверхности испытываемого образца имеется просвет равный, по меньшей мере, 30 мм.

Оператор может проводить тестирование на определение целостности испытываемого образца. Данный вид контроля может включать в себя выборочное прикладывание ватного тампона на короткие промежутки времени к участкам, где прогнозируется нарушение целостности, и/или перемещение одного тампона по этим участкам и вокруг них. Обугливание тампона может указывать на приближающееся нарушение целостности, но для подтверждения нарушения необходимо использовать новый тампон выше описанным способом.

Время возгорания, а также место, где произошло возгорание, должны быть записаны.

Измерители промежутков. При использовании измерителей промежутков, размер отверстия в поверхности испытываемого образца должен измеряться с интервалом, который определяется в соответствии со скоростью разрушения образца. Должны поочередно использоваться два измерителя промежутков, не прилагая к ним чрезмерной силы, для определения следующего:

а) можно ли пропустить 6-миллиметровый измеритель промежутков сквозь испытываемый образец так, чтобы измеритель выступал в пространство печи, и его можно было бы передвинуть на расстояние в 150 мм вдоль щели; или

б) можно ли пропустить 25-миллиметровый измеритель промежутков сквозь образец так, чтобы измеритель выступал в пространство печи.

Небольшие помехи на пути измерителя, которые оказывают незначительное воздействие либо не оказывают воздействия на прохождение горячих газов через отверстие, не должны учитываться (например, небольшое крепление поперёк строительного шва, который разошёлся из-за деформации).

Место и время, за которое измеритель промежутков проходит в отверстие внутри испытываемого образца как описано выше, должны быть записаны.

### ***Нагрузка и ограничители***

При испытании несущих элементов необходимо записать время, которое проходит до момента, когда испытываемый образец не может больше выдерживать испытательную нагрузку. Все колебания измеряемых сил и/или моментов, необходимых для сохранения применяемого условия ограничения, должны быть записаны.

### ***Поведение испытываемого образца***

Необходимо вести наблюдение за основными чертами в поведении образца в ходе испытания и вести запись о таких явлениях как выделение дыма, образование трещин, плавление, размягчение, отслаивание или обугливание и т.п. материалов испытываемого образца.

### Прекращение испытания

Испытание может быть прекращено по одной или нескольким причинам из приведённого ниже списка:

- а) безопасность персонала или угроза нанесения ущерба оборудованию;
- б) достижение выбранных эксплуатационных показателей;
- с) просьба заказчика.

Если по пункту б) получен неблагоприятный результат, испытание может быть продолжено в целях получения дополнительных данных для прямого и/или расширенного применения.

Если испытание было прекращено до момента наступления сбоя по всем необходимым эксплуатационным показателям, должна быть указана причина его прекращения. Результат следует указать как время прекращения испытания и оценивать его соответствующим образом.

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

### Несущая способность

Это время, выраженное в полных минутах, в течение которого испытываемый образец сохраняет свою способность выдерживать испытываемую нагрузку в ходе испытания. Способность выдерживать испытываемую нагрузку определяется на основе степени и скорости отклонения, рассчитываемых на основе измерений, полученных, как описано выше. Поскольку отклонения могут возникать относительно быстро, ещё до того, как условия стабилизируются, показатель скорости отклонения не применяется до тех пор, пока степень отклонения не будет больше  $L/30$ .

Считается, что конструкция неспособна выдержать нагрузку, если превышены оба показателя, приведённые ниже:

- а) Для изгибающихся несущих конструкций:

$$D = \frac{L^2}{400 d}$$

Предел степени отклонения мм и

$$\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000 d}$$

Предел скорости отклонения мм/мин.

где

$L$  – размер пролёта в свету испытываемого образца, мм;

$d$  – расстояние от крайнего волокна холодной зоны сжатия до крайнего волокна холодной зоны растяжения сечения конструкции, мм;

$D$  – отклонение, исчисляемое от начала нагревания, мм.

- б) Для вертикальных несущих конструкций:

Предел степени сжатия по вертикали (отрицательное растяжение),

$$C = \frac{h}{100}$$

мм; и

Предел скорости сжатия по вертикали (отрицательное растяжение),

$$\frac{dC}{dt} = \frac{3h}{1000}$$

мм / мин.

где

$h$  – начальная высота испытываемого образца, мм;

$C$  – сжатие по оси, исчисляемое от начала нагревания, мм.

### Целостность

Это значения времени, выраженные в полных минутах, в течение которого испытываемый образец сохраняет свою разделяющую функцию в ходе испытания. При этом:

- а) не происходит возгорания ватного тампона, прикладываемого к нему, как описано выше; или
- б) измеритель промежутков не проходит сквозь образец, как описано выше; или
- с) не возникает устойчивого горения.

### Теплоизолирующая способность

Это время, выраженное в полных минутах, в течение которого испытываемый образец сохраняет свою разделяющую функцию в ходе испытания. При этом на необогреваемой поверхности образца не происходит:

- а) повышения средней температуры по сравнению с начальной средней температурой более чем на  $140^{\circ}\text{C}$ ; или
- б) повышения температуры в любой точке (включая показания переносной термопары) по сравнению с начальной средней температурой более чем на  $180^{\circ}\text{C}$ .



Начальная средняя температура – это средняя температура необогреваемой поверхности в начале испытания.

Некоторые элементы конструкции имеют пределы повышения температуры необогреваемой поверхности, отличающиеся от приведённых выше. Эти пределы могут применяться ко всему оцениваемому образцу или его части. Подробная информация о пределах повышения температуры и расположении зон, где допускается более высокое повышение температуры, приводится в стандарте на испытание конкретного типа конструкций.

Если образец содержит дискретные (обособленные) зоны с разной теплоизоляцией, их следует оценивать по отдельности в соответствии со стандартами на испытание конкретных типов конструкций для показателей как среднего, так и максимального повышения температуры.

### **Последствия сбоя некоторых эксплуатационных показателей**

**Зависимость «теплоизолирующая способность и целостность – несущая способность».** Эксплуатационные показатели «теплоизолирующая способность» и «целостность» автоматически признаются не достигнутыми, как только показатель «несущая способность» перестаёт выполняться.

**Зависимость «теплоизолирующая способность – целостность».** Эксплуатационный показатель «теплоизолирующая способность» автоматически считается не достигнутым, как только перестаёт выполняться показатель «целостность».

*Для сравнения - эксплуатационные показатели в документе ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» [22], упоминаются в пункте 9 «Предельные состояния» (составленном на основе ИСО 834-1:1975 «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования» [14]), где идёт речь о потере несущей способности (R), потере целостности (E) и потере теплоизолирующей способности (I).*

### **ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ**

Протокол испытания должен содержать следующую информацию:

- a) Наименование и адрес испытательной лаборатории.
- b) Наименование и адрес заказчика.
- c) Дата проведения испытания.
- d) Код испытания.
- e) (Если известно) Наименование производителя испытываемого образца и изделий и компонентов, использованных при его изготовлении, а также маркировка и товарные знаки.
- f) Описание конструкции испытываемого образца, включая описание, чертежи и основные характеристики компонентов. Описание и чертежи, включённые в протокол испытания, должны по мере осуществимости, быть основаны на информации, предоставляемой заказчиком, и проверены в ходе исследования испытываемого образца. Если специалисты лаборатории не изготавливают свои подробные чертежи для включения их в протокол, они должны засвидетельствовать подлинность предоставленного заказчиком чертежа или чертежей испытываемого образца и, по меньшей мере, одна копия этого чертежа или чертежей, должна быть включена в протокол. В протоколе должно быть указано, что включённые в него чертежи были предоставлены заказчиком.
- g) Соответствующие свойства материалов или компоненты, которые оказывают влияние на огнестойкость испытываемого образца. Если измерение некоторых из этих свойств осуществить невозможно, это должно быть зафиксировано в протоколе.
- h) Способ сборки и установки испытываемого образца.
- i) Подробная информация о предварительной обработке образца перед испытанием.
- j) Информация об участии специалистов лаборатории в выборе испытываемого образца.
- k) Для несущих конструкций: нагрузка, прилагаемая к испытываемому образцу, основание для её расчёта по информации от заказчика и способ приложения нагрузки.
- l) Применяемые условия опирания и ограничения, а также причины выбора именно таких условий.
- m) Для асимметричных разделяющих конструкций необходимо указать плоскость, в которой испытывался образец, и обосновать причину выбора этой плоскости.
- n) Информация о месте расположения всех термопар, прикреплённых к образцу, а также приборов для измерения давления и отклонения. Необходимо включить в протокол чертежи, на которых чётко отражено местоположение различных измерительных приборов, и обозначить эти приборы в соответствии с проводимыми ими измерениями.
- o) Температура окружающей среды в лаборатории в начале испытания.
- p) Условия давления внутри печи по отношению к месту расположения испытываемой конструкции.
- q) Кривые «температура – время» условий нагревания печи (температурный режим).
- r) Обоснование правильности проведения испытания в случае, если допустимые отклонения от температурного режима, условий давления или условий окружающей среды в лаборатории были превышены по недосмотру.
- s) Фактическая продолжительность, выраженная в полных минутах, от начала нагревания до времени сбоя по соответствующим показателям, включая:
  - i) степень отклонения, если это является показателем для оценки несущей способности, включая значение  $d$ , используемое для расчёта предела отклонения для изгибающихся элементов;
  - ii) максимальное отклонение, а также время и место его возникновения, подкреплённые соответствующими графическими данными;
  - iii) тип сбоя относительно всех показателей целостности;

iv) положение или положения, в которых измерялось максимальное повышение температуры, если это привело к потере теплоизолирующей способности;

v) альтернативные или дополнительные процедуры в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные процедуры» [5], например, тепловое излучение.

t) Результаты измерений со всех устройств измерения давления, устройств измерения отклонения, термомпар с необогреваемой поверхности и, где необходимо, внутренних термомпар, представленные в табличной или графической форме.

ПРИМЕЧАНИЕ: В протокол следует включать лишь подборку данных об измерениях, необходимую для демонстрации истории функционирования испытываемого образца. Например, нет необходимости заносить в таблицу показания каждой термомпары, закреплённой на балке, фиксируемые с интервалом в 1 минуту на протяжении всего 90-минутного испытания. Однако, рекомендуется внести в протокол все измерения, которые были сделаны незадолго до того, как произошёл сбой по всем рассматриваемым показателям. До и после этого периода интервал, через который полученные в ходе испытания измерения следует включать в протокол, может быть больше, например, 5 или 10 минут.

u) Описание любых важных проявлений в поведении испытываемого образца.

v) Сфера прямого применения результатов, полученных в ходе оценки образца.

w) Следующие формулировки:

"В данном протоколе подробно описан способ изготовления, условия проведения испытания и результаты, полученные в ходе испытания описанного здесь конкретного типа конструкции в соответствии с порядком проведения испытания, изложенным в стандарте (указать наименование). Все значительные отклонения в размерах, деталях конструкции, нагрузках, напряжённых состояниях, краевых условиях или условиях опирания концов, за исключением тех, что допускаются при прямом применении и указаны в описании соответствующего метода испытаний, в данном протоколе не представлены".

"В связи с особенностями проведения испытаний на огнестойкость и последующие трудности с количественным выражением неточности измерений огнестойкости отсутствует возможность определить степень точности результата".

По просьбе заказчика помимо подробного протокола испытания может предоставляться краткая версия, в которую должны быть включены все подпункты, но информация в подпунктах f), g), h), i), k), l), n), q), s), t) и u) может быть представлена в краткой форме.

Ниже приведён пример способа представления результатов испытания несущей разделяющей конструкции, когда были превышены показатели целостности и теплоизолирующей способности, и испытание было прекращено по просьбе заказчика до того, как испытываемый образец утратил свою несущую способность:

- "Несущая способность: 128 мин. без потери несущей способности (испытание прекращено по просьбе заказчика);

- Целостность – устойчивое горение: 128 мин. без потери целостности (испытание прекращено по просьбе заказчика);

- Измеритель промежутков: 124 мин.;

- Ватный тампон: 120 мин.;

- Теплоизолирующая способность: 110 мин."

Ниже приведён пример способа представления результатов испытания ненесущей конструкции, имеющей две дискретные (обособленные) зоны с разной теплоизолирующей способностью.

- "Целостность – устойчивое горение: 66 мин. без потери целостности (испытание прекращено по просьбе заказчика);

- Измеритель промежутков: 62 мин.;

- Ватный тампон: 42 мин.;

- Теплоизолирующая способность в зоне 1: 41 мин.;

- Теплоизолирующая способность в зоне 2: 25 мин."

## EN 1363–2. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

Как было указано в предыдущей главе, общие рекомендации по проведению испытаний на огнестойкость приведены в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Однако на практике возможно появление таких условий или сценариев, при которых стандартные условия не подходят, либо есть необходимость рассмотреть дополнительные факторы. Причиной этого могут стать свойства изделий, конструкция или сборка, их предназначение, а также обязательные требования, существующие в конкретном государстве. В стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] рассматриваются дополнительные и альтернативные процедуры, которые могут быть использованы в таких случаях, а именно: альтернативные температурные режимы (подробно описана углеводородная кривая, кривая медленного нагрева и кривая огневого воздействия извне), измерение теплового излучения от необогреваемой поверхности разделяющих конструкций и проведение испытаний на удар. Если ни в одном из альтернативных режимов нагрева потребности нет, применяется стандартный температурный режим (стандартная кривая «температура – время») согласно стандарту EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Аналогичным образом, испытание на удар и измерение теплового излучения выполняются только в случае, когда это необходимо в связи с особыми условиями.

### АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ

#### Углеводородная кривая

Для определения огнестойкости в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] условия нагрева рассматриваются исходя из заданного соотношения «температура – время». Несмотря на то, что заданные условия нагрева соотносятся с теми, которые возникают при реальных пожарах, невозможно охарактеризовать «усреднённый» пожар для последующего его использования в универсальных целях, поскольку в некоторых случаях на практике встречаются сценарии, при которых вероятны значительные отклонения от стандартных условий. Одним из таких примеров является нефтехимическая и морская нефтяная промышленность, где существует угроза возникновения интенсивных пожаров, таких как пожары пролива, которые характеризуются высокой температурой и высокой скоростью распространения пожара. В случаях, где существуют установленные требования к подобному огневому воздействию, используется следующая углеводородная кривая.

#### Формула кривой «температура – время»

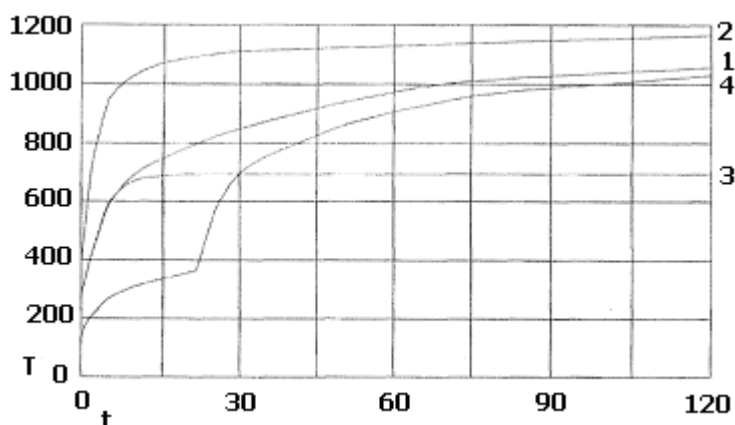
Представленная на рис.1 кривая «температура – время», обозначенная как углеводородная кривая, задана следующей формулой:

$$T = 1080 [ 1 - 0.325 e^{-0.167t} - 0.675 e^{-2.5t} ] + 20$$

где

$t$  – время от начала испытания, мин.;

$T$  – необходимая средняя температура печи, °C



#### Обозначения:

$T$  – температура, °C

$t$  – время, мин.

1. стандартная кривая «температура – время»
2. углеводородная кривая
3. кривая огневого воздействия извне
4. кривая медленного нагрева

Рис. 1 Кривые «температура – время»

### **Допустимые отклонения**

Процентное отклонение ( $d_e$ ) в площади по кривой средней температуры, зарегистрированное указанными печными термопарами, по отношению ко времени из площади заданной кривой «температура – время» должно быть в пределах:

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| a) 15%                      | когда $5 < t \leq 10$  |
| b) $(15 - 0,5 (t - 10))\%$  | когда $10 < t \leq 30$ |
| c) $(5 - 0,083 (t - 30))\%$ | когда $30 < t \leq 60$ |
| d) 2.5%                     | когда $t > 60$         |

где

$$d_e = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100$$

$d_e$  – процентное отклонение;

$A$  – площадь при фактической кривой «температура – время»;

$A_s$  – площадь при заданной кривой «температура – время»;

$t$  – время, мин.

Все площади должны быть вычислены одним способом, т.е. суммированием площадей с интервалом не более 1 мин., и должны исчисляться от нулевой отметки времени.

В любой момент времени по истечении 10 мин. от начала испытания температура, регистрируемая термопарой в печи, не должна отличаться от соответствующего значения температуры на заданной кривой «температура – время» более чем на 100°C.

При испытании образцов, которые горят быстро, может наблюдаться отклонение от значений заданной кривой «температура – время», превышающее 100°C, в течение не более 10 мин., при условии, что такое избыточное отклонение вызвано внезапным возгоранием значительного количества горючих материалов, повышающим температуру газа в печи.

### **Кривая огневого воздействия извне**

Для определения огнестойкости в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] условия нагрева рассматриваются исходя из заданного соотношения «температура – время». Бывают случаи, когда конструкции подвергаются менее жёстким условиям нагрева по сравнению с теми, которые возникают при пожаре внутри помещения, например: воздействие внешнего пожара или пламени, вырывающегося из окон, на стены по периметру здания. При этом возникает необходимость обеспечить такую пожарную безопасность, при которой повторное попадание огня в здание будет предотвращаться. Поскольку внешний пожар по своей природе имеет дополнительные возможности рассеяния тепла, задается более низкий уровень теплового воздействия.

Данное условие воздействия подходит только для оценки огнестойкости разделяющих конструкций. Для оценки балок и колонн и для измерения распространения внешнего пожара используют другие методы.

В случаях, где существуют установленные требования к подобному огневому воздействию, используется следующая кривая огневого воздействия извне.

### **Формула кривой «температура – время»**

Представленная на рис.1 кривая «температура – время», обозначенная как кривая огневого воздействия извне, задана следующей формулой:

$$T = 660 [1 - 0,687 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t}] + 20$$

где

$t$  – время от начала испытания, мин.;

$T$  – необходимая средняя температура печи, °C.

### **Допустимые отклонения**

Те же, что и для углеводородной кривой.

### **Кривая медленного нагрева**

При медленном распространении пожара огнестойкость некоторых изделий, рассчитанная на основе стандартной кривой «температура – время» в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], может оказаться значительно меньшей, например, в случае с изделиями, которые под воздействием тепла выделяют химически активные вещества. По этой причине предлагается кривая медленно разрастающегося пожара. В случаях, где существуют установленные требования к подобному огневому воздействию, используется следующая кривая медленного нагрева.

### **Формула кривой «температура – время»**

Представленная на рис.1 кривая «температура – время», обозначенная как кривая медленного нагрева, задана следующей формулой:

$$\text{Для } 0 < t \leq 21 \quad T = 154t^{0.25} + 20$$

$$\text{Для } t > 21 \quad T = 345 \log_{10} (8(t - 20) + 1) + 20$$

где  $t$  – время от начала испытания, мин.;

$T$  – необходимая средняя температура печи, °C.

### **Допустимые отклонения**

Те же, что и для углеводородной кривой.

### **Оценка эксплуатационных характеристик**

Оценка эксплуатационных характеристик должна проводиться путём сравнения поведения образцов в ходе испытаний на основе кривой медленного нагрева и на основе стандартной кривой «температура – время», как описано в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Образцы должны быть одинаковы для каждого условия воздействия, при этом не обязательно, чтобы они были теми элементами, которые требуется классифицировать на огнестойкость.

### **Критерии**

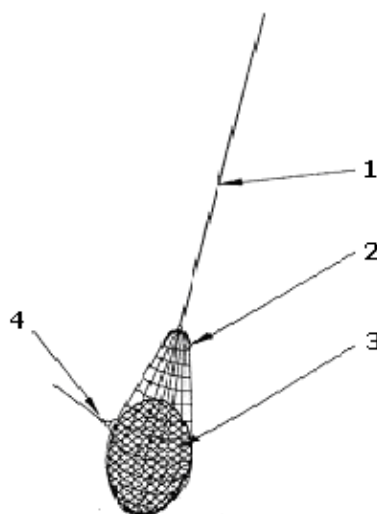
Периоды соблюдения критериев классификации на огнестойкость, которые оценивались при помощи кривой медленного нагрева, должны быть эквивалентны периодам, полученным при стандартной кривой «температура – время», плюс 20 минут. Если периоды времени, при которых соблюдались критерии на огнестойкость, неэквивалентны, элементу присваивается более низкая степень огнестойкости, как описано выше.

## **ИСПЫТАНИЕ НА УДАР**

Обрушение других элементов или объектов, которые подвергаются пожару, может повлиять на огнестойкость особых типов стен, выступающих в качестве противопожарных преград. Ниже описан базовый метод проведения испытания на удар, который при необходимости может быть применён к несущим или ненесущим огнестойким стенам.

### **Оборудование**

Помимо стендового оборудования, описанного в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], и если применимо, в стандартах EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6] и EN 1365-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [9], необходимо наличие описанного ниже оборудования. Ударное тело должно быть подвешено на неподвижную опору или каркас, которые сконструированы так, чтобы не деформировать испытываемый образец в условиях проведения испытаний на огнестойкость. Энергия удара достигается при маятниковом падении мешка сфероконической формы, наполненного свинцовой дробью (рис.2).



### **Обозначения:**

1. стальной трос Ø 10
2. стальной трос Ø 5
3. мешок, наполненный свинцовой дробью

4. стальной трос  $\varnothing 6$   
Масса 200 кг.  
Размеры указаны в мм

**Рис. 2 Ударное тело**

Ударное тело состоит из двухслойного мешка, размер которого в пустом виде составляет 650 мм х 1200 мм. Мешок заполняется другими мешками, в каждом из которых содержится по 10 кг свинцовой дроби диаметром 2–3 мм, и стягивается стальной лентой.

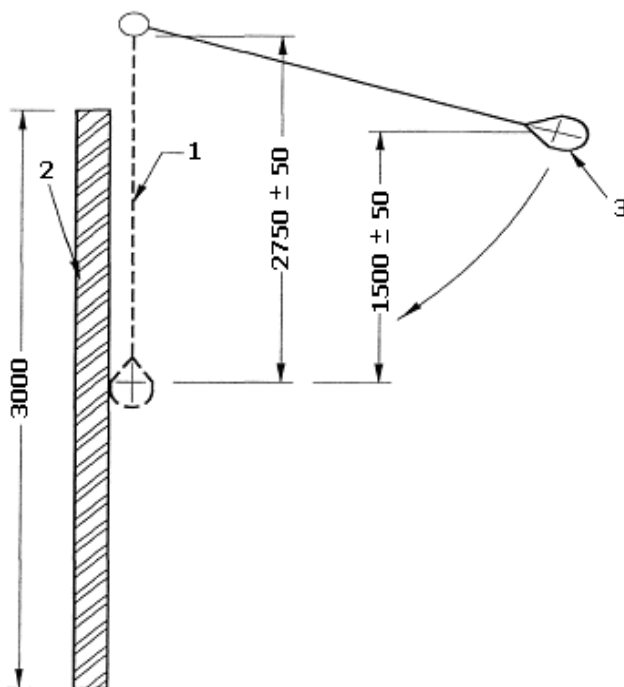
Заполненный мешок помещается в стальную проволочную сетку размером 1200 мм х 1200 мм с ячейками размером 50 х 50 мм и диаметром стальной проволоки – 5 мм. Общая масса ударного тела – 200 кг.

Ударное тело подвешивается кольцом к стальному тросу, присоединенному к фиксированной точке на стендовом оборудовании, и размещается так, чтобы в нерабочем положении оно соприкасалось со строительным элементом в расчетной точке удара, при этом расстояние от фиксированной точки до центра мешка составляет  $(2750 \pm 50)$  мм (рис. 3). Расчетная точка удара должна находиться в центре самой большой панели вблизи центра испытываемого образца.

### Нанесение удара

Ударное тело приводится в исходное положение поднятием его в виде маятника при помощи соответствующего подъемного устройства. Для этого стальной трос, состоящий из двух проволок диаметром 6 мм, должен быть плотно обмотан вокруг центра мешка и оснащен кольцом для крепления к подъемному устройству.

Высота падения 1.5 метра – это расстояние от четко отмеченной горизонтальной линии посередине мешка с допустимым отклонением  $\pm 50$  мм (рис. 3). Она соответствует энергии удара в 3000 Нм.



### Обозначения:

1. стальной трос  $\varnothing 10$
2. образец
3. ударное тело (см. рис.2)

Размеры указаны в мм

**Рис. 3 Стендовое оборудование для испытания на удар**

По испытываемому образцу наносят три удара в течение 5 минут после окончания периода его огнестойкости согласно классификации. Для несущих стен первые два удара наносят, пока образец находится под нагрузкой, а третий удар – после удаления испытательной нагрузки. В каждом случае в течение 2 минут после третьего удара проводятся наблюдения и измерения с учётом эксплуатационных показателей, а нагревание продолжается до тех пор, пока не закончатся наблюдения.

### Протокол испытания

В протоколе должно быть указано, что испытание выполнено в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]. Он должен содержать информацию о результатах испытания на удар, включая описание точек удара, а также измерения и наблюдения с учетом повреждения и деформации.

## ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В данном пункте описывается метод измерения теплового излучения при испытании на огнестойкость, проводимом в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Опасность, которую представляет тепловое излучение, оценивается в ходе испытания путём измерения суммарного теплового потока. Поскольку конвективная теплопередача незначительно мала, в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] такое измерение принято за измерение теплового излучения. Оно проводится в плоскости, параллельной необогреваемой поверхности испытываемого образца и находящейся на расстоянии 1 м от неё и включает в себя как среднее значение, измеряемое напротив центра образца, так и максимальное значение, которое будет выше среднего значения либо равно ему, если образец не является стандартным источником теплового излучения.

В стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] даны рекомендации по определению максимального значения.

Тепловое излучение от поверхности с температурой ниже 300 °C измерять не требуется, так как излучение, выделяемое такой поверхностью, является низким (обычно 6 кВт/м<sup>2</sup> – даже при коэффициенте излучения 1.0).

### Оборудование

В дополнение к стендовому оборудованию, описываемому в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], необходимы измерители теплового потока (радиометры), соответствующие следующим техническим условиям:

Мишень:	Мишень измерения не должна быть заграждена окном или подвержена продувке газом, т.е. она должна испытывать как конвекцию, так и тепловое излучение.
Предлагаемый диапазон:	0 – 50 кВт/м <sup>2</sup>
Погрешность:	± 5% от максимального значения в диапазоне
Постоянная времени (время для достижения 64% целевого значения):	< 10 сек.
Угол обзора:	180 ± 5 °

### Порядок выполнения измерения

**Расположение.** Любой измеритель теплового потока должен быть расположен на расстоянии 1 м от необогреваемой поверхности испытываемого образца.

В начале испытания мишень каждого измерителя теплового потока должна находиться параллельно (±5°) плоскости необогреваемой поверхности испытываемого образца. Мишень должна быть ориентирована на необогреваемую поверхность испытываемого образца.

В поле зрения не должно быть других поверхностей с сильным тепловым излучением за исключением образца. Измеритель потока не должен быть огражден или скрыт, чтобы не ограничивать поле зрения.

**Специальные точки.** Измерения должны быть проведены в следующих точках:

- а) Напротив геометрического центра образца – так называемый средний уровень теплового излучения.
- б) В точке, где ожидается максимальный тепловой поток. Определяется логически или вычисляется на основе геометрии образца. Если образец симметричен относительно своего центра и стандартного источника теплового излучения, эта точка будет совпадать с пунктом а).

Если образец имеет зоны с разной теплоизолирующей способностью и/или проницаемостью, то определить точку максимальной интенсивности теплового потока может быть сложно. В этих случаях необходимо использовать следующую процедуру:

- i) Определить все зоны площадью более 0.1 м<sup>2</sup>, где температура может превысить 300 °C. Измерить тепловое излучение напротив условного центра каждой такой зоны.
- ii) Две или более одинаковые смежные части образца, имеющие одну высоту или ширину, находящиеся на расстоянии менее 0.1 метра друг от друга, могут быть приняты за единую поверхность теплового излучения.
- iii) Если зона или подзона образца, температура которого не должна превысить 300 °C, составляет менее 10% от общей площади рассматриваемых зон или подзон, эта зона или подзона может быть включена в единую поверхность теплового излучения. Это касается небольших участков, таких как горбыльки/накладные профили.

**Измерение.** Измерения, проведенные в каждой точке, должны регистрироваться на протяжении всего испытания с интервалом не более одной минуты.

### Протокол испытания

По каждой отдельной точке измерения регистрируется время, за которое измеряемое тепловое излучение превысило значения в 5, 10, 15, 20 и 25 кВт/м<sup>2</sup>, а также делается отметка о том, в сравнении с каким уровнем сделаны эти наблюдения – средним или максимальным.

## ENV 1363–3. ПРОВЕРКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧЕЙ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

Согласно техническим условиям теплового воздействия печей для испытаний на огнестойкость, достаточно того, чтобы печи поддерживали определённый температурный режим (зависимость «температура – время») под контролем термопар заданного типа. Для получения воспроизводимого метода испытаний необходимо, чтобы тепловые воздействия, оказываемые печами разной конструкции, находились в определённых пределах. В стандарте ENV 1363-3 «Испытания на огнестойкость. Часть 3: «Проверка эксплуатационных характеристик печей» [12] описана процедура проверки характеристик теплового воздействия печей, применяемых для испытаний на огнестойкость разделяющих конструкций. Кроме того, описанная процедура позволяет определить, находится ли концентрация кислорода и распределение статического давления в печи в заданных пределах. Колебания в давлении и содержании кислорода влияют на измерения целостности при использовании ватного тампона, а колебания в содержании кислорода также влияют на интенсивность горения воспламеняемых испытываемых образцов.

Процедура проверки проводится с использованием ряда измерительных элементов, установленных внутри опорной конструкции. Измерительные элементы состоят из двух стальных пластин с теплоизоляцией. Испытываемую конструкцию помещают в стандартные условия нагревания и давления, описанные в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], в течение 60 минут, и с помощью измерительных элементов производят замеры температуры обогреваемой поверхности стальной пластины. Кроме того, в печи производят замеры распределения статического давления в нескольких местах и концентрации кислорода. Характеристики теплового воздействия печи считаются допустимыми, если измерения, полученные с помощью измерительных элементов, а также распределение статического давления и концентрация кислорода находятся в пределах, описанных в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

Процедура проверки печей проводится для новых печей, после смены футеровки (замены > 30% футеровки), после капитального ремонта печи либо один раз в два года.

Испытательное оборудование и условия нагревания и давления, а также атмосфера в печи описаны в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Каждый элемент должен состоять из слоёв теплоизоляционной плиты из силиката кальция, вставленной между двумя стальными пластинами толщиной 5 мм и 2 мм. Стальная пластина большей толщины подвергается огневому воздействию. Номинальные размеры конструкции: 290 мм x 290 мм. Она показана на рис.1-4 и состоит из следующих деталей:

а) Фибровые прокладки. Изоляционные фибровые прокладки, применяемые в конструкции измерительного элемента, должны иметь плотность  $(900 \pm 100) \text{ кг/м}^3$ .

б) Пружинное болтовое соединение. Стальные пластины должны быть скреплены четырьмя соединениями из пружинных болтов. Вместе с изоляционными фибровыми прокладками они помогают предотвратить распространения тепла в ходе испытаний.

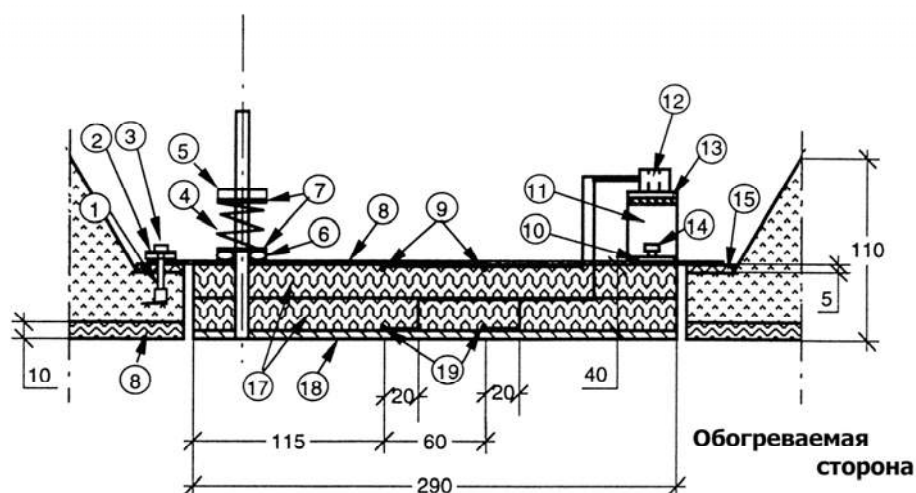
с) Стальная пластина с необогреваемой стороны. Пластина, представляющая собой необогреваемую поверхность измерительного элемента, должна быть изготовлена из стали номер 1.4436 в соответствии со стандартом EN 10088-2 «Стали нержавеющей. Часть 2. Технические условия поставки листовой и полосовой стали общего назначения» [1] или аналогичным, как показано на рис.3.

д) Термопары. Две термопары зачеканивают к каждой стальной пластине в местах, указанных на рис.1. Электроды должны следовать изотерме сквозь горячий спай на расстоянии 20 мм от этого спая. Термопары должны соответствовать требованиям, описанным в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], либо следующим: термопары с электродами  $\varnothing 1.0 \text{ мм}$  или менее; погрешность измерения:  $< \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ; диапазон:  $0 - 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ .

е) Теплоизоляционные плиты должны состоять из неорганического изоляционного материала плотностью  $(280 \pm 30) \text{ кг/м}^3$  и толщиной  $(10 \pm 1) \text{ мм}$ .

ф) Стальная пластина с обогреваемой стороны. Стальная пластина, представляющая собой обогреваемую поверхность измерительного элемента, должна быть изготовлена из стали номер 2.4816 в соответствии со стандартом EN 10095 «Жаропрочные стали и никелевые сплавы» [2] согласно рис.4.





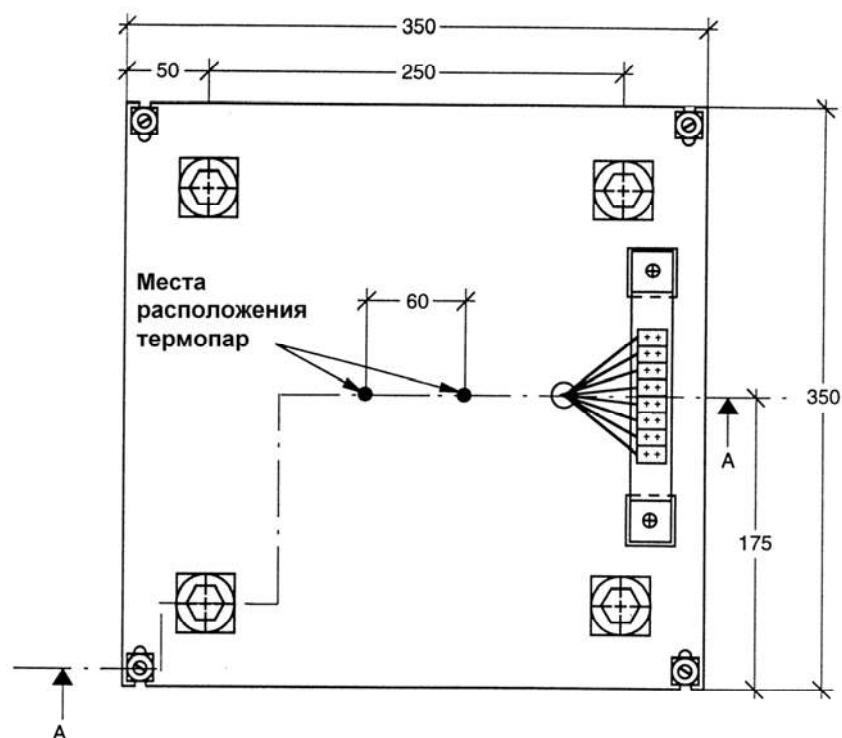
#### Обозначения:

A – A

- |  |  |
|--|--|
| 1. Фибровая прокладка – толщина 3 мм   | 11. Монтажный кронштейн клеммной колодки термопары                     |
| 2. Стальная шайба – 5 x 13 x 1 мм  | 12. Клеммная колодка термопары   |
| 3. Болт – М4 x 20  | 13. Фибровая прокладка – приклеена к 11                                |
| 4. Пружина – проволока $\varnothing$ 2.8 мм, внутр. $\varnothing$ 17.2 мм, длина 39.2 мм | 14. Винт для листового металла   |
| 5. Гайка – М8  | 15. Минеральное волокно – толщина 5 мм                                 |
| 6. Фибровая прокладка – толщина 3 мм   | 16. Плита из силиката кальция – толщина 10 мм                          |
| 7. Стальная шайба – 9 x 30 x 2 мм  | 17. Плиты из силиката кальция – толщина 20 мм                          |
| 8. Стальная пластина – 2 мм (см. рис.3)  | 18. Стальная пластина – 5 мм (см. рис.4)                               |
| 9. Электроды термопары, $\varnothing$ 0.8 мм, зачеканенные в пластину                    | 19. Электроды термопары, $\varnothing$ 0.8 мм, зачеканенные в пластину |

Размеры указаны в мм

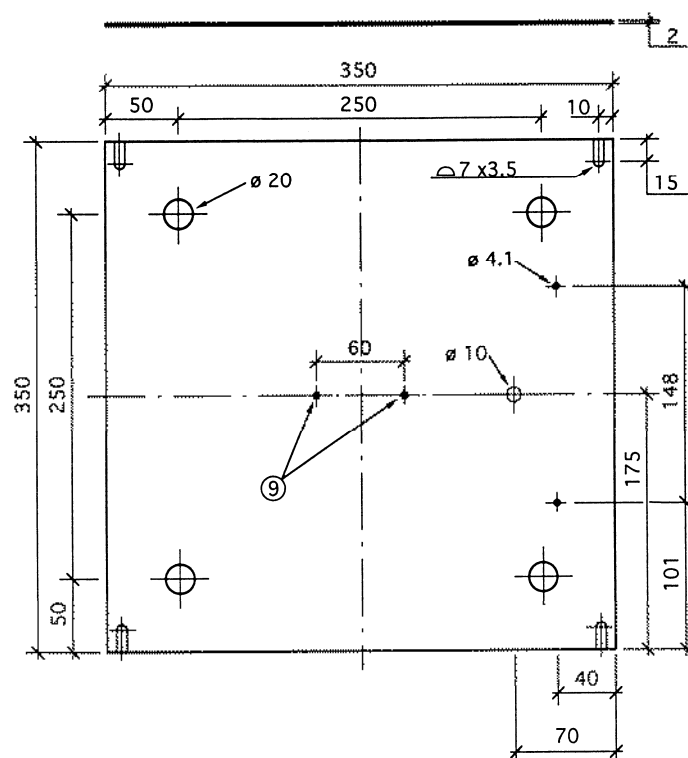
**Рис. 1 Монтаж измерительного элемента: поперечный разрез**



1. Места расположения термопар

Размеры указаны в мм

**Рис. 2 Монтаж измерительного элемента: вид с необогреваемой стороны**



Вид с необогреваемой стороны

См. условные обозначения к рис. 1

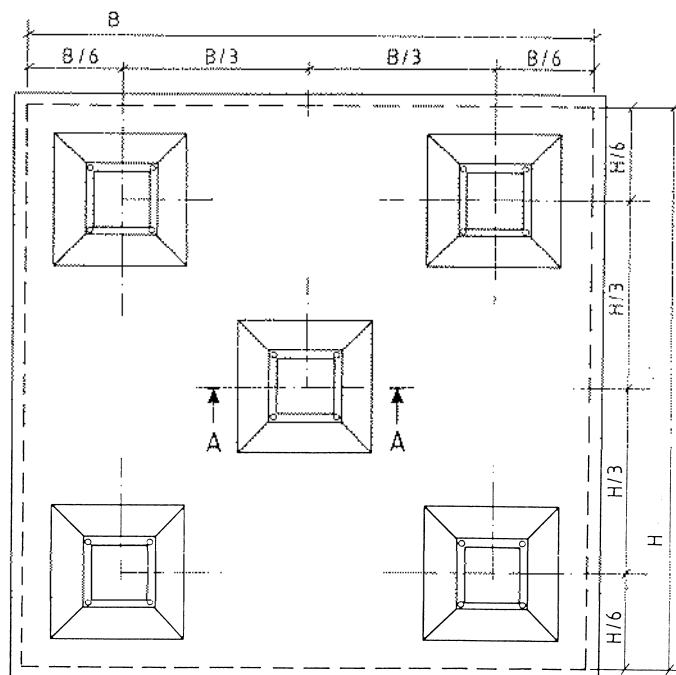
Размеры указаны в мм

**Рис. 3 Необогреваемая стальная пластина**



## УСТАНОВКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

Измерительные элементы должны быть установлены в опорную конструкцию, как показано на рис.5.



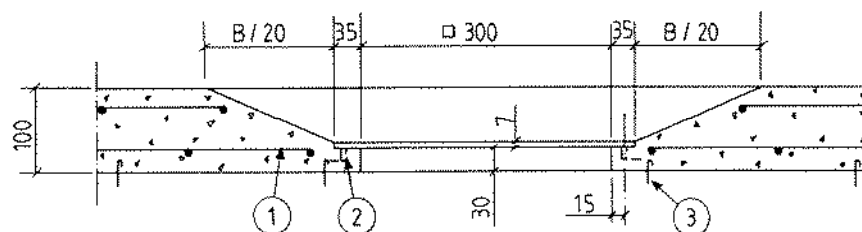
**Обозначения:**

$B$  - ширина проёма печи

$H$  - высота проёма печи

**Рис. 5** Опорная конструкция: вид с необогреваемой стороны

Опорная конструкция должна быть изготовлена из бетона минимальной номинальной толщины 100 мм. Если речь идёт об испытании стен, применяется одна из жёстких конструкций высокой или низкой плотности, описанных в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Отверстие, в которое устанавливаются измерительные элементы, должно быть со скосами, как показано на рис.6, для обеспечения свободного доступа воздуха к обогреваемой поверхности измерительных элементов.



### Обозначения:

1. арматурная сетка (25 мм мин. покрытие) – если изготовлено из бетона
2. стержневая пробка
3. крепёж для теплоизоляционной плиты

Размеры указаны в мм

**Рис. 6** Отверстие в опорной конструкции с измерительным элементом  
(см: участок АА, рис. 5)

Обогреваемая поверхность опорной конструкции должна быть облицована несгораемой теплоизоляционной плитой плотностью  $(310 + 30) \text{ кг/м}^3$  и толщиной  $(10 + 1) \text{ мм}$ .

Размеры испытываемой конструкции и размещение измерительных элементов должны соответствовать оцениваемой печи. Если площадь проёма печи не больше 4м<sup>2</sup> (например, 2 x 2 м), требуется только один измерительный элемент в центре опорной конструкции. Испытываемая конструкция должна пройти предварительную обработку согласно стандарту EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] и быть установлена таким образом, чтобы обогреваемая поверхность была целиком подвержена условиям нагревания.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Температура.** Печные термопары должны размещаться, по меньшей мере, по одной на каждые  $1.5\text{ м}^2$  площади обогреваемой поверхности испытываемой конструкции. Термопары должны быть размещены таким образом, чтобы сторона А была обращена к задней стене печи, если это вертикальная печь (для испытаний стен), или к полу печи, если это горизонтальная печь.

**Давление.** Печь должна быть оснащена датчиком для контроля за статическим давлением в печи в соответствии с условиями, указанными в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Кроме того, печь должна быть оснащена датчиками для измерения распределения статического давления по испытываемой конструкции. Они должны быть расположены, как показано на рис.7, и соответствовать следующим требованиям: погрешность измерения:  $< 2\text{ Па}$ ; постоянная времени:  $< 10\text{ с.}$ ; диапазон:  $0 - 50\text{ Па}$ .

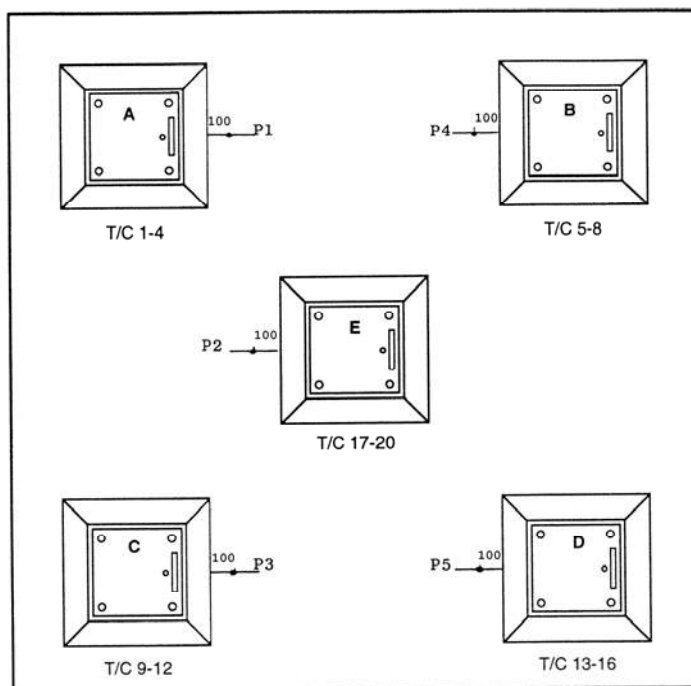


Рис. 7 Размещение датчиков давления, P1...P5

**Содержание кислорода.** Печь должна быть оснащена газоотборным устройством, установленным в месте, где состав газа является характерным для среды в печи: в вертикальных печах – по середине высоты в  $(100 + 50)$  мм от обогреваемой поверхности испытываемой конструкции; в горизонтальных печах – недалеко от центра печи в  $(100+50)$  мм от обогреваемой поверхности испытываемой конструкции. Во всех печах следует избегать измерений непосредственно в зоне горения горелок, рядом со вспомогательными приточными отверстиями или отверстием дымохода. Датчики и измерительные приборы должны соответствовать следующим требованиям: погрешность измерения:  $< 0.5\% \text{ O}_2$ ; постоянная времени:  $< 30\text{ с.}$ ; диапазон применения:  $1 - 10\% \text{ O}_2$ .

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытания проводятся в соответствии с порядком, описанным в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Продолжительность испытания - 60 мин. Помимо измерений, указанных в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], необходимо провести измерения следующих показателей:

**Температура измерительного элемента.** Температуры обогреваемых стальных пластин каждого измерительного элемента должны измеряться не реже одного раза в минуту. По каждому измерительному элементу записывается среднее значение двух температур обогреваемой стальной пластины. Средние значения температур  $T_{s,av}$  обогреваемой стальной пластины всех измерительных элементов должны быть подсчитаны и записаны.

**Содержание кислорода** в печи измеряется с интервалом не более 1 минуты. Каждые 5 минут от начала испытания подсчитывается и записывается среднее значение содержания кислорода за предшествующие 5 минут.

## КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ

**Тепловые характеристики.** Базовая кривая «температура – время» приведена в таблице 1. Тепловые характеристики считаются допустимыми, если  $T_{s,av}$  находится в пределах  $\pm 50^\circ\text{C}$  от базовой температуры через 10 минут от начала испытания.

TP-5043. Испытания остекленных фасадов на огнестойкость.

**Таблица 1. Базовая кривая «температура – время»**

Время (мин.)	Температура (°C)	Время (мин.)	Температура (°C)	Время (мин.)	Температура (°C)
0	20	35	848		
1	44	36	853	70	958
2	83	37	857	71	960
3	134	38	861	72	962
4	193	39	866	73	964
5	257	40	870	74	966
6	324	41	874	75	969
7	390	42	878	76	971
8	453	43	882	77	973
9	506	44	885	78	975
10	540	45	889	79	977
11	587	46	892	80	978
12	617	47	896	81	980
13	642	48	899	82	982
14	664	49	902	83	984
15	682	50	906	84	986
16	699	51	909	85	988
17	714	52	912	86	990
18	726	53	915	87	991
19	738	54	918	88	993
20	748	55	921	89	995
21	758	56	923	90	997
22	767	57	926	91	998
23	775	58	929	92	1000
24	783	59	931	93	1002
25	790	60	934	94	1004
26	797	61	937	95	1005
27	804	62	939		
28	810	63	942		
29	816	64	944		
30	822	65	946		
31	828	66	949		
32	833	67	951		
33	838	68	953		
34	843	69	956		

Характеристики давления. Отклонение измеренного давления от значений базового распределения давления, приведённое в данной формуле, не должно ни в одном из мест превосходить 2 Па:

$$\Delta p = \frac{353}{T} g \Delta y$$

где:

T – абсолютная температура в печи (среднее значение показателей печных термопар), градусы Кельвина;

g – ускорение свободного падения (= 9.81 м/с²);

Δy – разность высот положения конкретного датчика и положения, в котором было зафиксировано самое высокое значение статического давления.

Концентрация кислорода должна быть в пределах, указанных в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], через 10 минут от начала испытания.

## **ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ**

В протоколе испытания должно быть записано следующее:

- указание, что процедура проверки проведена в соответствии со стандартом ENV 1363-3 «Испытания на огнестойкость. Часть 3: «Проверка эксплуатационных характеристик печей» [12];
- наименование и адрес испытательной лаборатории;
- идентификация печи, проверка которой проводилась;

- d) дата проведения испытания;
- e) детали опорной конструкции;
- f) метод монтажа измерительных элементов в опорную конструкцию;
- g) описание процедуры предварительной обработки опорной конструкции;
- h) кривые «температура – время» температурных датчиков;
- i) показатели всех датчиков давления, представленные в табличной и/или графической форме;
- j) отклонения  $T_{s,av}$  от значений температуры, соответствующих базовой кривой «температура – время», и указание, находятся ли они в пределах допустимого отклонения в 50 °C;
- k) отклонения измеренного давления от значений базового распределения давления и указание, находятся ли они в пределах допустимого отклонения в 2 Па;
- l) измерения концентрации кислорода с учётом времени и указание, находятся ли они в пределах допустимых отклонений, приведённых в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

### Измерение температуры необогреваемой поверхности измерительного элемента

Что касается показателя теплоизолирующей способности разделяющих конструкций, решающей в оценке огнестойкости является температура необогреваемой поверхности. Для получения этой информации необходимо сделать замеры температуры необогреваемой стальной пластины измерительного элемента. Однако из практических соображений процедура проверки проводится на основе данных о температуре обогреваемой поверхности. Таким образом проводится калибровка только печей для испытаний на огнестойкость. В связи с этим, полезно добавить к измерениям температуру необогреваемой поверхности и температуру окружающей среды.

#### Контрольно-измерительное оборудование:

a) Датчики температуры измерительного элемента. Рекомендуется установить по два датчика температуры с внутренней стороны необогреваемой стальной пластины каждого измерительного элемента. Способ крепления, положение и свойства датчиков должны соответствовать описанному выше.

b) Датчик температуры окружающей среды. Необходимо установить датчик для измерения температуры воздуха рядом с испытываемой конструкцией. Датчик должен находиться на расстоянии 10 - 50 см от испытываемого образца и защищён от необогреваемой поверхности испытываемой конструкции и других горячих поверхностей, как описано в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

Датчик и прибор сбора данных должны соответствовать следующим требованиям: погрешность измерения:  $\pm 1$  °C; постоянная времени: < 60 с.; диапазон: 10 - 30 °C.

Процедура измерения. Температура необогреваемой стальной пластины каждого измерительного элемента должна измеряться с интервалом не более 1 минуты. По каждому измерительному элементу должны быть записаны средние значения двух температур необогреваемой поверхности. Также должно быть записано среднее значение температур необогреваемой стальной пластины всех измерительных элементов. Температура окружающей среды должна измеряться с интервалом не более 1 минуты.

### Измерение динамического давления

Конвективная составляющая теплопередачи к калибровочным элементам зависит от скорости газа параллельно поверхности. Кроме того, для некоторых испытываемых образцов скорость газа может быть важна и по другим причинам, например, в плане абразивного действия при вздувшейся краске. Измерения, проводимые в ходе процедуры проверки, не дают информации об этой скорости. В связи с этим рекомендуется во время проверки собрать информацию о скорости газа посредством измерения динамического давления в плоскости параллельной испытываемой конструкции, расположенной за пределами граничного слоя газового потока печи.

Контрольно-измерительное оборудование. Рекомендуется установить в печах датчики для измерения динамического давления, которые должны быть размещены из расчета один датчик на каждые 2 м<sup>2</sup> обогреваемой поверхности испытываемой конструкции. Это должны быть датчики типа Прандтля. Датчики динамического давления должны быть установлены на расстоянии 10 см от обогреваемой поверхности испытываемой измерительной конструкции. Они должны быть расположены против потока в плоскости обогреваемой поверхности (направление максимальных измерений).

Датчик и прибор сбора данных должны соответствовать следующим требованиям: погрешность измерения: < 1 Па; постоянная времени: < 10 с.; диапазон: 0 - 50 Па.

Процедура измерения. Динамическое давление должно измеряться в каждом из мест в течение, по меньшей мере, 1 минуты как минимум один раз за время испытания. Среднее значение за 1 минуту должно быть записано. Измерения можно делать с помощью одного датчика при условии, что возможна быстрая смена местоположения датчика.

### Измерение основных составляющих теплового потока в печи

Температура газа в печи является основным источником теплового воздействия на испытываемый образец. Температура, определяемая достаточно простой термопарой, применяемой для контроля печи, фактически зависит от сложного баланса между конвективной теплопередачей от газа печи и лучистым теплообменом

со стенами печи и испытываемым образцом. На баланс влияют такие параметры, как: тепловая инерция стен и испытываемого образца и излучательная способность печи (содержание сажи, эффективные размеры, геометрия пламени). Следовательно, показания печных термопар находятся в сложной взаимосвязи с тепловыми свойствами печи. Поскольку печные термопары используются для контроля печи, то же касается и теплового воздействия на испытываемый образец.

Для оценки возможных причин проблем, возникающих при получении необходимой реакции, полезно иметь информацию об основных компонентах теплового воздействия на испытываемый образец. Поскольку систематических измерений подобного рода по печам для испытаний на огнестойкость ранее зафиксировано не было, на данном этапе нет возможности дать рекомендации по требованиям к контрольно-измерительному оборудованию или процедуре измерения. Для этого потребуются дальнейшие исследования. Ниже приведён неполный список полезных параметров для измерения, а также предложено соответствующее оборудование:

- температура газа (отсасывающий пирометр), распределение внутри печи;
- интенсивность теплового излучения на поверхности испытываемого образца (эллипсоидальный радиометр);
- суммарный тепловой поток на поверхности испытываемого образца (измеритель теплопроводности методом теплового потока);
- температура стены печи (термопара).



## EN 1364–1. ИСПЫТАНИЯ НЕНЕСУЩИХ СТЕН НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

В данной главе представлен метод определения огнестойкости несущих стен. Целью проведения испытаний на огнестойкость является измерение способности репрезентативного образца несущей стены препятствовать распространению огня с одной стороны на другую. Метод распространяется на внутренние несущие стены с остеклением и без него, несущие стены, практически полностью состоящие из стекла (остекленные несущие стены) и другие несущие внутренние и наружные стены с остеклением и без него. Огнестойкость несущих наружных стен определяется в условиях огневого воздействия изнутри или извне. При воздействии извне используется кривая огневого воздействия извне, описанная в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]. Данная глава не распространяется на навесные фасады (подвесные наружные несущие стены перед плитой перекрытия) и несущие стены с дверными конструкциями. В последнем разделе представлены особые требования по испытанию остекления.

### СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Кроме стендового оборудования, указанного в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] и, если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5], необходимо наличие испытательной рамы, жесткость которой должна оцениваться путем приложения расширяющей силы внутри рамы посередине между двух расположенных друг напротив друга элементов рамы, и измерения увеличения внутренних размеров в этих положениях. Оценка должна производиться в обоих направлениях рамы, с измерением увеличения внутренних размеров испытательной рамы, которое не должно превышать 5 мм при приложенной силе в 25 кН.

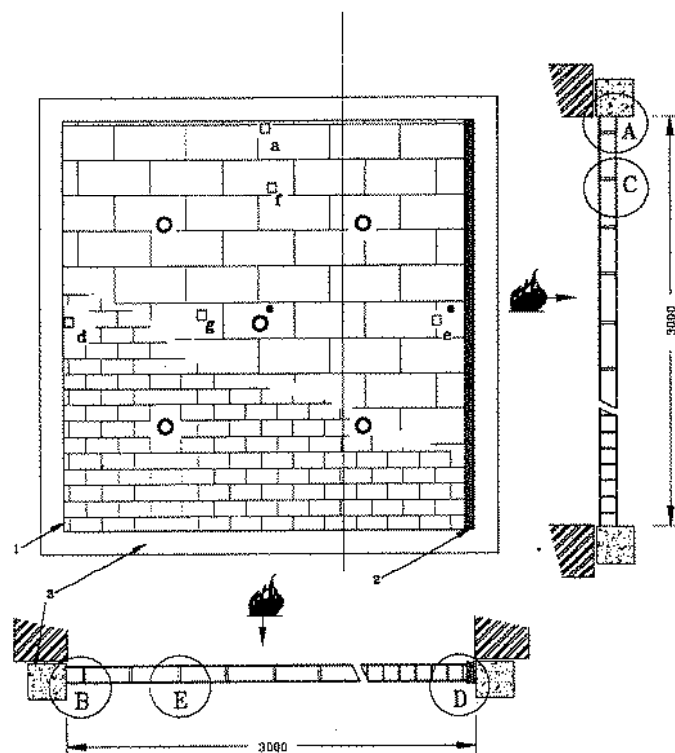
### Применение контрольно-измерительного оборудования

#### *Измерение температуры*

Измерение температуры производится с помощью термопар.

**Печные термопары (плоские термометры).** Необходимо обеспечить наличие плоских термометров в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Количество термометров не должно быть меньше одного на каждые 1,5 м<sup>2</sup> площади обогреваемой поверхности испытываемой конструкции. Следует так направить плоские термометры, чтобы сторона «А» выходила на заднюю стену печи.

**Термопары на необогреваемой поверхности.** Для неизолированных несущих стен с остеклением или без него, измерение температуры на необогреваемой поверхности не требуется, и, следовательно, нет необходимости в установке термопар. Для стен с ожидаемыми показателями теплоизолирующей способности более 5 минут, с целью получения значений средней и максимальной температуры на необогреваемую поверхность следует прикрепить термопары в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. На рис.1-14 представлены примеры размещения термопар на необогреваемой поверхности. Снятие термопар осуществляется по общим правилам, описанным в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].



**Обозначения:**

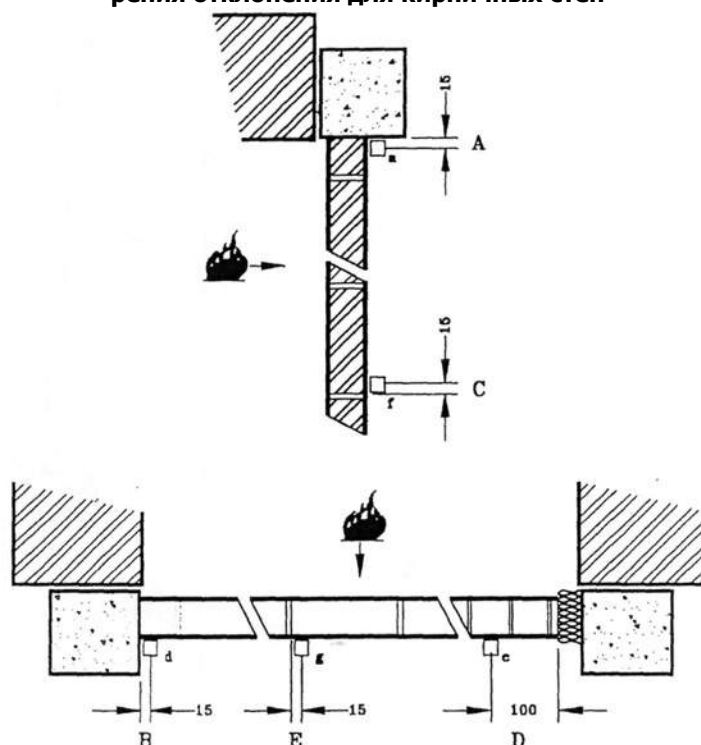
○ положение термодатчиков для среднего повышения температуры  
 □ положение термодатчиков для максимального повышения температуры  
 (буквенное обозначение термодатчиков соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)

● положения для измерения отклонения

- 1 закрепленный край
  - 2 свободный край
  - 3 испытательная рама
- A, B, C, D и E см. рис. 2

Размеры указаны в мм

**Рис. 1 Пример размещения термодатчиков на необогреваемой поверхности и положений для измерения отклонения для кирпичных стен**

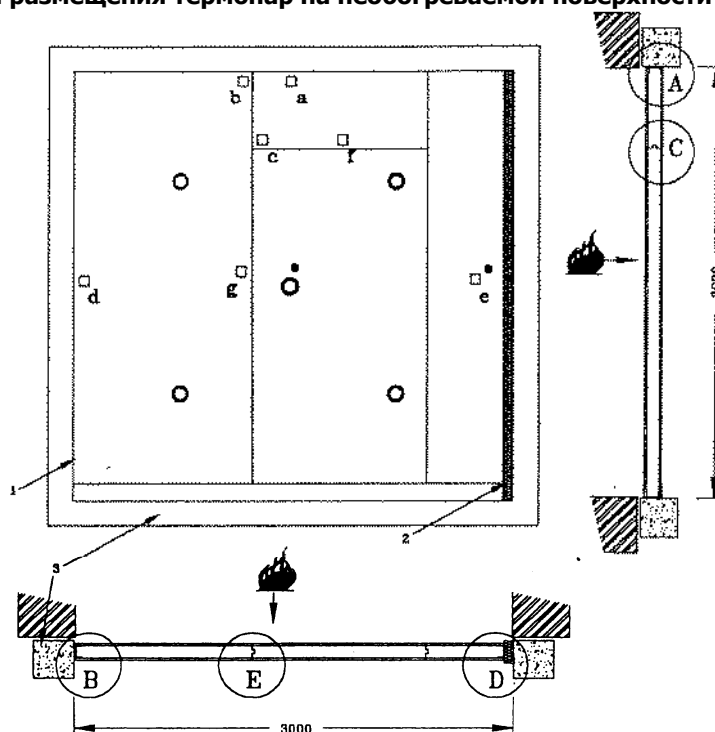


**Обозначения:**

□ положение термопар для максимального повышения температуры  
(буквенное обозначение термопар соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)  
общее размещение термопар представлено на рис. 1

Размеры указаны в мм

**Рис. 2 Примеры размещения термопар на необогреваемой поверхности для кирпичных стен**



**Обозначения:**

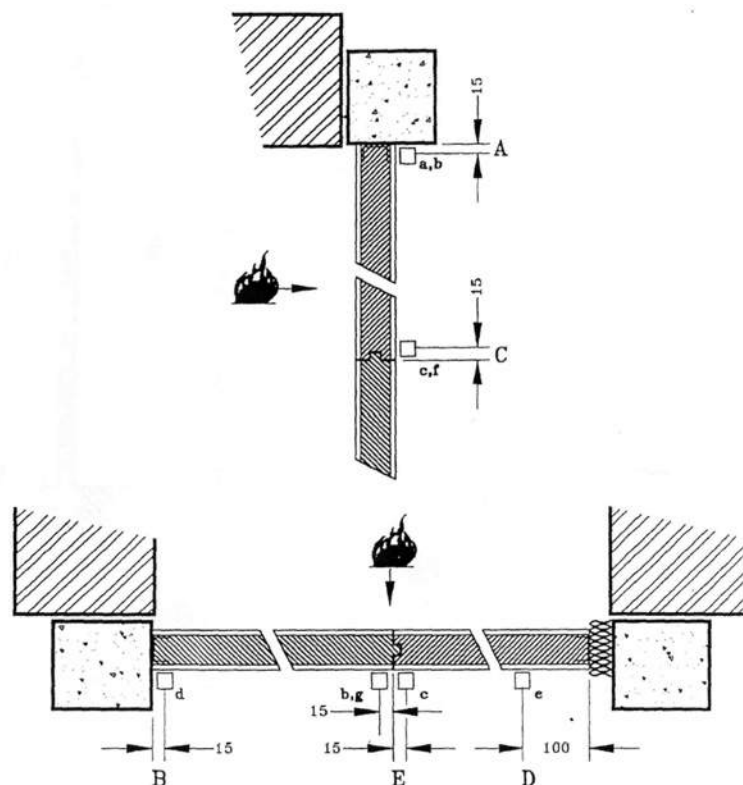
○ положение термопар для среднего повышения температуры  
□ положение термопар для максимального повышения температуры  
(буквенное обозначение термопар соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)

● положения для измерения отклонения

- 1 закрепленный край
  - 2 свободный край
  - 3 испытательная рама
- A, B, C, D и E см. рис. 4

Размеры указаны в мм

**Рис. 3 Примеры размещения термопар и положений для измерения отклонения для готовых панельных стен**



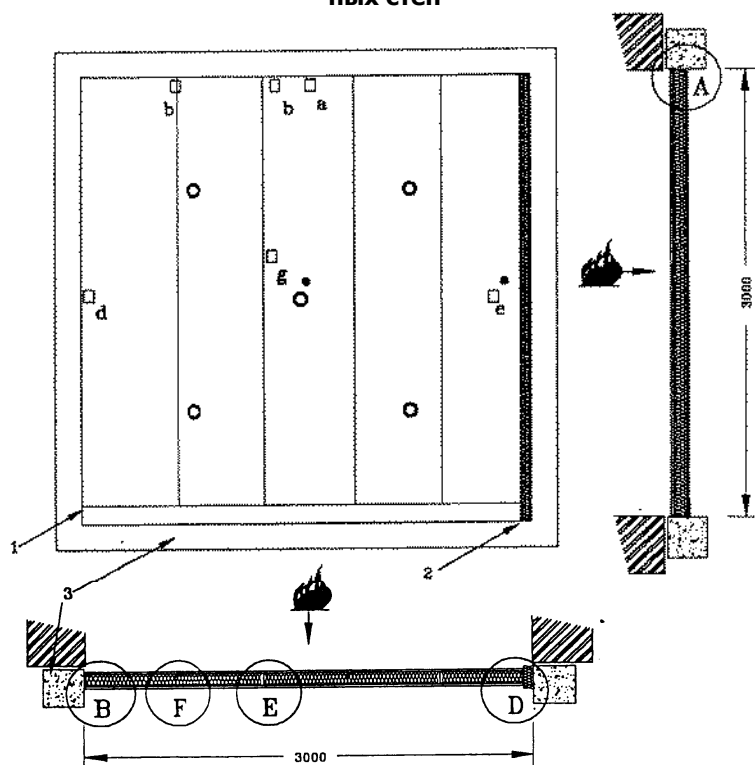
**Обозначения:**

□ положение термопар для максимального повышения температуры  
(буквенное обозначение термопар соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)

общее размещение термопар представлено на рис. 3

Размеры указаны в мм

**Рис. 4 Примеры размещения термопар на необогреваемой поверхности для сборных панельных стен**



**Обозначения:**

○ положение термопар для среднего повышения температуры

□ положение термопар для максимального повышения температуры

(буквенное обозначение термопар соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)

• положения для измерения отклонения

1 закрепленный край

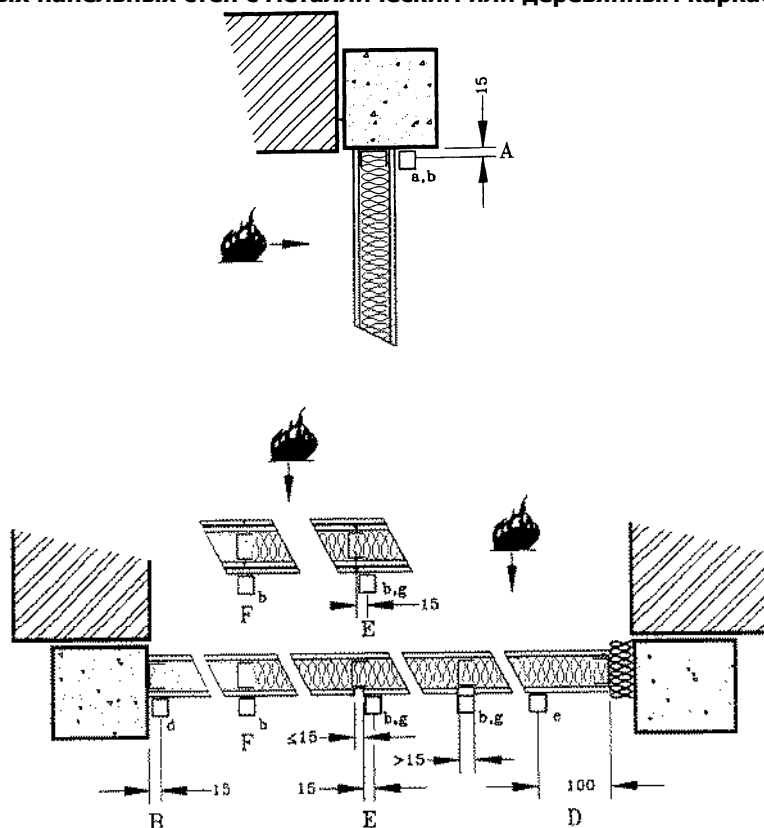
2 свободный край

3 испытательная рама

A, B, D, E и F см. рис. 6 и 7

Размеры указаны в мм

**Рис. 5 Примеры размещения термопар и положений для измерения отклонения для пустотелых панельных стен с металлическим или деревянным каркасом**



**Обозначения:**

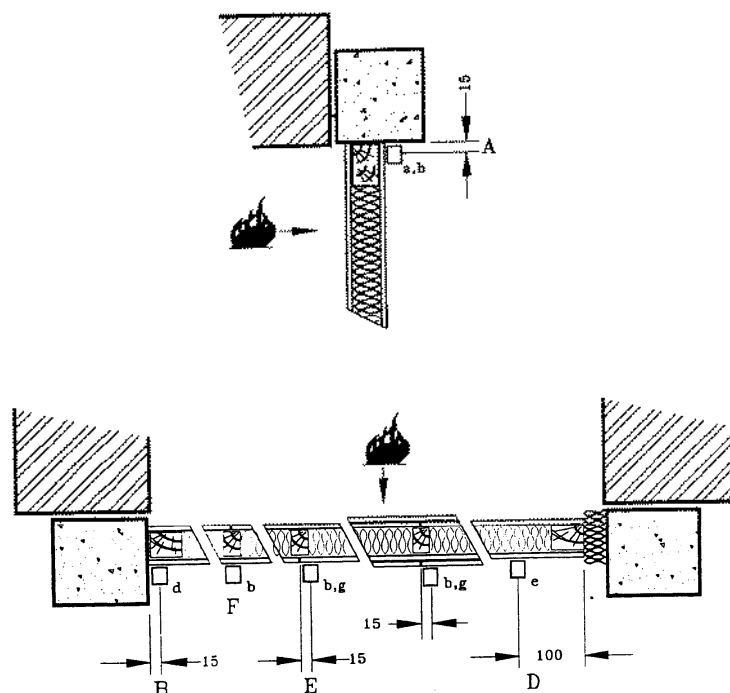
□ положение термопар для максимального повышения температуры

(буквенное обозначение термопар соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)

общее размещение термопар представлено на рис. 5

Размеры указаны в мм

**Рис. 6 Пример размещения термопар на необогреваемой поверхности для пустотелых стен с металлическим каркасом**

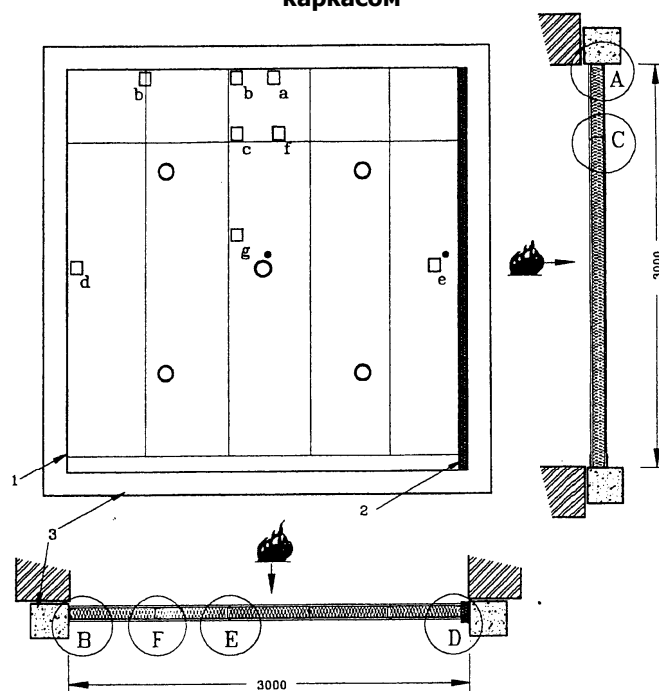


**Обозначения:**

□ положение термодатчиков для максимального повышения температуры  
(буквенное обозначение термодатчиков соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)  
общее размещение термодатчиков представлено на рис. 5

Размеры указаны в мм

**Рис. 7 Пример размещения термодатчиков на необогреваемой поверхности для стен с деревянным каркасом**



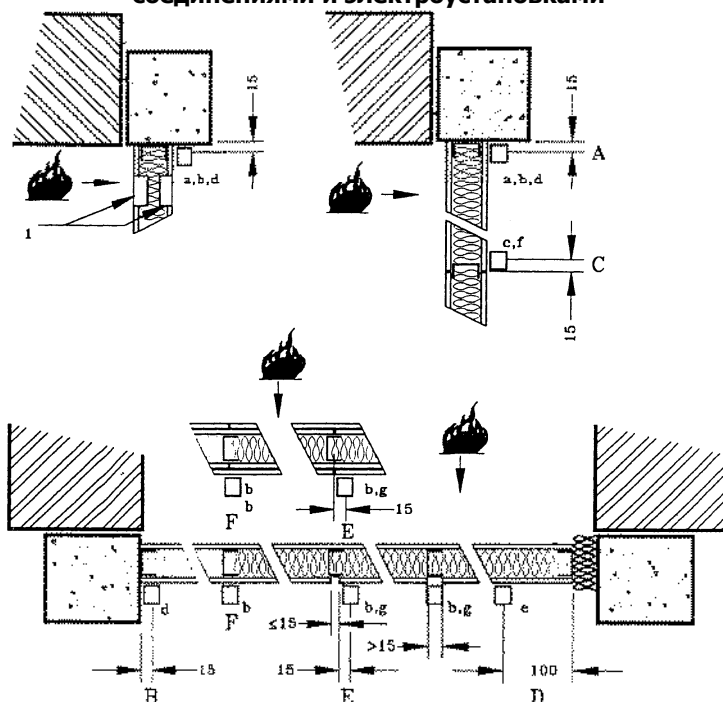
**Обозначения:**

○ положение термодатчиков для среднего повышения температуры  
□ положение термодатчиков для максимального повышения температуры  
(буквенное обозначение термодатчиков соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)  
● положения для измерения отклонения  
1 закрепленный край  
2 свободный край  
3 испытательная рама

A, B, C, D, E и F см. рис. 9

Размеры указаны в мм

**Рис. 8 Примеры размещения термопар и положений для измерения отклонения для пустотелых панельных стен с металлическим или деревянным каркасом с горизонтальными стыковыми соединениями и электроустановками**



**Обозначения:**

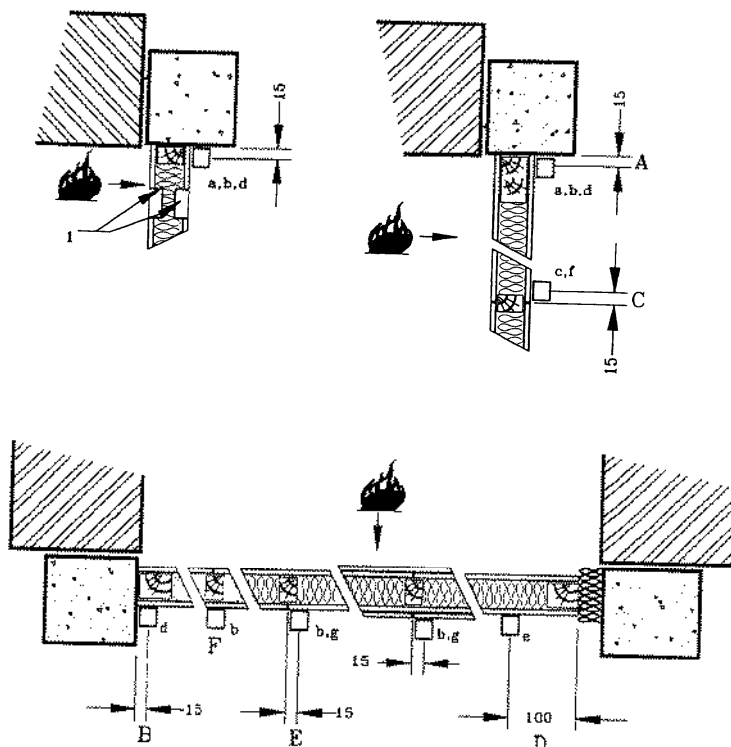
□ положение термопар для максимального повышения температуры  
(буквенное обозначение термопар соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)

1 электроустановка

общее размещение термопар представлено на рис. 8

Размеры указаны в мм

**Рис. 9 Пример размещения термопар на необогреваемой поверхности для пустотелых панельных стен с металлическим каркасом с горизонтальными стыковыми соединениями и электроустановками**



**Обозначения:**

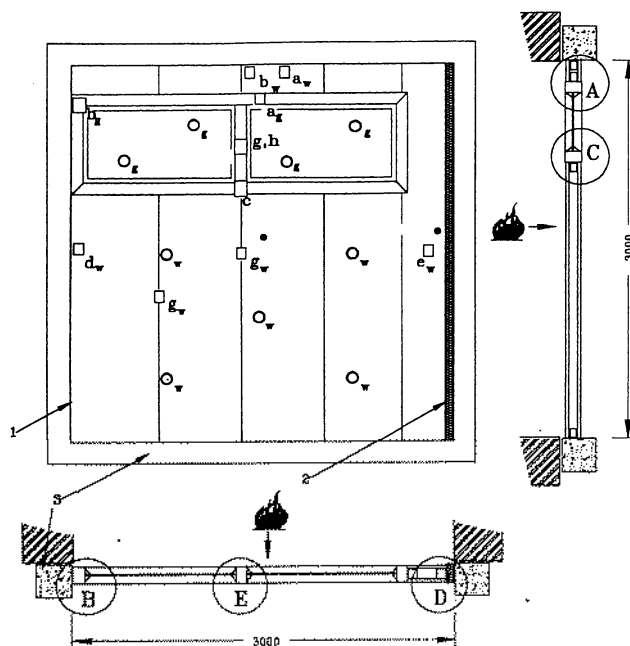
□ положение термопар для максимального повышения температуры  
(буквенное обозначение термопар соответствует разделу «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)

1 электроустановка

общее размещение термопар представлено на рис. 8

Размеры указаны в мм

**Рис. 10 Пример размещения термопар на необогреваемой поверхности для пустотелых панельных стен с деревянным каркасом с горизонтальными стыковыми соединениями и электроустановками**



**Обозначения:**

○<sub>w</sub> положение термопар для среднего повышения температуры (см. раздел «Средняя температура необогреваемой поверхности»)

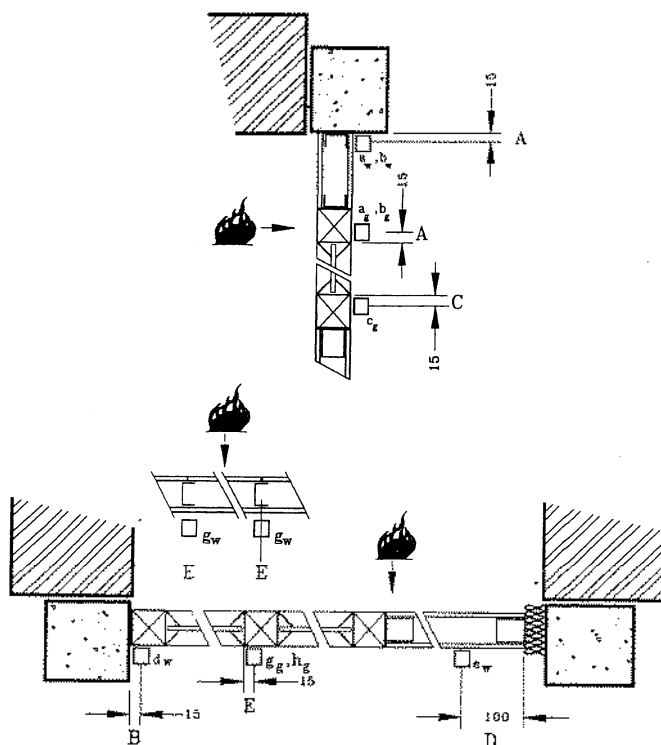
○<sub>g</sub> положение термопар для среднего повышения температуры (см. раздел «Среднее повышение температуры»)



- <sub>w</sub> положение термопар для максимального повышения температуры сплошной стены (см. раздел «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)
- <sub>g</sub> положение термопар для максимального повышения температуры (см. раздел «Максимальное повышение температуры»)
- положения для измерения отклонения
- 1 закрепленный край
- 2 свободный край
- 3 испытательная рама
- A, B, C, D и E см. рис. 12

Размеры указаны в мм

**Рис. 11 Пример размещения термопар на необогреваемой поверхности и положений для измерения отклонения для сплошных стен с зоной изолированного остекления (2-мя дискретными зонами)**

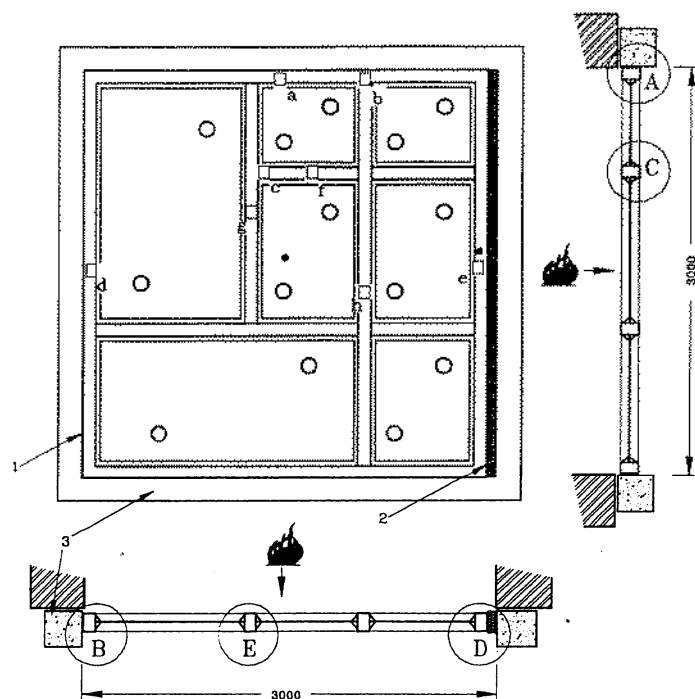


**Обозначения:**

- <sub>w</sub> положение термопар для максимального повышения температуры сплошной стены (см. раздел «Максимальная температура необогреваемой поверхности»)
  - <sub>g</sub> положение термопар для максимального повышения температуры стекла
- общее размещение термопар представлено на рис. 11

Размеры указаны в мм

**Рис. 12 Пример размещения термопар на необогреваемой поверхности для сплошных стен с зонами остекления, изоляционного стекла**



**Обозначения:**

○ положение термопар для среднего повышения температуры (см. раздел «Среднее повышение температуры»)

□ положение термопар для максимального повышения температуры (см. раздел «Максимальное повышение температуры»)

● положения для измерения отклонения

1 закрепленный край

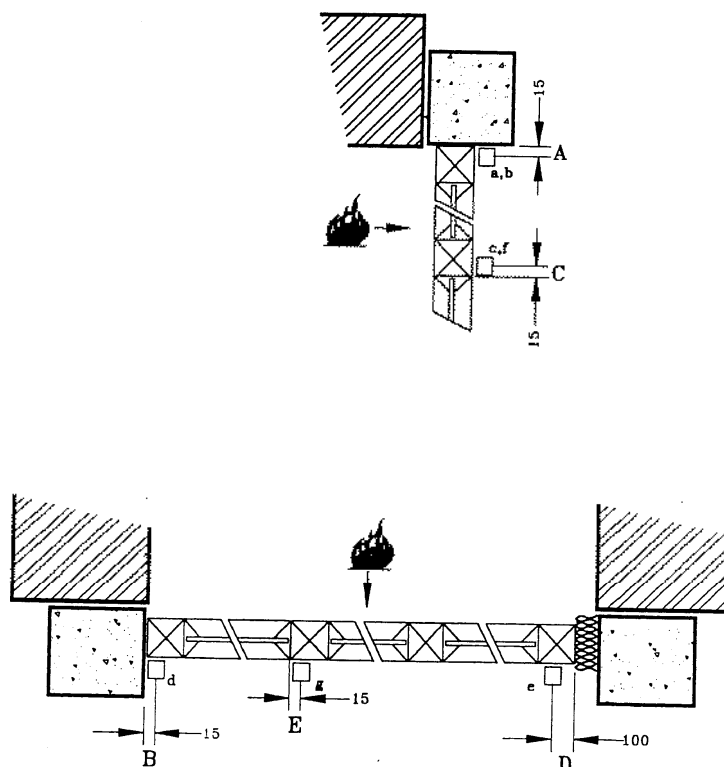
2 свободный край

3 испытательная рама

A, B, C, D и E см. рис. 14

Размеры указаны в мм

**Рис. 13 Пример размещения термопар на необогреваемой поверхности и положений для измерения отклонения для полностью остекленных стен**



**Обозначения:**

ТР-5043. Испытания остекленных фасадов на огнестойкость.

□ положение термопар для максимального повышения температуры (см. раздел «Максимальное повышение температуры»)

общее размещение термопар представлено на рис. 13

Размеры указаны в мм

**Рис. 14 Пример размещения термопар на необогреваемой поверхности для полностью остекленных стен**

#### **Средняя температура необогреваемой поверхности**

*Однородные несущие стены.* Для испытываемых образцов однородных несущих стен с учетом их ожидаемой теплоизоляции, средняя температура необогреваемой поверхности должна измеряться при помощи пяти термопар, одной, расположенной ближе к центру образца, а другой – ближе к центру каждой четверти отрезка. На рис. 1, 3, 5, 8 и 13 представлено несколько типичных примеров.

*Неоднородные несущие стены.* Для испытываемых образцов неоднородных несущих стен, т.е. содержащих дискретные зоны  $0,1 \text{ м}^2$  с ожидаемыми различными показателями теплоизолирующей способности, например, остекление, среднее повышение температуры каждой дискретной зоны следует отслеживать отдельно. Среднее повышение температуры измеряется при помощи распределенных в каждой дискретной зоне термопар. На каждые  $1,5 \text{ м}^2$  или часть образца должна приходиться одна термопара. В каждой дискретной зоне должны размещаться минимум две термопары. На рис. 11 представлен типичный пример.

#### **Максимальная температура необогреваемой поверхности**

Для определения максимальной температуры необходимо разместить термопары на необогреваемой поверхности следующим образом:

- a) посередине ширины верхней части образца
- b) в верхней части образца вдоль стоечного профиля/вертикального импоста
- c) в месте соединения стоечного профиля с горизонтальной обвязкой в системе несущих стен
- d) посередине высоты закрепленного края
- e) посередине свободного края, на расстоянии 100 мм от края
- f) посередине ширины, если возможно, на стыке с горизонтальным стыковым соединением (зоной положительного давления)
- g) посередине высоты, если возможно, на стыке с вертикальным стыковым соединением (зоной положительного давления)

Термопары для оценки теплоизолирующей способности не должны располагаться ближе, чем на 100 мм от любой дискретной зоны, теплоизолирующая способность которой не измеряется.

#### **Измерение давления**

Приборы для измерения давления должны располагаться в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

#### **Отклонение**

Для определения истории всех значительных отклонений (т.е.  $>5 \text{ мм}$ ) испытываемого образца во время проведения испытания необходимо предоставить соответствующее контрольно-измерительное оборудование. Измерения должны проводиться по центру образца и посередине высоты, на расстоянии 50 мм от свободного края. Для составления истории движения образца во время проведения испытания необходимо выдерживать достаточный интервал измерений. В стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] представлено руководство по применению измерений отклонения. Измерение отклонения является обязательным требованием, хотя эксплуатационные показатели для проверки этих измерений отсутствуют. Отклонение испытываемого образца важно для определения расширенной сферы применения результатов испытаний.

#### **Тепловое излучение**

Если требуется измерить тепловое излучение, следует разместить радиометры в соответствии с описанием в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

#### **Удар**

Если требуется испытать прочность на удар, данные испытания необходимо проводить в соответствии с описанием в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

### **УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Условия нагрева и давления и атмосфера в печи должны соответствовать требованиям стандарта EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] и, если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

## ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ

### Размер образцов

Если в реальных условиях высота или ширина конструкции составляет 3 м или меньше, то испытываемый образец должен быть в натуральную величину. Если размеры конструкции превышают 3 м, то эти же размеры испытываемого образца должны быть не менее 3 м.

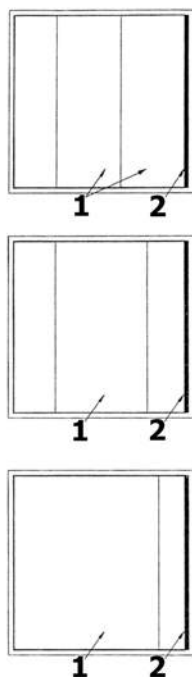
### Количество образцов

Количество испытываемых образцов должно соответствовать требованиям стандарта EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Если требуется информация по различным условиям огневого воздействия, или если конструкция оценивается с остеклением и без него, необходимо проведение дополнительных испытаний для каждого конкретного случая с использованием отдельных испытываемых образцов.

### Конструкция

Испытываемый образец должен либо полностью воспроизводить конструкцию, которая будет использоваться в реальных условиях, включая необходимую отделку поверхности, влияющую на поведение конструкции при проведении испытаний, либо быть сконструирован для достижения наиболее широкого применения результатов испытаний к другим аналогичным конструкциям.

Необходимо учитывать все влияющие на огнестойкость характеристики конструкции, важные для наиболее широкого применения. В разделе «Особые требования» представлено описание конструкции остекленных испытываемых образцов. Испытываемый образец не должен состоять из разных типов материалов конструкции, например, кирпича или блоков в стене, за исключением случаев, когда конструкция применяется именно в таком виде в реальных условиях. Если в испытываемом образце можно соединить как минимум две панели полной ширины, свободный край образца должен прилегать к полноразмерной панели на обогреваемой поверхности. Если в испытываемом образце невозможно соединить две полноразмерные панели, одна полноразмерная панель должна быть расположена по центру образца с меньшими панелями одинаковой ширины с каждой стороны. Ширина меньших панелей должна быть не менее 500 мм. Если ширина меньших панелей меньше 500 мм, к свободному краю образца можно приложить только одну панель (см. рис. 15).



#### Обозначения:

- 1 полноразмерная панель
- 2 свободный край

**Рис. 15 Положение свободного края по отношению к стандартной ширине панели**

### Ограничение образца

Если в реальных условиях испытываемый образец не превышает размер фронтального проема печи, необходимо ограничить края испытываемого образца так же, как в реальных условиях. Если ширина конструкции в реальных условиях превышает размер фронтального проема печи, один вертикальный край должен быть оставлен неограниченным с зазором в 25-50 мм между свободным краем испытываемого образца и испытательной рамой. Зазор следует заполнить упругим негорючим материалом, например, минеральным волокном, в

целях создания герметичности без ограничения свободы движения. Остальные края должны быть ограничены как в реальных условиях.

### **Сборка и проверка образца**

Сборка и проверка испытываемого образца производится в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### **УСТАНОВКА ИСПЫТЫВАЕМОГО ОБРАЗЦА**

Испытываемый образец должен быть размещен в испытательной раме и, если требуется, в опорной конструкции как в реальных условиях. Испытываемый образец должен быть установлен как можно ближе к соответствующей вертикальной обогреваемой плоскости испытательной рамы или опорной конструкции, если в реальных условиях не используется другое положение. Вся площадь испытываемой конструкции должна находиться под воздействием условий нагрева.

#### **Стандартная опорная конструкция**

Если размер испытываемого образца меньше проема испытательной рамы, то он устанавливается в раму следующим образом:

- a) если высота испытываемого образца меньше высоты проема испытательной рамы, следует воспользоваться подставкой для сокращения размера проема до требуемого. Подставка должна обеспечивать образцу достаточную устойчивость и представлять собой одну из жестких стандартных опорных конструкций, описанных в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].
- b) если ширина испытываемого образца меньше ширины проема испытательной рамы, по вертикальным сторонам проема требуется наличие жесткой или гибкой стандартной опорной конструкции, описанной в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

#### **Нестандартная опорная конструкция**

Если испытываемый образец устанавливается в опорную конструкцию, не описанную в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], результаты испытаний будут считаться достоверными только для несущих стен, установленных в такую конструкцию.

### **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА**

Испытываемая конструкция должна пройти предварительную обработку в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Испытание должно проводиться при помощи оборудования и в соответствии с порядком проведения испытаний, описанном в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] и, если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

### **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

Критерии определения эксплуатационных показателей испытываемого образца представлены в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### **ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ**

В дополнение к информации в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], в протоколе испытания должны быть представлены следующие данные:

- a) информация о проведении испытаний в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6].

### **СФЕРА ПРЯМОГО ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ**

Результаты испытаний на огнестойкость напрямую применимы к аналогичным конструкциям, в которые внесено одно или более из ниже перечисленных изменений, при условии соответствия конструкции требуемому конструктивному коду по жесткости и прочности. В разделе «Особые требования» представлена сфера прямого применения для остекленных несущих стен.

- a) уменьшение высоты
- b) увеличение толщины стены
- c) увеличение толщины составных частей
- d) уменьшение линейных размеров панелей, но не их толщины
- e) уменьшение расстояния между стоечными профилями
- f) уменьшение расстояния между центрами креплений
- g) увеличение количества горизонтальных стыковых соединений при испытании с одним соединением, расположенным на расстоянии не более 500 мм от верхнего края

- h) использование отделки поверхности при испытании в соответствии с рис. 9, расположенной на расстоянии не более 500 мм от верхнего края
- i) применение горизонтальных и/или вертикальных стыковых соединений испытанного типа

### **Увеличение ширины**

Можно увеличить ширину идентичной конструкции, если образец испытывался с номинальной шириной как минимум 3 м и одним неограниченным вертикальным краем.

### **Увеличение высоты**

При соблюдении ниже перечисленных условий можно увеличить минимальную высоту (3 м) испытываемых конструкций до 4 м:

- a) максимальное боковое отклонение испытываемого образца не превышает 100 мм
- b) пропорциональное увеличение допустимых расширений

## **Опорные конструкции**

### **Стандартные опорные конструкции**

Результаты испытания несущей стены, испытанной в одной из стандартных опорных конструкций, описанных в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], или в испытательной раме, применимы к любой другой опорной конструкции аналогичного типа (жесткой, жесткой с низкой плотностью или гибкой) с более высокой степенью огнестойкости (если это необходимо, большей толщины, большей плотности, большим количеством слоев панелей).

### **Нестандартные опорные конструкции**

Результаты испытания несущей стены, испытанной в нестандартной опорной конструкции применимы исключительно к данной конструкции.

## **ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЮ ОСТЕКЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЛИ НЕ-НЕСУЩИХ СТЕН С ОСТЕКЛЕНИЕМ**

Несущая стена может содержать дискретную остекленную панель, большое количество таких панелей или практически вся состоять из остекленных элементов. Это могут быть небольшие элементы каркасной конструкции, или большие оконные стекла с прочными рамами, вмонтированными в кирпичную кладку или аналогичное обрамление. В условиях огневого воздействия предполагается, что разделяющая конструкция будет эффективной противопожарной преградой, и это требование верно как для остекленных, так и для неостекленных элементов системы.

Огнестойкость остекленной системы определяется совокупностью свойств стекла, его размера и коэффициента пропорциональности оконных стекол, характеристик элементов каркасной конструкции, метода удержания огня и возможностями к расширению.

Если целью проведения испытания на огнестойкость является получение информации о конкретной системе для определенной конечной эксплуатации, то в качестве испытываемого образца используется конкретная конструкция. Если целью проведения испытания на огнестойкость является получение данных для более широкого применения к другим аналогичным конструкциям, то для проверки зависимости результатов от наличия в испытываемом образце конкретных характеристик конструкции, можно провести одно испытание. В данном разделе описано применение результата испытаний к другим аналогичным конструкциям.

### **Конструкция испытываемого образца**

Испытываемый образец должен либо полностью воспроизводить конструкцию, которая будет использоваться в реальных условиях, включая отделку поверхности, необходимую и влияющую на поведение конструкции при проведении испытаний, либо быть сконструирован для достижения наиболее широкого применения результатов испытаний к другим аналогичным конструкциям. Необходимо учитывать все влияющие на огнестойкость характеристики конструкции, важные для наиболее широкого применения. Испытываемый образец не должен состоять из разных типов материалов конструкции, например, различных типов стекла, за исключением случаев, когда конструкция применяется именно в таком виде в реальных условиях.

Следующие элементы могут использоваться в аналогичных конструкциях только при условии, что они применяются в испытываемом образце:

- a) неостекленные панели
- b) соединения между горизонтальным и вертикальным импостами («+»)
- c) соединения вертикальных импостов, заканчивающиеся горизонтальным импостом («Т»)
- d) соединения между горизонтальными и вертикальными импостами, где вертикальные импосты расположены в полную высоту, и они проходят через горизонтальные импосты
- e) специальные соединительные системы между остекленными элементами или между остекленными элементами и другими конструкциями
- f) другие требующие оценки элементы конструкции, например, необходимые в целях безопасности конструкции, такие как заграждения, решетки и т.д.

### **Контрольно-измерительное оборудование испытываемого образца**

Если испытываемый образец полностью состоит из неизолированного остекления, его следует рассматривать как неизолированную несущую стену, и в этом случае размещение термопар на необогреваемую поверхность не требуется. Оценку следует производить с учетом показателей теплоизолирующей способности и, если требуется, теплоизлучения. Если испытываемый образец состоит из одной или более дискретных панелей неизолированного остекления, его следует рассматривать как частично изолированную конструкцию. Возможно, изолированная часть потребуется для обеспечения необходимой теплоизоляции, при этом следует предоставить соответствующее количество термопар. На неизолированное стекло размещать термопары не требуется. Если все элементы испытываемого образца произведены с использованием изолированного стекла (с рамами), его следует рассматривать как полностью изолированную несущую стену, а эксплуатационные показатели должны оцениваться на основе соответствия показателям целостности и теплоизолирующей способности. С целью получения информации о средней и максимальной температуре поверхности, к необогреваемой поверхности необходимо прикрепить термопары того типа, который указан в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Прикрепление и снятие термопар осуществляется по общим правилам, описанным в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### ***Среднее повышение температуры***

**Однородное остекление.** В целях измерения среднего повышения температуры на каждые 1,5 м<sup>2</sup> или каждую часть образца должна приходиться одна термопара. На каждом оконном стекле должны размещаться минимум две термопары. Эти две термопары должны располагаться в центре двух четвертей каждого оконного стекла друг напротив друга по диагонали. Все дополнительные термопары должны быть равномерно распределены по поверхности оконного стекла. На рис. 13 представлено несколько типичных примеров.

**Неоднородное остекление.** Для испытываемых образцов неоднородного остекления, т.е. состоящих из различных дискретных зон, среднее повышение температуры каждой дискретной зоны следует отслеживать отдельно вышеописанным способом. На рис. 11 представлено несколько типичных примеров.

### ***Максимальное повышение температуры***

Для оценки соответствия показателю максимального повышения температуры, необходимо разместить дополнительные термопары на элементах каркасной конструкции следующим образом:

- a) посередине ширины верхней части образца
- b) в верхней части образца вдоль вертикального импоста
- c) в месте соединения вертикального импоста с горизонтальным импостом
- d) посередине высоты закрепленного края
- e) посередине свободного края, на расстоянии 100 мм от центра
- f) посередине ширины, если возможно, на стыке с горизонтальным стыковым соединением (зоной положительного давления)
- g) посередине высоты, если возможно, на стыке с вертикальным стыковым соединением (зоной положительного давления)
- h) по центру любой рамы системы остекления

Термопары не должны располагаться ближе, чем на 100 мм от любой дискретной зоны, теплоизолирующая способность которой не измеряется.

### ***Измерение теплоизлучения***

В некоторых случаях может потребоваться определение теплоизлучения с необогреваемой поверхности остекления. В этом случае необходимо указать, что измерение теплоизлучения с необогреваемой поверхности производится в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

### **Эксплуатационные показатели**

#### ***Целостность***

Критерии определения показателей целостности испытываемого образца представлены в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

#### ***Теплоизолирующая способность***

Критерии определения показателей теплоизолирующей способности испытываемого образца представлены в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Для остекления с дискретными зонами с различной теплоизоляцией, соответствие показателям теплоизолирующей способности необходимо оценивать для каждой зоны отдельно.

**Среднее повышение температуры.** Необходимо установить соответствие с помощью вышеописанных термопар.

**Максимальное повышение температуры.** Необходимо установить соответствие с помощью вышеописанных термопар.

### **Сфера прямого применения результатов испытаний**

Результаты испытаний на огнестойкость напрямую применимы к аналогичным конструкциям, в которые внесено одно или более из перечисленных ниже изменений, при условии соответствия конструкции требуемому конструктивному коду по жесткости и прочности. Другие изменения недопустимы.

- уменьшение линейных размеров оконных стекол
- изменение коэффициента пропорциональности оконных стекол при условии, что наибольший размер оконного стекла и его площадь не увеличены
- уменьшение расстояния между вертикальными импостами и/или горизонтальными импостами
- уменьшение расстояния между центрами креплений
- увеличение размеров элементов каркасной конструкции
- штапики винтового крепления, если в испытываемом образце использовались прикрепляющиеся штапики
- допустимые расширения, если таковые не были учтены в испытываемом образце
- изменение угла установки до 10° по вертикали

### **Увеличение высоты**

Увеличение высоты свыше испытанной недопустимо.

### **Увеличение ширины**

Можно увеличить ширину идентичной конструкции, если образец испытывался с номинальной шириной как минимум 3 м и одним неограниченным вертикальным краем.

### **Опорные конструкции**

#### **Стандартные опорные конструкции**

Результаты испытания огнестойкого остекления, испытанного в одной из стандартных опорных конструкций, описанных в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], применимы к любой другой опорной конструкции или испытательной раме аналогичного типа (жесткой с высокой плотностью, жесткой с низкой плотностью или гибкой) с более высокой степенью огнестойкости.

#### **Нестандартные опорные конструкции**

Результаты испытания огнестойкого остекления, испытанного в нестандартной опорной конструкции применимы исключительно к данной конструкции.

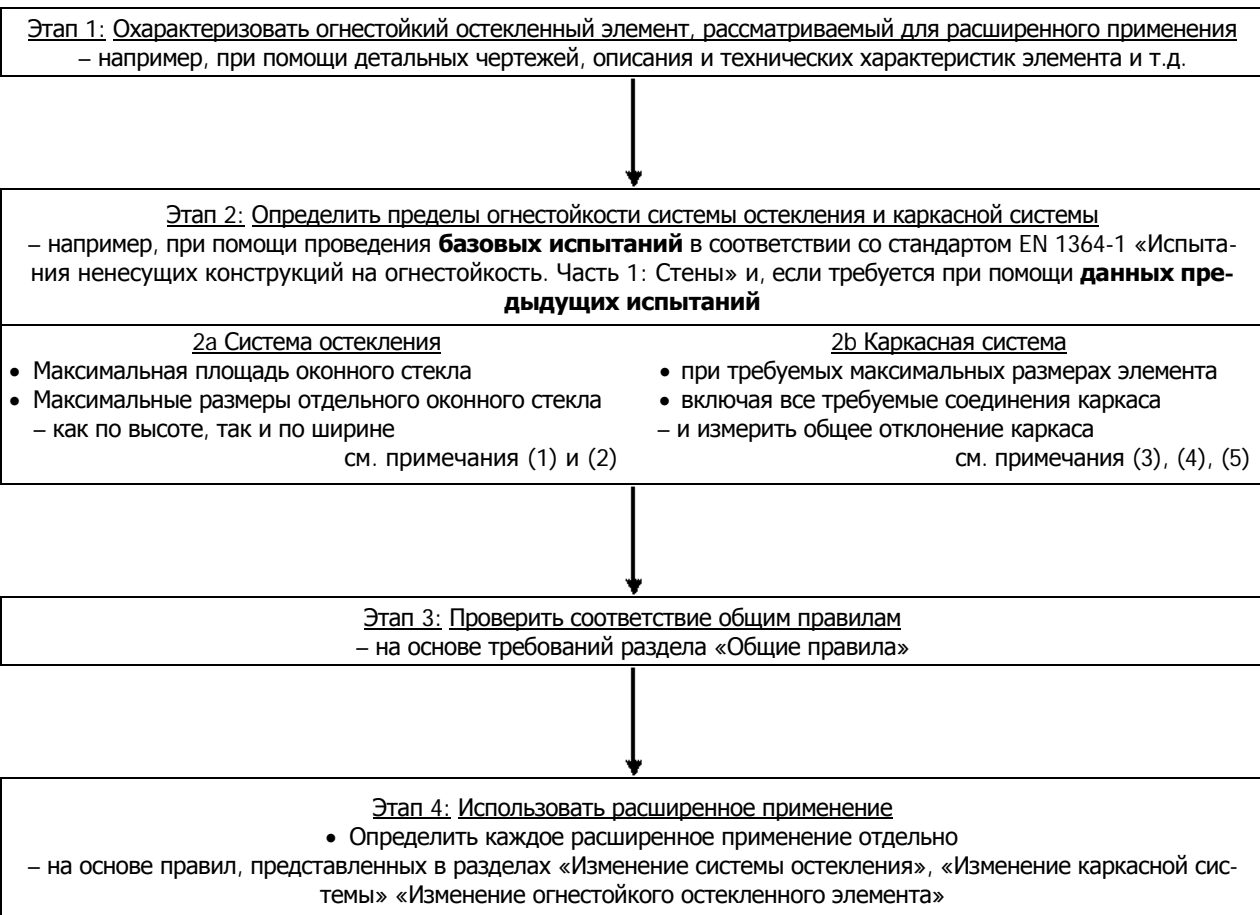


# prEN 15254-4. РАСШИРЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ. НЕНЕСУЩИЕ СТЕНЫ. ОСТЕКЛЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Данный проект европейского стандарта предоставляет рекомендации и, где необходимо, определяет порядок изменения некоторых параметров и коэффициентов, связанных с проектированием огнестойких остекленных элементов, которые прошли испытания в соответствии со стандартами EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] и EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6] и классифицированы в соответствии со стандартом EN 13501-2 «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам – Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость» [3]. Данный стандарт применяется к установленным вертикально огнестойким остекленным элементам. Он не применяется к дверным блокам и открывающимся окнам. Конструкции из стеклоблоков, элементы дорожного покрытия и швеллерное стекло в данный стандарт не включены, т.к. в настоящий момент недостаточно информации для разработки правил расширенного применения этих изделий.

## ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Расширенное применение представляет собой прогнозирование ожидаемых показателей огнестойкости огнестойких остекленных элементов. Расширенное применение может быть основано на интерполяции между данными испытаний или экстраполяции из данных испытаний. Основным требованием является соответствие огнестойкого остекленного элемента необходимым показателям огнестойкости при условии проведения испытаний согласно стандарту EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6]. Расширенное применение огнестойких остекленных элементов должно быть основано на данных испытаний. На рис. 1 представлены основные принципы и методологии по определению расширенного применения огнестойких остекленных элементов.



Примечание (1): Охарактеризовать стекло, тип штапика, материалы креплений и остекления и т.д.

Примечание (2): Необязательно определять максимальные размеры одного и того же оконного стекла.

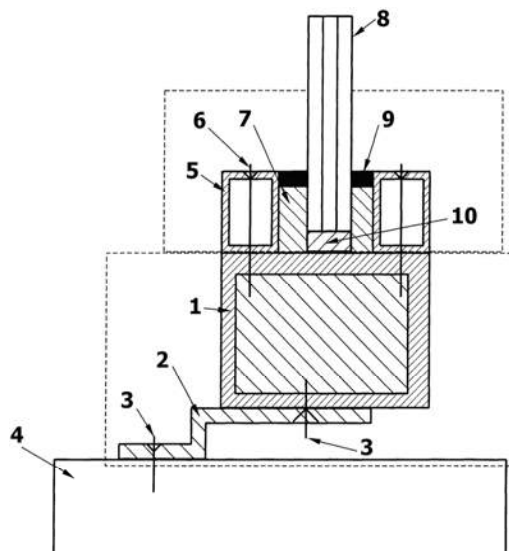
Примечание (3): Тип каркаса должен соответствовать этапу 2а (например, техническим характеристикам материала и показателям огнестойкости).

Примечание (4): Штапик, крепление, стекло и материал остекления должны соответствовать этапу 2а.

Примечание (5): Если размер огнестойкого остекленного элемента превышает 3 x 3 м, испытание на огнестойкость должно проводиться на элементе размером минимум 3 x 3 м.

**Рис. 1 Метод определения расширенного применения огнестойких остекленных элементов**

В стандарте EN 357 «Остекление зданий. Огнестойкие остекленные элементы из прозрачного или полупрозрачного стекла. Классификация по огнестойкости» [10] представлены огнестойкие остекленные элементы, выполняющие роль интегральной системы, в которой отдельные элементы (оконные стекла, материалы остекления, штапики и их крепления, каркасы и их крепления) эффективно функционируют как единое целое для соответствия определенным показателям огнестойкости. В данной главе огнестойкие остекленные элементы характеризуются отдельно как система остекления и каркасная система (см. рис. 2).



**Обозначения:**

<b>СИСТЕМА ОСТЕКЛЕНИЯ</b> состоит из:	(10) монтажной плиты	<b>КАРКАСНАЯ СИСТЕМА</b> состоит из:
(8) стекла	(7) полосы остекления	(1) каркаса
(5) штапика с винтовым креплением или закрепленного скобами	(9) уплотнительной прокладки	(2) металлического анкера с винтовым или болтовым креплением к стене (4) при помощи
(6) крепления штапика		(3) винта и анкерного крепления

**Рис. 2 Огнестойкий металлический каркас и система остекления**

В реальных условиях могут быть не предусмотренные в данной главе применения. В такой ситуации совместно с уполномоченными органами необходимо использовать передовую практику проектирования и остекления, с целью предоставления для расширенного применения надежного метода решения по соответствию требуемым показателям огнестойкости при проведении испытаний.

### Использование данных испытаний

Претендент на использование расширенного применения результатов испытаний на огнестойкость должен быть «владельцем» (т.е. спонсором) предоставленных данных или должен обладать правами на их использование. В последнем случае претендент должен получить письменное разрешение от владельца. Базовое испытание может использоваться в качестве испытания начального типа для присвоения огнестойкому стеклу знака соответствия европейским стандартам. Данное испытание начального типа подходит для идентичного огнестойкого стекла, выпущенного на других производственных линиях одного и того же производителя или его представителя при условии, что оно имеет одинаковое описание продукции и проходит аналогичный производственный контроль. Испытание начального типа подходит для идентичного каркаса, выпущенного на других производственных линиях одного и того же производителя или его представителя при условии, что он имеет одинаковое описание продукции и проходит аналогичный производственный контроль. Другим присутствующим на рынке производителям огнестойких остекленных элементов необходимо будет провести собственное базовое испытание или испытание начального типа.

### ***Данные предыдущих испытаний***

Данные предыдущих испытаний могут использоваться с целью подтверждения расширенного применения, например, для оценки воздействия конкретного элемента (например, материала остекления) или особенностей конструкции (например, направления огневого воздействия) на огнестойкость, или с целью определения того, какие конструктивные изменения оказывают неблагоприятное или отрицательное воздействие на огнестойкость. Если такие конструктивные изменения выявлены, то можно провести базовое испытание с учетом наиболее отрицательно влияющих на огнестойкость конструктивных изменений. Если изделие соответствует требуемому периоду огнестойкости, необходимо провести испытание с учетом других наименее отрицательно влияющих на огнестойкость конструктивных изменений.

В данной главе рассматриваются следующие параметры и показатели:

Параметр	Показатель	Раздел
<b>Система остекления</b>		
Изменение типа стекла	Замена стекла в пределах одного семейства изделий из стекла	«Замена огнестойкого стекла»
Симметричность конструкции из стекла	Симметричное / ассиметричное стекло	«Ассиметричное огнестойкое стекло»
Прямоугольные оконные стекла	Увеличение площади оконного стекла и коэффициент пропорциональности	«Отдельные прямоугольные оконные стекла: коэффициент пропорциональности и увеличение площади»
Круглые, треугольные и (непрямоугольные) четырехугольные оконные стекла	Увеличение площади	«Отдельные круглые, треугольные и непрямоугольные четырехугольные оконные стекла: увеличение площади»
Оконные стекла класса EW	Увеличение площади	«Отдельные оконные стекла в стене: тепловое излучение»
Деревянные каркасы	Замена штапиков (креплений штапика / формы штапика / покрытия поверхности штапика)	«Замена штапиков: деревянные каркасы»
Металлические каркасы	Замена штапиков (креплений штапика / формы штапика / покрытия поверхности штапика)	«Замена штапиков: металлические каркасы»
Замена материалов остекления	Уплотнителей / полос остекления / монтажных плит	«Замена материалов остекления»
<b>Каркасная система</b>		
Симметричность каркасной конструкции	Симметричные / ассиметричные каркасы	«Ассиметричные каркасные системы»
Замена каркасов	Стыки / угловая накладка	«Замена каркасов»
Деревянные каркасы	Толщина / профиль / тип дерева (скорость обугливания / плотность)	«Деревянные каркасы»
Стальные и алюминиевые каркасы	Материалы каркаса / сечения / толщина стен отсеков каркаса	«Металлические каркасы»
Покрытие поверхности	С покрытием / без покрытия	«Покрытие поверхности»
<b>Огнестойкий остекленный элемент</b>		
Увеличение общих размеров / площади	Прямоугольный / непрямоугольный элемент	«Увеличение общих размеров и площади»
	Класс EW	«Увеличение размеров огнестойких остекленных элементов: тепловое излучение»
	Дублирование элемента класса EW полностью	«Дублирование огнестойкого остекленного элемента с учетом теплового излучения»
Угол установки	Увеличение угла установки	«Изменение угла установки»

## **ОБЩИЕ ПРАВИЛА**

### **Оценка огнестойкости**

В расширенном применении не допускается увеличение времени по классификации (например, от 30 до 45 минут) и оценки огнестойкости (например, от класса E до класса EW и до класса EI).

### Сочетание расширенных применений

Каждое расширенное применение должно рассматриваться как предмет отдельной оценки. В пределах этого применения допускается создание сочетаний применений при условии, что эти сочетания подтверждены данными испытаний и/или данными предыдущих испытаний (см. раздел «Примеры»). Подтвержденное расширенное применение нельзя использовать в качестве данных или доказательств для утверждения нового расширенного применения.

## ИЗМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ОСТЕКЛЕНИЯ

### Замена огнестойкого стекла

Замена одного типа огнестойкого стекла на другой допускается при условии подтверждения того, что стекло относится к одному и тому же семейству изделий.

### Ассиметричное огнестойкое стекло

Необходимо предоставить данные испытаний на огнестойкость для огневого воздействия с обоих направлений, если не выявлено какое из направлений представляет собой наихудший случай. Если это возможно выявить при помощи данных предыдущих испытаний, то для наихудшего случая потребуются только данные испытаний на огнестойкость. Ввиду отсутствия таких данных испытаний, огнестойкое стекло можно использовать только с учетом того направления, которое использовалось при проведении испытания. Огнестойкое стекло, имеющее защитное покрытие, считается ассиметричным, поэтому для него характерны все вышеуказанные требования. Для подтверждения того, что направление огневого воздействия не влияет на оценку огнестойкости, необходимо проведение двух базовых испытаний. Допускается использование данных предыдущих испытаний.

### Отдельные прямоугольные оконные стекла: коэффициент пропорциональности и увеличение площади

Увеличение ширины, высоты и площади допускается только при условии, что время превышения нормы составляет, по крайней мере:

- 20%, когда время по классификации  $\leq 30$  мин.
- 10%, когда время по классификации  $> 30$  мин.

Ширина или высота могут быть увеличены на основе формул 1 или 2, соответственно. Если увеличивается и ширина, и высота, то максимально расширенная площадь должна соответствовать формуле 3.

$$w_{\text{ext}} \leq w_{\text{max}} = w_0 \cdot 1,20 \quad (1)$$

$$h_{\text{ext}} \leq h_{\text{max}} = h_0 \cdot 1,20 \quad (2)$$

$$A_{\text{ext}} \leq A_{\text{max}} = A_0 \cdot 1,21 \quad (3)$$

где:

$w_0$ ,  $h_0$ ,  $A_0$  = ширина (м), высота (м) и площадь ( $\text{м}^2$ ) испытываемого оконного стекла

$w_{\text{ext}}$ ,  $h_{\text{ext}}$ ,  $A_{\text{ext}}$  = увеличенная ширина (м), высота (м) и площадь ( $\text{м}^2$ ) оконного стекла

$w_{\text{max}}$ ,  $h_{\text{max}}$ ,  $A_{\text{max}}$  = максимально увеличенная ширина (м), высота (м) и площадь ( $\text{м}^2$ ) оконного стекла

Изменение коэффициента пропорциональности допускается только при условии, что оконное стекло подходит к вышеуказанным увеличенным размерам оконного стекла. Основой для увеличения является базовое испытание (испытания).

Для стекла класса EW применяются показатели теплового излучения, описанные в разделе «Отдельные оконные стекла в стене: тепловое излучение». Любое увеличение площади оконного стекла допускается только при условии соответствия требованиям к тепловому излучению.

В протоколе о расширенном применении необходимо подтверждение того, что рассматриваемая каркасная система может выдерживать дополнительную нагрузку вследствие увеличения площади оконного стекла. Кроме того, все требуемые стыки каркаса должны пройти испытание в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6].

### Отдельные круглые, треугольные и непрямоугольные четырехугольные оконные стекла: увеличение площади

Увеличение площади допускается только при условии, что время превышения нормы составляет, по крайней мере:

- 20% когда время по классификации  $\leq 30$  мин.
- 10% когда время по классификации  $> 30$  мин.

Площадь может быть увеличена на основе формулы 4.

$$A_{\text{ext}} \leq A_{\text{max}} = A_0 \cdot 1,20 \quad (4)$$

где:

$A_0$  = площадь ( $m^2$ ) испытываемого оконного стекла

$A_{ext}$  = увеличенная площадь ( $m^2$ ) оконного стекла

$A_{max}$  = максимально увеличенная площадь ( $m^2$ ) оконного стекла

Увеличенное оконное стекло должно иметь такое же положение и форму, как и испытываемое оконное стекло. Основой для увеличения является базовое испытание (испытания).

Для огнестойкого стекла класса EW допустимое максимальное увеличение площади также должно соответствовать показателям теплового излучения, описанные в разделе «Отдельные оконные стекла в стене: тепловое излучение».

В протоколе о расширенном применении необходимо подтверждение того, что рассматриваемая каркасная система может выдержать дополнительную нагрузку вследствие увеличения площади оконного стекла. Кроме того, все требуемые стыки каркаса должны пройти испытание в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6].

### **Отдельные оконные стекла в стене: тепловое излучение**

Для огнестойкого стекла класса EW применяются правила, начиная от раздела «Замена огнестойкого стекла» и до настоящего раздела, а также нижеописанные правила.

В соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] тепловое излучение ( $W$ ) должно измеряться вдоль центральной линии на расстоянии 1 м от центра испытываемого образца. Согласно стандарту prEN 13501-2 «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам - Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость» [3], классификация по тепловому излучению должна быть представлена только временем, в течение которого измеренное тепловое излучение  $W_o$  не превышает значения  $W_{max}$ , как описано в разделе «Расчет теплового излучения». Это условие также относится к значению теплового излучения  $W_{ext}$ , вычисленному для оконного стекла с увеличенной площадью.

Для увеличенных прямоугольных и круглых оконных стекол  $W_{ext}$  может быть вычислено по формуле:

$$W_{ext} = W_o \cdot [\varphi_{ext}/\varphi_0] \leq W_{max} \quad (5)$$

(обозначения см. в разделе «Расчет теплового излучения»)

Основой для увеличения является базовое испытание(ия).

Ввиду отсутствия соответствующих формул, увеличение площади стекол класса огнестойкости EW других форм допускается методом, основанным на площади прямоугольника, заданного вокруг формы (см. раздел «Испытываемые образцы других форм»). Соответствующий расчет должен быть внесен в протокол о расширенном применении.

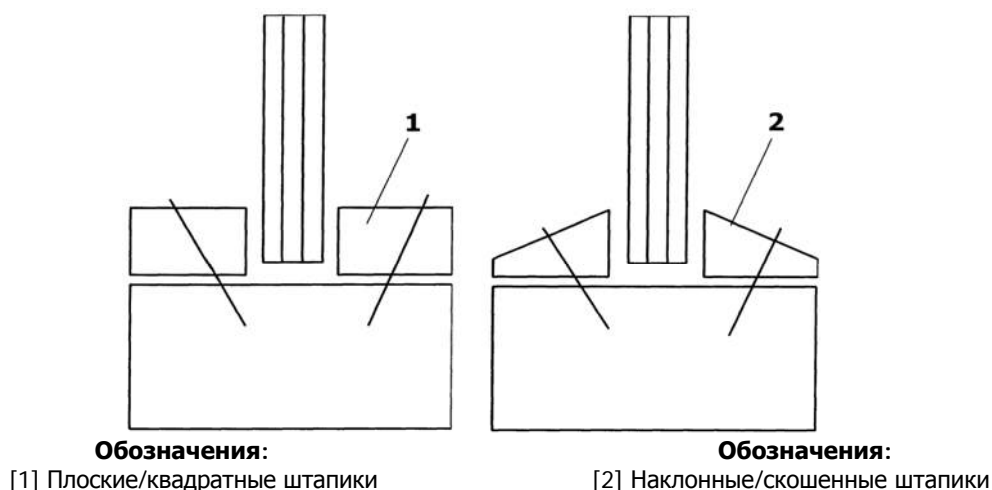
Радиометр не может измерить тепловое излучение с отдельного оконного стекла в многооконном огнестойком остекленном элементе. Данные предельные значения  $W_{ext}$  также могут ограничить увеличение площади  $A_{ext}$  огнестойкого оконного стекла в соответствии с разделом «Отдельные прямоугольные оконные стекла: коэффициент пропорциональности и увеличение площади» или «Отдельные круглые, треугольные и прямоугольные четырехугольные оконные стекла: увеличение площади», иначе классификация по тепловому излучению ( $W$ ) будет утрачена.

### **Замена штапиков: деревянные каркасы**

Во всех случаях замену деревянных каркасов необходимо проводить либо на основе сравнительных испытаний скорости обугливания, расчетов, либо базовых значений. Это делается для подтверждения того, что огнестойкость заменяемого деревянного штапика либо такая же, либо более высокая, чем огнестойкость элемента в базовом испытании.

Если штапики в базовом испытании (испытаниях) прикреплялись при помощи гвоздей, то в качестве альтернативного варианта допускается винтовое крепление аналогичной длины и на аналогичном расстоянии. Однако штапик с винтовым креплением не следует заменять на закрепленный скобами или гвоздями штапик, за исключением случаев, когда целесообразность такой замены подтверждена данными предыдущих испытаний. Допускается увеличение высоты штапика при условии подтверждения того, что увеличенные угловые накладки не оказывают отрицательного воздействия на показатели огнестойкости. Угловая накладка должна оставаться в пределах, определенных на основе данных испытаний, если это не подтверждено данными предыдущих испытаний. Уменьшение высоты штапика не допускается.

Замена скошенного или наклонного профиля на плоский профиль допускается без последующего испытания огнестойких остекленных элементов класса EI (см. рис. 3).



**Рис. 3 Плоские/квадратные и наклонные/скошенные штапики**

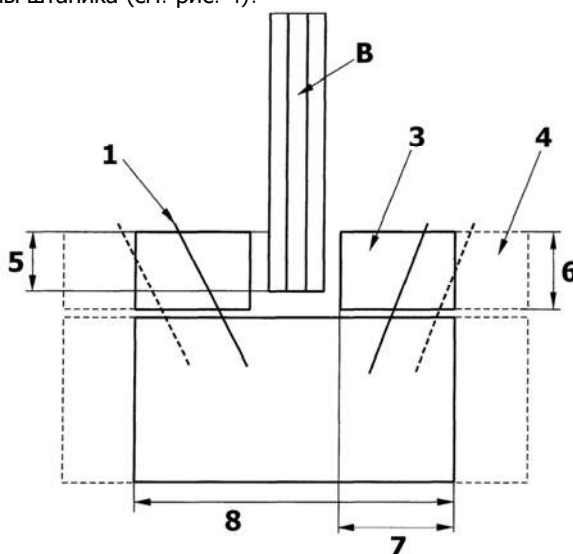
Для огнестойких остекленных элементов класса Е и EW замена скошенного или наклонного профиля на плоский профиль не допускается, за исключением случаев, когда целесообразность такой замены подтверждена базовым испытанием (испытаниями) или данными предыдущих испытаний. Замена плоского профиля на скошенный или наклонный профиль допускается для всех огнестойких остекленных элементов. Однако при любом последующем уменьшении поперечного сечения штапика, необходимо подтверждение того, что это не оказывает отрицательного воздействия на показатели огнестойкости. Допускается использование данных предыдущих испытаний. Уменьшение толщины штапика допускается при условии подтверждения того, что это не оказывает отрицательного воздействия на показатели огнестойкости. Допускается использование данных предыдущих испытаний. Допускается увеличение толщины штапика.

Деревянный штапик может в значительной степени повлиять на показатели целостности деревянной остекленной системы, состоящей из огнестойкого стекла класса Е или EW. Это объясняется тем, что деревянный штапик может загореться под воздействием теплового излучения, возникающего в непосредственной близости от поверхности стекла по другую сторону от огневого воздействия. Обугливание древесины также происходит за счет интенсивности теплового излучения, намного меньшей по сравнению с необходимой для возгорания интенсивностью излучения. Использование огнестойких остекленных элементов класса EI в значительной степени уменьшает вероятность обугливания, за счет снижения до низких пределов передачи теплового излучения на остекленную поверхность.

Покрытие поверхности штапиков допускается при условии подтверждения того, что это не оказывает отрицательного воздействия на показатели огнестойкости. Допускается использование данных предыдущих испытаний.

#### **Замена штапиков: металлические каркасы**

Закрепленные скобами штапики можно заменить на штапики с винтовым креплением, но не наоборот. Допускается увеличение толщины штапика (см. рис. 4).



Подходит для деревянных и металлических каркасов

**Рис. 4 Изменение толщины штапика / сечения каркаса**

Уменьшение толщины штапика допускается при условии подтверждения того, что это не оказывает отрицательного воздействия на показатели огнестойкости. Допускается использование данных предыдущих испытаний.

Допускается увеличение высоты штапика при условии подтверждения того, что увеличенные угловые накладки не оказывают отрицательного воздействия на показатели огнестойкости. Угловая накладка должна оставаться в пределах, определенных на основе данных испытаний. Допускается использование данных предыдущих испытаний.

Покрытие поверхности штапиков допускается при условии подтверждения того, что это не оказывает отрицательного воздействия на показатели огнестойкости. Допускается использование данных предыдущих испытаний.

### **Замена материалов остекления**

Замена одного материала остекления, например, уплотнителя на другой материал допускается при условии подтверждения того, что показатели огнестойкости (время по классификации) этого материала такие же, как и у аналогичной системы остекления в пределах одного семейства изделий. В качестве подтверждения могут быть проведены базовые испытания или могут использоваться данные предыдущих испытаний.






## **ИЗМЕНЕНИЕ КАРКАСНОЙ СИСТЕМЫ**

### **Ассиметричные каркасные системы**

Необходимо предоставить данные испытаний на огнестойкость для огневого воздействия с обоих направлений, если не выявлено какое из направлений представляет собой наихудший случай. Если это возможно выявить, то для наихудшего случая потребуются только данные испытаний на огнестойкость. Ввиду отсутствия таких данных испытаний, каркасную систему можно использовать только с учетом того направления, которое использовалось при проведении испытаний. Для подтверждения того, что направление огневого воздействия не влияет на оценку огнестойкости, необходимо проведение двух базовых испытаний. Допускается использование данных предыдущих испытаний.

### **Замена каркасов**

Нижеуказанные общие правила применяются ко всем типам каркасов. Все данные испытаний должны учитывать конструктивные элементы, если они рассматриваются для расширенного применения:

-  четыре оконных стекла, пересекающиеся в одной точке
-  три оконных стекла, пересекающиеся в одной точке, включая вертикальный элемент с максимальной высотой 3 м
-  три оконных стекла, пересекающиеся в одной точке, включая горизонтальный элемент с максимальной шириной 3 м
-  два оконных стекла с вертикальным элементом максимальной высоты 3 м
-  два оконных стекла с горизонтальным элементом максимальной ширины 3 м
- системы одно - и двустворчатых дверей (к остекленным и неостекленным дверям необходимо делать ссылку на стандарт prEN 15254-4 «Расширенное применение результатов испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 4: Остекленные конструкции» [18]).

При отсутствии данных испытаний для отдельного вышеуказанного конструктивного элемента, он не может включаться в расширенное применение.

Необходимо подтвердить, что каркас может быть соответствующим образом прикреплен к жесткой и гибкой конструкции. Угловая накладка должна оставаться в пределах, определенных на основе данных испытаний, если это не подтверждено данными предыдущих испытаний.

Максимальная площадь оконного стекла, указанная отдельно начиная от раздела «Отдельные прямоугольные оконные стекла: коэффициент пропорциональности и увеличение площади» и до раздела «Отдельные оконные стекла в стене: тепловое излучение» не должна превышать в увеличенном огнестойком остекленном элементе.

Огнестойкое стекло должно относиться к тому же семейству изделий, которое использовалось при проведении базового испытания (испытаний).

### **Деревянные каркасы**

Помимо описанных выше общих правил по замене каркасов к деревянным каркасам применяются следующие дополнительные правила. Замена одного типа деревянного каркаса на другой допускается для огнестойкого стекла из того же семейства изделий при следующих условиях:

- увеличенная толщина каркаса;
- идентичный профиль;
- древесина одинаковой или более высокой плотности и/или влажности с одинаковой или более низкой скоростью обугливания.

Основой является базовое испытание вместе с данными о типе и плотности заменяющей деревянной конструкции. Кроме того, должны быть проведены сравнительные испытания или расчеты на обугливание в соответствии со стандартом prEN 1995-1-2 «Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-2: Общие требования. Противопожарное проектирование конструкций» [19], и заменяющая конструкция должна продемонстрировать, по крайней мере, такие же показатели огнестойкости, что и деревянная конструкция, использовавшаяся в базовом испытании.

Многослойные деревянные каркасы могут применяться только, если они прошли испытание на огнестойкость в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6], либо к ним можно применить данные предыдущих испытаний.

Сборные деревянные каркасы (соединенные болтами, гвоздями или клеем) должны подвергаться испытаниям, за исключением случаев, когда на основе чертежей в увеличенном масштабе и типичных сечений каркаса можно подтвердить, что древесины в секции каркаса достаточно для того, чтобы линия обугливания не достигала креплений штапика в течение требуемого периода времени. В подтверждение этого должны быть представлены данные о скорости обугливания рассматриваемой древесины. Кроме того, необходимо провести, по крайней мере, одно испытание в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6], либо можно использовать данные предыдущих испытаний.

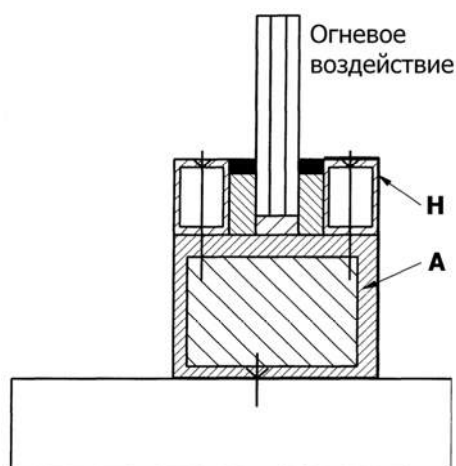
### **Металлические каркасы**

Помимо описанных выше общих правил по замене каркасов к стальным и алюминиевым каркасам применяются следующие дополнительные правила.

Замена стальных на стальные или алюминиевых на алюминиевые каркасные системы допускается при условии что:

- a) Заменяющий каркас имеет одинаковые технические требования к материалам, такие как в базовом испытании, что подтверждено соответствующими характеристиками каркаса (например, тепловое расширение, теплопроводность, точка плавления, прочность). Технические требования к обоим каркасам должны быть включены в протокол испытания для сравнения.
- b) Конструкция заменяющего каркаса имеет такой же класс огнестойкости, что и каркас в базовом испытании. Это должно быть подтверждено данными испытаний на огнестойкость, свидетельствующими об идентичном времени по классификации. Можно использовать данные предыдущих испытаний.
- c) Отклонение каркаса, рассматриваемое в расширенном применении, должно быть не больше чем измеренное отклонение в базовом испытании.
- d) В отношении заменяющего каркаса имеются данные испытаний, подтверждающие, что все необходимые особенности конструкции рассматриваемого огнестойкого остекленного элемента могут сочетаться с ним, не нарушая требуемых показателей огнестойкости в ходе испытания огнестойкого остекленного элемента размером 3 x 3 м. Можно использовать данные предыдущих испытаний.
- e) В частности, данные испытаний должны включать в себя температурные швы, если они учитываются при расширенном применении.
- f) Сечение каркаса может изменяться при условии, если:

- уровни осевого напряжения в вертикальных элементах и изгибающее напряжение в горизонтальных элементах не повышаются в холодном состоянии;
- показатель  $H/A$  для каркаса и штапика не увеличивается (см. рис. 5);
- толщина сечения не уменьшается (см. рис. 4);
- толщина стены и количество отсеков каркаса не должны быть уменьшены.



#### **Обозначения:**

$H$  = Обогреваемый периметр [мм]

$A$  = Обогреваемое поперечное сечение [мм<sup>2</sup>]

**Рис. 5 Показатель  $H/A$**



### Покрытие поверхности

Декоративные покрытия поверхности элементов каркаса можно заменять или добавлять, если их нет, при условии, что их тепловой потенциал составляет  $\leq 4 \text{ МДж/м}^2$ , и они не оказывают отрицательного влияния на показатели огнестойкости остекленных элементов, например, в случае замены покрытий, которые обеспечивают теплоизоляционное воздействие. Кроме того, покрытие должно относиться к тому же или более высокому классу огнестойкости.

Процедура определения теплового потенциала описана в стандарте EN ISO 1716 «Поведение строительных конструкций при испытаниях на огнестойкость. Определение теплоты сгорания» [11].

Покрытие не должно воспламеняться под воздействием проводимого тепла и/или теплового излучения, передаваемого через стекло или каркас.

Покрытие не должно фиксироваться креплением, воспламеняемым под воздействием проводимого тепла и/или теплового излучения, передаваемого через стекло или каркас.

Теплоизоляционные покрытия не должны фиксироваться методом сквозного крепления, который ухудшает теплоизоляционные характеристики.

## ИЗМЕНЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОГО ОСТЕКЛЕННОГО ЭЛЕМЕНТА

### Увеличение общих размеров и площади

Увеличение ширины, высоты и площади допускается только при условии, что время превышения нормы составляет, по крайней мере:

- 20%, когда время по классификации  $\leq 30$  мин.;
- 10%, когда время по классификации  $> 30$  мин.

Ширина или высота могут быть увеличены на основе формул 6 или 7, соответственно. Если увеличивается и ширина, и высота, то максимально расширенная площадь должна соответствовать формуле 8.

$$w_{\text{ext}} \leq w_{\text{max}} = w_o \cdot 1.20 \quad (6)$$

$$h_{\text{ext}} \leq h_{\text{max}} = h_o \cdot 1.20 \quad (7)$$

$$A_{\text{ext}} \leq A_{\text{max}} = A_o \cdot 1.21 \quad (8)$$

где

$w_o, h_o, A_o$  = ширина (м), высота (м), и площадь ( $\text{м}^2$ ) испытанного остекленного элемента

$w_{\text{ext}}, h_{\text{ext}}, A_{\text{ext}}$  = увеличенная ширина (м), высота (м), и площадь ( $\text{м}^2$ ) остекленного элемента

$w_{\text{max}}, h_{\text{max}}, A_{\text{max}}$  = максимально увеличенная ширина (м), высота (м), и площадь ( $\text{м}^2$ ) остекленного элемента

Основой для увеличения является базовое испытание(ия).

Увеличение площади огнестойких остекленных элементов класса EW приведет к увеличению интенсивности теплового излучения. Следовательно, при увеличении площади, касающейся огнестойкого остекленного элемента, допустимое увеличение площади огнестойких остекленных элементов должно соответствовать критериям теплового излучения, приведенным в следующем разделе. При увеличении площади, касающейся отдельных стекол огнестойкого остекленного элемента, применяются правила, приведенные в разделах «Отдельные прямоугольные оконные стекла: коэффициент пропорциональности и увеличение площади», «Отдельные круглые, треугольные и прямоугольные четырехугольные оконные стекла: увеличение площади» и «Отдельные оконные стекла в стене: тепловое излучение».

### Увеличение размеров огнестойких остекленных элементов: тепловое излучение

Помимо описанных в предыдущем пункте правил, для увеличения площади прямоугольных и круглых остекленных элементов класса EW применяются следующие правила:

В соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] тепловое излучение ( $I$ ) должно измеряться вдоль центральной линии на расстоянии 1 м от центра испытываемого образца. Согласно стандарту prEN 13501-2 «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам – Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость» [3], классификация по тепловому излучению должна быть представлена только временем, в течение которого измеренное тепловое излучение  $I_o$  не превышает значения  $I_{\text{max}}$ , как

описано в разделе «Расчет теплового излучения». Это условие также относится к остекленному элементу с увеличенной площадью.

Для прямоугольных и круглых остекленных элементов  $W_{\text{ext}}$  может быть вычислено по формуле:

$$W_{\text{ext}} = W_0 \cdot [\varphi_{\text{ext}}/\varphi_0] \leq W_{\text{max}}$$

(обозначения см. в разделе «Расчет теплового излучения»)

Основой для увеличения является базовое испытание(ия).

Ввиду отсутствия соответствующих формул, увеличение площади огнестойких остекленных элементов класса EW других форм допускается методом, основанным на площади прямоугольника, заданного вокруг формы (см. раздел «Испытываемые образцы других форм»).

Соответствующий расчет должен быть внесен в протокол о расширенном применении.

Могут быть случаи, когда расширенное применение подразумевает увеличение остекленной площади в огнестойком остекленном элементе посредством замены непрозрачных зон на панели со стеклом. В этих случаях, повышение теплового излучения от увеличенного огнестойкого остекленного элемента в целом должно вычисляться заново и оцениваться по критериям теплового излучения, приведенным в разделе «Расчет теплового излучения». Если это невозможно, то увеличение остекленной площади не допускается.

**Примечание 1.** Измеренное тепловое излучение всегда применяется ко всему огнестойкому остекленному элементу целиком, а не только к отдельному оконному стеклу, так как радиометр, описанный в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5], измеряет суммарное излучение, исходящее от всей площади остекленного элемента. Это может ограничить увеличение площади огнестойкого остекленного элемента, как описано выше, а иначе классификация по тепловому излучению ( $W$ ) будет утрачена.

**Примечание 2.** Для огнестойких остекленных элементов класса EI не требуется проводить расчет интенсивности теплового излучения, так как измеренные уровни являются низкими.

**Примечание 3.** Увеличение теплового излучения непропорционально увеличению площади огнестойкого остекленного элемента.

### **Дублирование огнестойкого остекленного элемента с учетом теплового излучения**

В случае с прямоугольными огнестойкими остекленными элементами размером 3 x 3 м с одним незакрепленным вертикальным краем, для элементов классов E и EI допускается более широкая конструкция, получаемая за счет дублирования испытываемого огнестойкого остекленного элемента путем добавления новых единиц того же остекленного элемента в ряд.

Для элементов класса EW дублирование одного и того же огнестойкого остекленного элемента в ряд допускается только при соответствии критериям теплового излучения для всей конструкции, приведенным в предыдущем разделе.

**Примечание.** При необходимости дается допуск на тепловое расширение.

Основой для расширенного применения является базовое испытание(ия).

В соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] тепловое излучение ( $W$ ) должно измеряться вдоль центральной линии на расстоянии 1 м от центра испытываемого огнестойкого остекленного элемента и вычисляться для всей конструкции, содержащей огнестойкие остекленные элементы, выстроенные в ряд, согласно формуле, приведенной в предыдущем разделе.

$$W_{\text{ext}} = W_0 \cdot [\varphi_{\text{ext}}/\varphi_0] \leq W_{\text{max}} \quad (10)$$

(обозначения см. в разделе «Расчет теплового излучения»)

Классификация по тепловому излучению должна быть представлена только временем, в течение которого измеренное тепловое излучение  $W_0$  не превышает значения  $W_{\text{max}}$ , как описано в разделе «Расчет теплового излучения». Это условие также относится к огнестойкому остекленному элементу с увеличенной площадью.

Расчет должен быть выполнен для последовательности, состоящей, по крайней мере, из трех элементов, чтобы определить значение теплового излучения на расстоянии 1 м от центра центрального элемента.

При увеличении ширины испытываемого огнестойкого остекленного элемента (например, при помощи добавления элементов, идентичных испытываемому) номинальной шириной как минимум 3 метра с одним незакрепленным вертикальным краем вместо правил прямого применения, приведенных в стандарте EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6], где не учитывается тепловое излучение, применяются правила, указанные в данном разделе.

### **Изменение угла установки**

Согласно разделу о сфере прямого применения в стандарте EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6], допускается изменение угла установки вплоть до  $10^\circ$  от вертикали. Дальнейшее увеличение угла установки не допускается.

## ПРИМЕРЫ

### Пример 1

**Базовое испытание в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6]:**

- Остекленный элемент размером 3 х 3 м с максимальной площадью отдельного оконного стекла 1 х 1 м
- Тип стекла: А
- Тип материала остекления: А
- Тип каркаса: А
- Время превышения нормы: 20%
- Стыки

#### Данные предыдущих испытаний:

Испытание на огнестойкость в соответствии со стандартом DIN 4102-13 «Огнестойкость строительных материалов и конструкций. Термины, требования и испытания огнеупорного стекла для остекления» [21]

- Остекленный элемент размером 3 х 3 м с максимальной площадью отдельного оконного стекла 1 х 1 м
- Тип стекла: А
- Тип материала остекления: А
- Тип каркаса: А

#### Данные предыдущих испытаний:

Испытание на огнестойкость в соответствии со стандартом DIN 4102-13 «Огнестойкость строительных материалов и конструкций. Термины, требования и испытания огнеупорного стекла для остекления» [21]

- Остекленный элемент размером 3 х 3 м с максимальной площадью отдельного оконного стекла 1 х 1 м
- Тип стекла: А
- Тип материала остекления: В
- Тип каркаса: А

**Результаты испытаний согласно стандарту DIN 4102-13 «Огнестойкость строительных материалов и конструкций. Термины, требования и испытания огнеупорного стекла для остекления» [21]: материал остекления «В» эквивалентен материалу «А»**

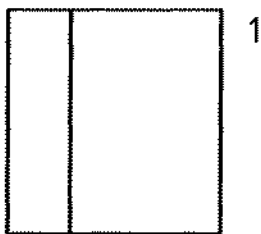
**==> Результаты согласно стандарту prEN 15254-4 «Расширенное применение результатов испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Остекленные конструкции» [18]**

- Остекленная зона: увеличение на 20% (высоты/ширины/площади)
- Тип стекла: А
- Тип материала остекления: А и В
- Тип каркаса: А

### Пример 2

Новый производитель каркасов использующий стекло со знаком соответствия европейским стандартам, представил для испытаний асимметричный экран класса EI с теплоизоляцией.

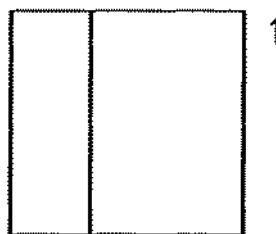
#### Испытание 1



##### Обозначения:

- 1. Свободный край
- Обогреваемая сторона А (худшее положение)
- Стекло А, EI 60
- Пенопласт с закрытыми порами
- Целостность и теплоизол. способность: 71 мин

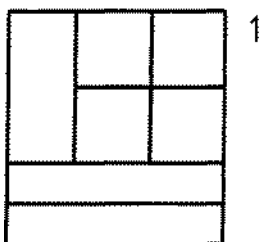
#### Испытание 2



##### Обозначения:

- 1. Свободный край
- Обогреваемая сторона В
- Стекло В, EI 60
- Вспучивающееся огнестойкое покрытие
- Целостность и теплоизол. способность: 76 мин

### Испытание 3



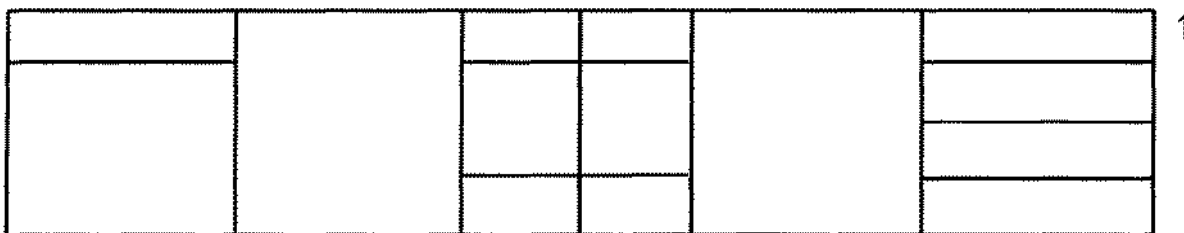
#### Обозначения:

- 1. Свободный край
- Обогреваемая сторона А (т.е. худшее направление)
- Стекло С, EI 60
- Огнеупорная керамическая лента
- Целостность и теплоизолирующая способность: 71 мин

#### Допустимые изменения:

- 1) стекла А и В увеличенного размера на основе максимального размера оконного стекла;
- 2) стекло С увеличенного размера на основе максимального размера оконного стекла, но намного меньше, чем стекла А и В;
- 3) применение пенопласта с закрытыми порами, вспучивающегося огнестойкого покрытия, керамической ленты на стеклах А, В и С;
- 4) все стыки для стекол А, В и С;
- 5) применение других стекол данного семейства изделий из стекла;
- 6) максимальная высота и ширина всего экрана.

Например:



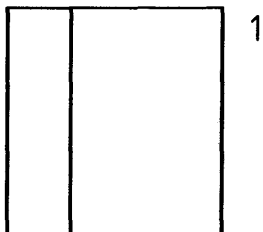
#### Обозначения:

- 1. Свободный край

#### Пример 3

Новый производитель каркасов, использующий стекло со знаком соответствия европейским стандартам, представил для испытаний асимметричный экран класса Е без теплоизоляции.

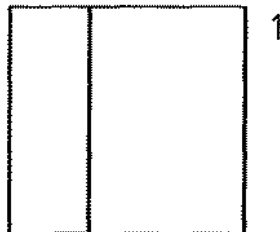
### Испытание 1



#### Обозначения:

- 1. Свободный край
- Обогреваемая сторона А
- Стекло А, Е 60
- Вспучивающееся огнестойкое покрытие
- Целостность: 71 мин

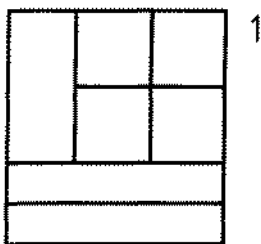
### Испытание 2



#### Обозначения:

- 1. Свободный край
- Обогреваемая сторона В
- Стекло В, Е 60
- Керамическое волокно Fibrefrax
- Целостность: 76 мин

### Испытание 3



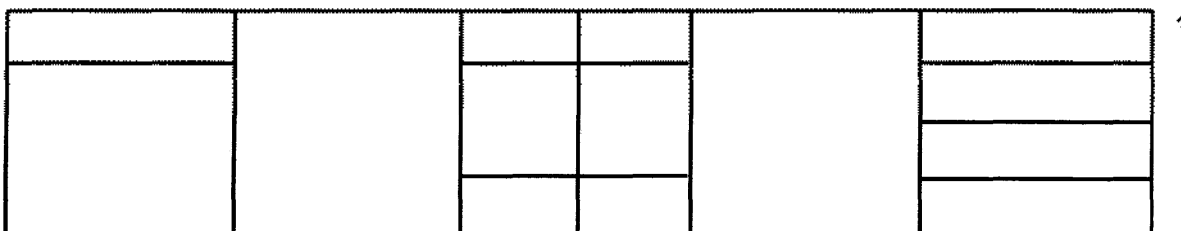
#### Обозначения:

1. Свободный край  
 Обогреваемая сторона А (т.е. худшее направление)  
 Стекло С, Е 60  
 Уплотнитель от производителя «Bond it»  
 Целостность: 85 мин

#### Допустимые изменения:

- 1) стекло А на основе максимального размера оконного стекла со вспучивающимся огнестойким покрытием;
- 2) стекло В на основе максимального размера оконного стекла с керамическим волокном Fibrefrax;
- 3) стекло С на основе увеличенного размера оконного стекла с уплотнителем от производителя «Bond it», но намного меньше, чем стекла А и В;
- 4) все стыки для стекол А, В и С;
- 5) применение других стекол данного семейства изделий из стекла;
- 6) максимальная высота и ширина всего экрана.

Например:



#### Обозначения:

1. Свободный край

## РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Приведенные далее формулы должны применяться к испытываемому образцу, который содержит:

- огнестойкий остекленный элемент с одинарным остеклением, состоящий из одного отдельного оконного стекла (как описано в разделах «Отдельные прямоугольные оконные стекла: коэффициент пропорциональности и увеличение площади», «Отдельные круглые, треугольные и непрямоугольные четырехугольные оконные стекла: увеличение площади» и «Отдельные оконные стекла в стене: тепловое излучение»), или
- огнестойкий остекленный элемент с полным остеклением, состоящий из нескольких оконных стекол (как описано в разделах «Увеличение общих размеров и площади» и «Увеличение размеров огнестойких остекленных элементов: тепловое излучение»), или
- дублирование нескольких огнестойких остекленных элементов с полным остеклением (как описано в Разделе «Дублирование огнестойкого остекленного элемента с учетом теплового излучения»).

Все приведенные ниже параметры и формулы (например,  $W_{max}$ ,  $W_{ext}$ ,  $W_0$ ,  $\varphi_{ext}$ ,  $\varphi_0$ ,  $d$ ,  $w_0$ ,  $h_0$ ,  $w_{ext}$ ,  $h_{ext}$ ,  $W_{max}$ ,  $h_{max}$ ) относятся к характеристикам испытанного образца или образца испытываемого для расширенного применения.

Для испытываемого образца класса EW тепловое излучение  $W$  должно измеряться вдоль центральной линии в 1 м от центра испытываемого образца (в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]). Согласно стандарту EN 13501-2 «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам - Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость» [3], классификация по тепловому излучению должна быть представлена только временем, в течение которого измеренное тепловое излучение не превышает указанное максимальное значение  $W_{max} = 15 \text{ кВт/м}^2$ .

Исходя из этого, должно применяться значение  $W_{\max}$ , равное значению максимальной интенсивности теплового излучения, допустимому для расширенного применения.

Увеличение площади испытываемого образца приводит к увеличению интенсивности теплового излучения. Следовательно, ограничение теплового излучения  $W_{\text{ext}} \leq W_{\max}$  может оказывать отрицательное влияние на увеличение площади испытываемого образца.

### Прямоугольные испытываемые образцы

Увеличение теплового излучения непропорционально увеличению площади испытываемого образца. Однако для прямоугольного испытываемого образца оно может быть вычислено на основе определенной математической функции (формулы В.1 – В.3).

$$W_{\text{ext}} = W_0 \cdot [\varphi_{\text{ext}} / \varphi_0] \leq W_{\max} \quad (\text{В.1})$$

с:

$$\varphi_{\text{ext}} = \frac{2}{\pi} \left[ \frac{w_{\text{ext}}}{\sqrt{w_{\text{ext}}^2 + 4d^2}} \cdot \arctan \left( \frac{h_{\text{ext}}}{\sqrt{w_{\text{ext}}^2 + 4d^2}} \right) + \frac{h_{\text{ext}}}{\sqrt{w_{\text{ext}}^2 + 4d^2}} \cdot \arctan \left( \frac{w_{\text{ext}}}{\sqrt{w_{\text{ext}}^2 + 4d^2}} \right) \right] \quad (\text{В.3})$$

где:

$W_{\text{ext}}$  = тепловое излучение увеличенного испытываемого образца

$W_0$  = измеренное тепловое излучение от испытываемого образца во время классификации

$\varphi_0$  = геометрический фактор испытываемого образца

$\varphi_{\text{ext}}$  = геометрический фактор увеличенного испытываемого образца

$d$  = расстояние между испытываемым образцом и датчиком (1 м)

$w_0, h_0$  = ширина и высота испытываемого образца

$w_{\text{ext}}, h_{\text{ext}}$  = увеличенная ширина и высота испытываемого образца

$w_{\max}, h_{\max}$  = максимально увеличенная ширина и высота испытываемого образца

В любом случае последнее вычисленное значение теплового излучения  $W_{\text{ext}}$  для увеличенной площади останется ниже данного значения  $W_{\max}$ . Это может ограничить увеличение площади испытываемого образца, а иначе классификация по тепловому излучению ( $W$ ) будет утрачена.

Соответствующий расчет должен быть включен в протокол о расширенном применении.

### Круглые огнестойкие остекленные элементы

Для испытываемых образцов круглой формы применима формула В.4:

$$W_{\text{ext}} = W_0 \cdot [\varphi_{\text{ext}} / \varphi_0] \leq W_{\max} \quad (\text{В.4})$$

с:

$$\varphi_0 = r_0^2 / (r_0^2 + d^2) \quad (\text{В.5})$$

$$\varphi_{\text{ext}} = r_{\text{ext}}^2 / (r_{\text{ext}}^2 + d^2) \quad (\text{В.6})$$

где:

$r_0$  = радиус испытываемого образца (м)

$r_{\text{ext}}$  = радиус расширенного испытываемого образца (м)

$d$  = расстояние между испытываемым образцом и датчиком (1 м)

В любом случае последнее вычисленное значение теплового излучения  $W_{\text{ext}}$  для увеличенной площади останется ниже данного значения  $W_{\max}$ . Это может ограничить увеличение площади испытываемого образца, а иначе классификация по тепловому излучению ( $W$ ) будет утрачена.

Соответствующий расчет должен быть включен в протокол о расширенном применении.

### Испытываемые образцы других форм

В случае с испытываемым образцом другой формы, за исключением прямоугольной или круглой, увеличение площади допускается на основе расчета площади прямоугольника, заданного вокруг данной формы.

Ввиду отсутствия соответствующих формул для точного расчета теплового излучения для оконных стекол класса W или огнестойких остекленных элементов неправильной формы увеличение площади должно вычисляться следующим способом:

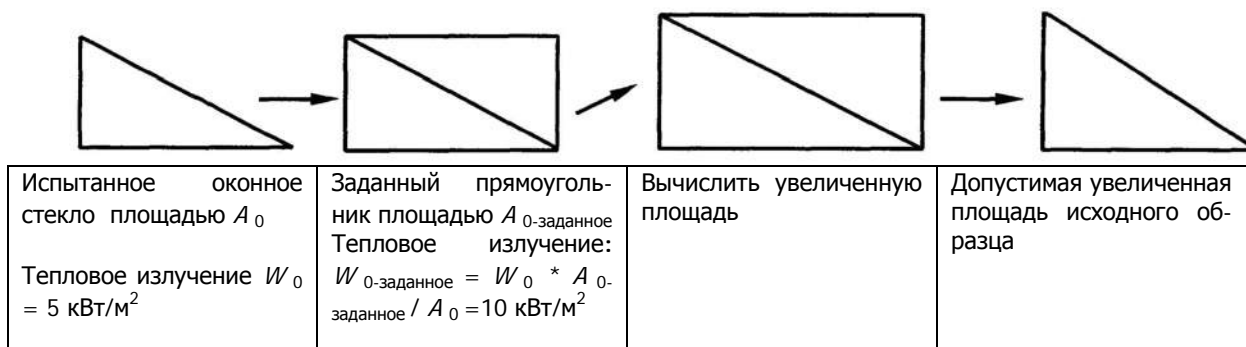
- 1) определить площадь испытываемого образца:  $A_0$
- 2) определить площадь заданного прямоугольника,  $A_0$ -заданное

- 3) определить коэффициент умножения  $F = A_{0\text{-заданное}} / A_0$
- 4) умножить измеренное тепловое излучение  $W_0$  на коэффициент умножения:  $W'_0 * F$
- 5) продолжить расчет теплового излучения и увеличения площади, исходя из  $W'_{0\text{max}} = W'_0 * F$ , как для прямоугольных оконных стекол с целью определения максимально допустимого увеличения отдельных оконных стекол класса EW или огнестойких остекленных элементов.

$$W_{\text{ext}} = W'_0 \cdot [\varphi_{\text{ext}} / \varphi_0] \leq W_{\text{max}}$$

(см. рис. 6)

Соответствующий расчет должен быть включен в протокол о расширенном применении.



**Рис. 6 Расчет теплового излучения для неправильных форм**

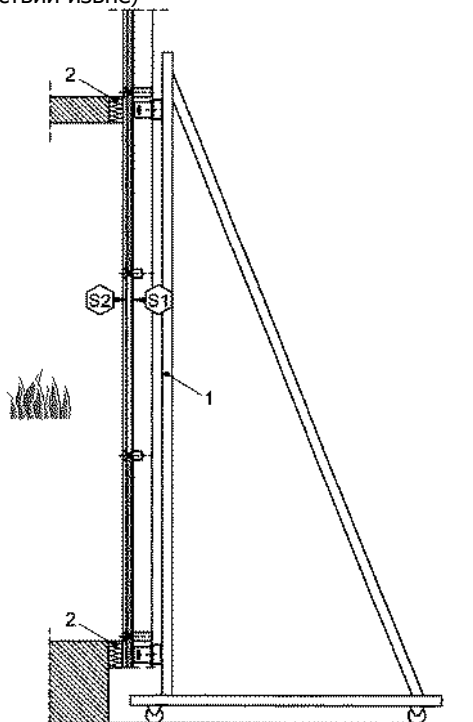
## EN 1364–3. ИСПЫТАНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ (ПОЛНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ, ПОЛНАЯ СБОРКА)

В данной главе представлен метод определения огнестойкости навесных фасадных систем полной конфигурации. Метод испытаний подходит для навесных фасадных систем, разработанных для обеспечения огнестойкости, и поддерживаемых плитами перекрытия. Данный метод не подходит для испытания навесных фасадных систем с неогнестойким остеклением. Огнестойкость навесных фасадных систем определяется в условиях огневого воздействия изнутри или извне. При воздействии извне используется кривая огневого воздействия извне, описанная в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]. Испытания отдельных элементов навесной фасадной системы (например, горизонтального продольного уплотнителя, панели) или систем с неогнестойким остеклением, таким как окна, проводятся в соответствии со стандартом EN 1364-4 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 4: Навесные фасады. Частичная конфигурация» [8]. Для вертикальных уплотнителей подходит описанный в этой главе метод испытаний. В настоящей главе не рассмотрены системы облицовки фасадов.

### СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Кроме стендового оборудования, указанного в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], и, если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5], при огневом воздействии изнутри или извне необходимо следующее:

- два перекрытия, соответствующим образом закрепленные на полу лаборатории и/или печи (при воздействии изнутри)
- прилегающие и/или моделируемые стеновые конструкции, обеспечивающие ограждение между печью и образцом (при воздействии изнутри)
- опорная рама, поддерживающая образец, разработанная для опоры образца и его размещения рядом с печью, см. рис. 1 (при воздействии извне)



#### Обозначения:

- Печь
- 1 Опорная рама
- 2 Материал класса A1 для устранения зазора между печью и образцом
- S1 Поверхность 1
- S2 Поверхность 2 (наружная поверхность навесного фасада)

Рис. 1 Пример использования опорной рамы при воздействии извне

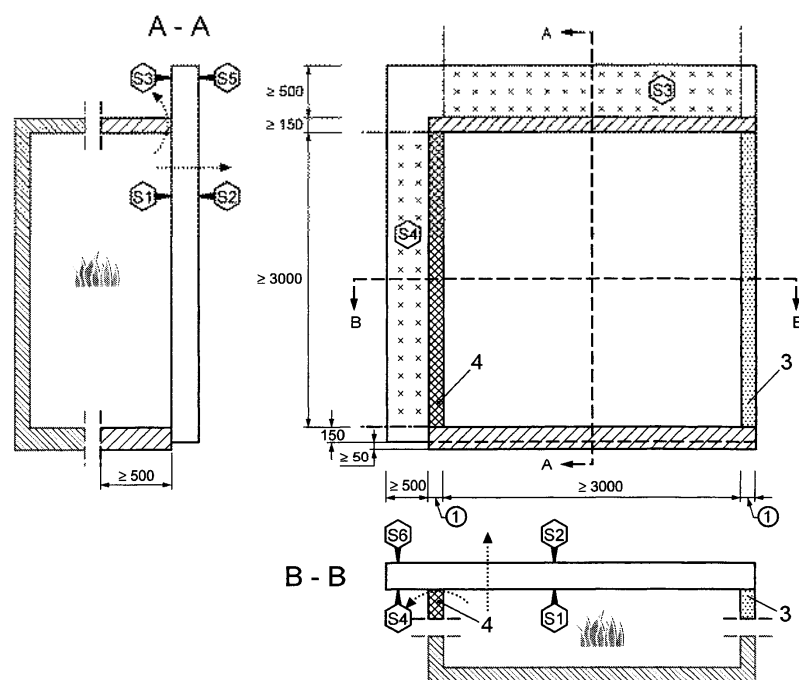
### Применение контрольно-измерительного оборудования

#### Измерение температуры

Измерение температуры производится с помощью термопар.

На рис. 2 дано определение поверхностей при воздействии изнутри, а на рис. 3 – при воздействии извне. TP-5043. Испытания остекленных фасадов на огнестойкость.



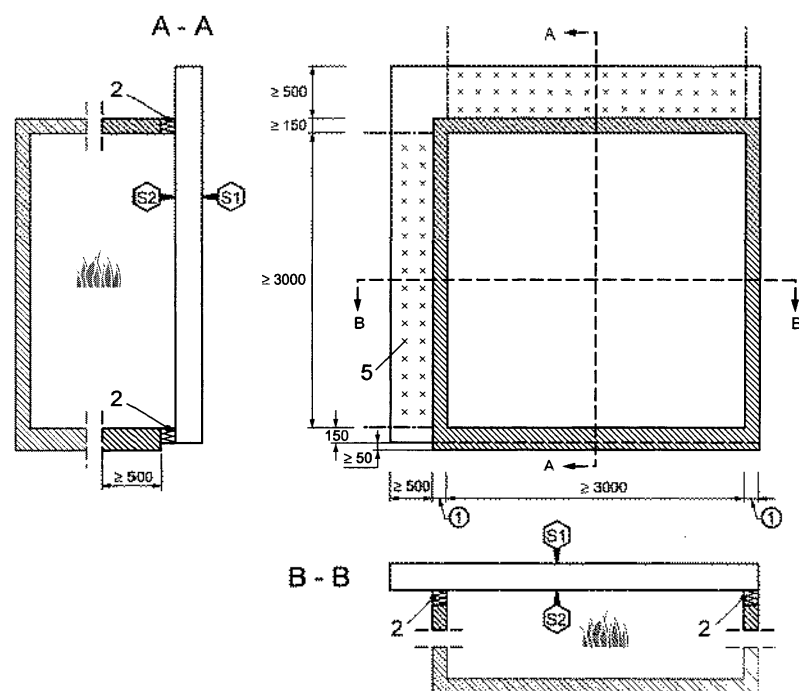


**Обозначения:**

- Печь
- Конструкция перекрытия
- ① Зависит от выбранной стеновой конструкции
- 3 Прилегающая стена
- 4 Моделируемая стена (дополнительная)
- A-A Вертикальный разрез
- B-B Горизонтальный разрез
- S1 Поверхность 1
- S2 Поверхность 2
- S3 Поверхность 3
- S4 Поверхность 4
- S5 Поверхность 5
- S6 Поверхность 6

Размеры указаны в мм

**Рис. 2 Определение поверхностей при воздействии изнутри (вид изнутри печи)**



#### Обозначения:



Печь

- ① Зависит от выбранной стеновой конструкции
- 2 Материал класса А1 для устранения зазора между печью и образцом
- 5 Дополнительно
- A-A Вертикальный разрез
- B-B Горизонтальный разрез
- S2 Поверхность 1
- S2 Поверхность 2 (наружная поверхность навесного фасада)

Размеры указаны в мм

**Рис. 3 Определение поверхностей при воздействии извне (вид изнутри печи)**

**Печные термопары (плоские термометры).** Необходимо обеспечить наличие плоских термометров в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Количество термометров не должно быть меньше одного на каждые 1,5 м<sup>2</sup> площади обогреваемой поверхности испытываемой конструкции. Следует так направить плоские термометры, чтобы сторона «А» выходила на заднюю стену печи.

**Термопары на необогреваемой поверхности.** Прикрепление и снятие термопар на необогреваемую поверхность осуществляется по общим правилам, описанным в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. При воздействии изнутри и отсутствии необходимости оценки показателей теплоизолирующей способности Поверхностей 2, 5, и 6, термопары могут быть сняты.

#### **Среднее повышение температуры**

Термопары для оценки теплоизолирующей способности не должны располагаться ближе, чем на 100 мм от любой дискретной зоны, теплоизолирующая способность которой не измеряется. Для неоднородных испытываемых образцов, т.е. содержащих дискретные зоны  $\geq 0,1 \text{ м}^2$  с ожидаемыми различными показателями теплоизолирующей способности, например, остекление, среднее повышение температуры каждой дискретной зоны следует отслеживать отдельно. Среднее повышение температуры измеряется при помощи распределенных в каждой дискретной зоне термопар. На каждые 1,5 м<sup>2</sup> или часть образца должна приходиться одна термопара. В каждой дискретной зоне должны размещаться минимум две термопары.

#### **Максимальное повышение температуры**

Термопары для определения максимального повышения температуры необходимо добавить или поменять их размещение для конкретных конструкций, отличных от представленных на рис. 4 и 5. Термопары для оценки среднего повышения температуры также могут быть использованы для определения максимального повышения температуры.

#### **Воздействие изнутри**

##### **Среднее повышение температуры**

**Поверхность 2.** Среднее повышение температуры Поверхности 2 в соответствии с рис. 2, должно измеряться при помощи пяти термопар, одной, расположенной ближе к центру образца, а другой – ближе к центру каждой четверти отрезка.

**Поверхность 3.** Среднее повышение температуры Поверхности 3 в соответствии с рис. 2, должно измеряться при помощи двух термопар. Термопары должны быть расположены посередине высоты данной поверхности и на расстоянии 750 мм от вертикальной центральной линии с каждой стороны.

**Поверхность 4.** Среднее повышение температуры Поверхности 4 в соответствии с рис. 2, должно измеряться при помощи двух термопар, если необходимо оценить показатель теплоизолирующей способности вертикального продольного уплотнителя. Термопары должны быть расположены посередине ширины данной поверхности и на расстоянии 750 мм от горизонтальной центральной линии с каждой стороны.

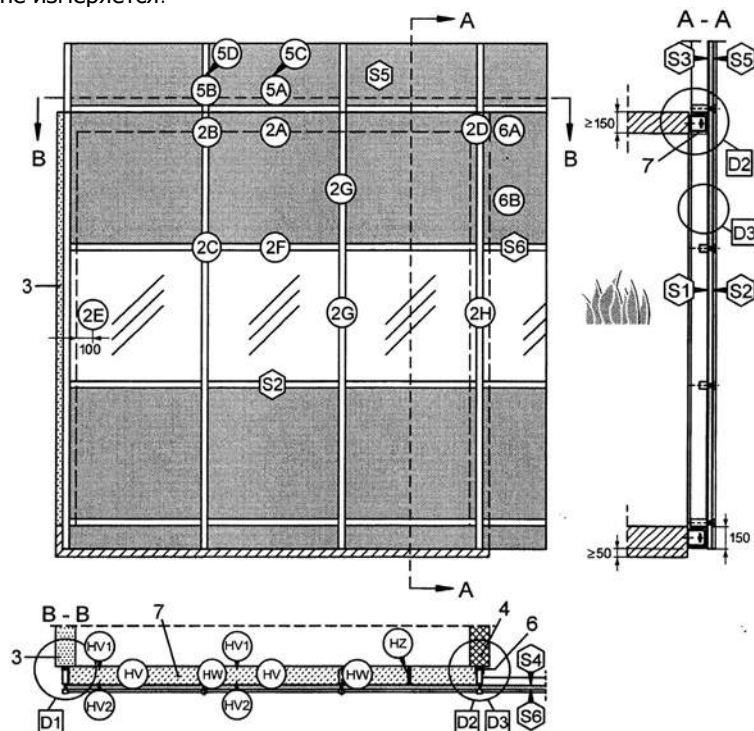
**Поверхность 5.** Среднее повышение температуры Поверхности 5 в соответствии с рис. 2, должно измеряться при помощи двух термопар. Термопары должны быть расположены посередине высоты данной поверхности и на расстоянии 750 мм от вертикальной центральной линии с каждой стороны.

##### **Максимальное повышение температуры**

**Поверхности 2, 5 и 6.** Для определения максимального повышения температуры необходимо прикрепить дополнительные термопары следующим образом (в соответствии с рис. 4):

- Термопара 2А: вровень с нижней поверхностью верхней моделируемой конструкции перекрытия посередине ширины,
- Термопара 2В: вровень с нижней поверхностью верхней моделируемой конструкции перекрытия вдоль вертикального импоста,
- Термопара 2С: в месте соединения вертикального и горизонтального импостов,
- Термопара 2D: вровень с нижней поверхностью верхней моделируемой конструкции перекрытия посередине

- ширины вертикального уплотнителя. Термопара 2D необходима только если используется вертикальный уплотнитель, установленный в моделируемую стеновую конструкцию,
- Термопара 2E: посередине высоты, на расстоянии 100 мм от края,
  - Термопара 2F: посередине между двумя вертикальными импостами, если возможно, на стыке с горизонтальным стыковым соединением между панелью/панелью/межоконной панелью и т.д. (в зоне положительного давления),
  - Термопара 2G: посередине между двумя горизонтальными импостами, если возможно, на стыке с вертикальным стыковым соединением между панелью//панелью/межоконной панелью и т.д. (в зоне положительного давления) для каждой дискретной зоны. На рис. 4 представлены две термопары, обозначенные 2G, так как они записывают данные с двух дискретных зон,
  - Термопара 2H: посередине высоты и ширины вертикального уплотнителя,
  - Термопара 2H: необходима только если используется вертикальный уплотнитель, установленный в моделируемую стеновую конструкцию,
  - Термопара 5A: вровень с верхней поверхностью верхней моделируемой конструкции перекрытия посередине ширины (Поверхность 5),
  - Термопара 5B: вровень с верхней поверхностью верхней моделируемой конструкции перекрытия вдоль вертикального импоста (Поверхность 5),
  - Термопара 5C: на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия посередине ширины (Поверхность 5),
  - Термопара 5D: на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия вдоль вертикального импоста (Поверхность 5),
  - Термопара 6A: в месте соединения нижней поверхности верхней моделируемой конструкции перекрытия с необогреваемой поверхностью моделируемой стеновой конструкции (Поверхность 6),
  - Термопара 6B: на расстоянии 500 мм ниже термопары 6A (Поверхность 6). Термопары на Поверхности 6 необходимы только если установлен вертикальный продольный уплотнитель.
- Термопары не должны располагаться ближе, чем на 100 мм от любой дискретной зоны, теплоизолирующая способность которой не измеряется.



#### Обозначения:

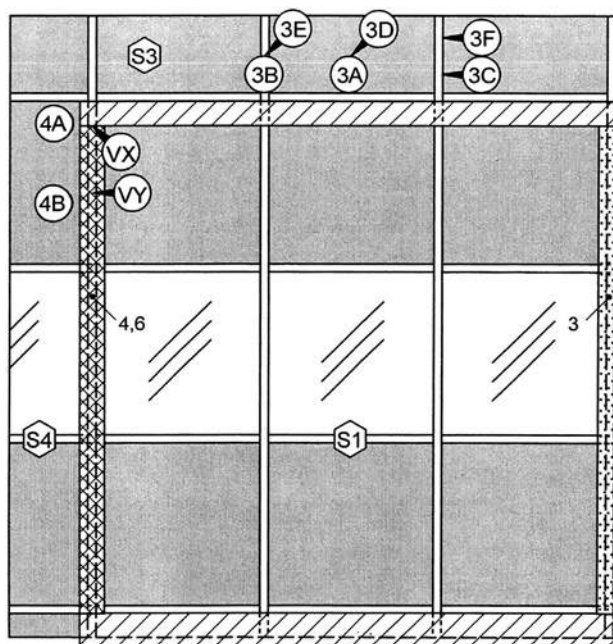
- Конструкция перекрытия
- I** Стык
- 3** Прилегающая стена
- 4** Моделируемая стена (дополнительная)
- 6** Вертикальный уплотнитель
- 7** Горизонтальный уплотнитель
- 2A–2H** Термопары на Поверхности 2
- 5A–5D** Термопары на Поверхности 5
- 6A, 6B** Термопары на Поверхности 6
- A-A** Вертикальный разрез
- B-B** Горизонтальный разрез (представлены термопары на горизонтальном уплотнителе)
- D1, D2, D3** Горизонтальный уплотнитель, моделируемая стена, моделируемая стена (см. рис. 6)
- HV, HV1, HV2, HW** Термопары на горизонтальном уплотнителе

NZ Стык термопар  
S1–S6 Поверхности от 1 до 6  
Размеры указаны в мм

**Рис. 4 Размещение термопар (максимальное повышение температуры) при воздействии извне (вид снаружи печи)**

**Поверхности 3 и 4.** Для определения максимального повышения температуры необходимо прикрепить дополнительные термопары следующим образом (в соответствии с рис. 5):

- Термопара 3А: по центру панели между вертикальными импостами на расстоянии 25 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3В: на поверхности вертикального импоста, параллельно проему печи, на расстоянии 25 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3С: на поверхности вертикального импоста, под углом 90° к проему печи, на расстоянии 25 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3D: по центру панели между вертикальными импостами, на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3Е: на поверхности вертикального импоста, параллельно проему печи, на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3F: на поверхности вертикального импоста, под углом 90° к проему печи, на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 4А: в месте соединения нижней поверхности верхней моделируемой конструкции перекрытия с необогреваемой поверхностью моделируемой стеновой конструкции (Поверхность 4), напротив термопары 6А, находящейся на Поверхности 6,
- Термопара 4В: на расстоянии 500 мм ниже термопары 4А (Поверхность 4), напротив термопары 6В, находящейся на Поверхности 6. Термопары на Поверхности 4 необходимы только если установлен вертикальный уплотнитель.



**Обозначения:**

	Конструкция перекрытия
3А–3F	Термопары на Поверхности 3
4А–4В	Термопары на Поверхности 4
3	Прилегающая стена
4	Моделируемая стена (дополнительная)
6	Вертикальный уплотнитель
S1, S3, S4	Поверхности 1, 3 и 4
VX, VY	Термопары на вертикальном уплотнителе

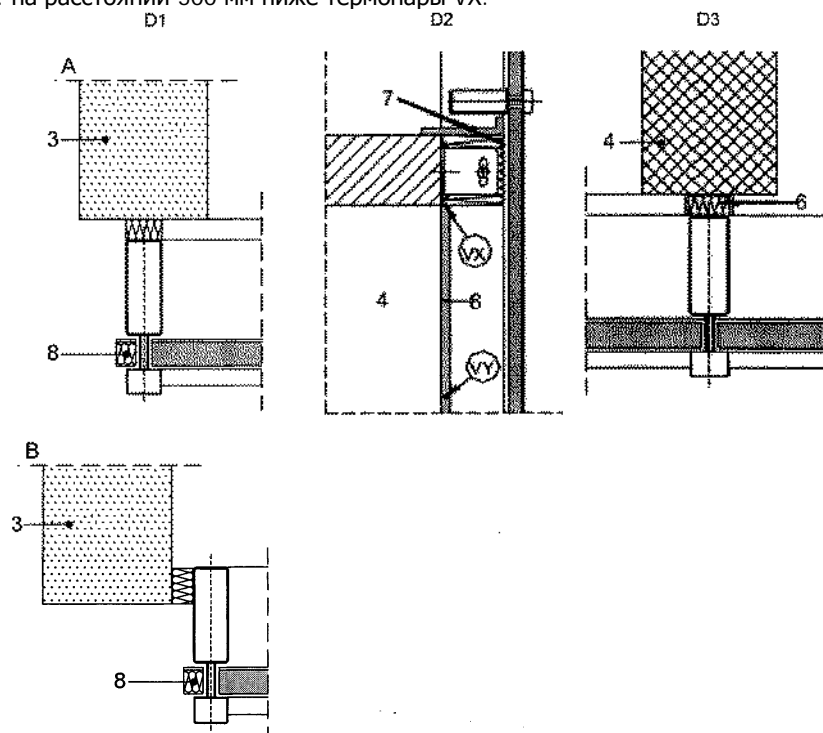
**Рис. 5 Размещение термопар (максимальное повышение температуры) при воздействии изнутри (вид изнутри печи)**

**Горизонтальные продольные уплотнители.** Для определения максимального повышения температуры необходимо прикрепить термопары к горизонтальному продольному уплотнителю следующим образом (см. рис. 4):

- Термопара HV: в верхней части поверхности уплотнителя, в центре между вертикальными импостами и в центре поперек горизонтального продольного уплотнителя,
- Термопара HW: в верхней части поверхности уплотнителя на расстоянии 25 мм от вертикального импоста в центре поперек горизонтального продольного уплотнителя,
- Термопара HW1: в верхней части поверхности уплотнителя, расположенного в точке на расстоянии одной четверти между вертикальными импостами там, где уплотнитель соединяется впритык с перекрытием,
- Термопара HV2: в верхней части поверхности уплотнителя, расположенного в точке на расстоянии одной четверти между вертикальными импостами там, где уплотнитель соединяется впритык с панелью,
- Термопара HZ: если в уплотнителе есть стык, данная термопара должна быть расположена рядом с уплотнителем на расстоянии 25 мм от стыка.

**Вертикальные продольные уплотнители.** Если требуется, максимальное повышение температуры можно определить при помощи размещения термопар на вертикальном продольном уплотнителе следующим образом (см. рис 6):

- Термопара VX: в верхней части вертикального уплотнителя в центре поперек уплотнителя, на нижней поверхности верхней моделируемой конструкции перекрытия, размещенной в центре поперек продольного уплотнителя,
- Термопара VY: на расстоянии 500 мм ниже термопары VX.



#### Обозначения:

- Конструкция перекрытия
- 3 Прилегающая стена
- 4 Моделируемая стена (дополнительная)
- 6 Вертикальный уплотнитель
- 7 Горизонтальный уплотнитель
- 8 Материал класса A1 для предотвращения продольного изгиба вертикального импоста
- A Опция A для элемента D1
- B Опция B для элемента D1
- D1 Горизонтальный уплотнитель (см. рис.4)
- D2 Моделируемая стена (см. рис.4)
- D3 Моделируемая стена (см. рис.4)
- VX, VY Термопары на вертикальном уплотнителе

**Рис. 6 Размещение термопар (максимальное повышение температуры) при воздействии извне, подробное описание**

#### Воздействие извне

##### **Среднее повышение температуры на Поверхности 1**

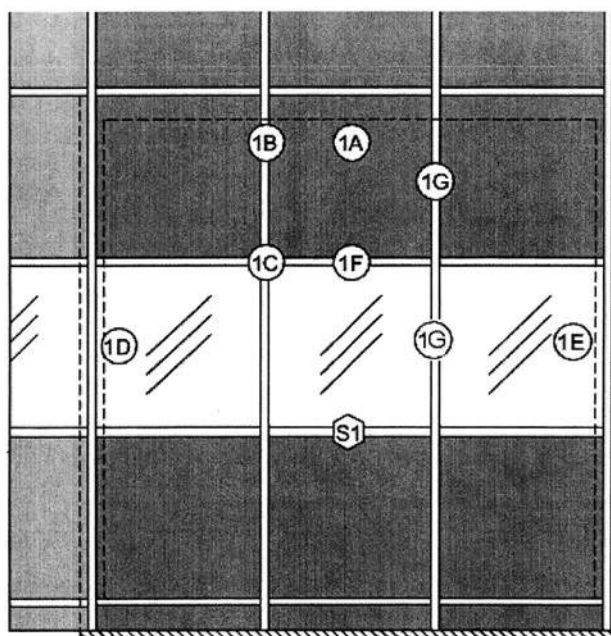
Среднее повышение температуры на необогреваемой зоне Поверхности 1 в соответствии с рис. 3, должно измеряться при помощи пяти термопар, одной, расположенной ближе к центру образца, а другой – ближе к центру каждой четверти отрезка.

### **Максимальное повышение температуры на Поверхности 1**

Для определения максимального повышения температуры необходимо прикрепить дополнительные термопары к Поверхности 1 следующим образом (см. рис. 7):

- Термопара 1A: вровень с нижней поверхностью верхней моделируемой конструкции перекрытия посередине ширины,
- Термопара 1B: вровень с нижней поверхностью верхней моделируемой конструкции перекрытия вдоль вертикального импоста,
- Термопара 1C: в месте соединения вертикального и горизонтального импостов,
- Термопара 1D: посередине высоты закрепленного края. Термопара 1D необходима только если используется вертикальный уплотнитель, установленный в моделируемую стеновую конструкцию,
- Термопара 1E: в ожидаемом наихудшем положении свободного края, на расстоянии 100 мм от края,
- Термопара 1F: посередине между двумя вертикальными импостами, если возможно, на стыке с горизонтальным стыковым соединением между панелью/панелью/межоконной панелью и т.д. (в зоне положительного давления),
- Термопара 1G: посередине между двумя горизонтальными импостами, если возможно, на стыке с вертикальным стыковым соединением между панелью//панелью/межоконной панелью и т.д. (в зоне положительного давления) для каждой дискретной зоны. На рис. 7 представлены две термопары, обозначенные 1G, так как они записывают данные с двух дискретных зон.

Термопары не должны располагаться ближе, чем на 100 мм от любой дискретной зоны, теплоизолирующая способность которой не измеряется.



#### **Обозначения:**

- Печь
- 1A–1G Термопары на Поверхности 1
- S1 Поверхность 1

**Рис. 7 Размещение термопар (максимальное повышение температуры) при воздействии извне (вид снаружи печи)**

**Крепления.** Размещенные на креплениях для получения информации о температурном режиме термопары, также могут использоваться при оценке возможного снижения конструкционной прочности креплений.

### **Измерение давления**

Приборы для измерения давления должны располагаться в соответствии с требованиями стандарта EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### **Отклонение**

Для определения истории всех значительных отклонений (т.е. >5 мм) испытываемого образца во время проведения испытания необходимо предоставить соответствующее контрольно-измерительное оборудование. Измерения должны проводиться посередине высоты необогреваемой поверхности образца, не обращая внимания на выступы за пределы испытательной рамы или моделируемого перекрытия и стен, по центру данной обогреваемой поверхности, а также на расстоянии 50 мм от свободного края. В стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] представлено руководство по применению измерений отклонения. Измерение отклонения является обязательным требованием, хотя эксплуатационные показате-

тели для проверки этих измерений отсутствуют. Отклонение испытываемого образца важно для определения расширенной сферы применения результатов испытаний.

### ***Тепловое излучение***

Если требуется измерить тепловое излучение, следует разместить радиометры в соответствии с описанием в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

## **УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Условия нагрева и давления и атмосфера в печи должны соответствовать требованиям стандарта EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» и, если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

## **ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ**

### **Размер образцов**

Обогреваемая ширина и высота должна быть не менее 3 м. Между полом испытательной лаборатории (или каким-либо другим элементом для обеспечения опоры под краем испытываемого образца) и нижним краем испытываемого образца необходимо оставить зазор в 50 мм (см. рис. 2 и 3).

### ***Огневое воздействие изнутри***

При воздействии изнутри испытываемый образец должен состоять из навесного фасада, горизонтальных стыковых соединений и, если требуется, вертикального уплотнителя с моделируемой стеной. Если вертикальный уплотнитель не является элементом испытываемого образца, то следует использовать две прилегающие стеновые конструкции.

Изображенный на рис. 2 испытываемый образец должен быть достаточной высоты, чтобы:

- а) он выступал как минимум на 500 мм за пределы верхней конструкции перекрытия,
- б) он выступал на 150 мм под верхней поверхностью нижней конструкции перекрытия с поддерживаемым как в реальных условиях нижним краем.

Если требуется оценка вертикального продольного уплотнителя, то испытываемый образец должен быть достаточной ширины, чтобы он выступал как минимум на 500 мм над наружной моделируемой стеной.

### ***Огневое воздействие извне***

При воздействии извне испытываемый образец должен состоять только из навесного фасада (см. рис. 3).

Испытываемый образец должен:

- а) как минимум на 500 мм выступать за пределы верхнего перекрытия. В этом случае перекрытие является необязательным и допускается использование альтернативных конструкций, при этом размер образца должен соответствовать данному требованию. При огневом воздействии извне выступ испытываемого образца на 500 мм за пределы прилегающей стеновой конструкции можно уменьшить или удалить.

- б) на 150 мм выступать за верхнюю поверхность нижней конструкции перекрытия, при этом нижний край должен быть без опоры.

### **Количество образцов**

Количество испытываемых образцов должно соответствовать стандарту EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Если требуется информация по различным условиям огневого воздействия, необходимо проведение дополнительных испытаний для каждого конкретного случая с использованием отдельных испытываемых образцов.

### **Конструкция**

Испытываемый образец должен либо полностью воспроизводить конструкцию, которая будет использоваться в реальных условиях, включая крепления, температурные швы, горизонтальные продольные уплотнители, отделку поверхности, необходимые и влияющие на поведение конструкции при проведении испытаний, либо быть сконструирован для достижения наиболее широкого применения результатов испытаний к другим аналогичным конструкциям.

### ***Ограничение образца***

Испытываемый образец должен прикрепляться к верхней и нижней конструкции перекрытия либо при помощи применяемых в реальных условиях креплений, либо аналогичных для реальных условий креплений. Оба вертикальных края не должны ограничиваться. Для обеспечения свободного движения вертикальных импостов, между прилегающей и моделируемой стеновой конструкцией и вертикальными импостами необходимо использовать уплотнитель (см. рис. 6). Максимальное движение вертикального импоста достигается при использовании варианта D1 B на рис. 6.



### **Сборка и проверка образца**

Сборка и проверка испытываемого образца производится в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### **УСТАНОВКА ИСПЫТЫВАЕМОГО ОБРАЗЦА**

Испытываемый образец должен крепиться к конструкциям перекрытия как в реальных условиях.

#### **Конструкция перекрытия**

##### **Стандартная конструкция**

Минимальная толщина перекрытия должна составлять 150 мм, а минимальная ширина – 500 мм. Перекрытие должно быть железобетонным плотностью  $2\,000 \pm 500 \text{ кг/м}^3$ .

##### **Нестандартная конструкция**

Можно использовать любые используемые в реальных условиях опорные конструкции перекрытия. Результаты испытания ограничиваются только этой конструкцией (сфера прямого применения отсутствует).

#### **Моделируемая стеновая конструкция**

##### **Стандартная конструкция**

Характеристики стандартных стеновых конструкций должны соответствовать стандарту EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Метод уплотнения пространства между испытываемым образцом и стандартной стеновой конструкцией должен быть указан в протоколе испытания.

##### **Нестандартная конструкция**

Можно использовать любую используемую в реальных условиях стеновую конструкцию. Результаты испытания ограничиваются только этой конструкцией (сфера прямого применения отсутствует).

### **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА**

Испытываемая конструкция должна пройти предварительную обработку в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

### **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Испытание должно проводиться при помощи оборудования и в соответствии с порядком проведения испытаний, описанном в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] и, если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

### **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

Критерии определения эксплуатационных показателей испытываемого образца представлены в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Результаты теплоизолирующей способности и целостности должны предоставляться отдельно для воздействия изнутри и извне и продольных уплотнителей, как показано в таблицах 1 и 2.

Следует измерить и записать температуру на креплениях, а также провести наблюдение и записать информацию о повреждении креплений при прогибе образца. Температура креплений может предоставить информацию о несущей способности креплений для расширенной сферы применения, хотя эта способность не является эксплуатационным показателем. В соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] необходимо провести и записать другие наблюдения, включая обрушение любого материала с внешней поверхности навесного фасада. Следует зафиксировать время обрушения компонента. Невозможно измерить размер компонента в процессе его обрушения при проведении испытаний на огнестойкость. Однако можно узнать размер компонента после его обрушения при проведении испытаний.

**Таблица 1. Эксплуатационные показатели при воздействии изнутри**

Поверхность или продольный уплотнитель	Целостность			Теплоизолирующая способность (для каждой дискретной зоны $\geq 0,1 \text{ м}^2$ )	
	Ватный тампон	Измеритель промежутков	Горение	Средняя температура	Максимальная температура
S2 <sup>a</sup>	Y <sup>b</sup>	Y	Y	Y <sup>c</sup>	Y <sup>c</sup>
S3	Y	–	Y	Y	Y
S4	Y	–	Y	Y	Y
S5 <sup>a</sup>	Y <sup>b</sup>	–	Y	Y <sup>c</sup>	Y <sup>c</sup>



S6 <sup>a</sup>	Y <sup>b</sup>	–	Y	–	Y <sup>c</sup>
Горизонтальный продольный уплотнитель	Y	Y	Y	–	Y
Вертикальный продольный уплотнитель, если требуется	Y	Y	Y	–	Y

<sup>a</sup> Обрушение элементов

<sup>b</sup> Используйте ватный тампон только если требуется классификация по теплоизолирующей способности.

<sup>c</sup> Если требуется.

**Таблица 2. Эксплуатационные показатели при воздействии извне**

Поверхность	Целостность			Теплоизолирующая способность (для каждой дискретной зоны $\geq 0,1 \text{ м}^2$ )	
	Ватный тампон	Измеритель промежутков	Горение	Средняя температура	Максимальная температура
S1	Y	Y	Y	Y	Y
S2 <sup>a</sup>	–	–	–	–	–

<sup>a</sup> Обрушение элементов

## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

В дополнение к информации в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть

1: Общие требования» [4], в протоколе испытания должны быть представлены следующие данные:

а) информация о проведении испытаний в соответствии со стандартом EN 1364-3 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 3: Навесные фасады. Полная конфигурация (полная сборка)» [7],

б) результаты испытаний, представленные в соответствии с эксплуатационными показателями таблиц 1 и 2.

## СФЕРА ПРЯМОГО ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Результаты испытаний напрямую применимы к конструкциям, в которые внесено одно или более из ниже перечисленных изменений с учетом внесения этих изменений в испытываемую конструкцию:

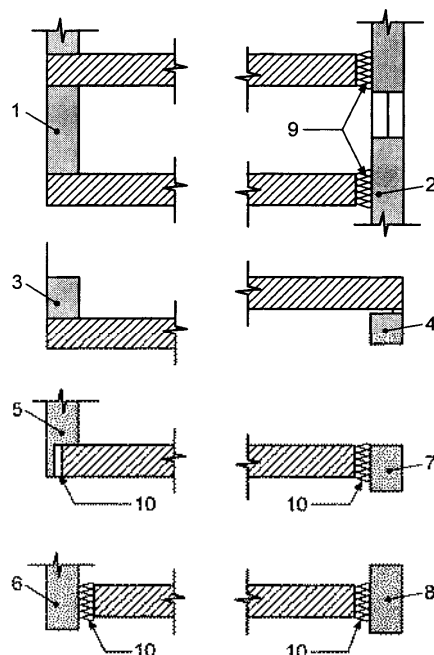
- уменьшение модульной ширины и высоты остеклённых и/или неостеклённых зон,
- уменьшение расстояния между вертикальными или горизонтальными импостами,
- увеличение размеров вертикального импоста,
- увеличение толщины панели или толщины теплоизоляционной панели,
- уменьшение расстояния между центрами креплений, по вертикали и по горизонтали,
- увеличение толщины и/или плотности перекрытия,
- увеличение толщины уплотнителя, измеряемое в соответствии с толщиной перекрытия и/или стены, а также увеличение плотности минераловатного уплотнителя,
- уменьшение ширины уплотнителя.

Результаты испытаний считаются достоверными для навесных фасадных систем увеличенной ширины при условии, что характеристики конструкции (расстояние между вертикальными импостами и т.д.) соответствуют характеристикам испытываемых конструкций. Результаты испытаний считаются достоверными для навесных фасадных систем увеличенной высоты (выступающих за пределы одного перекрытия) при условии, что расстояние между перекрытиями равно или меньше расстояния между перекрытиями в испытываемых конструкциях.

## ИСПЫТАНИЕ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ (ПОЛНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ)

### Принципы испытаний и требования

Описанный в данной главе порядок проведения испытаний посвящен оценке огнестойкости навесной фасадной системы, отличающейся по своей структуре от других типов наружных стен тем, что она крепится к перекрытию и размещается перед плитой перекрытия. На рис. 8 поясняется, какая часть стандарта EN 1364 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость» [6, 7, 8] применяется к каждому типу стен.



**Обозначения:**

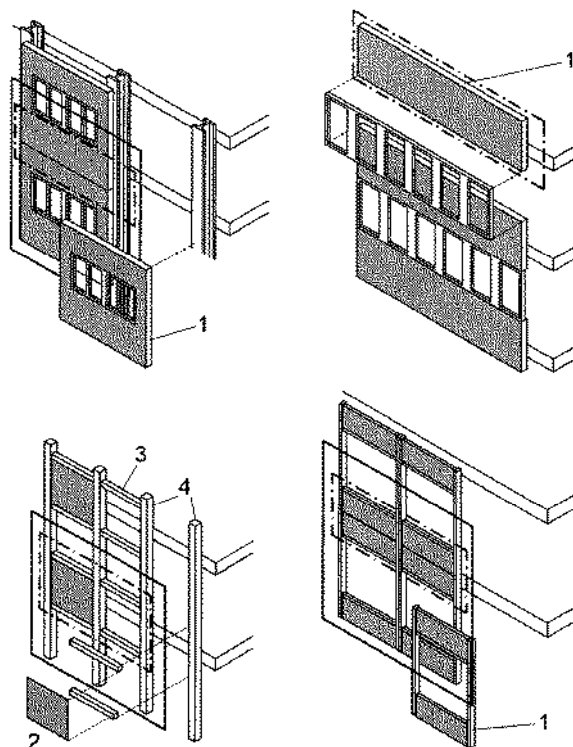
№	Тип наружной стены	Метод испытаний	Стандарт
1	Разделяющая наружная стена между перекрытиями	Ненесущая стена	EN 1364-1
2	Навесная фасадная система	Полная конфигурация <u>с</u> огнестойким остеклением	EN 1364-3
3	Межоконная панель, расположенная полностью на перекрытии	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-1
4	Надоконная панель, расположенная под перекрытием	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-1
5	Межоконная панель, расположенная частично на перекрытии	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
6	Межоконная панель, расположенная перед перекрытием	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
7	Надоконная панель, расположенная перед перекрытием	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
8	Межоконная панель (сочетание панелей)	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
9	Горизонтальный продольный уплотнитель	Полная конфигурация <u>с</u> огнестойким остеклением	EN 1364-3
10	Горизонтальный продольный уплотнитель	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-3 или EN 1364-4

**Рис. 8 Соответствующий метод испытаний в зависимости от типа наружной стены/навесного фасада (элемента)**

При проведении испытаний оценивается огнестойкость следующих элементов навесной фасадной системы:

- а) навесных фасадных систем, которые подвергаются огневому воздействию изнутри или извне,
- б) любого продольного уплотнителя между перекрытием и навесной фасадной системой, подвергающегося воздействию снизу,
- с) любого вертикального продольного уплотнителя между навесной фасадной системой и огнестойкой внутренней стеной, если один из элементов является частью системы,
- д) данных о температуре на креплениях навесной фасадной системы, подвергающейся огневому воздействию снизу. Эти данные регистрируются только в целях проектирования и не являются частью классификации.

На рис. 9 представлены примеры типовой компоновки навесных фасадных систем и взаимодействие полной и частичной конфигураций относительно всей конструкции.



#### Обозначения:

- Испыываемый образец полной конфигурации
- Испыываемый образец частичной конфигурации
- 1 Сборные элементы навесной фасадной системы
- 2 Панель
- 3 Горизонтальный импост
- 4 Вертикальный импост

**Рис. 9 Соответствующий метод испытаний для различных конфигураций стен**

Описанное в стандарте EN 1364-4 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 4: Навесные фасады. Частичная конфигурация» [8] испытание используется для проверки:

- е) огнестойкости элементов навесной фасадной системы при помощи огневого воздействия изнутри или извне,
- ф) поведения горизонтального продольного уплотнителя при нагреве снизу.

#### **Огневое воздействие изнутри здания (например, E, EW и EI (i → o))**

Задача пожарной безопасности состоит в предотвращении распространения огня из очага возгорания в смежные помещения в пределах здания. Необходимо оценить показатели теплоизолирующей способности Поверхностей 3 и 4 (внутренних поверхностей) и продольного уплотнителя. При этом не требуется оценить показатели теплоизолирующей способности Поверхностей 2, 5 и 6, так как они являются наружными и при повышении температуры не представляют собой объект пожарной опасности.

При рассмотрении показателей целостности и теплоизолирующей способности необходимо использовать классификацию EI (i → o), при условии проведения оценки показателей целостности Поверхностей 2, 3/5 и 4/6 и продольного уплотнителя. При таком воздействии в целом достаточно наличия огнестойкого неизолированного остекления, если оконные стекла являются частью ограждающей конструкции здания. Если требуется оценка вертикального продольного уплотнителя, необходимо добавить 500 мм по вертикальным сторонам испытываемого образца.

#### **Огневое воздействие снаружи здания (например, E, EW and EI (o → i))**

Необходимо оценить только Поверхность 1. Задачей является предотвращение распространения огневого воздействия снаружи здания на внешнюю ограждающую конструкцию здания (навесную фасадную систему). При таком воздействии в целом достаточно наличия огнестойкого изолированного остекления, если оконные стекла являются частью ограждающей конструкции здания.

## EN 1364–4. ИСПЫТАНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ (ЧАСТИЧНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ)

В данной главе представлен метод определения огнестойкости элементов навесных фасадов с неогнестойким наполнителем, таким как остекление. В ней описаны испытания на огневое воздействие изнутри и извне следующих элементов: межоконных панелей, включая надоконные и подоконные панели или их сочетание, горизонтальных продольных уплотнителей, а также креплений, используемых для соединения навесных фасадов с элементами перекрытий. Метод испытаний включает оценку обрушения элементов, которые могут нанести травмы. В настоящей главе не рассмотрены системы облицовки фасадов и системы вентилируемых фасадов на наружных стенах, а также не описано поведение навесных фасадов в зависимости от характера распространения пожара.

### СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

В таблице 1 показано какую из особых конфигураций испытаний следует использовать для каждого элемента навесного фасада в зависимости от типа огневого воздействия. Если требуется, следует использовать стендовое оборудование, описанное в стандартах EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] и EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

Таблица 1. Конфигурации испытаний и условия воздействия

Продукт / элемент навесного фасада	Тип навесного фасада	Огневое воздействие – изнутри, извне	Конфигурация испытаний
Сочетание подоконной и надоконной панелей	Неогнестойкое остекление	EN 1363-1	1
		EN 1363-2	2
	Огнестойкое остекление	EN 1363-1	3
		EN 1363-2	4
Надоконная панель	Неогнестойкое остекление	EN 1363-1	5
		EN 1363-2	6
	Огнестойкое остекление	EN 1363-1	7
		EN 1363-2	8
Подоконная панель	Неогнестойкое остекление	EN 1363-1	9
		EN 1363-2	10
	Огнестойкое остекление	EN 1363-1	11
		EN 1363-2	12
Горизонтальный продольный уплотнитель	Неогнестойкое остекление	EN 1363-1	1, 5, 9, 13
	Огнестойкое остекление	EN 1363-1	3, 7, 11, 14
Крепление	Неогнестойкое остекление	EN 1363-1	15
	Огнестойкое остекление	EN 1363-1	16
Дополнительная информация о конфигурации испытаний в зависимости от теплового воздействия и пояснения представлены в таблице 4.			

### Конфигурация печи

Для установки образца и размещения трехмерной конструкции следует, если требуется, усовершенствовать вертикальную или горизонтальную печь. Трехмерная конструкция включает горизонтальный продольный уплотнитель. Испытание проводится на трехмерном образце для воздействия на несколько поверхностей подоконной и надоконной панелей (межоконного пространства) и включает стандартное перекрытие, обеспечивающее опору для навесного фасада. Футеровка перекрытия свода печи должна проводиться в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] или состоять из газобетона автоклавного твердения плотностью от 400 до 550 кг/м<sup>3</sup>.

### Опорное перекрытие

Опорное перекрытие создается в качестве основы для присоединения креплений и размещения испытываемого горизонтального продольного уплотнителя. Если необходима информация по огнестойкости навесных фасадов в сочетании с определенным типом конструкции перекрытия, следует использовать эту конструкцию.

### Применение контрольно-измерительного оборудования

#### Измерение температуры

Измерение температуры производится с помощью термопар.

**Печные термопары (плоские термометры).** Необходимо обеспечить наличие плоских термометров в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Количество печных термопар не должно быть меньше одной на каждые 1,5 м<sup>2</sup> площади обогреваемой поверхности испытываемого образца при условии наличия минимум четырех термопар. Размещение печных термопар должно соответствовать стандарту EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Для контроля за печью используется комплект термопар, обозначенный Т1 на рис. А.1-А.13. Термопары, обозначенные Т2 на рис. А.1-А.13, даны в ознакомительных целях. Для стандартной кривой «температура – время» (воздействие изнутри) и кривой огневого воздействия извне размещение термопар представлено на рис. А.1-А.13.

**Термопары на необогреваемой поверхности.** Прикрепление и снятие термопар на необогреваемую поверхность осуществляется по общим правилам, описанным в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Первые 25 мм каждой термопары должны находиться в изотермической плоскости.

#### **Среднее повышение температуры**

**Поверхность 3 (однородные компоненты).** Для однородных испытываемых образцов с учетом их ожидаемой теплоизоляции, среднее повышение температуры необогреваемой поверхности должно измеряться при помощи пяти термопар, одной, расположенной ближе к центру поверхности, а другой – ближе к центру каждой четверти отрезка.

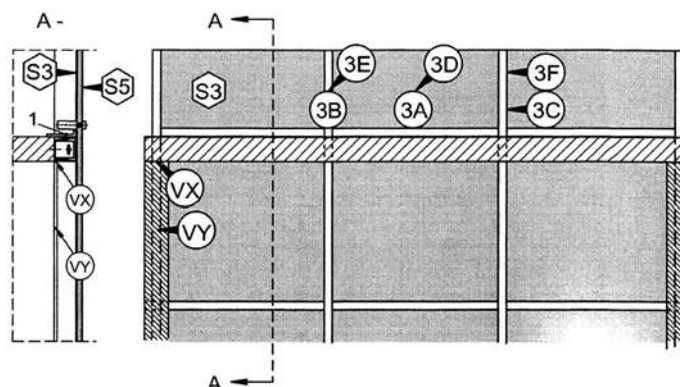
**Поверхность 3 (неоднородные компоненты).** Для неоднородных испытываемых образцов, например состоящих из различных материалов, минимальной площадью 0,1 м<sup>2</sup>, или имеющих рифление или неровности на поверхности, необходимо отслеживать температуру в каждой зоне для определения среднего повышения температуры. На каждые 1,5 м<sup>2</sup> или часть образца должна приходиться одна термопара. В каждой дискретной зоне должны размещаться минимум две термопары.

**Горизонтальный продольный уплотнитель.** Среднее повышение температуры не измеряется за отсутствием критериев его оценки.

#### **Максимальное повышение температуры**

**Поверхность 3.** Термопары должны прикрепляться к Поверхности 3 в местах, где эта поверхность выступает над опорным перекрытием больше чем на 75 мм (см. рис. 1):

- Термопара 3А: по центру панели между вертикальными импостами на расстоянии 25 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3В: на поверхности вертикального импоста, параллельно проему печи, на расстоянии 25 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3С: на поверхности вертикального импоста, под углом 90° к проему печи, на расстоянии 25 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3D: по центру панели между вертикальными импостами, на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3Е: на поверхности вертикального импоста, параллельно проему печи, на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия,
- Термопара 3F: на поверхности вертикального импоста, под углом 90° к проему печи, на расстоянии 250 мм выше верхней моделируемой конструкции перекрытия.



#### **Обозначения:**

- Опорное перекрытие
- Подоконная / надоконная панель / сочетание панелей
- Стена печи

3А – 3F Размещение термопар 3А – 3F

VX, VY Размещение термопар VX и VY

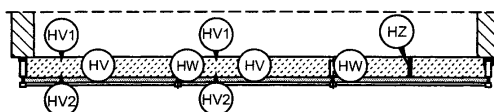
1 Горизонтальный продольный уплотнитель

S3, S5 Поверхности 3, 5

**Рис. 1 Размещение термопар на Поверхности S3 для воздействия изнутри и извне (вид изнутри печи)**

**Горизонтальный продольный уплотнитель.** Для определения максимального повышения температуры необходимо прикрепить термопары к горизонтальному продольному уплотнителю следующим образом (см. рис. 2):

- Термопара HV: в верхней части поверхности уплотнителя, в центре между вертикальными импостами и в центре поперек горизонтального продольного уплотнителя,
- Термопара HW: в верхней части поверхности уплотнителя на расстоянии 25 мм от вертикального импоста в центре поперек горизонтального продольного уплотнителя,
- Термопара HW1: в верхней части поверхности уплотнителя, расположенного в точке на расстоянии одной четверти между вертикальными импостами там, где уплотнитель соединяется впритык с перекрытием,
- Термопара HV2: в верхней части поверхности уплотнителя, расположенного в точке на расстоянии одной четверти между вертикальными импостами там, где уплотнитель соединяется впритык с панелью,
- Термопара HZ: если в уплотнителе есть стык, данная термопара должна быть расположена рядом с уплотнителем на расстоянии 25 мм от стыка.



**Обозначения:**

Горизонтальный уплотнитель

Стык

Вертикальное перекрытие свода печи

HV, HV1, HV2, HW Термопары на горизонтальном продольном уплотнителе

HZ Стык термопар

Размеры указаны в мм

**Рис. 2 Размещение термопар на горизонтальном продольном уплотнителе (горизонтальный разрез)**

**Переносная термопара.** Для измерения максимальной температуры в любой точке должна использоваться переносная термопара.

**Дополнительные термопары.** Все другие термопары, используемые для получения дополнительной информации (например, для измерения температуры внутри стены), должны прикрепляться таким образом, чтобы не повредить образец.

**Термопары на креплениях.** Необходимо использовать термопары для измерения температуры любого крепления, соединяющего навесной фасад с опорным перекрытием. Измерение температуры креплений можно использовать для оценки несущей способности в условиях огневого воздействия в расширенной сфере применения (например, для оценки возможного снижения прочности конструкции креплений).

**Измерение давления**

Давление в печи необходимо измерять в соответствии с подробным описанием в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Во время проведения испытания давление должно измеряться в точке на расстоянии 100 мм под опорным перекрытием (огневое воздействие изнутри) или 100 мм под верхней частью образца (огневое воздействие извне) в точках, обозначенных на рис. А.1-А.13.

**Отклонение**

Если Поверхность 3 выступает по меньшей мере на 200 мм над перекрытием, для записи отклонения необходимо использовать соответствующее контрольно-измерительное оборудование. Интервал измерений не должен превышать 5 минут. Отклонение следует измерять на Поверхности 3 по меньшей мере в центре наибольшей панели и на расстоянии 50 мм от вертикального импоста. Замер отклонения должен производиться в месте, на 100 мм ниже верхней части Поверхности 3. Отклонение не является критерием испытания, но информация об отклонении образца может использоваться при проектировании систем.

**Тепловое излучение**

Если требуется измерить тепловое излучение, следует разместить радиометры в соответствии с описанием в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

## УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Условия нагрева и давления и атмосфера в печи должны соответствовать требованиям стандарта EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] и, если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] для кривой огневого воздействия извне. Определение поверхностей S1, S2, S3 и S5 представлено на рис. 3. Образцы должны испытываться при помощи контроля условий нагрева на поверхности S1 или S2/S5 в соответствии с конфигурацией испытаний, выбранной в таблице 1.

## ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ

Испытываемый образец должен состоять из элементов навесных фасадов. Он должен полностью воспроизводить конструкцию, по которой требуется информация. Для расширения результатов необходимо использовать одну из стандартных конфигураций, представленных на рис. А.1-А.13. Испытываемый образец должен состоять из навесной фасадной системы, горизонтального продольного уплотнителя и креплений к опорному перекрытию. Крепление образца к опорному перекрытию должно в точности соответствовать используемому в реальных условиях креплению.

### Количество образцов

Функционирование навесных фасадов при огневом воздействии изнутри и извне может быть определено при помощи одного испытания при условии, что образец нагревается под воздействием изнутри, контролируемым T1 и измеренная температура печных термопар T2 выше температуры окружающей среды, указанной в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]. Если эти условия не выполняются, необходимо провести отдельное испытание на огневое воздействие извне. Если в реальных условиях вертикальные импосты не закреплены на каждом перекрытии, следует моделировать свободные условия.

### Размер образцов

Размер испытываемого образца должен быть следующим:

- 1) высотой с межоконное пространство как в реальных условиях (обычно 1 м)
- 2) если ширина элемента навесного фасада в реальных условиях меньше 3 м, испытываемый образец должен быть в натуральную величину как в реальных условиях
- 3) если ширина элемента навесного фасада больше 3 м, ширина испытываемого образца должна быть не меньше 3 м.

Высота зависит от государственных норм. Если высота образца меньше вертикального проема печи, проем печи должен быть закрыт при помощи кладки из блоков газобетона автоклавного твердения плотностью от 400 до 550 кг/м<sup>3</sup>. Если с целью подготовки испытываемого образца размер навесного фасада был изменен, все поверхности срезов должны быть защищены для предотвращения дополнительной теплопередачи на образец, по сравнению с обычным использованием.

### Поверхности

На рис. 3 представлено определение поверхностей для установки термопар в зависимости от огневого воздействия (изнутри и извне). Нумерация поверхностей соответствует стандарту EN 1364-3 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 3: Навесные фасады. Полная конфигурация (полная сборка)» [7].

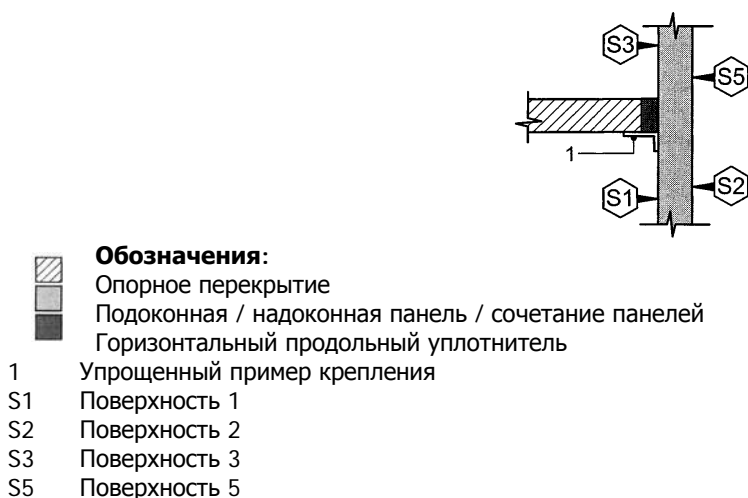


Рис. 3 Определение поверхностей

## **Конструкция**

Испытываемый образец должен либо полностью воспроизводить конструкцию, которая будет использоваться в реальных условиях, включая крепления, температурные швы, горизонтальные продольные уплотнители, отделку поверхности, необходимые и влияющие на поведение конструкции при проведении испытаний, либо быть сконструирован для достижения наиболее широкого применения результатов испытаний к другим аналогичным конструкциям. На рис. А.1–А.13 представлены стандартные конфигурации.

Необходимо учитывать все влияющие на огнестойкость характеристики конструкции. Если ширина одной межоконной панели (подоконной/надоконной панелей) меньше 3 метров, как минимум 3 панели со средней панелью максимального размера должны быть объединены в испытываемом образце. Если ширина панели превышает или равна 3 метрам, как минимум 3 панели со средней панелью максимального размера и боковыми панелями шириной как минимум 50 см должны быть объединены в испытываемом образце. Высота  $h$  - это общая высота подоконной и надоконной панелей (межоконного пространства).

## **Ограничение образца**

Края образца должны быть ограничены как в реальных условиях (см. рис. 4). В реальных условиях навесные фасады в основном ограничиваются не полностью. Если конструкция в реальных условиях превышает размер печи, вертикальные и горизонтальные края панелей должны ограничиваться также как и в реальных условиях. Если края свободны, они не должны ограничиваться. Вертикальные импосты, если имеются, должны быть закреплены как в реальных условиях и закрыты на концах уплотнителем (например, минеральной ватой). Любой уплотнитель, используемый в зазорах между испытываемым образцом и печью только в целях проведения испытания не должен слишком сильно ограничивать испытываемый образец. Испытываемый образец обычно прикрепляется к опорному перекрытию, а вертикальные импосты срезаются. В некоторых случаях вертикальные импосты могут крепиться при помощи втулок для моделирования реального вертикального импоста. На верхнюю часть образца помещается минераловатный уплотнитель, так как в реальных условиях на это место монтируется остекление, так что верхняя часть остается неограниченной.

## **Сборка и проверка образца**

Сборка и проверка испытываемого образца производится в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

## **УСТАНОВКА ИСПЫТЫВАЕМОГО ОБРАЗЦА**

Испытываемый образец должен крепиться к опорному перекрытию с помощью креплений, которые используются в реальных условиях.

### **Опорное перекрытие**

#### **Стандартное опорное перекрытие**

Минимальная толщина стандартного опорного перекрытия должна составлять 150 мм, а минимальная ширина – 1000 мм. Перекрытие должно быть железобетонным плотностью  $2\,000 \pm 500 \text{ кг/м}^3$ .

#### **Нестандартное опорное перекрытие**

Можно использовать другие используемые в реальных условиях опорные перекрытия, например, стальные или деревянные конструкции перекрытий. Результаты испытания ограничиваются только этой конструкцией перекрытия (сфера прямого применения конструкций перекрытий отсутствует).

#### **Перекрытие свода печи**

Перекрытие свода печи должно быть изготовлено из газобетона автоклавного твердения (плотностью от 400 до 550  $\text{кг/м}^3$ ). Несгораемый уплотнитель (из минеральной ваты с температурой плавления больше 1000°C) должен обеспечить перемещение образца аналогичным образом, что и в реальных условиях. Для испытания навесного фасада с огнестойким остеклением, сборная конструкция должна быть установлена с дополнительным перекрытием свода в нижней части печи (см. рис. А.3, А.4, А.7, А.8, А.11 и А.12). Также дополнительное перекрытие свода печи используется при проведении испытаний горизонтального продольного уплотнителя или креплений (см. рис. А.13).

### **Крепление образца**

Крепление должно осуществляться как в реальных условиях. Необходимо провести испытание наиболее ненадежной конструкции крепления.

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА**

Испытываемый образец и опорное перекрытие должны пройти предварительную обработку в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4].

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Испытание должно проводиться при помощи оборудования и в соответствии с порядком проведения испытаний, описанном в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], и, TP-5043. Испытания остекленных фасадов на огнестойкость.



если требуется, EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]. Во время испытания должны проводиться измерения с целью определения значений целостности и теплоизолирующей способности для различных элементов образца, как показано в таблицах 2 и 3.

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Критерии определения эксплуатационных показателей испытываемого образца представлены в стандарте EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4]. Результаты теплоизолирующей способности и целостности должны предоставляться отдельно для воздействия изнутри и извне и горизонтального продольного уплотнителя, как показано в таблицах 2 и 3. Эксплуатационные показатели с учетом теплоизолирующей способности оцениваются для разных элементов образца навесного фасада в зависимости от конфигурации испытания, выбранной в соответствии с таблицей 1. На рис. 1 и 2 показаны группы термпар, которые необходимо использовать для одного и более из нижеуказанных элементов:

- а) необогреваемой внутренней поверхности над опорным перекрытием, Поверхность 3,
- б) необогреваемой поверхности горизонтального продольного уплотнителя.

Следует измерить и записать температуру на креплениях. Температура креплений может предоставить информацию о несущей способности креплений для расширенной сферы применения, хотя эта способность не является эксплуатационным показателем. В соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4] необходимо провести и записать другие наблюдения, включая обрушение любого материала с внешней поверхности в результате повреждения крепления. Следует зафиксировать время обрушения компонента. Невозможно измерить размер компонента в процессе его обрушения при проведении испытаний на огнестойкость. Однако можно узнать размер компонента после его обрушения при проведении испытаний.

**Таблица 2. Эксплуатационные показатели при воздействии изнутри**

Поверхность или горизонтальный продольный уплотнитель	Целостность (E)				Теплоизолирующая способность (I) (для каждой дискретной зоны > 0,1 м²)	
	Ватный тампон	Измеритель промежутков	Горение	Обрушение элементов	Среднее повышение температуры	Максимальное повышение температуры
S3	Y <sup>a</sup>	–	Y	–	Y <sup>b</sup>	Y <sup>b</sup>
Горизонтальный продольный уплотнитель	Y	Y	Y	–	–	Y
Крепление	–	–	–	–	–	Y для несущей функции
S2, S5				Y <sup>b</sup>		

<sup>a</sup> Используйте ватный тампон только если требуется классификация по теплоизолирующей способности (I) в соответствии со стандартом EN 13501-2:2006 «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам – Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость» [3].

<sup>b</sup> Если требуется.

**Таблица 3. Эксплуатационные показатели при воздействии извне**

Поверхность	Целостность (E)				Теплоизолирующая способность (I) (для каждой дискретной зоны > 0,1 м²)	
	Ватный тампон	Измеритель промежутков	Горение	Обрушение элементов	Среднее повышение температуры	Максимальное повышение температуры
S3	Y	Y	Y	–	Y	Y
S2, S5	–	–	–	Y <sup>a</sup>	–	–

<sup>a</sup> Если требуется.

## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

В дополнение к информации в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], в протоколе испытания должны быть представлены следующие данные:

- а) информация о проведении испытаний в соответствии со стандартом EN 1364-4 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 4: Навесные фасады. Частичная конфигурация» [8],
  - б) результаты испытаний, представленные в соответствии с эксплуатационными показателями таблиц 2 и 3:
- использованная температурная кривая,

- Поверхности S2 и S5: время обрушения элементов и время нарушения показателей целостности,
- Поверхность S3: время нарушения показателей целостности и/или теплоизолирующей способности,
- горизонтальный продольный уплотнитель: время нарушения показателей целостности и/или теплоизолирующей способности (максимальное повышение температуры),
- крепление: время достижения отметки 500°C.

Если во время проведения одного из испытаний были достигнуты показатели нагрева при воздействии изнутри и извне, сведенные в таблицу результаты должны быть представлены отдельно для каждого условия воздействия.

## **СФЕРА ПРЯМОГО ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ**

Результаты испытаний образца на огнестойкость, подвергающегося воздействию стандартной кривой «температура – время» в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], считаются достоверными для этого же образца, подвергающегося воздействию кривой огневого воздействия извне в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

Результаты испытаний на огнестойкость напрямую применимы к конструкциям, отличающимся от испытанных по одному или более из нижеуказанных показателей:

- а) уменьшение ширины панели допустимо при условии, что детали крепления к опорному перекрытию остаются без изменений,
- б) уменьшение расстояния между вертикальным и горизонтальным импостами или увеличение размеров вертикального импоста,
- с) увеличение толщины перекрытия или толщины горизонтального продольного уплотнителя, измеряемое по вертикали,
- д) увеличение плотности уплотнителя, если он состоит из минеральной ваты (без изменения типа уплотнителя),
- е) уменьшение расстояния между центрами креплений, по вертикали и/или по горизонтали.

Результаты испытаний образца навесного фасада, испытанного перед стандартным перекрытием, считаются достоверными для других перекрытий из газобетона или легковесного или плотного бетона, при условии, что толщина также как и огнестойкость с учетом несущей способности данных перекрытий равны или выше аналогичных параметров использованного в испытании стандартного перекрытия.

Результаты испытаний образца навесного фасада, испытанного перед нестандартным перекрытием, считаются достоверными для других аналогичных перекрытий, при условии, что толщина также как и огнестойкость с учетом несущей способности, целостности и теплоизолирующей способности данных перекрытий равны или выше аналогичных параметров использованного в испытании нестандартного перекрытия.

Пункты а) и б) также достоверны для испытываемых образцов с нестандартными конструкциями перекрытий.

Для стандартных конфигураций 1, 5 и 9, результаты достоверны для огневого воздействия извне при условии, что термопары T2 фиксируют температуру выше, чем при огневом воздействии извне, описанном в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]. Если навесная фасадная система была оценена с использованием данных стандартных изменений в одном компоненте системы, например, изменении теплоизолирующей способности межоконной панели, она также может быть оценена в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6] с уменьшенным размером печи.

## **ИСПЫТАНИЕ НАВЕСНЫХ ФАСАДОВ (ЧАСТИЧНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ)**

### **Стандартная конфигурация**

В основном навесные фасады являются фасадами оригинального дизайна или производятся на заказ, и каждый производитель использует специальные технологии для производства и сборки систем. В отличие от других настенных систем, навесные фасады не собираются строителями из общих материалов, полученных через обычных поставщиков строительных материалов. Большая часть установок имеет специфичную конфигурацию, требующую наличия необходимой информации. На рис. 4 представлены примеры типовой компоновки, при этом допускаются другие варианты. Выбор испытания элементов навесной фасадной системы осуществляется заказчиком при содействии специалистов лаборатории, которые определяют соответствие конкретной стандартной конфигурации нормативным требованиям.

### ***Опорное перекрытие***

Стандартное опорное перекрытие должно быть изготовлено из железобетона с анкерами для крепления. В отдельных случаях могут испытываться стальные или деревянные перекрытия.

### ***Элементы навесной фасадной системы***

Навесные фасадные системы включают окна и если эти окна не представляют собой огнестойкое остекление, то система не может испытываться в печи, так как повреждение остекления помешает продолжению нагрева. В целом строительные нормы допускают использование неогнестойкого остекления в наружных стенах, следовательно, необходимо провести испытания только неостекленных элементов. Можно испытывать нижний (подоконная панель) или верхний (надоконная панель) элемент навесного фасада или их сочетание. Кро-

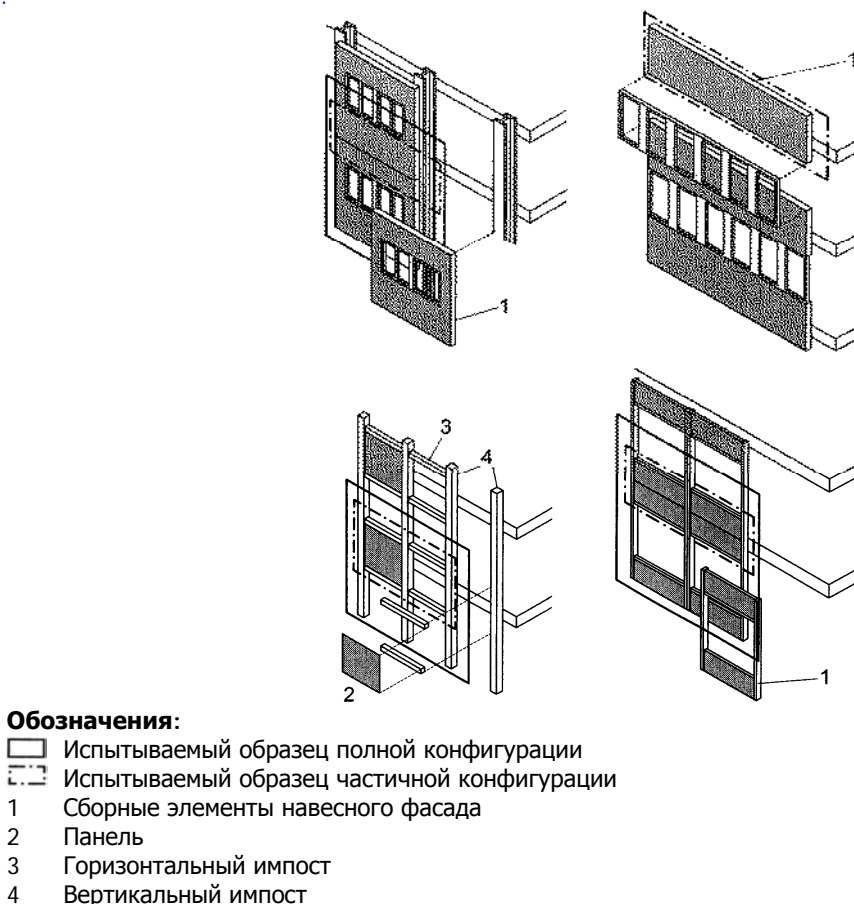
ме того, следует проверить остальные элементы системы, в особенности метод их крепления к зданию и к горизонтальному продольному уплотнителю. На рис. 5 представлены разные типы компонентов. На рис. А.1-А.13 показаны различные способы размещения элементов в печи. Измерения на верхних панелях зависят от их выступа над и под перекрытием, к которому они присоединены. На рис. А.1-А.13 также представлено моделирование огневого воздействия извне путем воздействия условий нагрева на внешнюю поверхность в соответствии с кривой огневого воздействия извне, описанной в стандарте EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5]. Кроме того, воспроизведено крепление перекрытия, хотя оно напрямую не находится под воздействием высоких температур.

### **Выбор образца**

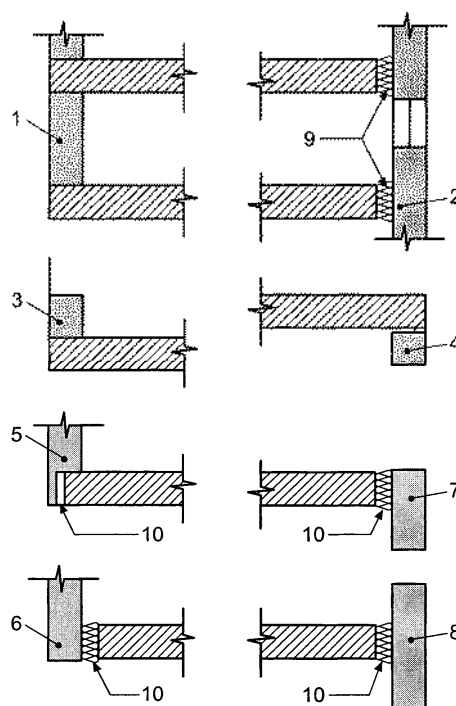
Выбранный для проведения испытаний на огнестойкость образец должен включать все основные характеристики системы, влияющие на его огнестойкость. В образец должны быть представлены примеры типового крепления вертикального импоста, если он используется в реальных условиях, а также соединения навесных панелей. Даже если навесной фасад не крепится к каждому перекрытию или стене, в испытываемый образец все равно необходимо включить пример такого крепления. При испытании элементов навесного фасада края образца должны защищаться также как и в реальных условиях, так как одним из условий, проверяемых при испытании, является распространение огня по панелям до верхнего уровня.

### **Принципы испытаний и требования**

На рис. 4 представлены типовые навесные фасадные системы. Описанный в данной главе порядок проведения испытаний посвящен определению огнестойкости элементов навесной фасадной системы, отличающейся по своей структуре от других типов наружных стен. На рис. 5 поясняется, какая часть стандарта EN 1364 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость» [6, 7, 8] применяется к каждому типу навесной фасадной системы. Например, поведение навесной фасадной системы – полной конфигурации только с огнестойким остеклением – можно определить при помощи испытания, описанного в стандарте EN 1364-3 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 3: Навесные фасады. Полная конфигурация (полная сборка)» [7].



**Рис. 4 Соответствующий метод испытаний для различных конфигураций стен**



**Обозначения:**

№	Тип наружной стены	Метод испытаний	Стандарт
1	Разделяющая наружная стена между перекрытиями	Наружная стена	EN 1364-1
2	Навесная фасадная система	Полная конфигурация <u>с</u> огнестойким остеклением	EN 1364-3
3	Подоконная панель, расположенная полностью на перекрытии	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-1
4	Надоконная панель, расположенная под перекрытием	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-1
5	Подоконная панель частично расположенная на перекрытии	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
6	Подоконная панель, расположенная перед перекрытием	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
7	Надоконная панель, расположенная перед перекрытием	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
8	Межоконная панель (сочетание панелей)	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-4
9	Горизонтальный продольный уплотнитель	Полная конфигурация <u>с</u> огнестойким остеклением	EN 1364-3
10	Горизонтальный продольный уплотнитель	Частичная конфигурация <u>без</u> огнестойкого остекления	EN 1364-3 или EN 1364-4

**Рис. 5 Соответствующий метод испытаний в зависимости от типа наружной стены/навесного фасада (элемента)**

Испытание специфично для элементов навесной фасадной системы и оно оценивает их огнестойкость для следующих характеристик конструкции (см. таблицу 4):

а) навесной фасадной системы, которая:

– либо подвергается воздействию изнутри или снизу согласно стандартной кривой «температура – время» в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4],  
– либо подвергается воздействию извне согласно кривой воздействия извне в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5],

б) горизонтального продольного уплотнителя между перекрытием и навесным фасадом, подвергающегося воздействию снизу согласно стандартной кривой «температура – время» в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4],

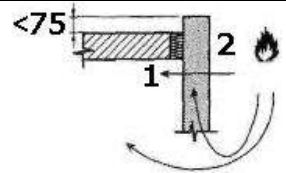
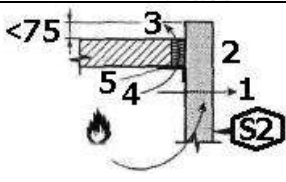
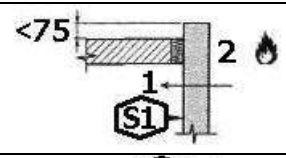
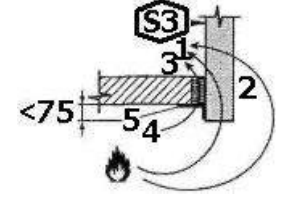
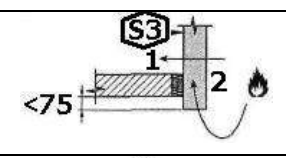
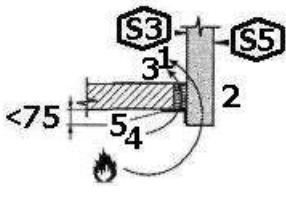
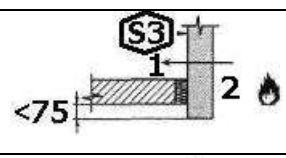
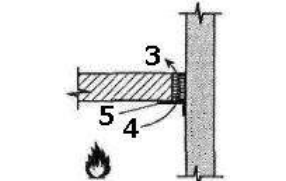
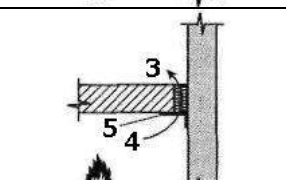
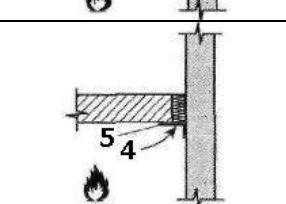
с) креплений навесного фасада, подвергающихся воздействию снизу согласно стандартной кривой «температура – время» в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4],

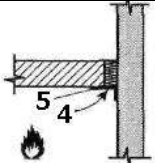
д) полостей в пределах навесной фасадной системы.

Описанное в данном разделе испытание в основном используется для проверки огнестойкости элементов навесной фасадной системы в случае огневого воздействия изнутри и/или извне, так как обычно навесные фасадные системы производятся без огнестойкого остекления. Предполагается способность элементов навесной фасадной системы препятствовать распространению огня на верхний уровень по соединениям между перекрытием и навесной фасадной системой, а также по всем полостям навесной фасадной системы. Таковы государственные нормы. Таблица 4 обобщает вышеуказанную информацию. Также проведение испытания может использоваться для получения информации о способности навесного фасада выдерживать огневое воздействие извне. В таблице 4 указаны какие показатели, а именно прочность, целостность и теплоизолирующая способность (140 К и 180 К, или только 180 К), подходят каждому элементу. Необходимо использовать либо горизонтальную печь соответствующей глубины, либо вертикальную печь с испытательной рамой для соединения с плитой опорного перекрытия, при условии соблюдения заданных условий нагрева и давления. Для проверки полной конфигурации навесных фасадов с огнестойким остеклением следует использовать испытание, описанное в стандарте EN 1364-4 «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 4: Навесные фасады. Частичная конфигурация» [8].

**Таблица 4. Пояснение принципов испытаний**

Стандартная конфигурация испытания (см. рис. А.1-А.13)	Огневое воздействие <sup>а</sup>	Условия воздействия и испытываемые поверхности	Возможные классификации / примечание <sup>б</sup>	Подходящие для испытываемой продукции / элемента навесной фасадной системы	Тип навесной фасадной системы
1	изнутри		Межоконное пространство: E (i → o), E (i ↔ o), EI (i → o), EI (i ↔ o) Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Подоконная + надоконная панели, Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление, Сочетание	Неогнестойкое остекление
2	извне		Межоконное пространство: E (o → i), EI (o → i)	Подоконная + надоконная панели	
3	изнутри		Межоконное пространство: E (i → o), EI (i → o), EW (i → o) Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Подоконная + надоконная панели, Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление, Сочетание	Огнестойкое остекление
4	извне		Межоконное пространство: E (o → i), EI (o → i)	Подоконная + надоконная панели	
5	изнутри		Межоконное пространство: E (i → o), E (i ↔ o) Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Надоконная панель, Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление, Сочетание	Неогнестойкое остекление

6	извне		Межоконное пространство: E (o → i)	Надоконная панель	
7	изнутри		Межоконное пространство: E (i → o), EI (i → o), EW (i → o) Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Надоконная панель, Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление, Сочетание	Огнестойкое остекление
8	извне		Межоконное пространство: E (o → i), EI (o → i), EW (o → i)	Надоконная панель	Огнестойкое остекление
9	изнутри		Межоконное пространство: E (i → o), E (i ↔ o), EI (i → o), EI (i ↔ o) Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Подоконная панель, Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление, Сочетание	Неогнестойкое остекление
10	извне		Межоконное пространство: E (o → i), EI (o → i)	Подоконная панель	
11	изнутри		Межоконное пространство: E (i → o), EI (i → o), EW (i → o) Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Подоконная панель, Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление, Сочетание	Огнестойкое остекление
12	извне		Межоконное пространство: E (o → i), EI (o → i), EW (o → i)	Подоконная панель	
13	изнутри		Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление	Неогнестойкое остекление
14	изнутри		Горизонтальный продольный уплотнитель: EI	Горизонтальный продольный уплотнитель, Крепление	Огнестойкое остекление
15	изнутри		Несущая функция	Крепление	Неогнестойкое остекление

16	изнутри		Несущая функция	Крепление	Огнестойкое остекление
----	---------	---	-----------------	-----------	------------------------

#### Обозначения:

*Размеры указаны в мм*

S1, S2, S3, S5 Поверхность 1, 2, 3, 5

1 Целостность (и теплоизолирующая способность 140 К/180 К) межоконного пространства (подоконной / надоконной панелей)

2 Механическая прочность межоконного пространства (подоконной / надоконной панелей)

3 Целостность и теплоизолирующая способность 180 К горизонтального продольного уплотнителя

4 Точность крепления – несущая функция

5 Крепление

<sup>a</sup> Изнутри = Стандартная кривая «температура – время» в соответствии со стандартом EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [4], извне = кривая воздействия извне в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5].

<sup>b</sup> В зависимости от государственных норм.

### Огневое воздействие изнутри

На рис. 4 и 5 показаны различные конструкции для наружных стен в реальных условиях. Выбор компоновки испытаний зависит от того, как стена будет использоваться в реальных условиях, будет ли она испытываться на огневое воздействие изнутри или извне, и используется ли в реальных условиях огнестойкое или неогнестойкое остекление. В европейских странах существуют различные государственные нормы. Задача противопожарной защиты состоит в предотвращении распространения огня из очага возгорания в другие помещения выше, ниже или рядом с очагом в пределах здания.

### Неогнестойкое остекление

Для неогнестойкого остекления частичная конфигурация моделирует ситуацию разбивания окна под огневым воздействием, при помощи огневого воздействия на образец с обеих сторон (стандартные конфигурации 1, 2, 5, 6, 9 и 10). При таком воздействии выделяют следующие эксплуатационные показатели:

- а) целостность для частичной конфигурации (включая прочность и крепление)
- б) теплоизолирующая способность для внутренней поверхности над перекрытием в случае подоконной панели
- с) если требуется, целостность и теплоизолирующая способность для горизонтального продольного уплотнителя.

Также можно измерить температуру креплений. Хотя не указывается критерий приемки для повышения температуры креплений, данную информацию можно использовать для оценки их несущей способности.

Если используется стандартная конфигурация 1, 5 или 9, результаты испытаний для воздействия изнутри можно также использовать для оценки воздействия извне при условии, что межоконная панель подвергалась воздействию режима нагрева согласно требованиям для кривой огневого воздействия извне в соответствии со стандартом EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры» [5] во время проведения испытания, определенного термпарами T2. В этом случае нет необходимости проведения второго испытания для оценки огневого воздействия извне. В случае с неогнестойким остеклением показатель теплоизолирующей способности на внешней поверхности не представляет интереса из-за моделирования разбитых окон.

### Огнестойкое остекление

Для огнестойкого остекления частичная конфигурация моделирует ситуацию, при которой окно выдерживает огонь, при помощи огневого воздействия на образец только с одной стороны с помощью дополнительно перекрытия свода печи (стандартные конфигурации 3, 4, 7, 8, 11 и 12). При таком воздействии выделяют следующие эксплуатационные показатели:

- а) целостность для частичной конфигурации (включая прочность и крепление);
- б) если требуется, тепловое излучение;
- с) если требуется, целостность и теплоизолирующая способность для горизонтального продольного уплотнителя.

Также можно измерить температуру креплений. Хотя не указывается критерий приемки для повышения температуры креплений, данную информацию можно использовать для оценки их несущей способности.

Если используются стандартные конфигурации для огнестойкого остекления, для определения огневого воздействия изнутри и извне для классификации (i ↔ o) всегда необходимо проведение двух отдельных испытаний.

### Огневое воздействие извне

Если стену необходимо испытать на воздействие извне, нет необходимости использовать полностью репрезентативную трехмерную конструкцию, так как горизонтальный продольный уплотнитель и крепление не будут нагреваться. Однако для моделирования проведения испытания на системе, уплотнитель и крепление

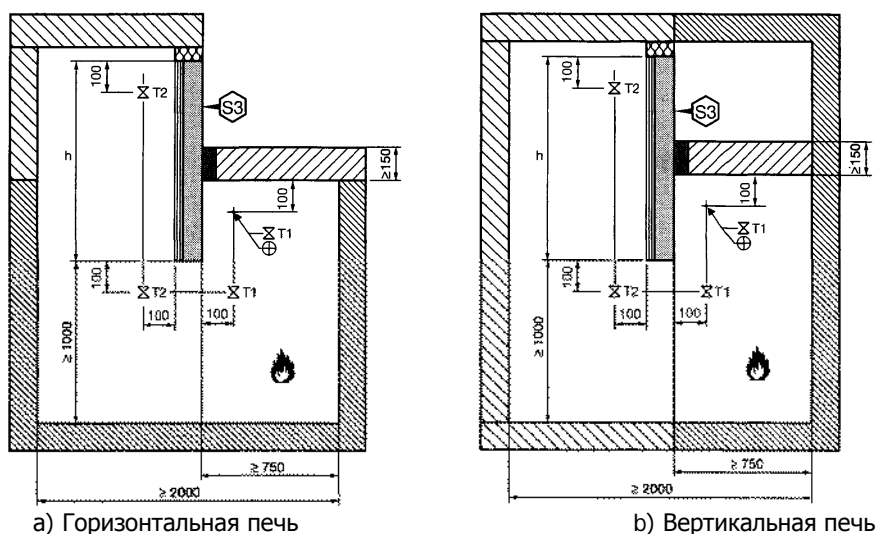
TP-5043. Испытания остекленных фасадов на огнестойкость.

Стр 103

могут быть частично воспроизведены. Если навесной фасад включает неогнестойкие панели с заполнителем или неогнестойкое остекление, представленный в стандарте EN 1364-3 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 3: Навесные фасады. Полная конфигурация (полная сборка)» [7] порядок проведения испытаний не применяется, так как после обрушения этих панелей или остекления продолжение процесса нагрева невозможно. Следовательно, необходимо испытывать отдельные элементы навесных фасадов, как показано на рис. А.1-А.13. Для оценки огнестойкости навесного фасада на воздействие извне, можно использовать результаты испытания, проведенного в соответствии со стандартом EN 1364-1 «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены» [6].

## ОПИСАНИЕ СТАНДАРТНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ

Можно выбрать горизонтальную или вертикальную печь. На рис. А.1–А.13 даны минимальные размеры печи. Следует использовать стандартное опорное перекрытие. В стандартных конфигурациях для огнестойкого остекления перекрытие свода печи или огнестойкое остекление может размещаться прямо под подоконной/надоконной панелью. В стандартных конфигурациях для неогнестойкого остекления перекрытие свода печи должно размещаться перед подоконной/надоконной панелью.



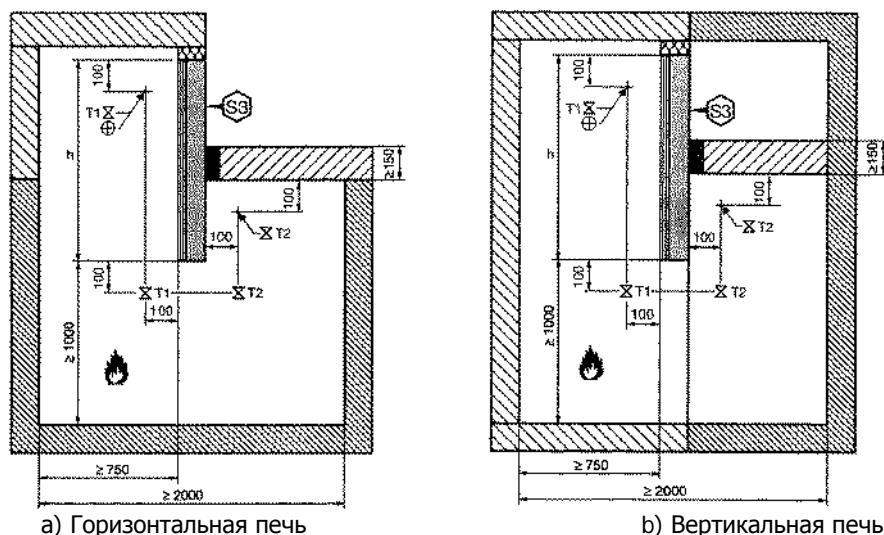
**Обозначения:**

- Стена печи
- Перекрытие свода печи
- Опорное перекрытие
- Элемент навесного фасада (сочетание подоконной и надоконной панелей)
- Горизонтальный продольный уплотнитель
- Минераловатный уплотнитель
- h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)
- T1 Плоские термодатчики для контроля за печью (воздействие изнутри), направленные на межоконную панель (4 термодатчика в точках на расстоянии одной четверти)
- T2 Дополнительные плоские термодатчики для информации (воздействие извне), направленные на межоконную панель (4 термодатчика в точках на расстоянии одной четверти)
- ⊕ Измерение давления для контроля за печью
- S3 Поверхность 3

Размеры указаны в мм

**Рис. А.1 Стандартная конфигурация 1 (неогнестойкое остекление)**  
**Сочетание подоконной и надоконной панелей, горизонтальный продольный уплотнитель, их сочетание (воздействие изнутри)**





#### Обозначения:

- Стена печи
- Перекрытие свода печи
- Опорное перекрытие
- Элемент навесного фасада (сочетание подоконной и надоконной панелей)
- Горизонтальный продольный уплотнитель (не часть испытания)
- Минераловатный уплотнитель

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

T1 Плоские термопары для контроля за печью (воздействие извне), направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)

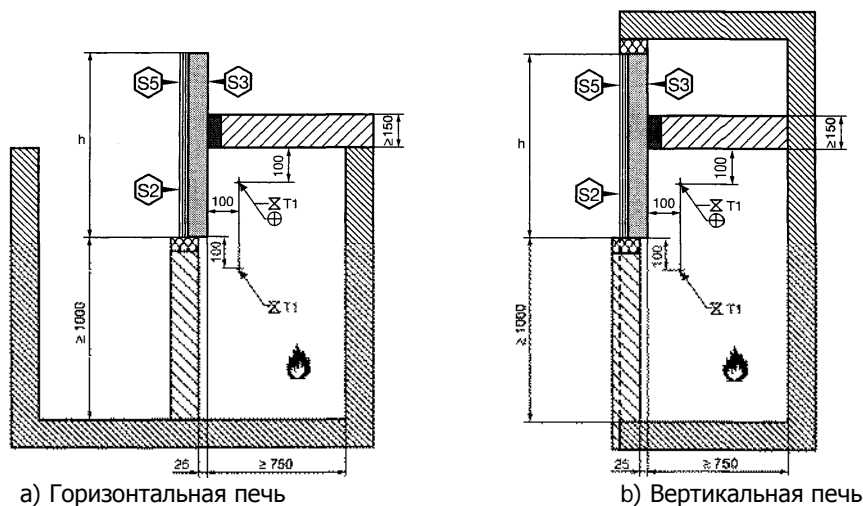
T2 Дополнительные плоские термопары для информации (воздействие на внутреннюю поверхность), направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)

⊕ Измерение давления для контроля за печью

S3 Поверхность 3

Размеры указаны в мм

**Рис. А.2 Стандартная конфигурация 2 (неогнестойкое остекление)  
Сочетание подоконной и надоконной панелей (воздействие извне)**



#### Обозначения:

- Стена печи
- Перекрытие свода печи
- Опорное перекрытие
- Элемент навесного фасада (сочетание подоконной и надоконной панелей)
- Горизонтальный продольный уплотнитель
- Минераловатный уплотнитель

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

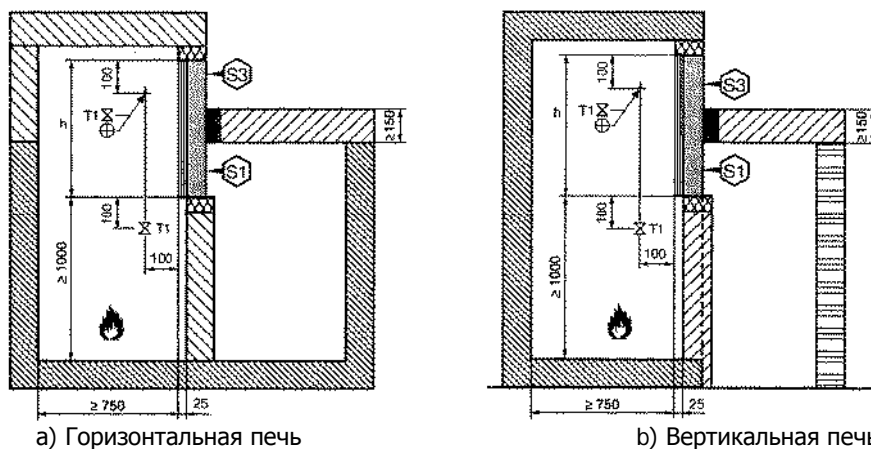
T1 Плоские термопары для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)

⊕ Измерение давления для контроля за печью

S2, S3, S5 Поверхности 2, 3 и 5

Размеры указаны в мм

**Рис. А.3 Стандартная конфигурация 3 (огнестойкое остекление)**  
Сочетание подоконной и надоконной панелей, горизонтальный продольный уплотнитель, их сочетание (воздействие изнутри)



**Обозначения:**

- Стена печи
- Перекрытие свода печи
- Опорное перекрытие
- Элемент навесного фасада (сочетание подоконной и надоконной панелей)
- Горизонтальный продольный уплотнитель (не часть испытания)
- Минераловатный уплотнитель
- Опорная конструкция

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

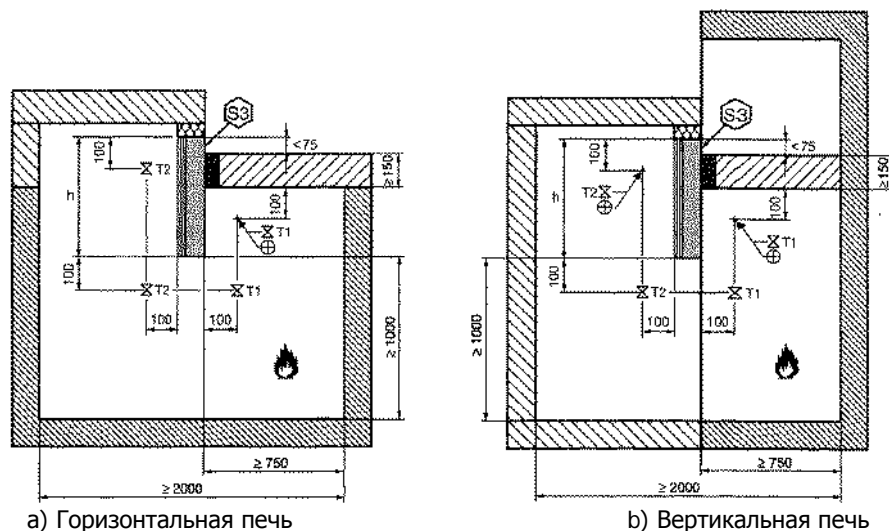
T1 Плоские термодатчики для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термодатчики в точках на расстоянии одной четверти)

⊕ Измерение давления для контроля за печью

S1, S3 Поверхности 1 и 3

Размеры указаны в мм

**Рис. А.4 Стандартная конфигурация 4 (огнестойкое остекление)**  
Сочетание подоконной и надоконной панелей (воздействие извне)



**Обозначения:**

- Стена печи
- Перекрытие свода печи
- Опорное перекрытие
- Элемент навесного фасада (надоконная панель)
- Горизонтальный продольный уплотнитель
- Минераловатный уплотнитель

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

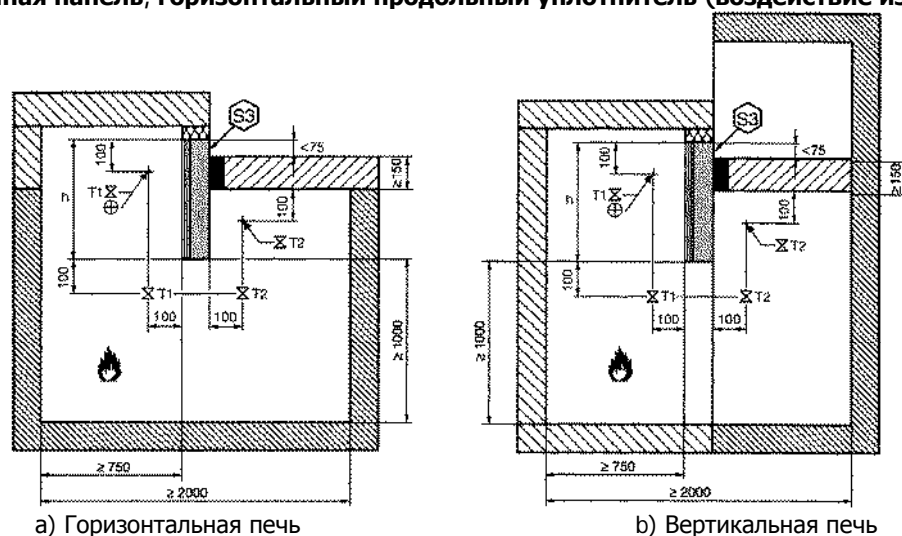
T1 Плоские термодатчики для контроля за печью (воздействие изнутри), направленные на межоконную панель (4 термодатчики в точках на расстоянии одной четверти)

T2 Дополнительные плоские термопары для информации (воздействие извне), направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)

⊕ Измерение давления для контроля за печью

Размеры указаны в мм

**Рис. А.5 Стандартная конфигурация 5 (неогнестойкое остекление)**  
**Надоконная панель, горизонтальный продольный уплотнитель (воздействие изнутри)**



**Обозначения:**

- Стена печи
- Перекрытие свода печи
- Опорное перекрытие
- Элемент навесного фасада (надоконная панель)
- Горизонтальный продольный уплотнитель (не часть испытания)
- Минераловатный уплотнитель

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

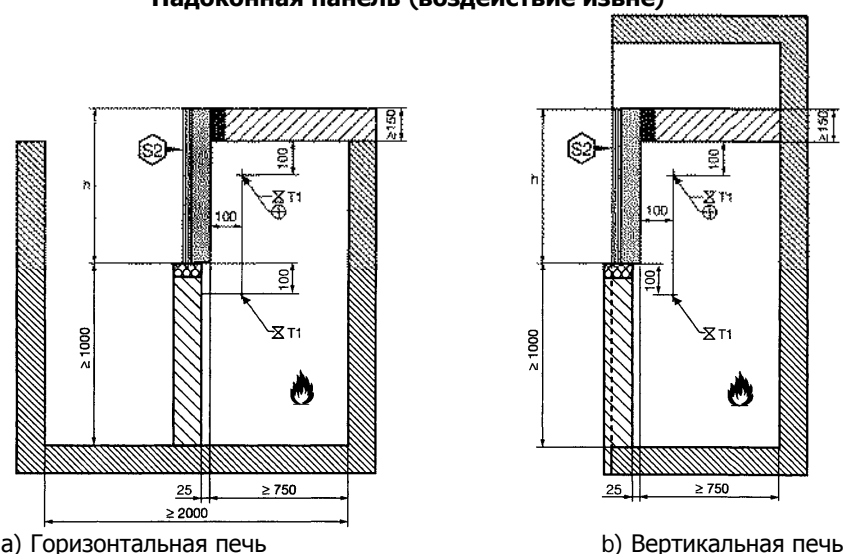
T1 Плоские термопары для контроля за печью (воздействие извне), направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)

T2 Дополнительные плоские термопары для информации (воздействие на внутреннюю поверхность), направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)







⊕ Измерение давления для контроля за печью

Размеры указаны в мм

**Рис. А.6 Стандартная конфигурация 6 (неогнестойкое остекление)**  
**Надоконная панель (воздействие извне)**



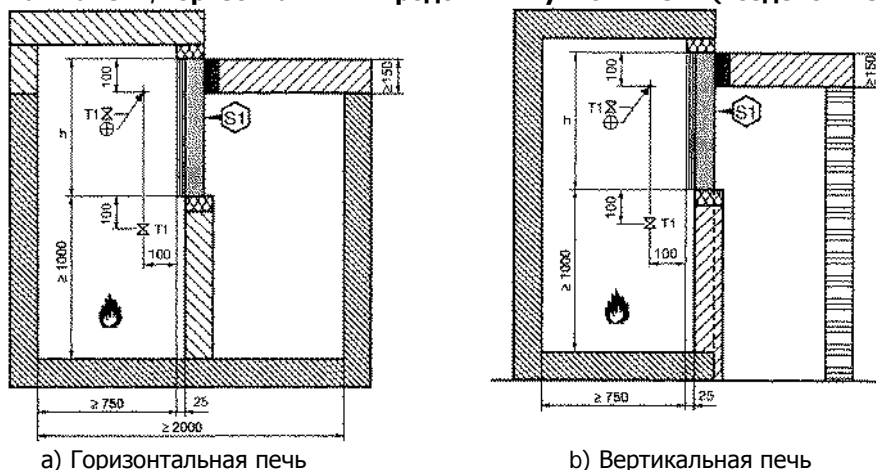
**Обозначения:**

-  Стена печи
-  Перекрытие свода печи
-  Опорное перекрытие
-  Элемент навесного фасада (надоконная панель)
-  Горизонтальный продольный уплотнитель
-  Минераловатный уплотнитель








- h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)
- T1 Плоские термомпары для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термомпары в точках на расстоянии одной четверти)
- ⊕ Измерение давления для контроля за печью
- S2 Поверхность 2

Размеры указаны в мм

**Рис. А.7 Стандартная конфигурация 7 (огнестойкое остекление)**  
**Надоконная панель, горизонтальный продольный уплотнитель (воздействие изнутри)**



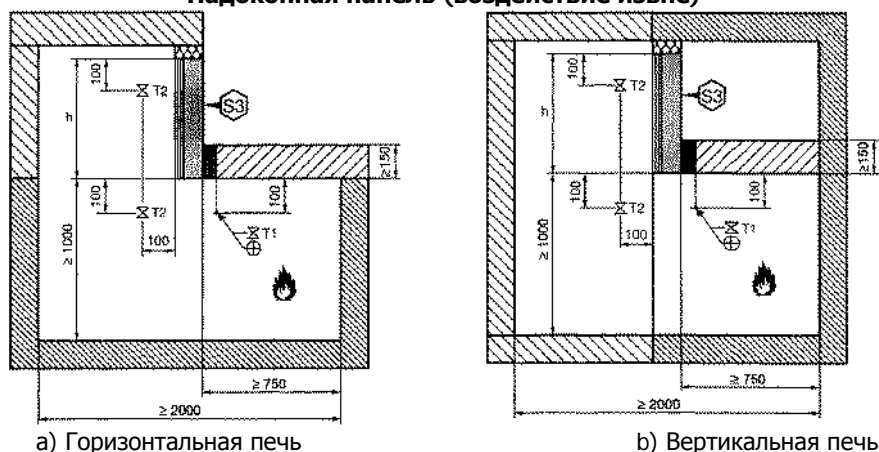
**Обозначения:**

-  Стена печи
-  Перекрытие свода печи
-  Опорное перекрытие
-  Элемент навесного фасада (надоконная панель)
-  Горизонтальный продольный уплотнитель (не часть испытания)
-  Минераловатный уплотнитель
-  Опорная конструкция







- h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)
- T1 Плоские термомпары для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термомпары в точках на расстоянии одной четверти)
- ⊕ Измерение давления для контроля за печью
- S1 Поверхность 1

Размеры указаны в мм

**Рис. А.8 Стандартная конфигурация 8 (огнестойкое остекление)**  
**Надоконная панель (воздействие извне)**



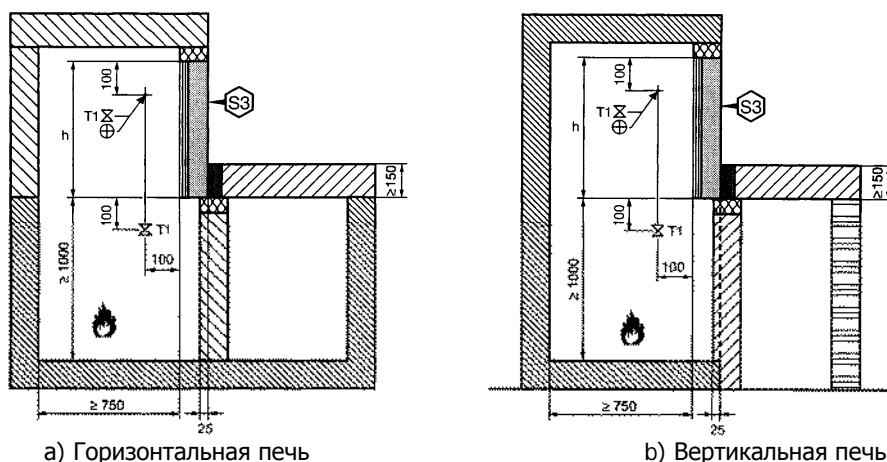
**Обозначения:**

-  Стена печи
-  Перекрытие свода печи
-  Опорное перекрытие
-  Элемент навесного фасада (конструкция с балками вверх)
-  Горизонтальный продольный уплотнитель
-  Минераловатный уплотнитель








- h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)
- T1 Плоские термопары для контроля за печью (воздействие изнутри), направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)
- T2 Дополнительные плоские термопары для информации (воздействие извне), направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)
- ⊕ Измерение давления для контроля за печью
- S3 Поверхность 3

Размеры указаны в мм

**Рис. А.9 Стандартная конфигурация 9 (неогнестойкое остекление)**  
**Подоконная панель, горизонтальный продольный уплотнитель (воздействие изнутри)**



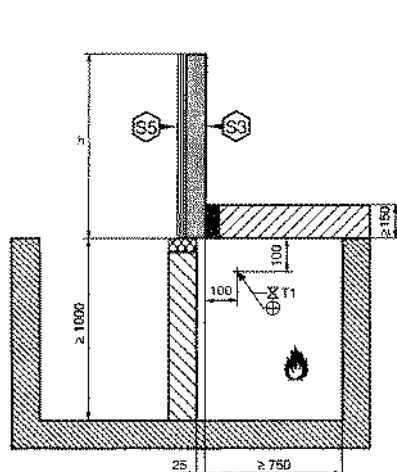
**Обозначения:**

-  Стена печи
-  Перекрытие свода печи
-  Опорное перекрытие
-  Элемент навесного фасада (подоконная панель)
-  Горизонтальный продольный уплотнитель (не часть испытания)
-  Минераловатный уплотнитель
-  Опорная конструкция

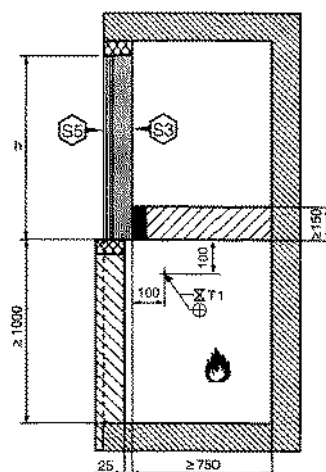
- h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)
- T1 Плоские термопары для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термопары в точках на расстоянии одной четверти)
- ⊕ Измерение давления для контроля за печью
- S3 Поверхность 3

Размеры указаны в мм

**Рис. А.10 Стандартная конфигурация 10 (неогнестойкое остекление)**  
**Подоконная панель (воздействие извне)**



а) Горизонтальная печь



б) Вертикальная печь

**Обозначения:**

- Стена печи
- ▨ Перекрытие свода печи
- ▧ Опорное перекрытие
- ▩ Элемент навесного фасада (подоконная панель)
- Горизонтальный продольный уплотнитель
- ▨ Минераловатный уплотнитель

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

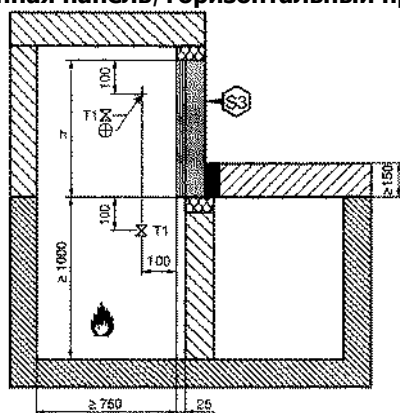
T1 Плоские термодатчики для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термодатчики в точках на расстоянии одной четверти)

⊕ Измерение давления для контроля за печью

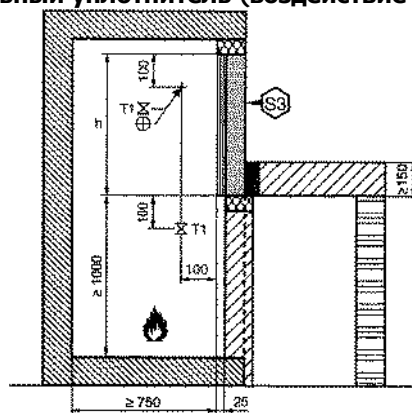
S3, S5 Поверхности 3 и 5

Размеры указаны в мм

**Рис. А.11 Стандартная конфигурация 11 (огнестойкое остекление)  
Подоконная панель, горизонтальный продольный уплотнитель (воздействие изнутри)**



а) Горизонтальная печь



б) Вертикальная печь

**Обозначения:**

- Стена печи
- ▨ Перекрытие свода печи
- ▧ Опорное перекрытие
- ▩ Элемент навесного фасада (подоконная панель)
- Горизонтальный продольный уплотнитель (не часть испытания)
- ▨ Минераловатный уплотнитель
- ▧ Опорная конструкция

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

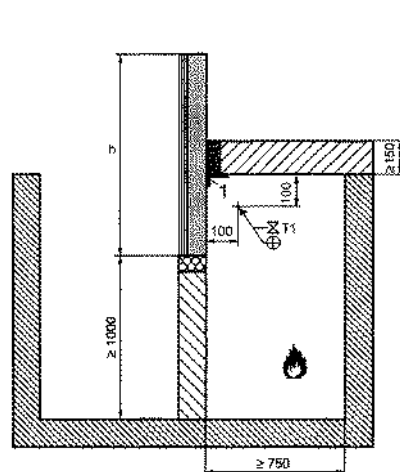
T1 Плоские термодатчики для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термодатчики в точках на расстоянии одной четверти)

⊕ Измерение давления для контроля за печью

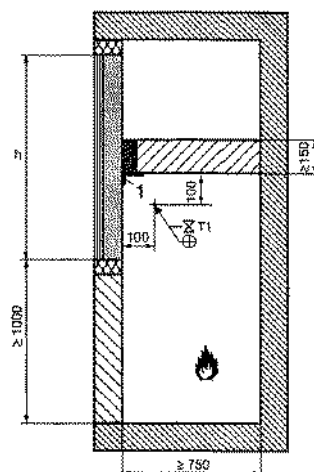
S3 Поверхность 3

Размеры указаны в мм

**Рис. А.12 Стандартная конфигурация 12 (огнестойкое остекление)  
Подоконная панель (воздействие извне)**









а) Горизонтальная печь



б) Вертикальная печь


**Обозначения:**

-  Стена печи
-  Перекрытие свода печи
-  Опорное перекрытие
-  Элемент навесного фасада (подоконная панель, надоконная панель, сочетание панелей)
-  Горизонтальный продольный уплотнитель
-  Минераловатный уплотнитель

1 Крепление

h Высота испытываемого образца, минимум 800 мм (в зависимости от государственных норм)

T1 Плоские термодатчики для контроля за печью, направленные на межоконную панель (4 термодатчика в точках на расстоянии одной четверти)

 Измерение давления для контроля за печью

Размеры указаны в мм

**Рис. А.13 Стандартная конфигурация 13 и 15 (неогнестойкое остекление) и 14 и 16 (огнестойкое остекление) Горизонтальный продольный уплотнитель, крепление (воздействие изнутри)**

## **LPR 11. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОГНЯ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ С ОСТЕКЛЕННЫМИ НАВЕСНЫМИ ФАСАДАМИ**

Данное описание подготовлено на основе отчета Совета по предотвращению убытков, составленного для Ассоциации британских страховщиков и Страховой ассоциации Ллойда. В отчете представлено детальное описание поведения пожара и его воздействий на фасадные системы. Полученные данные отчета предназначены для инженеров, чья деятельность связана с разработкой решений, касающихся пожарной опасности. Читатель должен помнить, что применение результатов исследования к конкретным расчетам требует пристального внимания.

Данный отчет появился в результате возникновения сомнений в действенности традиционных методов, используемых страховщиками для оценки максимальных потерь в высотных коммерческих зданиях. Возникновению этих опасений послужили участвовавшие случаи пожаров в этих типах зданий в Великобритании и других странах, продемонстрировавшие значительные сложности, связанные с их тушением. Особое опасение вызывает видимая легкость, с которой огонь в конструкциях с остекленными навесными фасадными системами может распространяться с этажа возникновения пожара по фасаду здания. Первоначальная задача отчета заключалась в исследовании этого феномена и факторов, оказывающих на него влияние, а также средств снижения его разрушающего действия.

Пожарный исследовательский центр провел обширное исследование методов проектирования с использованием огнестойких межэтажных панелей с целью препятствовать распространению пламени на вышележащие этажи по внешней поверхности фасада здания. Программа состояла из 11 испытаний, проведенных на единой базовой конфигурации здания, но с применением различных параметров, таких как, пожарная нагрузка, вертикальное расстояние между окнами, тип межоконных панелей и использование балкона для измерения относительного воздействия каждого из этих факторов на распространение пожара на вышерасположенные этажи. Испытания проводились на открытом воздухе, и, следовательно, в каждом отдельном случае подвергались воздействию ветра различной скорости и различного направления. При наличии фактора регулируемого вентилирования пожара, пожарная нагрузка в большей степени влияла на продолжительность горения, чем на его интенсивность. Во всех испытаниях одностворчатый элемент остекления в помещении пожара рано или поздно разрушался, и огонь устремлялся на остекленную поверхность вышерасположенного этажа. Результаты показали, что при направленном огнем воздействии, время до разрушения составляло 1-2 минуты. Было обнаружено, что при большей продолжительности горения, вероятность распространения огня на вышерасположенные этажи возрастала. Результаты исследования показали, что применение вертикального разделения окон при помощи простенков (длиной 91,44 см), балконов или межоконных панелей допустимой величины не давало значительных преимуществ. Однако было отмечено значительное влияние силы и направления ветра на снижение или усиление степени огневого воздействия.

### **ОБЗОР ТИПОВЫХ ФОРМ НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ**

Эстетическая притягательность современных зданий во многом обязана новым разработкам в области облицовочных систем, связанных с развитием относительно новых методов проектирования и производства в области остекления и алюминиевых конструкций. Ведущую позицию среди этих систем занимают навесные фасадные системы, которые представляют собой форму облицовки, как правило, состоящую из сочлененной металлической рамной конструкции, удерживающей сборные светонепроницаемые, полупрозрачные или прозрачные заполняющие панели. Панели закрепляются в рамной конструкции при помощи синтетических уплотнителей. Прочность рамной конструкции должна быть достаточной, чтобы удерживать стеклянные/межоконные панели, и противостоять ветровой нагрузке, которой будет подвергаться данная сборная конструкция. Рамная конструкция крепится к конструкции здания на уровне плиты перекрытия или балки при помощи стальных или алюминиевых кронштейнов. Разделение этажей сохраняется благодаря заполнению зазоров между навесным фасадом и основной конструкцией противопожарным материалом на уровне перекрытия.

Система навесных фасадов представляет собой граничную поверхность, отделяющую внутреннюю среду от наружной среды, и, следовательно, должна соответствовать определенным эксплуатационным требованиям и предельным состояниям прочности при нагрузке и воздействиях окружающей среды. Требованиям к системам навесных фасадов включают: устойчивость к атмосферным воздействиям, акустическую и тепловую изоляцию, сопротивление ветровым нагрузкам, устойчивость к относительному смещению и долговечность.

В данном отчете особое внимание уделяется лишь одному эксплуатационному параметру, а именно, способности навесных фасадных систем препятствовать распространению пожара на вышележащие этажи и прилегающие здания.

Советом по предотвращению убытков был произведен обзор многоэтажных зданий Великобритании, в которых были использованы навесные фасадные системы. Элементы типовой навесной фасадной системы приведены на рис. 1. Были выявлены следующие слабые стороны материалов и методов их установки:

- Пространство между навесным фасадом и торцом плиты перекрытия или балки может создавать потенциальный огневой канал, в связи с этим, оно уплотняется противопожарным материалом. Однако сжатие или вытеснение противопожарного материала под воздействием температурных деформаций фасадной рамной конструкции может вызвать проникновение горячих газов на вышерасположенный этаж через об-  
ТР-5043. Испытания остекленных фасадов на огнестойкость.



разовавшиеся зазоры. Этому процессу способствует избыточное давление на уровне потолка в помещении пожара. Также могут возникнуть сложности с установкой противопожарного материала особенно в области соединения системы навесного фасада с конструкцией, где, как правило, образуются зазоры.

- Оконные панели навесных фасадных систем во внешней оболочке здания, как правило, имеют двойное остекление, но огнестойкое стекло используется крайне редко, что обусловлено его высокой стоимостью. При огневом воздействии перепады температур, образующиеся между центральной частью оконного стекла и его затененными краями, вызывают нагрузки, которые вызывают трещинообразование. Это ведет к нарушению целостности и выпадению стекла, что, в свою очередь, обеспечивает доступ воздуха к огню и влечет за собой опасность падающих осколков.
- Непрозрачные межоконные панели используются для ограждения соединений между потолком и полом. Как правило, они производятся из высокопрочного стекла. В связи с их расположением в непосредственной близости от поверхности потолка на этаже протекания пожара, межоконные панели подвергаются воздействиям высоких температур, обусловленным подъемной силой. Это может послужить ключевым фактором в распространении пожара по фасаду здания, поскольку разрушение межоконной панели обеспечивает распространение пожара на вышерасположенный этаж.
- Рамная конструкция, обычно состоящая из системы соединенных вертикальных и горизонтальных импостов, как правило, производится из штампованных алюминиевых профилей. Алюминиевые профили теряют устойчивость при температуре, превышающей  $200^{\circ}\text{C}$ , и деформируются при огневом воздействии. Температура плавления алюминиевых профилей составляет  $550^{\circ}\text{C} - 650^{\circ}\text{C}$ .
- Рамная конструкция навесного фасада обычно соединяется с конструкцией здания стальными или алюминиевыми кронштейнами. Последние теряют устойчивость и плавятся при той же температуре, что и алюминиевая рамная конструкция.

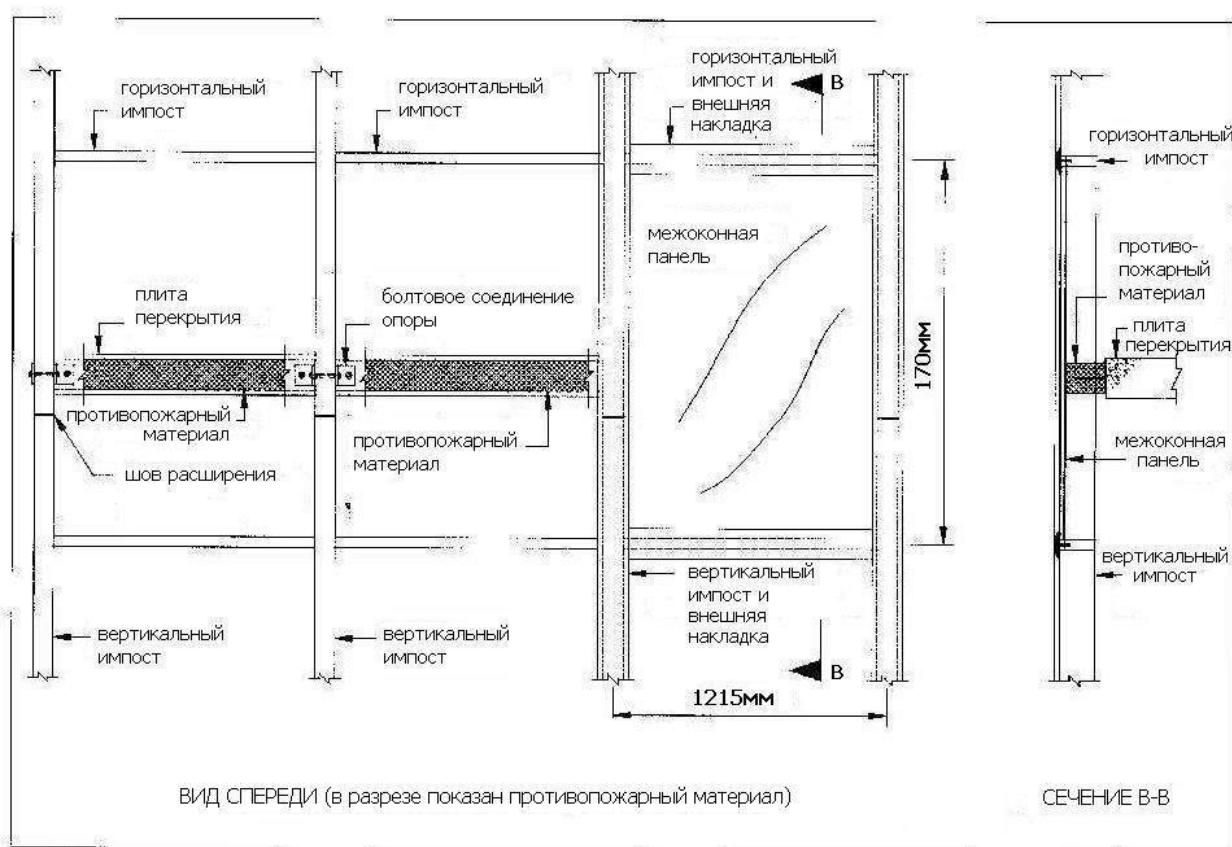


Рис. 1 Типовая панель навесной фасадной системы

## МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель программы испытаний в первую очередь заключалась в том, чтобы определить поведение навесных фасадных систем под воздействием типового пожара, основываясь на исследованиях свойств отдельных элементов конструкции (рамной конструкции, элементов остекления, крепежных элементов, противопожарного материала). Во-вторых, исследовалась склонность разрушения элементов конструкции приводить к вертикальному распространению огня по поверхности здания. И, наконец, проводились испытания средств предотвращения разрушения элементов и/или распространения огня.

### **Испытательная установка**

Для исследования была выбрана установка с лицевой поверхностью 6.0 метров в ширину, вмещающей секцию навесного фасада из четырех окон. Глубина помещения составляла 4.0 метра, высота - 3.3 метра, в соответствии с параметрами типового помещения коммерческого здания. Эти параметры применялись для трехэтажной испытательной установки, представленной на рис. 2. Система здания включала составное перекрытие из профильного металлического настила и бетонных панелей на жесткой стальной рамной конструкции. Потолок противопожарного помещения на уровне 1 был обшит надежным изоляционным и огнеупорным материалом из керамического волокна, а стены были облицованы огнестойкими панелями с целью защиты конструкции, а также для того, чтобы изолировать реакцию навесной фасадной системы на пожар. В задней стене противопожарного помещения находился дверной проем (1.8 метра x 1.0 метр), необходимый для обеспечения притока свежего воздуха и выхода продуктов горения. Размеры и расположение проема регулировали скорость горения деревянной поленицы.

### **Огневое испытание**

Пожарная нагрузка (т. е. потенциальное выделение тепла из состава горения) здания в большой степени зависит от назначения здания, и средние величины устанавливаются для отдельных учреждений, таким же образом, как средняя допустимая нагрузка на перекрытия. Величина пожарной нагрузки может иметь различные значения даже для зданий одной и той же категории 'офисные помещения', в зависимости от того осуществляется ли передача информации на бумаге, или электронным способом. В качестве среднего показательного значения было принято значение пожарной нагрузки, равное 420 МДж/м<sup>2</sup>. Чтобы обеспечить воспроизводимость расчетного пожара, в качестве горючего материала использовалась деревянная поленица, состоящая из древесины и пропиленовых лент. Древесина использовалась вместо целлюлозной массы, а пропилен заменял пластиковый состав мебели. В большинстве испытаний поленица помещалась в центре помещения первого этажа и демонстрировала относительно стабильную скорость горения с тепловыделением, равным 3 мВт.

### **Программа испытаний**

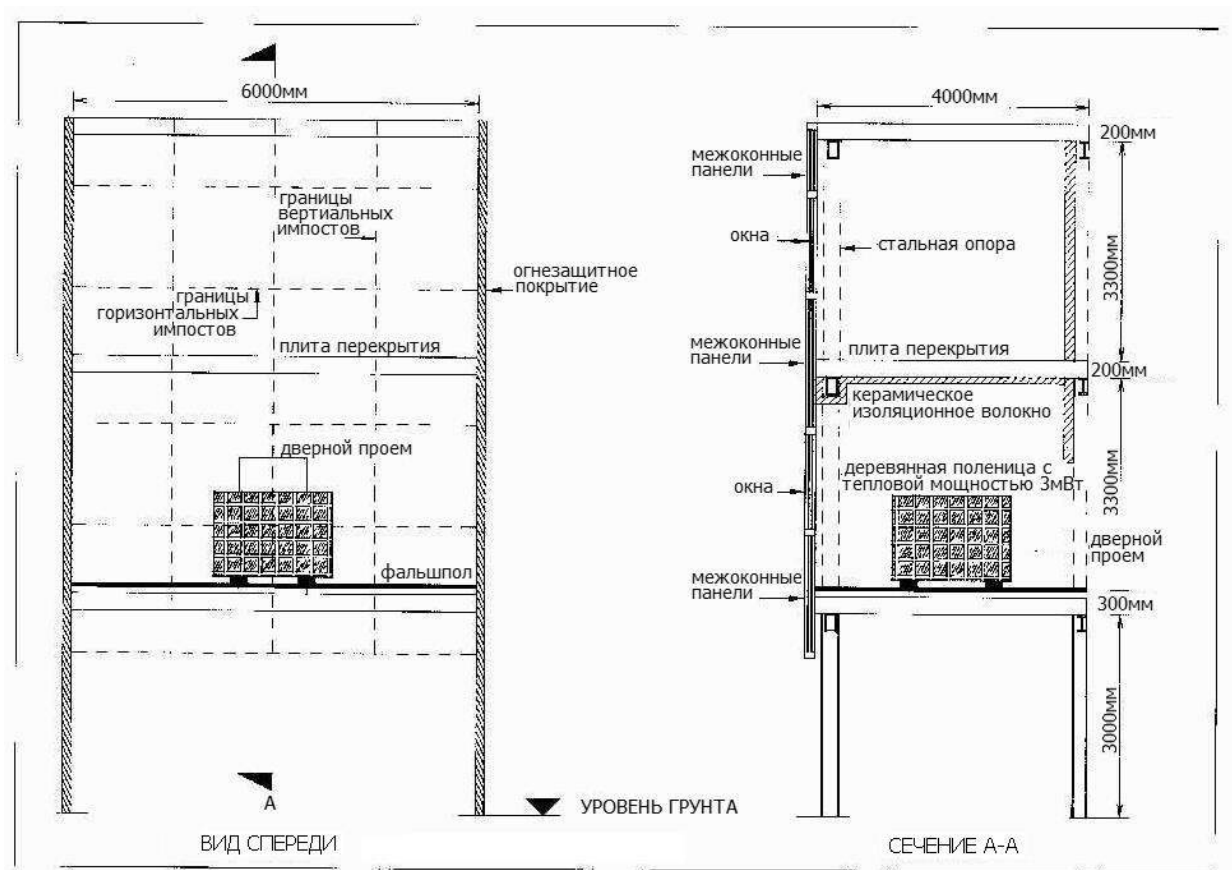
Основной целью при составлении программы испытаний было выделить отдельные виды разрушения, которые были выявлены при первоначальном обзоре прошлых случаев пожаров в многоэтажных зданиях и в стандартной строительной практике. В программу также входила оценка мер по снижению материального ущерба при пожаре, но в условиях, когда пожар достигает значительных масштабов.

### **Контрольно-измерительная аппаратура**

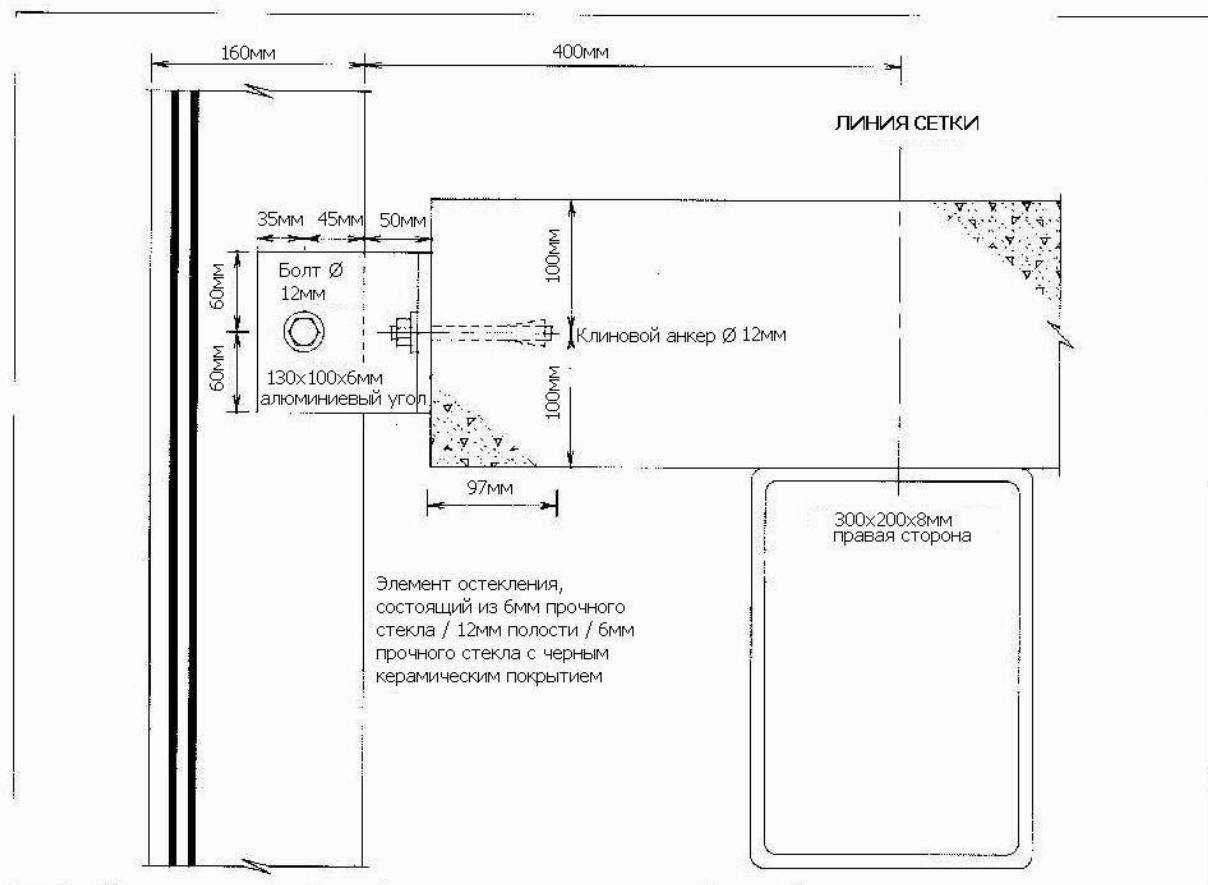
Во всех испытаниях применялся стандартный набор контрольно-измерительных приборов и сбора данных для дальнейшего сравнения различных сценариев. Кроме того, в каждом испытании были установлены дополнительные датчики для измерения отдельных характеристик, заслуживающих более детального рассмотрения. Общий набор данных включал измерение температуры при помощи открытых проволочных термодпар вертикально размещенных с интервалом в 0.5 метра в виде двух деревьев термодпар. Первое дерево термодпар было расположено в зоне факела пламени поленицы, второе находилось в отдаленном от очага пожара углу помещения с целью измерения предельных высоких и предельных низких показателей теплового воздействия. Термодпары фиксировались на горизонтальных и вертикальных импостах, кронштейнах и, по возможности, на элементах остекления, для снятия температурных показателей этих ключевых элементов в течение каждого испытания. Кроме того, использовалась тепловизионная камера для инфракрасной съемки с интервалом, позволявшей оценивать перепады температур по всей поверхности остекления. Для дальнейшей оценки пожара в помещении были измерены потеря массы деревянной поленицы, приток воздуха через открытый дверной проем и уровни давления у поверхности потолка.

Смещение рамной конструкции при пожаре оценивалось как важный фактор, поскольку значительное искажение на уровне плиты перекрытия могло вытеснить противопожарный материал и вызвать нарушение целостности конструкции. Искажение рамной конструкции могло достичь значительной величины, достаточной чтобы вызвать разрушение элементов остекления независимо от реакции самих элементов остекления на пожар. В связи с этим, вертикальное, горизонтальное и боковое смещение центрального вертикального импоста измерялось при помощи датчиков смещения, расположенных удаленно и присоединенных к испытываемому элементу при помощи проводов.

Сбор количественных данных дополнительно производился при помощи видео съемки и индивидуальных наблюдений с целью зафиксировать общие аспекты характера испытаний.



**Рис. 2 Типовое расположение рамной конструкции, фасада и деревянной поленицы**



**Рис. 3 (а) Вертикальный импост/соединение с плитой перекрытия в разрезе**

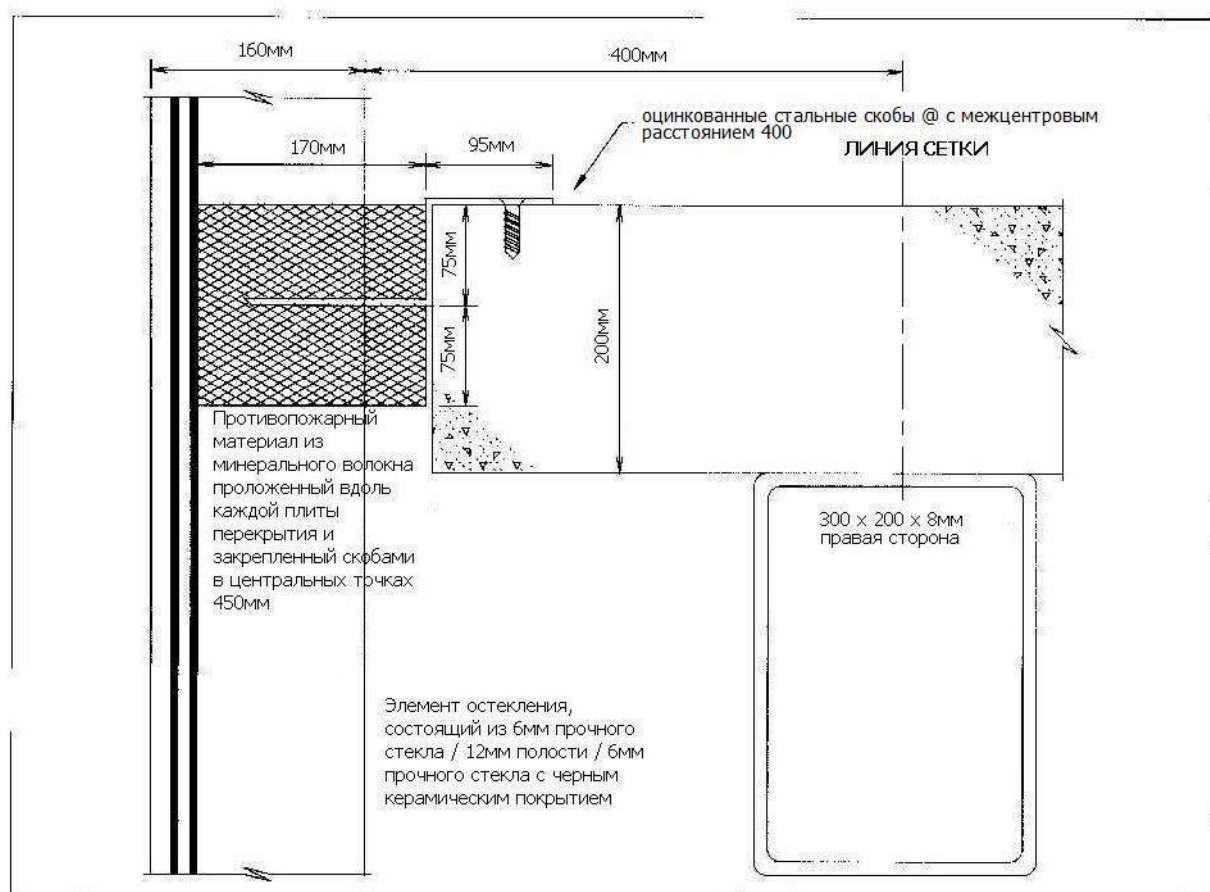


Рис. 3 (b) Противопожарный материал и закрепляющая скоба в разрезе

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА

Полученные результаты испытаний обобщаются и подвергаются сравнительной оценке с учетом того, что при испытании навесной фасад рассматривается как общая система, не предназначенная для оценки абсолютной огнестойкости какого-либо отдельного элемента конструкции. В конце каждого раздела приведен пункт, в котором обсуждается значимость результатов испытания в контексте оценки максимальных убытков.

### Испытание 1 - 6: Конфигурация поленицы

В ходе испытаний 1 - 6 в испытательной установке сооружались и сжигались поленицы различного калибра, и фиксировалась потеря массы для выявления стабильного пикового режима тепловыделения. Была выбрана реалистичная и воспроизводимая конфигурация с мощностью выделения тепла, равной 3 мВт, при относительно постоянном горении по прошествии первых 8-ми минут испытания. Это определило параметры источника тепла, которые использовались на протяжении всей программы испытаний.

### Испытания 7 и 8: Испытание рамной конструкции

#### Оборудование

Основной целью испытаний 7 и 8 было дать оценку работы рамных систем. Для этой цели использовалась стандартная рамная система, состоящая из соединенных между собой штампованных алюминиевых горизонтальных импостов и вертикальных импостов, которая была закреплена на уровне плиты перекрытия при помощи болтовых соединений. Вместо стеклянных панелей для облицовки рамной конструкции использовались огнестойкие плиты, прикрепленные к стене при помощи стальных кронштейнов, вместо алюминиевых, чтобы исключить роль случайных факторов в механизме разрушения. Поскольку плотность плит ниже плотности стекла, рамная конструкция была дополнительно нагружена до эквивалентной массы. Две сравниваемые системы рамных конструкций представляли собой легковесную систему с толщиной вертикального и горизонтального импостов 105 мм, и тяжелую систему с толщиной импостов 170 мм. Система была закреплена у основания каждого вертикального импоста при помощи кронштейнов. Для верхнего края вертикального импоста был предусмотрен зазор величиной 6 мм, обеспечивавший стандартное тепловое расширение. Детали соединения и противопожарный материал показаны на рис. 3 (a) и (b).

### Наблюдения и результаты

Температуры в зоне факела горения поленицы в испытаниях 7 и 8 (рис. 4 и 5 соответственно) демонстрировали схожее развитие горения поленицы. Быстрый начальный рост пожара был обеспечен источником зажигания с применением гептана. В течение первых 4,5 минут была достигнута максимальная температура, приблизительно равная 800 °С. Затем последовал спад температуры в некоторых термопарах, обусловленный снижением дымового слоя, который препятствовал горению в верхних уровнях поленицы. Приблизительно на 8-10 минуте пламя вырывалось через дверной проем в задней стене испытательной установки, поскольку температура в горячем слое достигла достаточно высокого уровня, чтобы вызвать воспламенение летучих веществ. Более устойчивое горение поленицы вызвало постепенное повышение температуры до 800 - 1000 °С. В обоих испытаниях разрушение произошло вследствие смещения облицовочных панелей, позволившее пламени проникнуть через образовавшееся отверстие. Разрушение тяжелой рамной конструкции произошло приблизительно на 28 минуте, легкая рамная конструкция разрушилась на 23 минуте. Причиной разрушения послужило скорее снижение температуры в помещении, чем усиление интенсивности горения, поскольку на данном этапе пожар был в процессе затухания, не регулировался вентиляцией и не имел доступа кислорода.

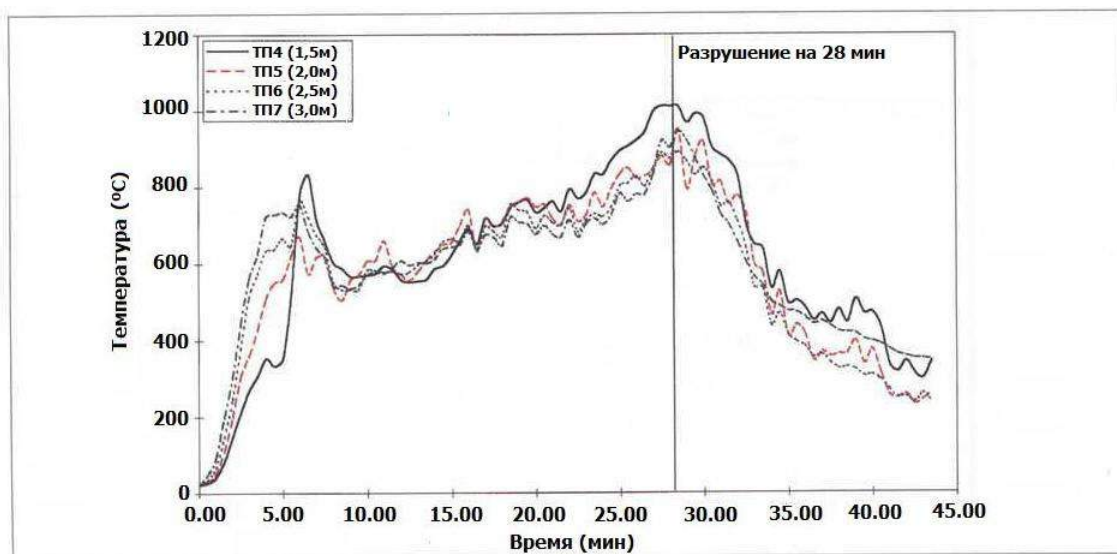


Рис. 4 Кривые термопар, расположенных в зоне факела пламени поленицы (испытание №7)

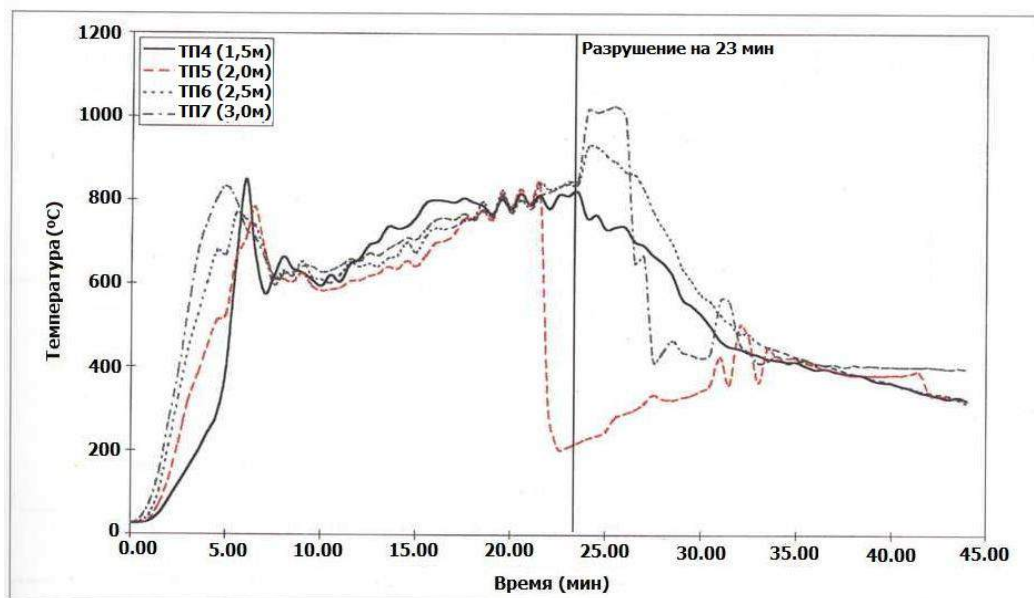
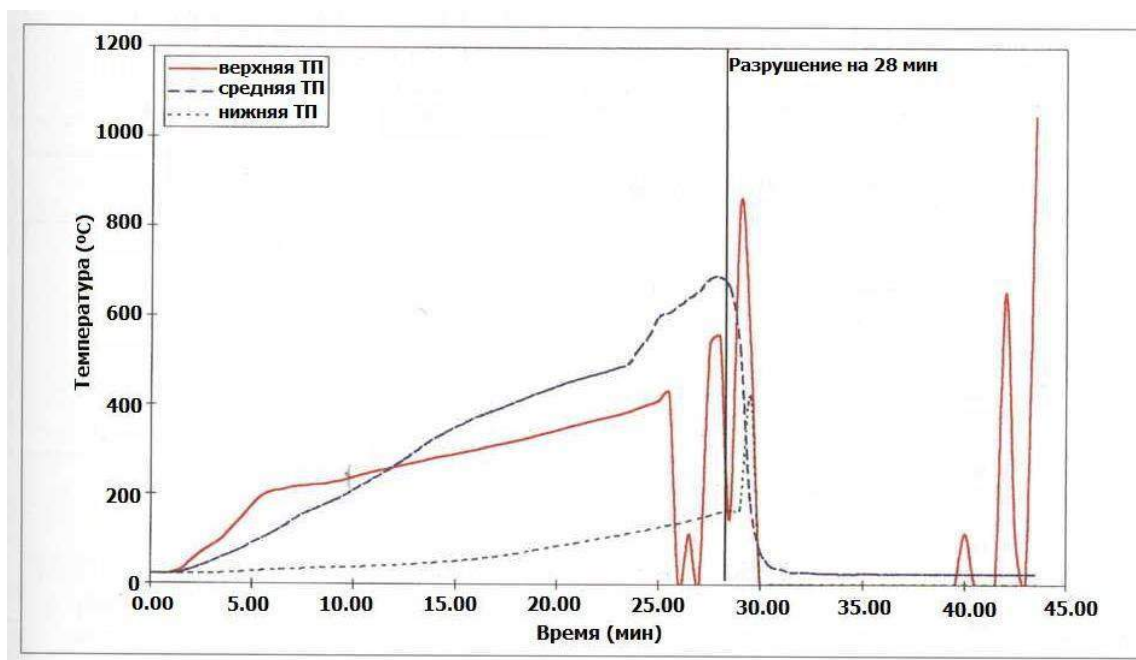


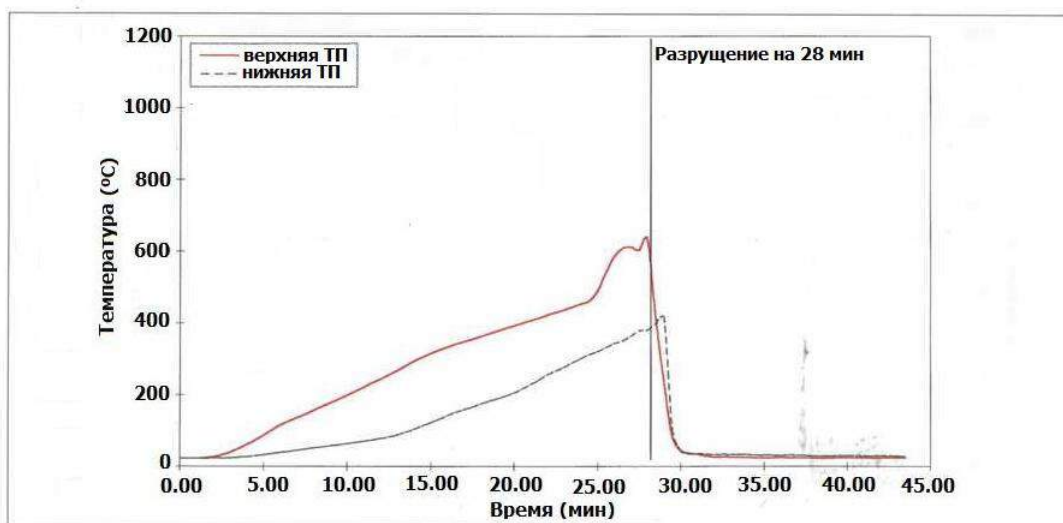
Рис. 5 Кривые термопар, расположенных в зоне факела пламени поленицы (испытание №8)

В ходе наблюдений за температурой вертикальных и горизонтальных импостов (рис. 6-9) было отмечено, что температура и тех и других постепенно поднималась до максимального значения, приблизительно равного 600 °С, прежде чем произошло разрушение. Алюминиевый сплав, из которого была изготовлена конструкция, теряет 50% прочности, при температуре 200 °С, 100% прочности при температуре, превышающей 350 °С, и плавится при температуре 550-660 °С. Облицовочные панели сместились по причине распада секций рамной конструкции, что оценивалось как разрушение рамной конструкции. Тяжелая конструкция показала незначительное разрушение.

тельное преимущество в 5 минут до разрушения, несмотря на то, что назначение более прочной конструкции заключается в том, чтобы улучшить сопротивление ветровым воздействиям. Следует отметить, что рамная конструкция продолжала удерживать облицовочные панели при температурах выше половинной и нулевой прочности алюминиевого сплава, вплоть до полного разрушения.

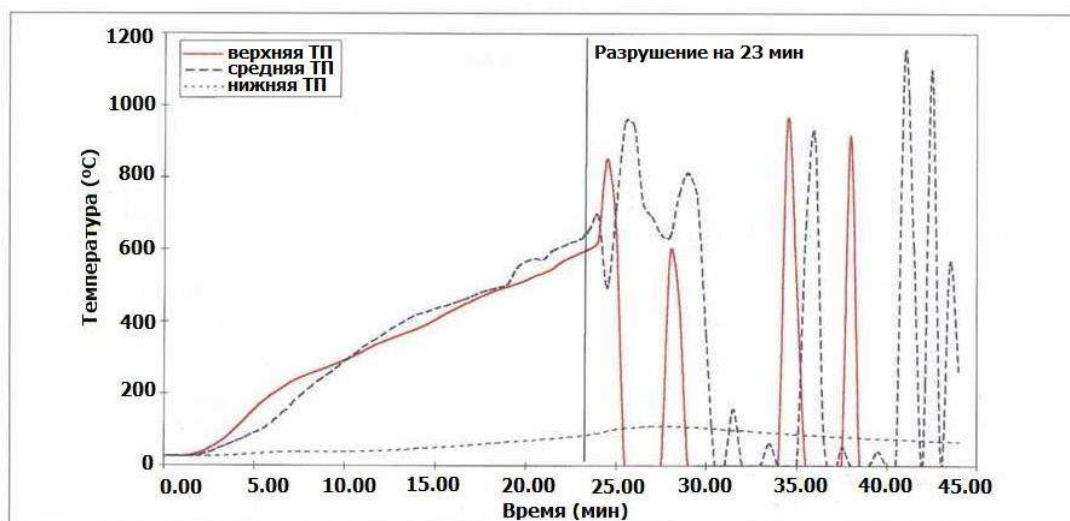


**Рис. 6 Кривые термопар вертикального импоста (испытание №7)**

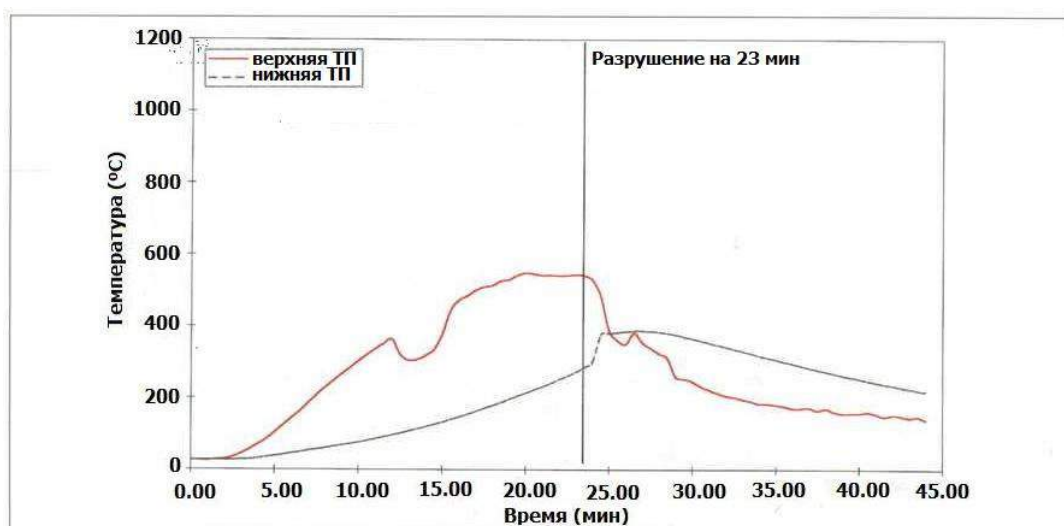


**Рис. 7 Кривые термопар горизонтального импоста (испытание №7)**



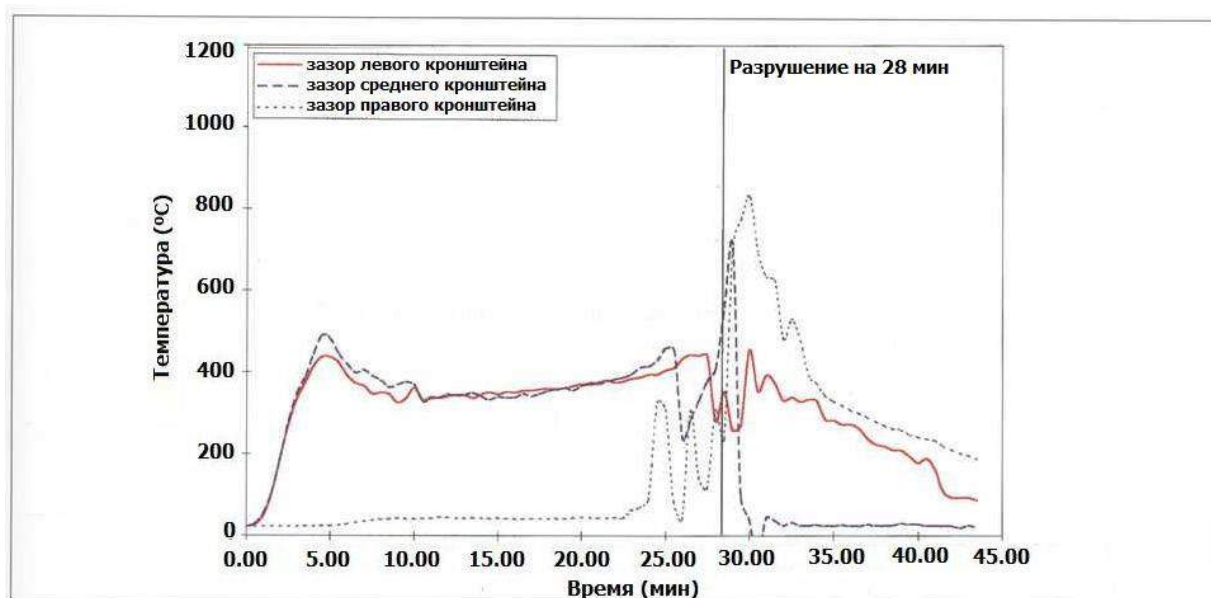


**Рис. 8 Кривые термопар вертикального импоста (испытание №8)**

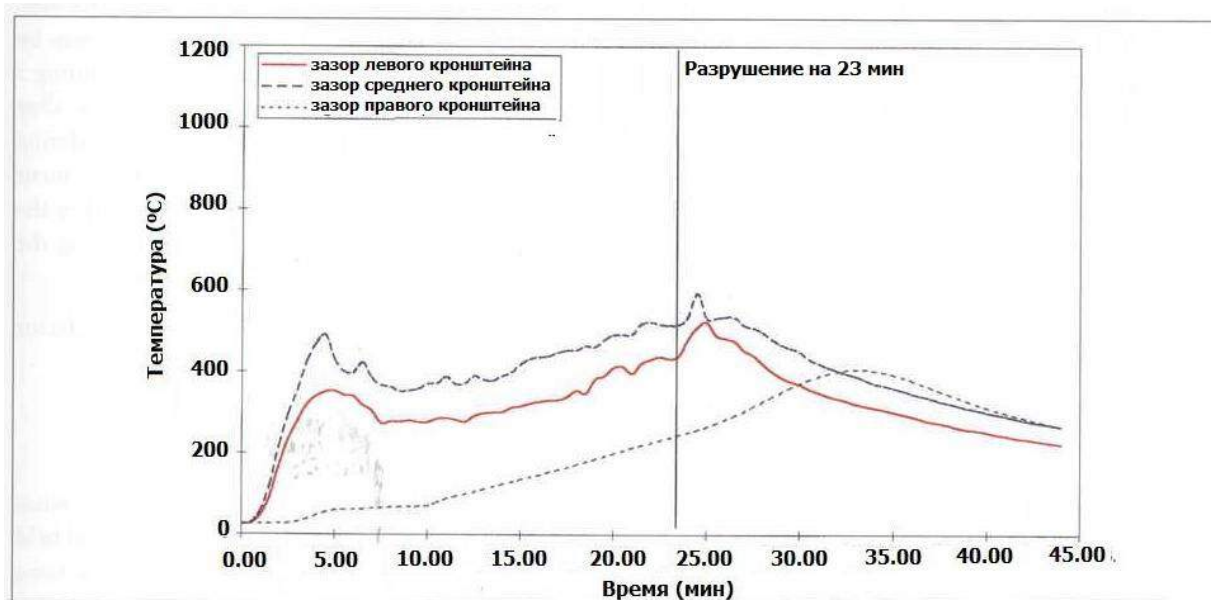


**Рис. 9 Кривые термопар горизонтального импоста (испытание №8)**

На рис. 10 и 11 соответственно изображены температурные показатели, зафиксированные в зазорах размером 30 мм х 30 мм, расположенных с задней стороны вертикальных импостов, на стыках с кронштейнами, соединяющими навесной фасад с основной конструкцией. Наблюдалась высокая интенсивность роста температур: температурные показатели, достигали около 500 °С в течение приблизительно 3.5 минут. Воспламеняющиеся пластины, размещенные прямо над зазорами, были уничтожены пожаром в течение испытаний, что свидетельствует о том, что возгорание горючих материалов на верхнем этаже могло возникнуть гораздо раньше разрушения рамной конструкции и, следовательно, указывает на потенциально серьезную слабость системы конструкции. Более низкая температура, наблюдаемая в зазоре правого кронштейна, указывает на правильную установку минерального волокна.



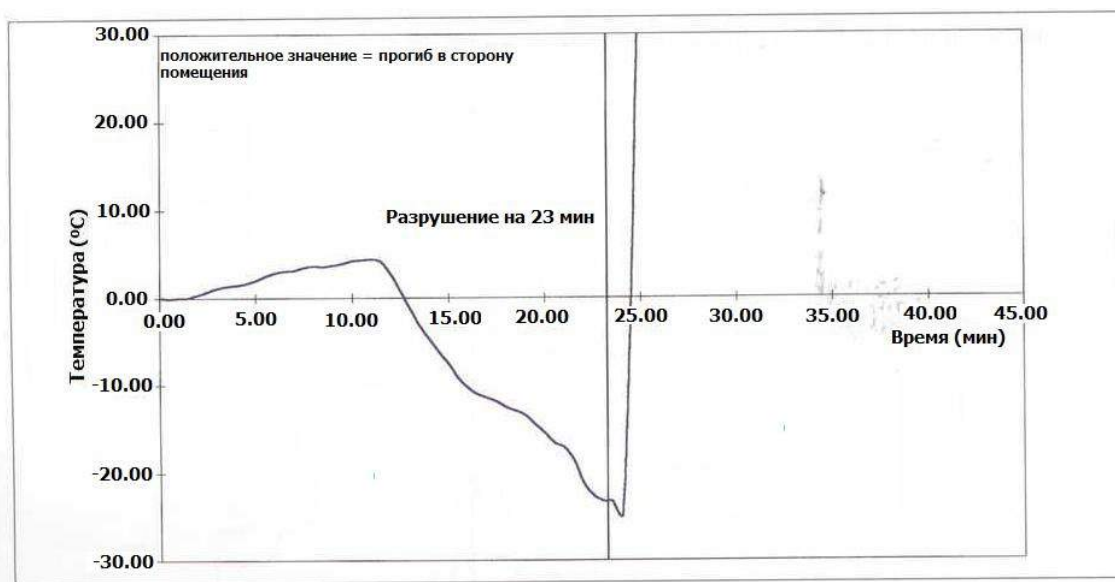
**Рис. 10 Кривые термодатчиков, расположенных в зазорах кронштейнов (испытание №7)**



**Рис. 11 Кривые термодатчиков, расположенных в зазорах кронштейнов (испытание №8)**

Смещение центрального вертикального импоста по средней высоте перпендикулярно плоскости фасада в испытании 8 графически представлено на рис. 12 (измерение смещения в испытании №7 произвести не удалось). Отчетливо наблюдались две поведенческие фазы. Сначала вертикальный импост прогнулся на 5 мм по направлению к очагу пожара под воздействием температурного градиента, образовавшегося в толщине секции. Это явление называется «свободный изгиб» и часто наблюдается в стеновых панелях, состоящих из различных строительных материалов (таких как, бетон, каменная кладка) во время испытаний на огнестойкость. Однако на 10 минуте произошло резкое изменение направления смещения в противоположную сторону, перешедшее в устойчивый изгиб по направлению от очага пожара до 25 мм. Факторами, повлиявшими на такое поведение, могли быть постепенное выравнивание температурного градиента по толщине вертикального импоста, смещение центра действия в секции, вызванное снижением прочности материалов и защемление шва расширения системы рамной конструкции, вызвавшее принудительный, но не свободный изгиб. Не исключена так же вероятность экспериментальной ошибки в фиксировании обратного смещения, вызванной температурным расширением провода, соединявшего вертикальный импост с датчиком смещения.





**Рис. 12 Кривая смещения центра вертикального импоста (испытание №8)**

### **Обсуждение**

Основная часть рамных конструкций для навесных фасадных систем производится из алюминиевых сплавов. Их относительно низкая плотность обеспечивает простоту монтажа и позволяет снизить вес, налагаемый на конструкцию здания. С одной стороны, удобообрабатываемость этих материалов при высоких температурах позволяет получать сложные крестообразные конструкции, но с другой стороны, она проявляется как свойство низкой прочности этих материалов при пожаре. Температуры, достигаемые в течение пожара в помещении, были достаточно высокими, чтобы вызвать значительную деформацию и разрушение элементов из алюминиевых сплавов, что потребовало замены рамной конструкции. Несмотря на использование огнестойких панелей, вместо элементов остекления, разрушение рамной конструкции произошло в течение получаса, открыв путь для распространения огня на вышерасположенный этаж. Однако этого времени оказалось достаточно, чтобы ослабить пожарную нагрузку в помещении, сократив разрушающую силу факела пламени, вырвавшегося за пределы помещения, и, таким образом, снизив вероятность вертикального распространения огня.

Простота замены отдельных панелей навесных фасадов с учетом всей системы должна быть предусмотрена на этапе проектирования.

## **Испытание 9: Испытание кронштейнов**

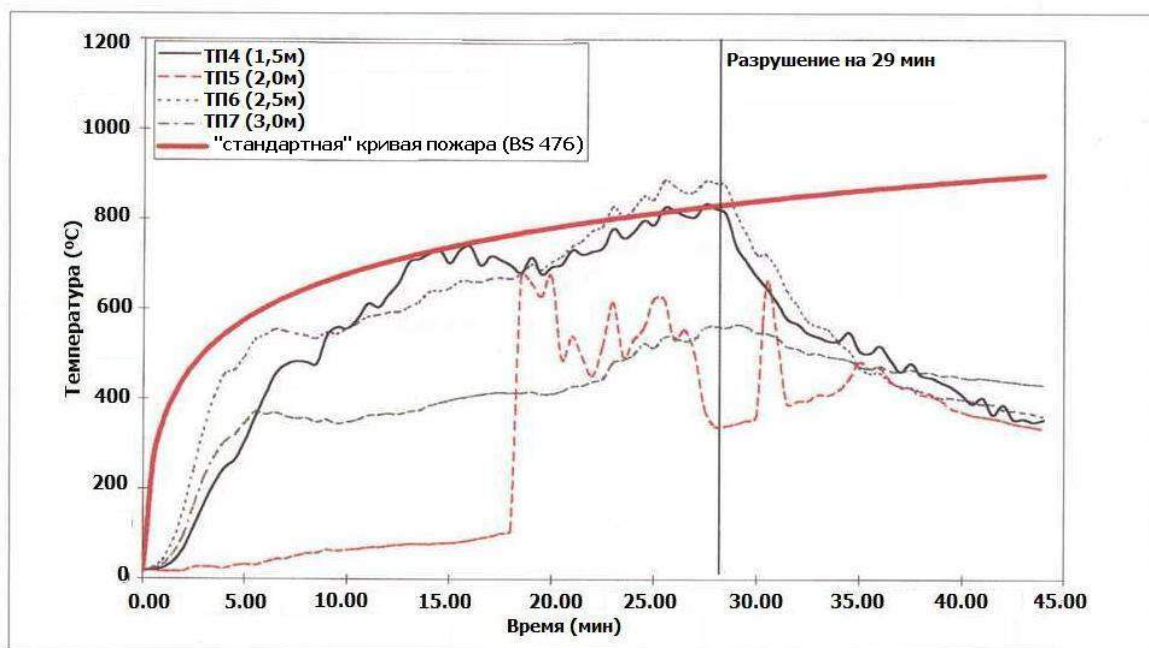
### **Оборудование**

Уникальность данного исследования состояла в том, что его главной целью было испытание при пожаре эксплуатационных характеристик кронштейнов из алюминиевого сплава, используемых для крепления навесных фасадных систем. Помещение было облицовано огнестойкими панелями Supalux, закрепленными при помощи стальных распорных креплений (облицовочная рамная конструкция не использовалась), чтобы создать огнестойкий экран и те же условия для развития пожара поленицы, как при предыдущих испытаниях. Испытываемые кронштейны соединялись с распорными креплениями, на которые крепился вес, равный 135 кг (приблизительный вес, удерживаемый каждым кронштейном в системе конструкции с полным остеклением). В зазоре между плитой перекрытия и фасадом было установлено противопожарный материал толщиной 150 мм и 100 мм. Более плотный слой материала использовался для изоляции всего кронштейна, более тонкий – для частичной изоляции кронштейна.

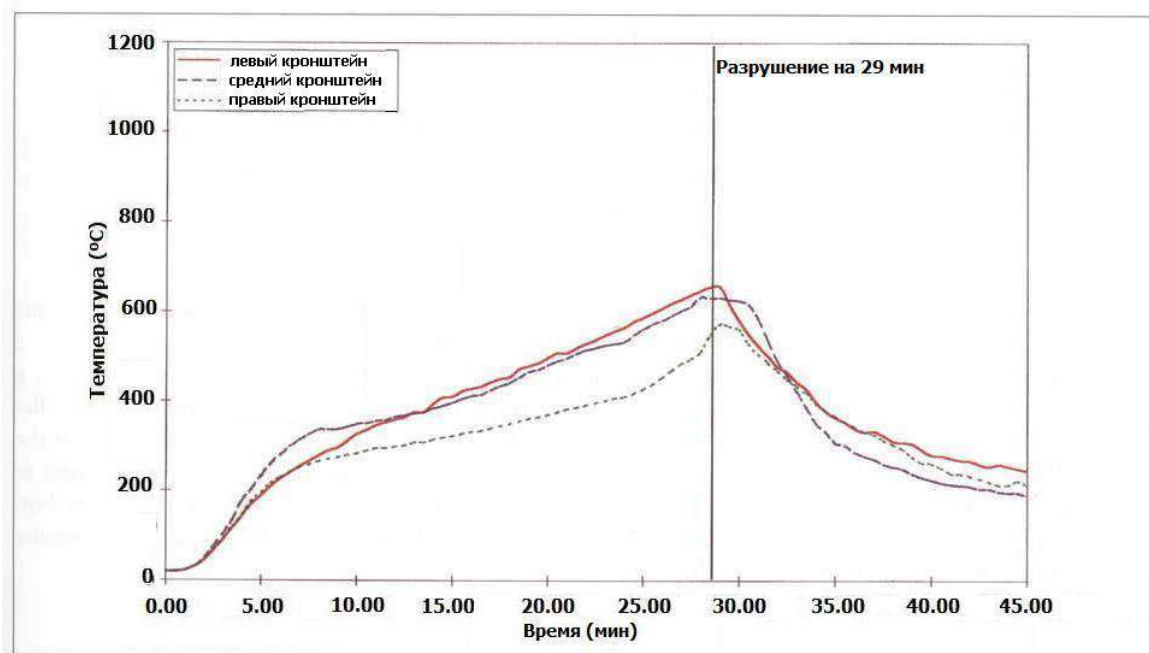
### **Наблюдения и результаты**

Рост температуры горения поленицы был практически таким же, как в предыдущих испытаниях. На рис. 13 для сравнения приведены кривые температур горения и «стандартная» кривая пожара. Кривые демонстрируют схожий рост температур до 30 минуты и последующее расхождение, где «стандартная» кривая продолжает расти, в то время как огнестойкие панели на уровне потолка разрушились и дали выход пожару. Температурные показатели кронштейнов и зазоров между кронштейнами и конструкцией (рис. 14 и 15) были аналогичны показателям предыдущих испытаний. Они демонстрировали первоначальный стремительный рост температур приблизительно до 250 °С в кронштейне и до 500 °С в зазоре между кронштейном и конструкцией, и последующее повышение температуры до общего максимального значения, приблизительно равного 700 °С. Датчики смещения, предназначенные для измерения деформации кронштейнов под воздействием нагрузок (рис. 16), зафиксировали небольшое движение вверх, вследствие осевого расширения распорных креплений, и последующее движение вниз, вследствие направленной вниз деформации кронштейнов под воздействием нагрузки в условиях повышенной температуры, достигавшей 400 °С. Анализ угловых кронштейнов, проведенный

после испытаний, выявил их значительную деформацию и в некоторых случаях разрушение вырывающим усилием, тем не менее, благодаря путям альтернативных нагрузок, разрушения в удерживающей конструкции не произошло.



**Рис. 13 Кривые термодатчиков, расположенных в зоне факела пламени поленицы (испытание №9)**



**Рис. 14 Кривые термодатчиков, установленных на кронштейнах (испытание №9)**

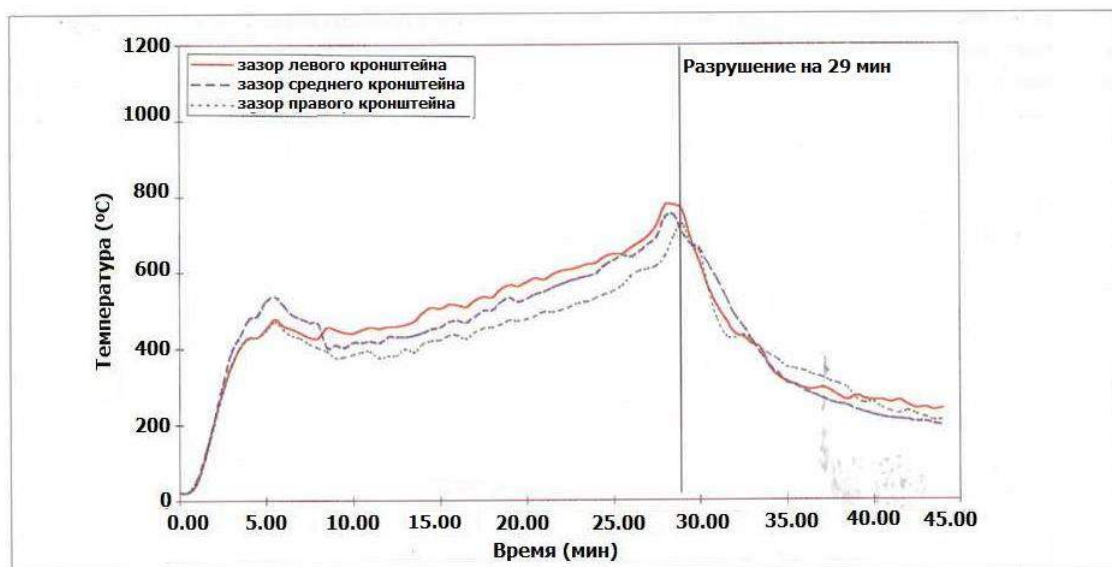


Рис. 15 Кривые термопар, расположенных в зазорах кронштейнов (испытание №9)

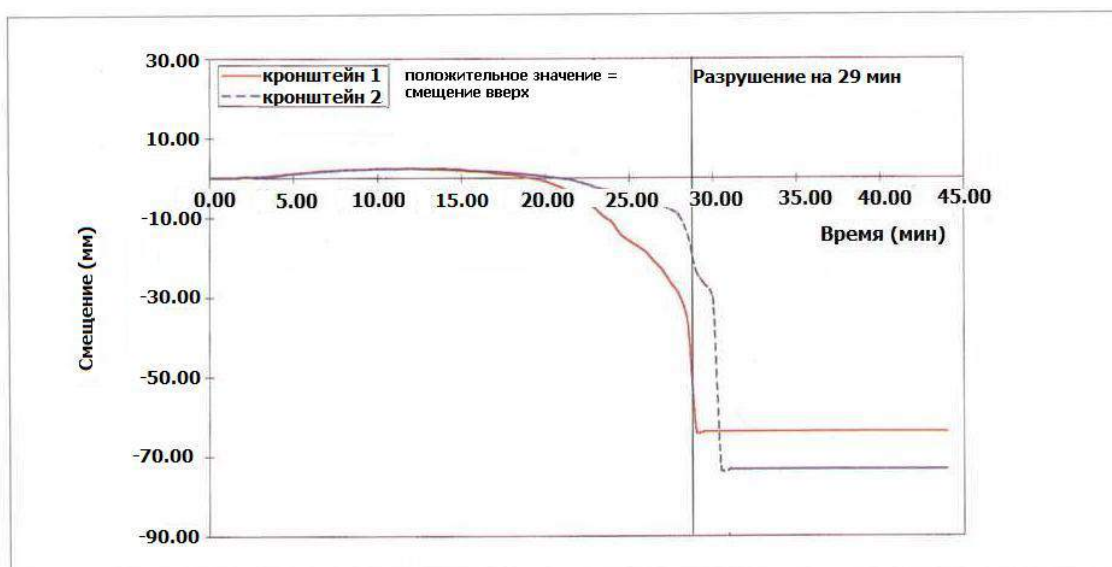


Рис. 16 Осевое смещение центральной части конструкции с распорными креплениями (испытание №9)

### Обсуждение

Форма установочных кронштейнов, используемых для крепления фасадов, практически не подлежит техническому контролю или сертификации, поскольку эти элементы часто поставляются отдельно от навесных фасадных систем. В то же время, они являются ключевыми элементами в цепи нагрузки, соединяющей фасадную систему с сооружением. Это имеет особенное значение, когда на кронштейны возлагается нагрузка облицовочных систем нескольких этажей. В настоящих испытаниях кронштейны состояли из алюминиевых листовых реек, сваренных по внутреннему и наружному углу в угловой профиль. Нарушение соединений в некоторых сварных швах, сопровождаемое трещинами и разрывами, указывало на неудовлетворительную работу кронштейнов в условиях пожара. Деформация и даже разрушение углов не привели к катастрофическим последствиям и, тем не менее, представляется разумным рассматривать способы регулирования спецификации соединительных кронштейнов, чтобы убедиться, что они не являются слабым звеном в навесной фасадной системе.

### Испытания 10 и 11: Испытания остекленного навесного фасада

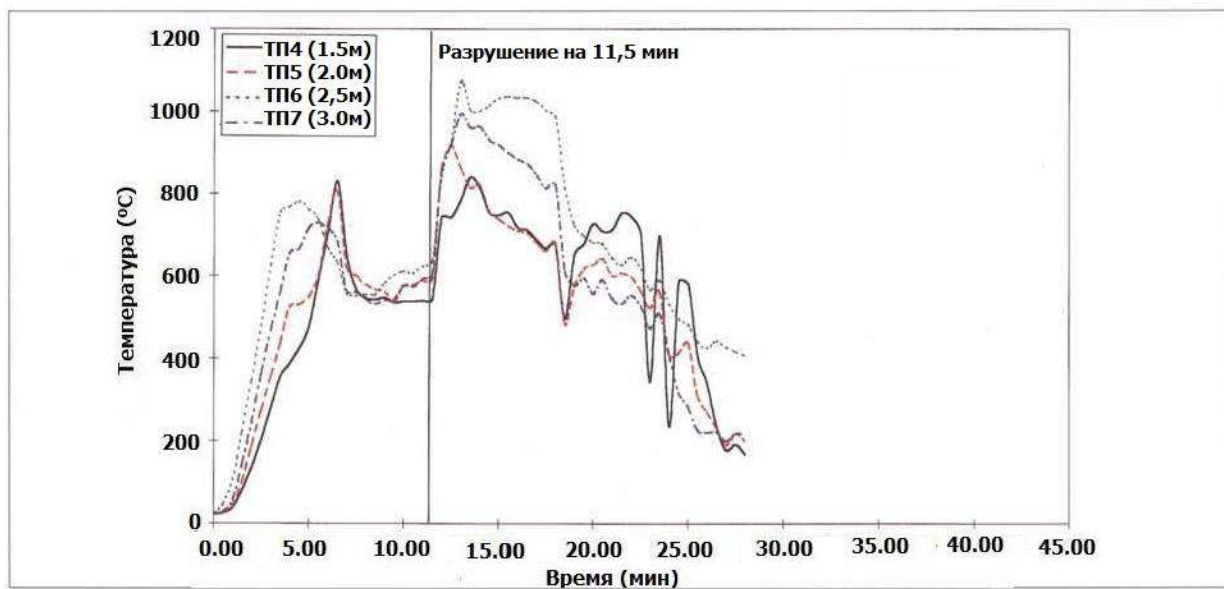
#### Оборудование

Задачей данных испытаний было сравнить поведение полностью остекленных тяжелых рамных конструкций и легких рамных конструкций в условиях пожара поленицы. Оборудование было задумано таким образом, чтобы повторить испытания 7 и 8 соответственно, но на этот раз с использованием остекленного заполнения навесных фасадных систем, вместо огнестойких панелей. Было использовано два типа панелей. Прозрачные

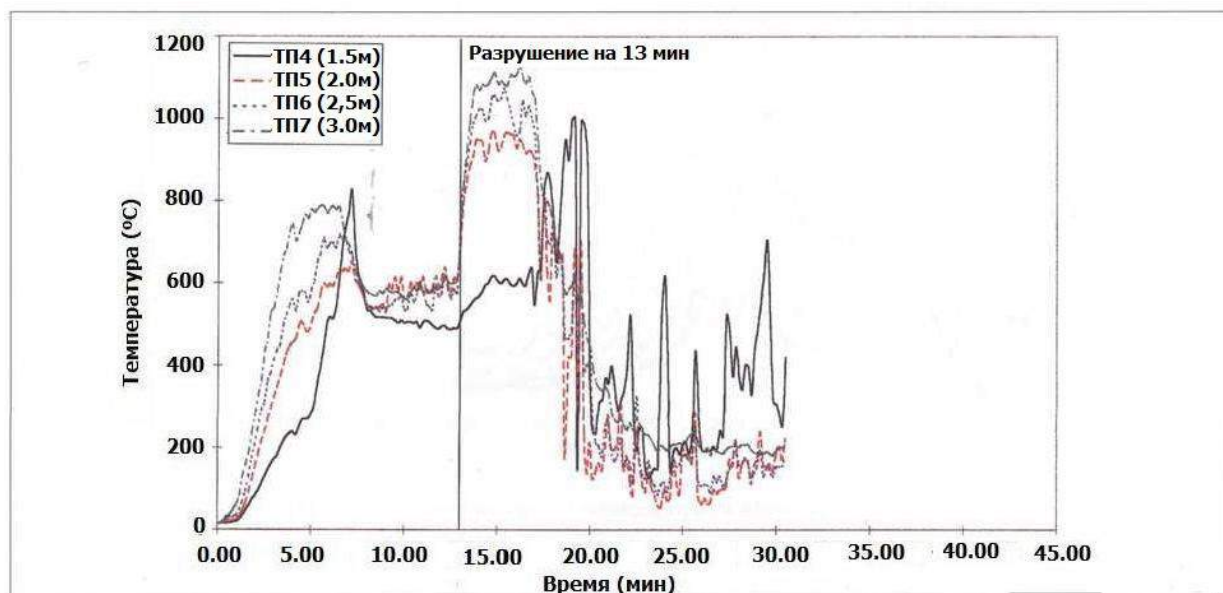
панели состояли из двух листов стандартного полированного стекла толщиной 6 мм с промежуточным расстоянием 12 мм. Межоконные панели в соединениях между этажами состояли из двух слоев листового упрочненного стекла толщиной 6 мм с промежуточным расстоянием 12 мм. Фрагмент противопожарного материала показан на рис. 3 (b). Температура поверхности стекла отслеживалась при помощи датчика теплового потока Гардона, установленного на расстоянии 0.5 м со стороны необогреваемой поверхности, для измерения количества теплового излучения, проходившего через стекло.

### **Наблюдения и результаты**

В обоих случаях рост пожара поленицы протекал аналогично испытаниям, в которых рамные конструкции были облицованы огнеупорными панелями. На рис. 17 и 18 показаны скачок в росте температур (0 - 6 мин), в момент, когда огонь полностью охватил поленицу и последующий резкий спад температур, в момент, когда слой дыма опустился ниже верхней части поленицы. Период стабильной высокой температуры (на протяжении 7 - 11.5 мин удерживалась температура приблизительно 600 °С) продолжался до первого разрушения. В обоих случаях разрушение элементов остекления привело к стремительному росту температур, превышавших 1000 °С, до тех пор, пока не разрушилось достаточное количество элементов остекления, после чего пожар перешел в стадию регулируемого топливом пожара. Противопожарная защита внутренней облицовки помещения и наличие единственного источника возгорания означали, что воспламенение могло быть ограничено дымовым слоем, что в результате привело к значительным расхождениям показателей отдаленно расположенных термопар на высоте между 1.0 м и 1.5 м с разностью температур в приблизительно 350 °С. Разрушение стекла и последующее повреждение противопожарного материала, распложенного между этажами, произошло на 11.5 и 13 минуте в испытаниях с тяжелой рамной конструкцией и легкой рамной конструкцией соответственно. Интервал между этими двумя временными показателями не выходит за рамки воспроизводимости испытаний и подтверждает, что разрушение остекления было скорее связано с тепловой реакцией, нежели с прочностью окружающей рамной конструкции.



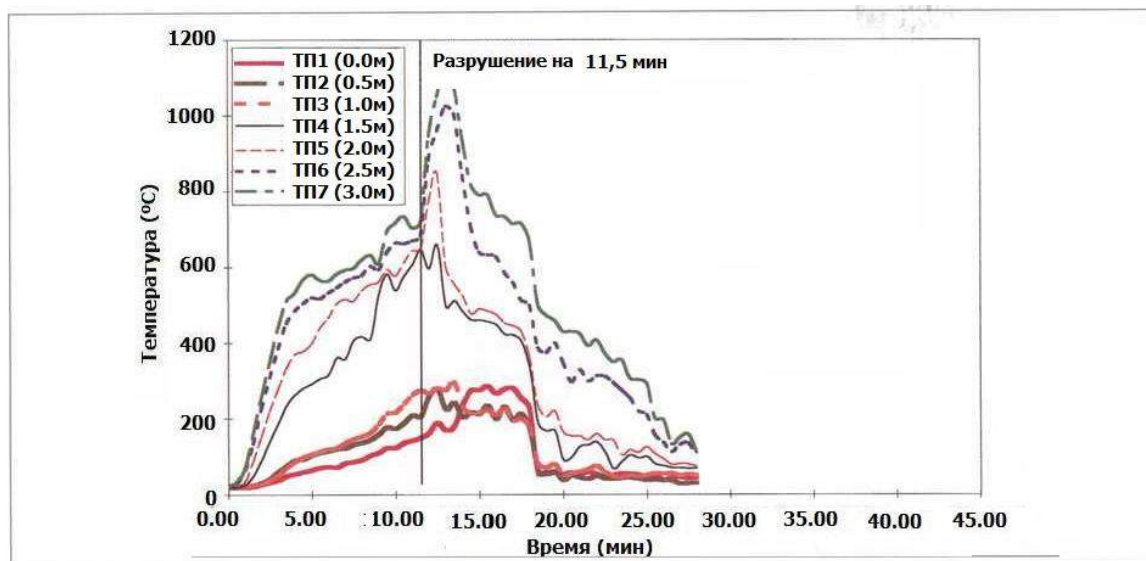
**Рис. 17 Кривые термопар, расположенных в зоне факела пламени поленицы (испытание №10)**



**Рис. 18 Кривые термодатчиков, расположенных в зоне факела пламени поленицы (испытание №11)**

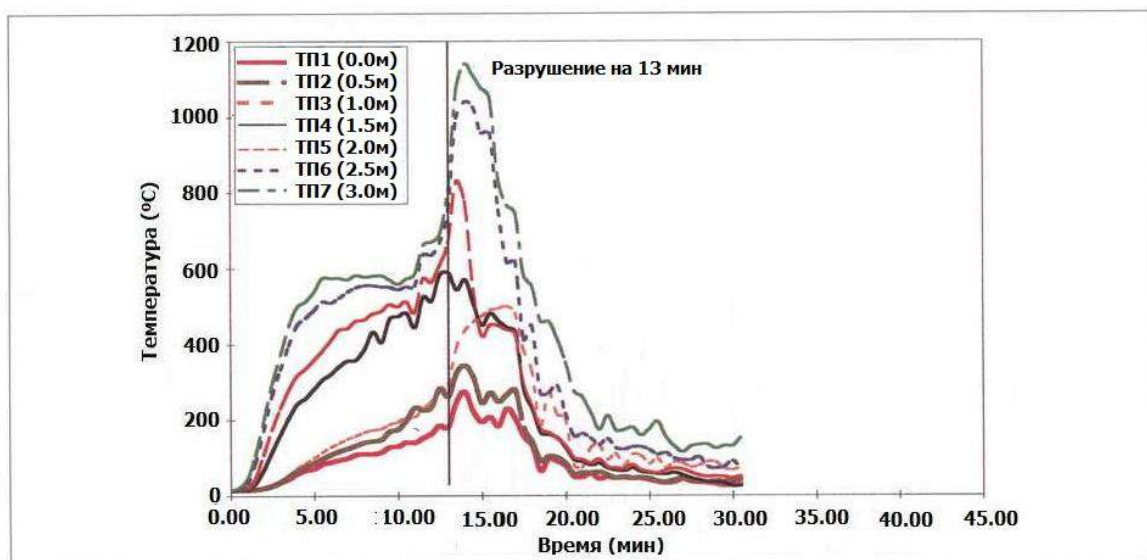
Термодатчики, расположенные удаленно от зоны факела пламени поленицы (рис. 19 и 20) фиксировали первоначальный быстрый рост температур, за которым не последовало спада, зафиксированного термодатчиками, расположенными в зоне факела пламени, что указывает на то, что спад был местным явлением, связанным с горением поленицы, и не распространялся на все помещение. Вместо этого температурные показатели удаленно расположенных термодатчиков либо оставались прежними, либо постепенно возрастали до момента разрушения.

Последующие максимальные температурные значения, сопровождавшие внезапный приток кислорода, были даже более резко выраженными, чем показатели термодатчиков, расположенных в зоне горения, и моментально достигали до 1150°C. Схемы разрушения в обоих случаях были сходны и демонстрировали тенденцию к вспыхиванию пожара с левой стороны испытательной установки, если находится лицом к фасаду. Это было обусловлено небольшой разницей в вентиляции в лаборатории, в которой проводились испытания. Существенных различий во времени разрушения прозрачного полированного стекла и непрозрачных межоконных панелей не наблюдалось, несмотря на то, что последние, находясь в близости от уровня потолка, подвергались более сильному тепловому воздействию. Листовое полированное стекло разрушалось по нескольким отчетливым трещинам, образующим структуру острых углов в оконных стеклах. В то время как упрочненное стекло разрушалось вдоль одной трещины, разветвлявшейся на мелкие трещины по всему оконному стеклу.



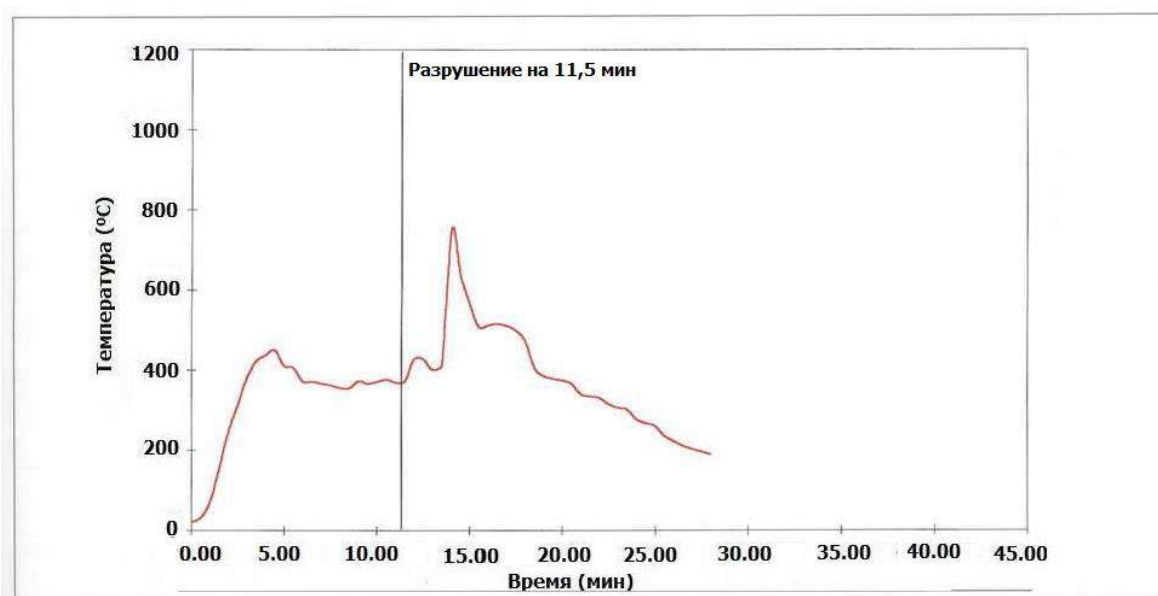
**Рис. 19 Кривые термодатчиков, расположенных удаленно от факела пламени (испытание №10)**



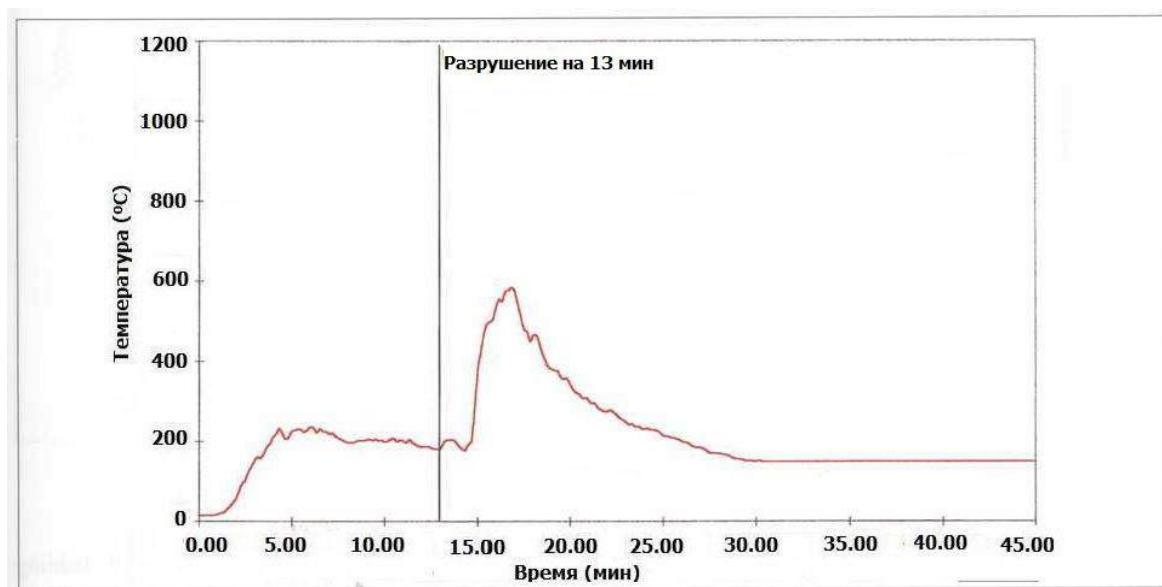


**Рис. 20 Кривые термопар расположенных удаленно от факела пламени (испытание №11)**

Уровень максимальных температур, достигнутый в помещении в обоих испытаниях, отразился на данных термопар, расположенных в зазорах кронштейнов (рис. 21 и 22), которые зафиксировали практически ступенчатое возрастание температур до значений между 600 °С и 800 °С, что говорит о вероятной опасности распространения пожара через зазоры в противопожарном материале.

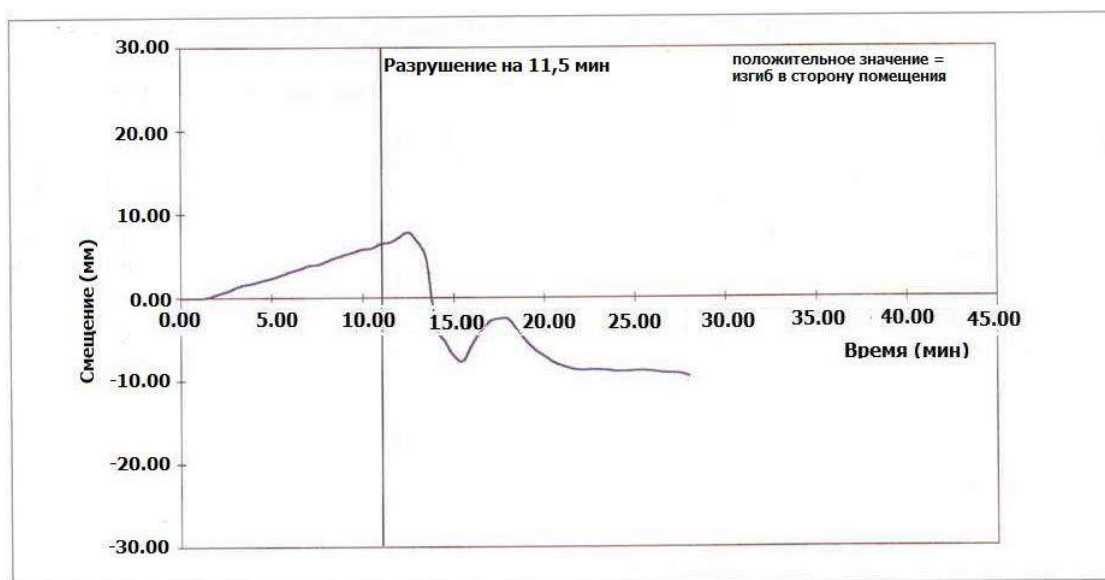


**Рис. 21 Кривая термопары, расположенной в зазоре кронштейна (испытание №10)**

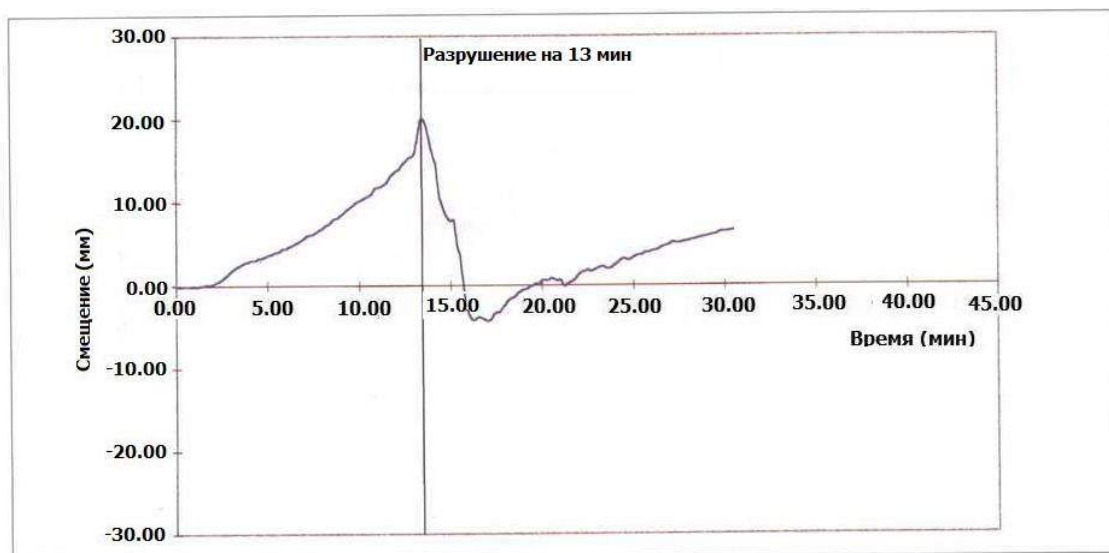


**Рис. 22 Кривая термопары, расположенной в зазоре кронштейна (испытание №11)**

Шкала смещений вертикальных импостов была различной в испытаниях 10 и 11 (рис. 23 и 24), но сам характер смещения был схож и в некоторой степени связан с результатами испытания 8. Первоначальное нагревание внутренней поверхности вертикальных импостов вызвало образование температурного градиента в глубине секции. Образовавшееся неравномерное расширение было приведено в соответствие прогибом элемента в сторону очага пожара. После разрушения направление смещения сменилось быстрым сокращением прогиба, а затем явным прогибом в обратную сторону от очага пожара. Такое поведение объясняется снижением градиента температур в секции, в период времени, когда нагревание становилось более равномерным. Не исключено, что выходные данные датчика смещения могли быть искажены из-за термического расширения соединительного провода. Максимальное смещение тяжелого вертикального импоста было менее значительным, чем смещение легкой секции, что объясняется его большей конструктивной глубиной. Датчики теплового потока фиксировали только номинальную передачу излучаемого тепла ( $<5 \text{ кВт/кв.м.}$ ) через неповрежденные стеклянные панели, однако после разрушения панелей уровни показателей датчиков достигали  $50 \text{ кВт/кв.м.}$



**Рис. 23 Кривая смещения центра вертикального импоста (испытание №10)**

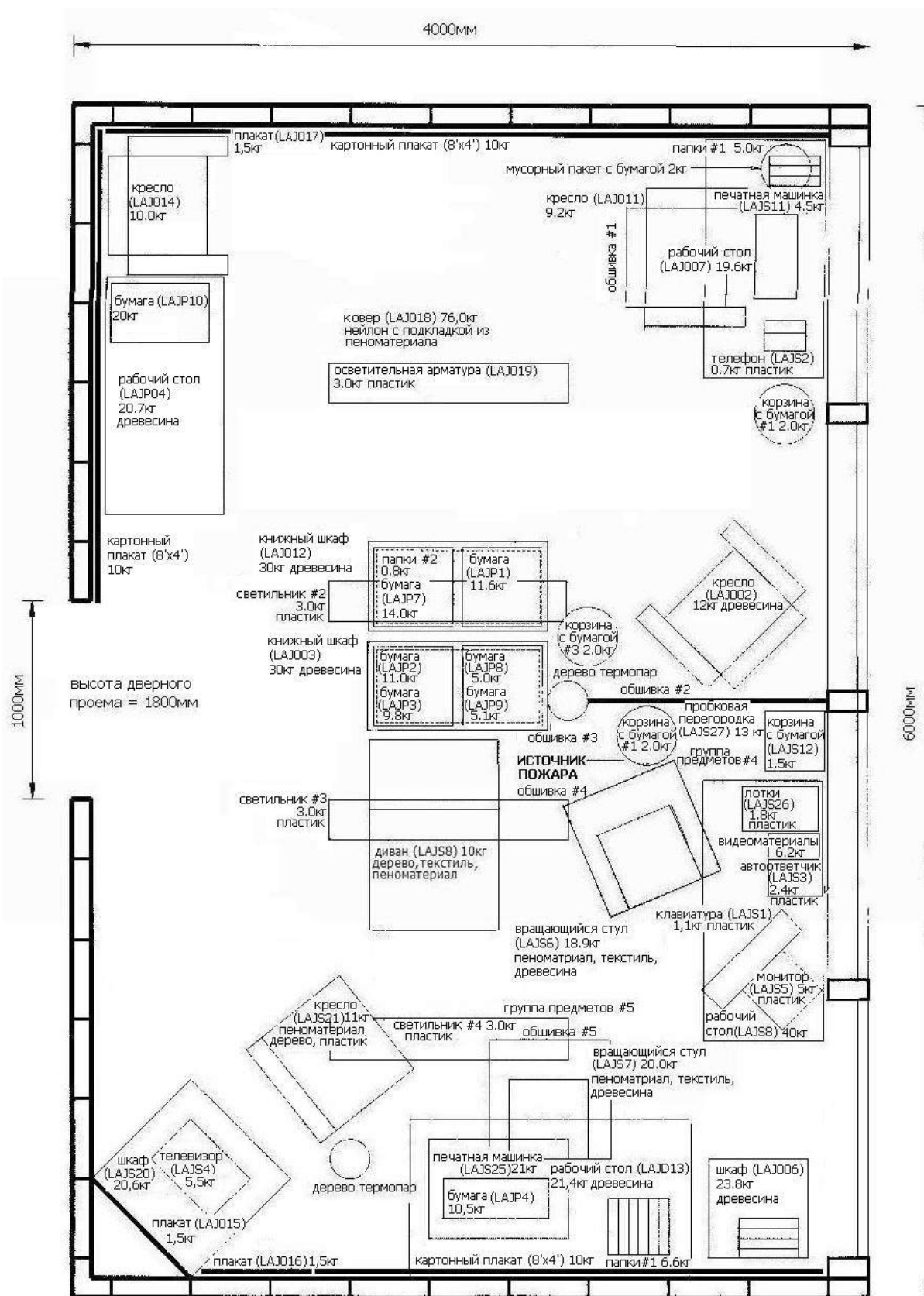


**Рис. 24 Кривая смещения центра вертикального импоста (испытание №11)**

### **Обсуждение**

Испытания 10 и 11 были наиболее приближены к случаю с многоэтажными зданиями, оснащенными навесными фасадными системами из неогнестойкого стекла без спринклерной защиты. Такие фасады составляют значительную часть здания данной категории. Соответственно показатели времени до разрушения и катастрофические последствия разрушения, вызывают серьезную тревогу. Задача усложняется, когда во время развития пожара происходит разрушение ограждающих конструкций, поскольку при этом кислород поступает в смеси летучих веществ, накопившихся вследствие неполного сгорания, что вызывает обратную тягу. В результате возрастает ущерб от пожара на этаже возгорания и возникает вероятность распространения огня на вышележащие этажи и опасность выпадения обломков на землю. При использовании листового полированного стекла в навесных фасадах, необходимо искать способы замедлить его разрушение, поскольку оно представляет собой самое слабое звено в системе.





Высота помещения = 3300мм

Облицовка стен - противопожарные панели Supalux  
 Облицовка потолка - покрытие из керамического волокна  
 Остекление - навесная фасадная система с двойным остеклением

Рис. 25 Планировка помещения

## Испытание 12: Натурные испытания пожарной нагрузкой

### Оборудование

В данном испытании, как и в двух предыдущих испытаниях, помещение было облицовано остекленной навесной фасадной системой. Однако его уникальность состояла в том, что вместо поленицы, служившей источником топлива в предыдущих испытаниях, была использована натуральная мебель. Столы, кресла, стеллажи, мониторы, рабочие места и места для хранения бумажных материалов имели типичное расположение для офисного помещения. Теплотворная способность совокупности предметов мебели была приравнена к теплотворной способности испытательной поленицы. Точная планировка помещения приведена на рис. 25. Несмотря на эквивалентную теплотворную способность мебели (455 мДж/кв.м.), в расстановках мебели и поленицы наблюдалась неизбежная и существенная разница в соотношениях площади поверхности и массы, в которой расстановка мебели намного превышала значение. Этот фактор повлиял на потенциальную скорость развития пожара. Загорание началось в корзине для мусора, расположенной напротив лицевой стороны помещения.

### Наблюдения и результаты

Кривые температур (рис. 26 и 27) демонстрируют стремительное развитие пожара приблизительно до 700 °С в течение 5 минут. На этом этапе наблюдалось, как пламя охватывает предметы мебели, расположенные напротив окна один за другим.

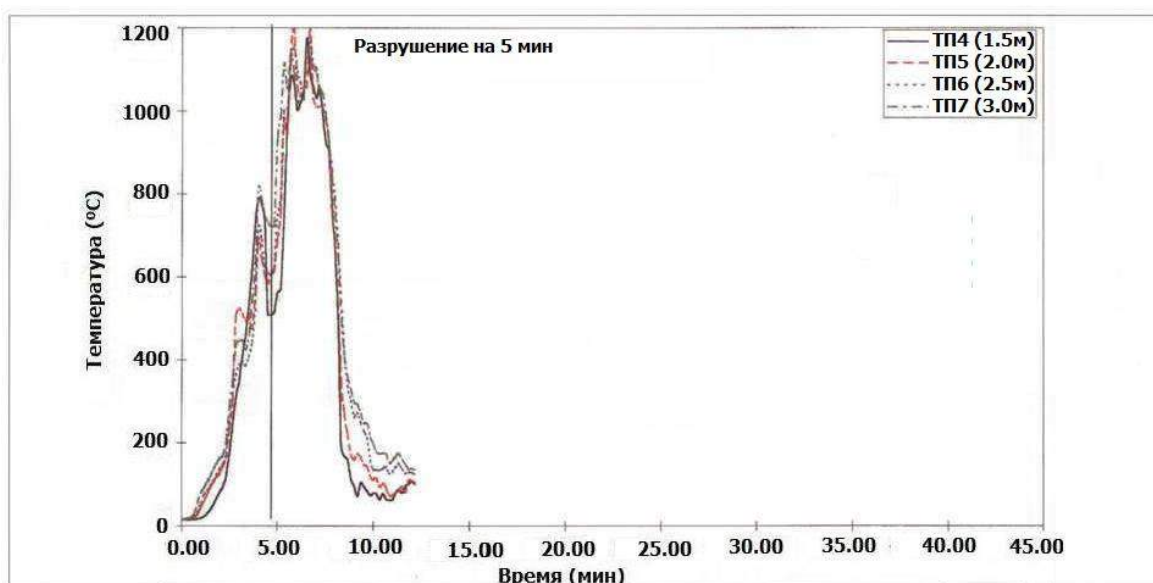


Рис. 26 Кривые термопар, расположенных в центре помещения (испытание №12)

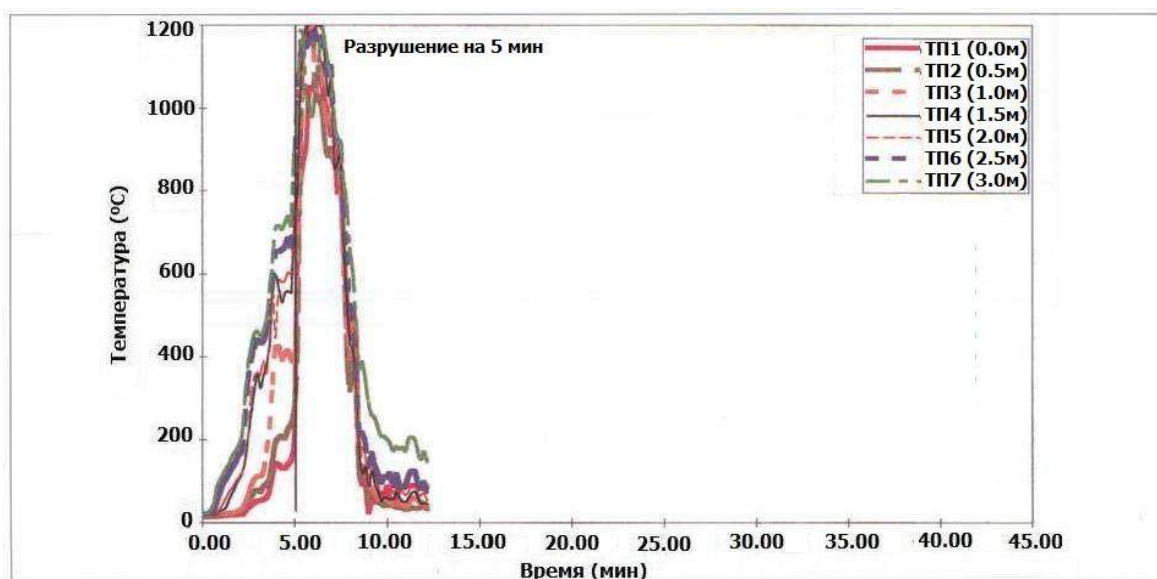


Рис. 27 Кривые термопар, расположенных отдаленно от центра помещения (испытание №12)

Затем произошло разрушение панели остекления, которое вызвало мгновенный скачок в развитии пожара с температурой, достигавшей 1200 °С. Единообразие температурных показателей, зафиксированных термопарами после вспышки на обеих измерительных установках, указывает на то, что помещение было полностью охвачено огнем. Все предметы вплоть до уровня пола были охвачены пламенем. Характер пожара отличался от испытаний с поленицей, при которых загорание было ограничено уровнем дыма. Температурные показатели всех измерительных элементов, расположенных в зоне пожара, фиксировали беспрецедентные уровни температур. Удивительно, что температурные показатели в зазоре кронштейна (рис. 28) были ниже нормы, но этот факт был обусловлен скорее неустойчивостью хода испытания, чем характером пожара. Так же, как в предыдущих испытаниях, вертикальные импосты первоначально прогнулись в направлении очага пожара, что было вызвано внезапным и неравномерным характером нагрева (рис. 29), а после разрушения элементов остекления – в обратном направлении. Наблюдался обширный распад всех секций рамной конструкции, до тех пор, пока пожар не был потушен.

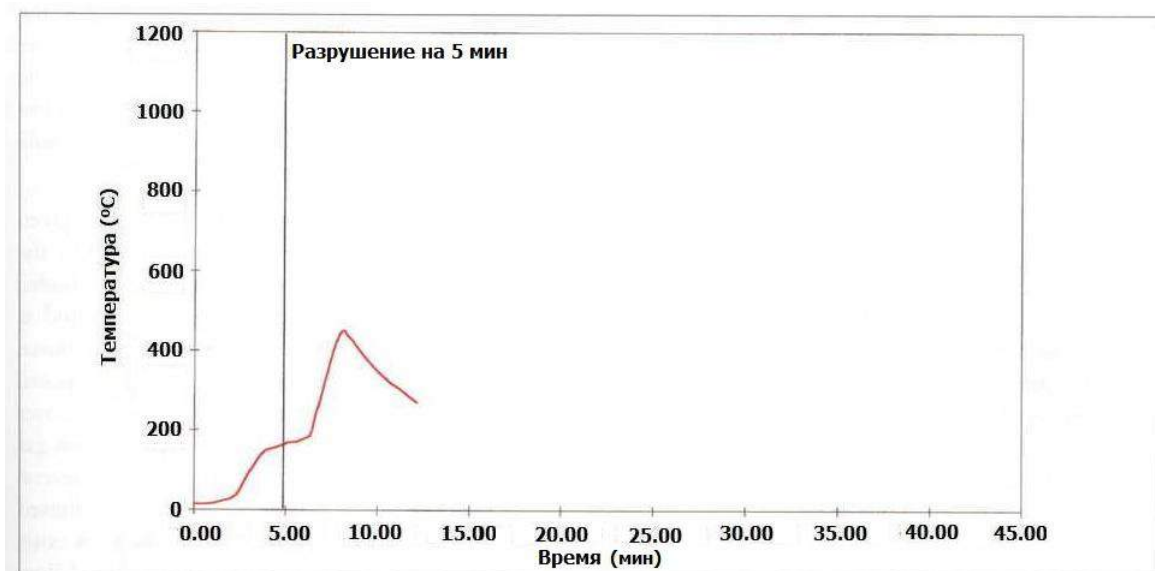


Рис. 28 Кривая термопары, расположенной в зазоре кронштейна (испытание №12)

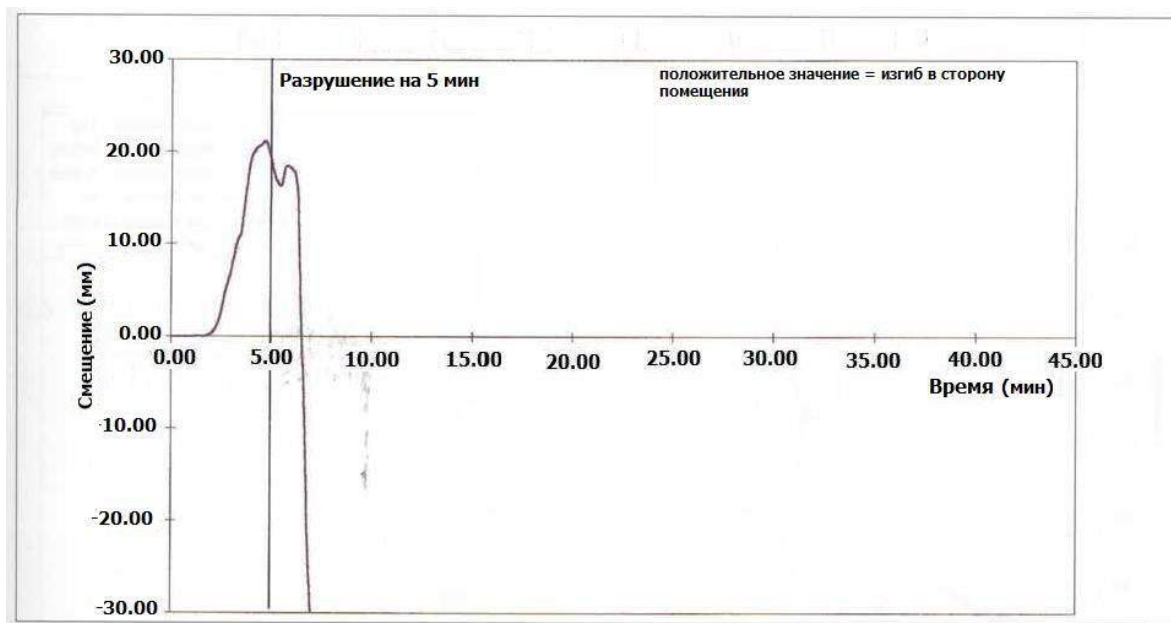


Рис. 29 Кривая смещения центра вертикального импоста (испытание №12)

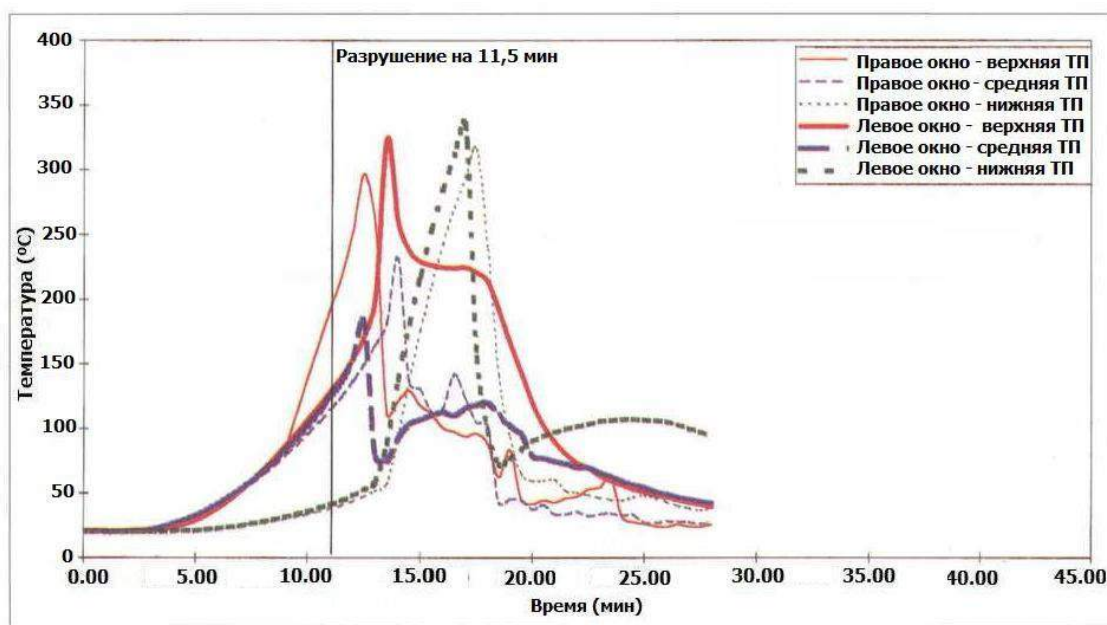
### Обсуждение

С точки зрения страхования некоторые аспекты натурных испытаний с мебелью вызывают тревогу. В первую очередь, скорость распространения пожара и общее время до первого разрушения элементов остекления (5 минут с момента загорания) подразумевают, что пожар существенно развился и нанес высокую степень повреждений до предполагаемого прибытия первых средств пожаротушения. Отчасти это было обусловлено близостью расположения возгораемых предметов к навесному фасаду, что вызвало разрушение окон, прежде чем произошло разрушение межоконных панелей. Следовательно, разрушение было вызвано скорее направ-

ленным излучением и набросом факела пламени от источника пожара на уровне окна, чем высокими температурами и конвективным теплообменом в дымовом слое. Как правило, рабочие столы в офисных помещениях располагаются вблизи от окон для обеспечения естественного освещения, что уже представляет собой опасность. Сила пожара, достигнутая после первого разрушения элементов остекления, также превысила все ожидания. Температура была настолько высокой, что вызвала потерю устойчивости элементов рамной конструкции навесного фасада и разрушение всех панелей остекления в течение 7 минут после загорания. Последствия раннего разрушения панелей остекления представляют собой палку с двух концов. С одной стороны, ущерб был усугублен поступлением кислорода в смесь летучих веществ, образовавшихся в процессе тления и на раннем этапе пожара, что вызвало дальнейшее горение и сильное пламя. С другой стороны, поток воздуха, поступивший вслед за разрушением остекления, задавал направление для выхода тепловой энергии через окна и, таким образом, снизил вероятность распространения пожара на соседние внутренние помещения. Пожар был предоставлен эффективный выход.

Если исходить из соображений пассивной защиты, согласно которой пожар неизбежно растет, не выходя за рамки помещения, где произошло возгорание, и, таким образом, наносит минимальные убытки, то увеличившую силу и скорость развития пожара можно считать приемлемым поведением. Однако, когда в результате раннего разрушения элементов остекления возрастает и усиливается уровень пламени вне помещения, в таком случае увеличиваются шансы распространения пожара на вышерасположенный этаж, а также возрастают убытки от пожара. В данном испытании межоконные панели подверглись разрушению вскоре после разрушения окон, и пожар без затруднений проник на вышерасположенный этаж.

Низкая прочность стекла является определяющим фактором в испытаниях 10–12 и, при этом, не вполне оправданным, учитывая, что при производстве стекла, сырье нагревается до температуры  $1500^{\circ}\text{C}$ . Однако разрушение происходит вследствие перепадов температур и результирующего несоответствия теплового расширения обогреваемых и необогреваемых участков оконного стекла. Если пожар развивается достаточно быстро, как происходило в данных испытаниях, предполагается, что необогреваемые участки оконного стекла сохраняют первоначальную температуру. В таком случае, время разрушения может быть напрямую связано с температурой обогреваемого участка стекла. Эта связь должна регулироваться со знанием пространственной разности температур по всей поверхности оконного стекла и того, как температура поверхности соотносится с окружающей температурой газа в помещении. В испытаниях 10 и 11 максимальные температурные значения центральных термопар установились на температуре около  $580^{\circ}\text{C}$  на несколько минут перед выпадением стекла. В испытании 12 максимальная температура достигла  $800^{\circ}\text{C}$ , а затем снизилась до  $700^{\circ}\text{C}$ , вслед за чем последовало разрушение, но в этом случае интенсивность роста температур была намного выше. Следовательно, существует вероятность того, что схожие температуры обогреваемой поверхности были достигнуты в стекле в момент времени, когда произошло разрушение. В ходе наблюдений за температурой окон (с необогреваемой стороны) были установлены максимальные температурные показатели  $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$  в испытаниях 10–12 (рис. 30, 31 и 32).



**Рис. 30 Кривые температур необогреваемой поверхности остекления (испытание №10)**

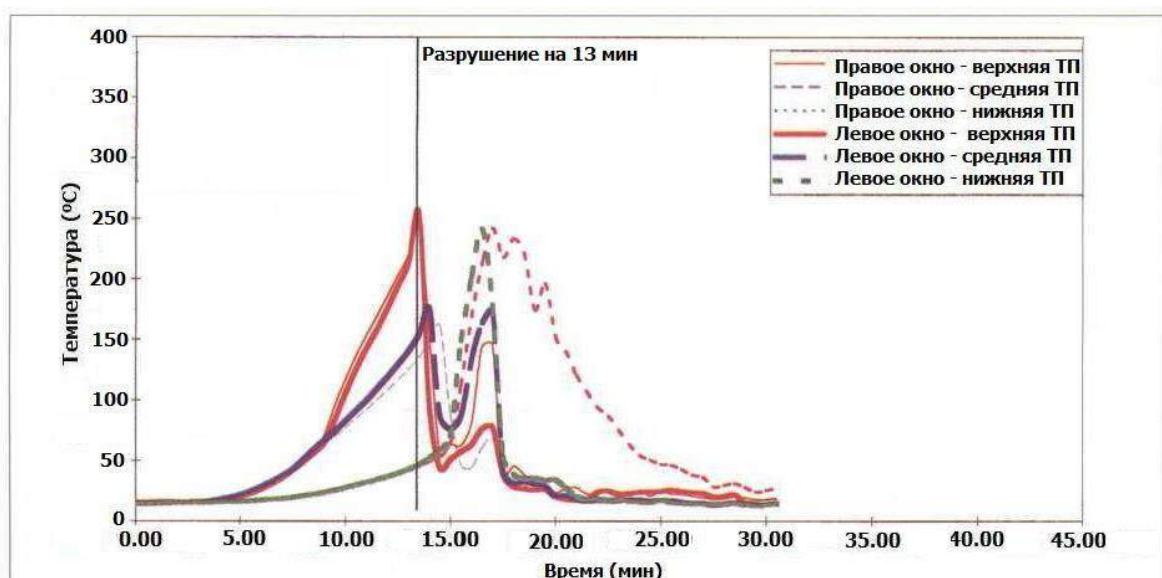


Рис. 31 Кривые температур неотапливаемой поверхности остекления (испытание №11)

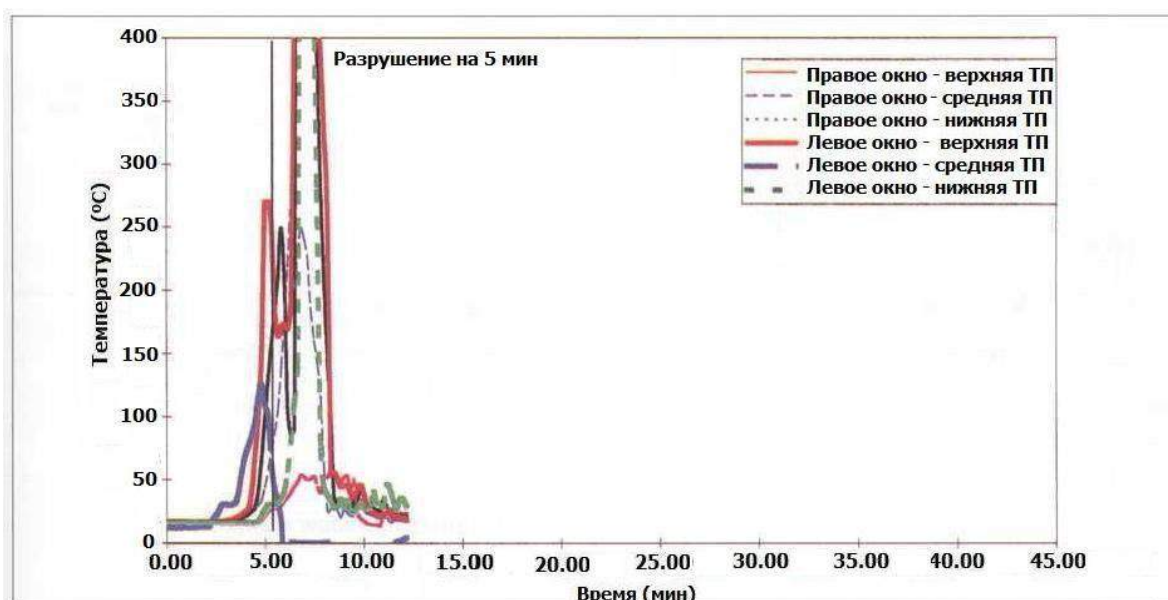


Рис. 32 Кривые температур неотапливаемой поверхности остекления (испытание №12)

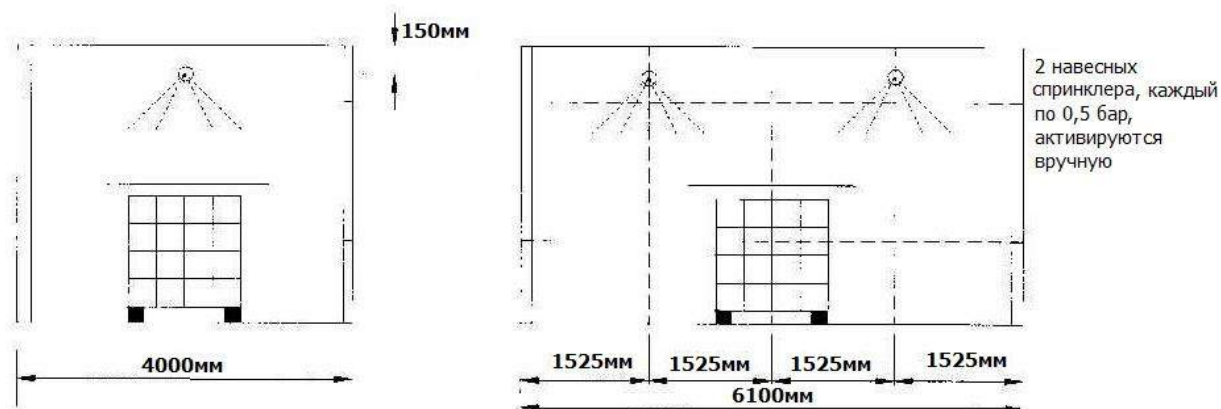
### Испытания 13, 14, 15: Испытания со спринклерами

Цель данных испытаний заключалась в том, чтобы исследовать воздействие различных спринклерных конфигураций на механизмы разрушения, выявленные в общих навесных фасадных системах. Эти конфигурации графически представлены на рис. 33.

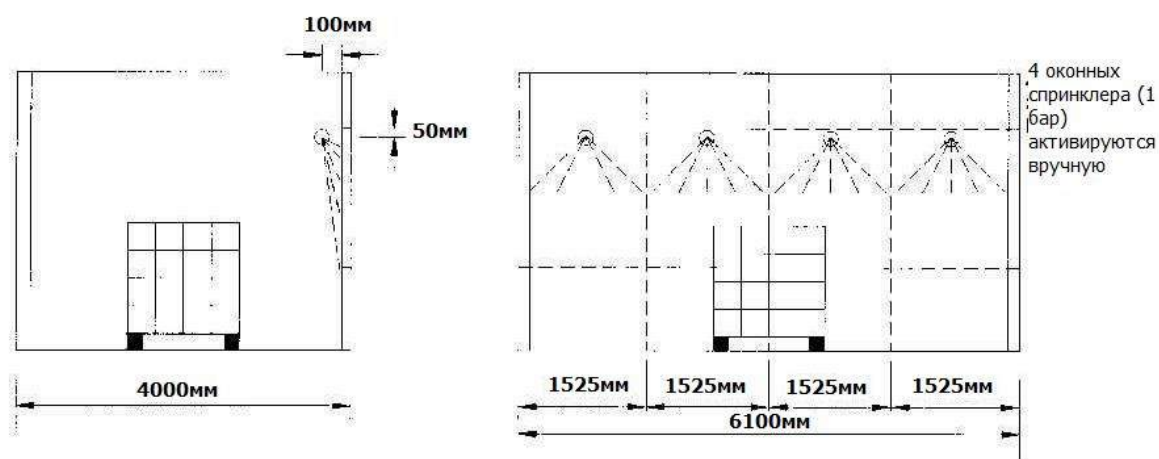
#### Оборудование (испытание 13)

Оборудование для данного испытания состояло из помещения с остекленным фасадом и деревянной поленицы в качестве источника топлива. Была установлена спринклерная система общего типа для офисных зданий, состоящая из двух распылителей, размещенных на межцентровом расстоянии 3.0 метра вдоль средней линии помещения с шириной 4 метра. Спринклеры были настроены так, чтобы обеспечивать заданную интенсивность выходящего потока 5 мм/мин (около 1.0 л/сек./спринклер) для распыления воды на огонь, имевший гидравлически неблагоприятное расположение в здании. Спринклеры приводились в действие вручную. Поленица использовалась как источник нагрева, но, поскольку цель испытания заключалась в том, чтобы определить воздействие спринклерной системы на температуру горячих газов, а не на сам огонь, для защиты поленицы от воды использовалась противопожарная перегородка. Это обстоятельство также помогло сопоставить данное испытание с последующими испытаниями на основе эквивалентного воздействия, вместо выявления смешанных и неопределенных воздействий спринклерной системы на температуры газов и интенсивность развития пожара.

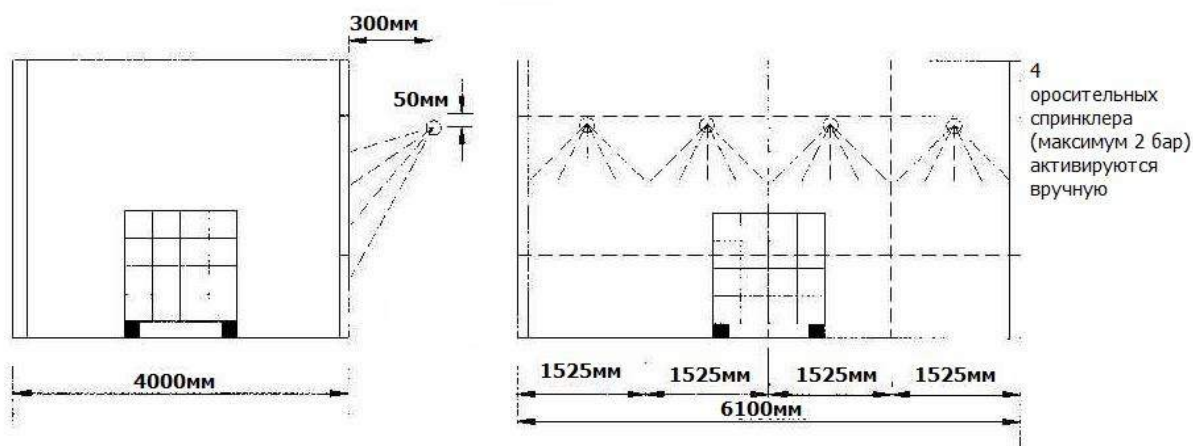




**Рис. 33 (а) Общее расположение для испытания №13 (внутренняя система спринклеров)**



**Рис. 33 (б) Общее расположение для испытания №14 (внутренняя система спринклеров, направленная на окна)**



**Рис. 33 (с) Общее расположение для испытания №15 (наружная противопожарная оросительная система)**

### Наблюдения и результаты (испытание 13)

Наблюдаемый характер горения поленицы был аналогичен предыдущим испытаниям, хотя температура в средней глубине поленицы (рис. 34) составляла на  $200^{\circ}\text{C}$  ниже, чем в эквивалентных испытаниях 10 и 11. Это могло быть обусловлено наличием перегородки над поленицей, предотвратившей формирование естественного факела пламени и, таким образом, препятствовавшей горению, а так же увлечением влаги в воздух, проходивший через поленицу.

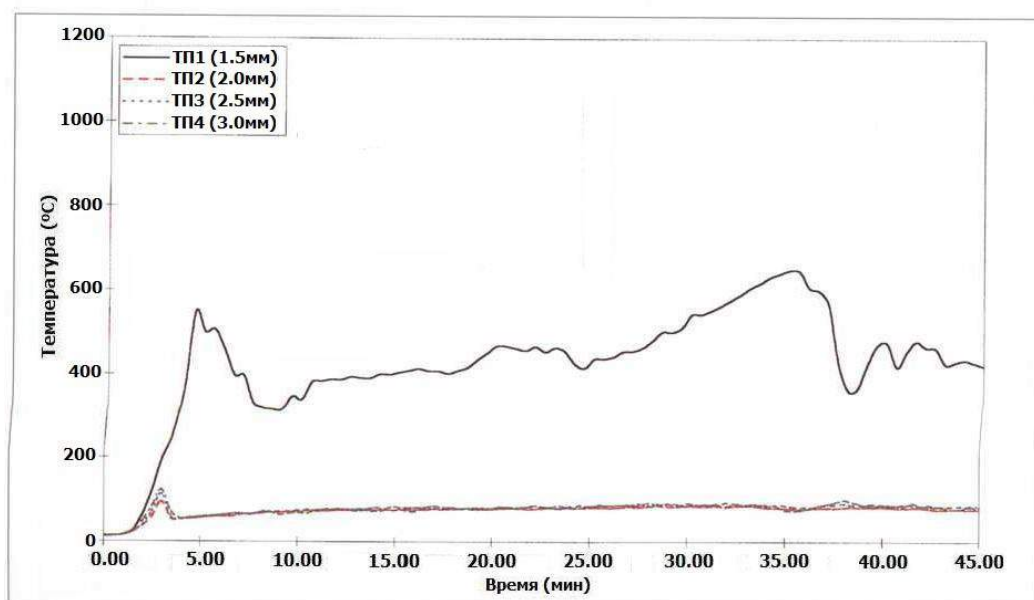


Рис. 34 Кривые термпар, расположенных в зоне факела поленицы (испытание №13)

Несмотря на схожий источник нагрева, температурные показатели газов в помещении не превышали  $100^{\circ}\text{C}$  (рис. 34 и 35), кроме показателей термпары, закрепленной на потолке над головками спринклеров.

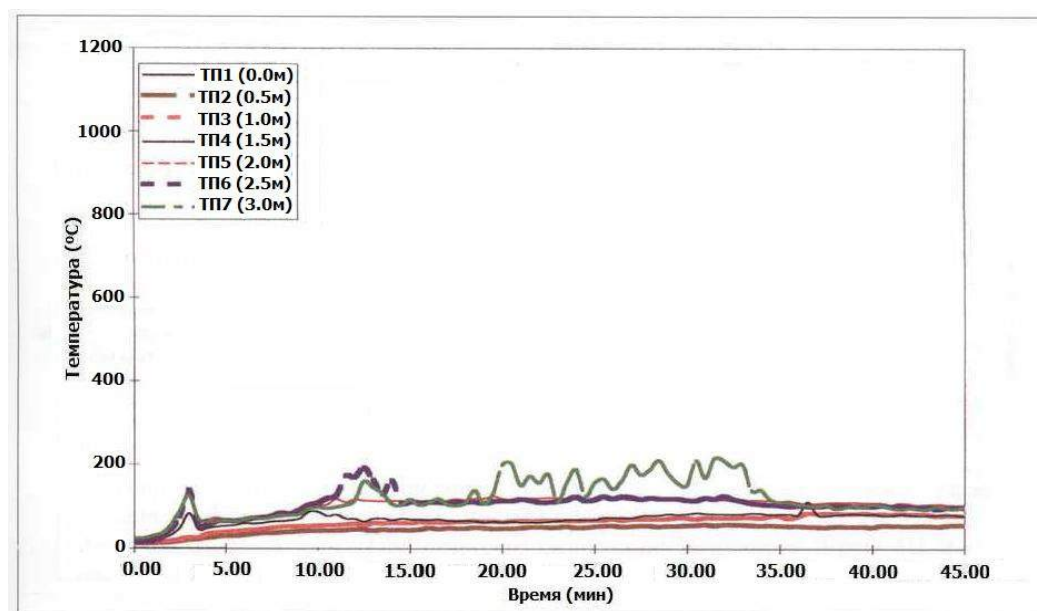


Рис. 35 Кривые термпар, расположенных отдаленно (испытание №13)

Эти условия заметно повлияли на характер поведения всех прилегающих элементов. Температура вертикальных импостов (рис. 36) не превышала  $100^{\circ}\text{C}$ , что отразилось на очень незначительных сдвигах (рис. 37) и снизило вероятность смещения огнеупорного материала. Температура в зазоре кронштейна (рис. 38) также снизилась по причине охлаждения газов, что препятствовало смещению огнеупорного материала и предотвратило распространение огня на вышележащий этаж. И, что самое главное, не произошло разрушения остекления, поскольку температуры поверхности стекла не достигли нужных уровней, чтобы вызвать перепады температур, достаточно высокие для разрушения (рис. 39). По прошествии приблизительно 30 минут пожар TP-5043. Испытания остекленных фасадов на огнестойкость.

поленицы пошел на спад, и разрушение по истечении получаса становилось все менее вероятным. Следовательно, спринклерная система эффективно сдерживала температуру газов в помещении, предотвратив распространение пожара на вышерасположенный этаж и значительно снизив ущерб на этаже очага пожара.

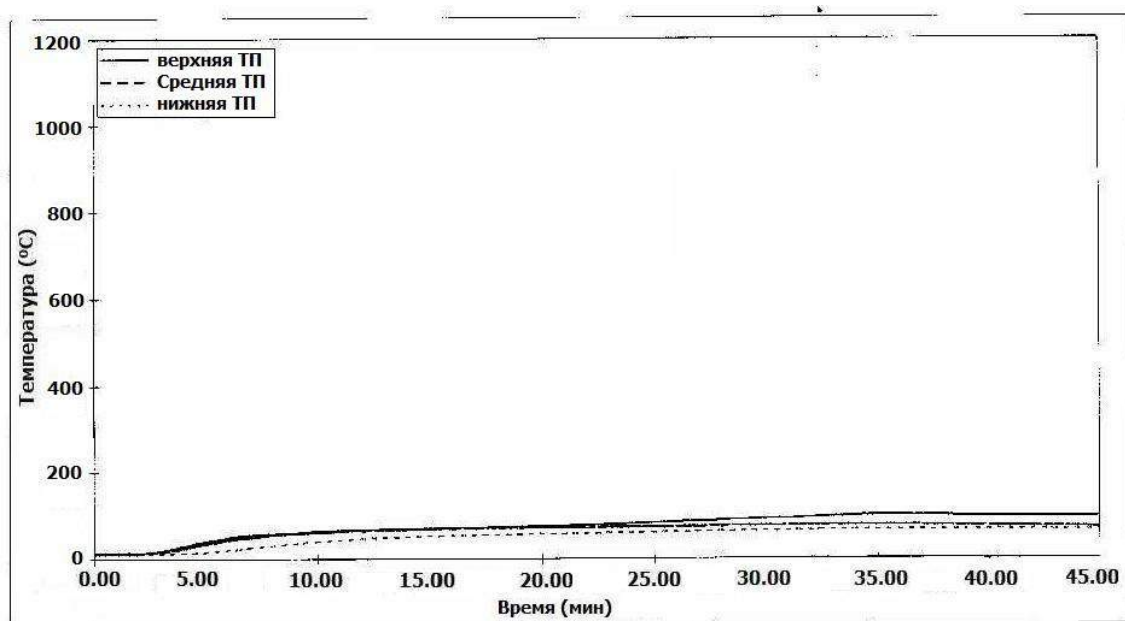


Рис. 36 Кривые термопар вертикального импоста (испытание №13)

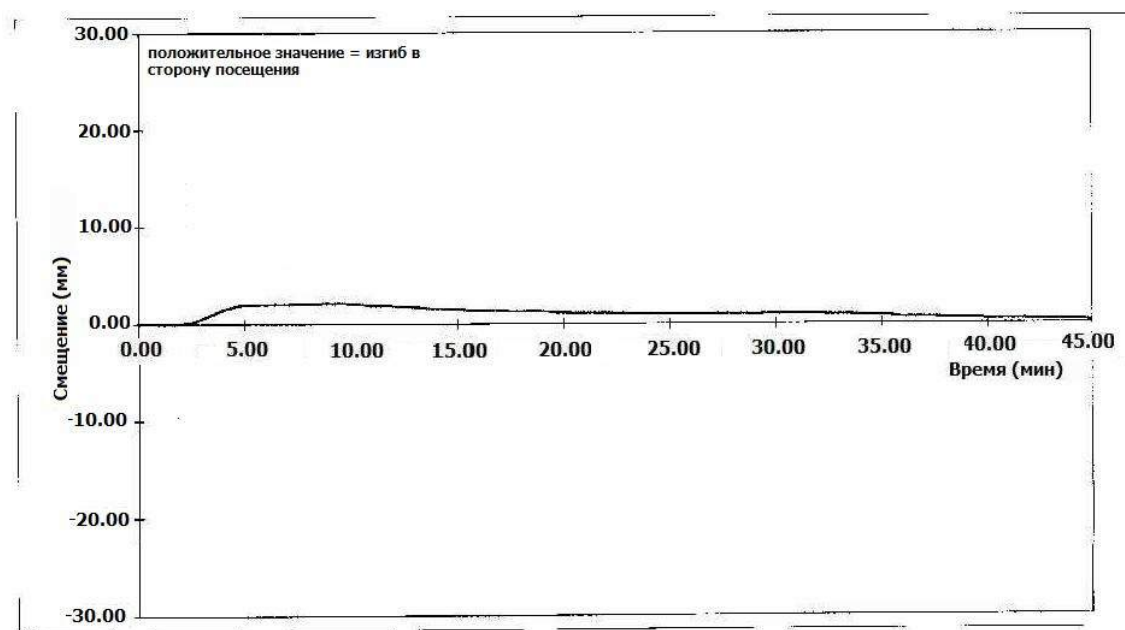


Рис. 37 Смещение центра вертикального импоста (испытание №13)



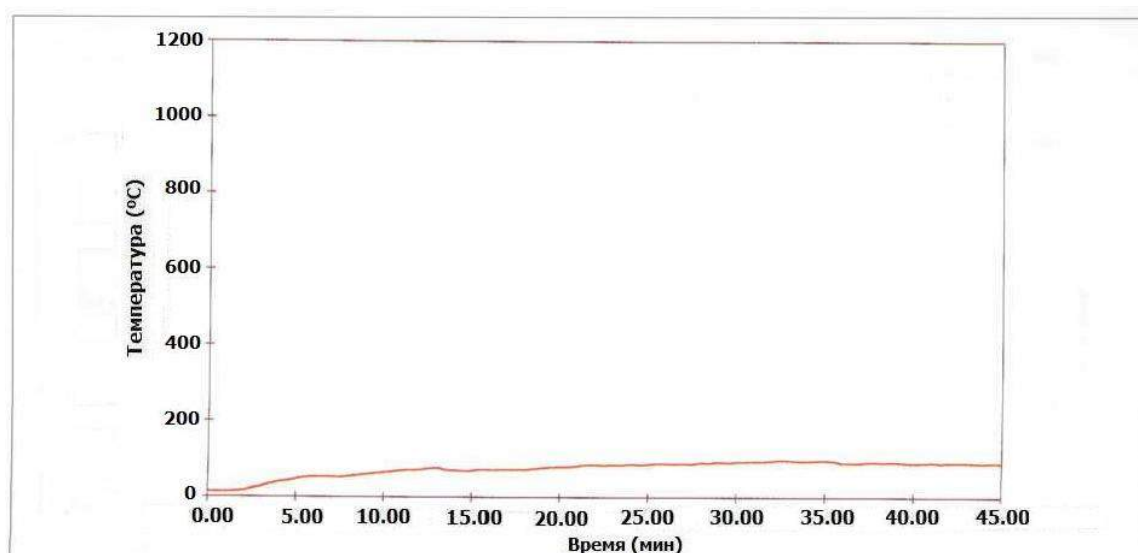


Рис. 38 Кривая температуры в зазоре кронштейна (испытание №13)

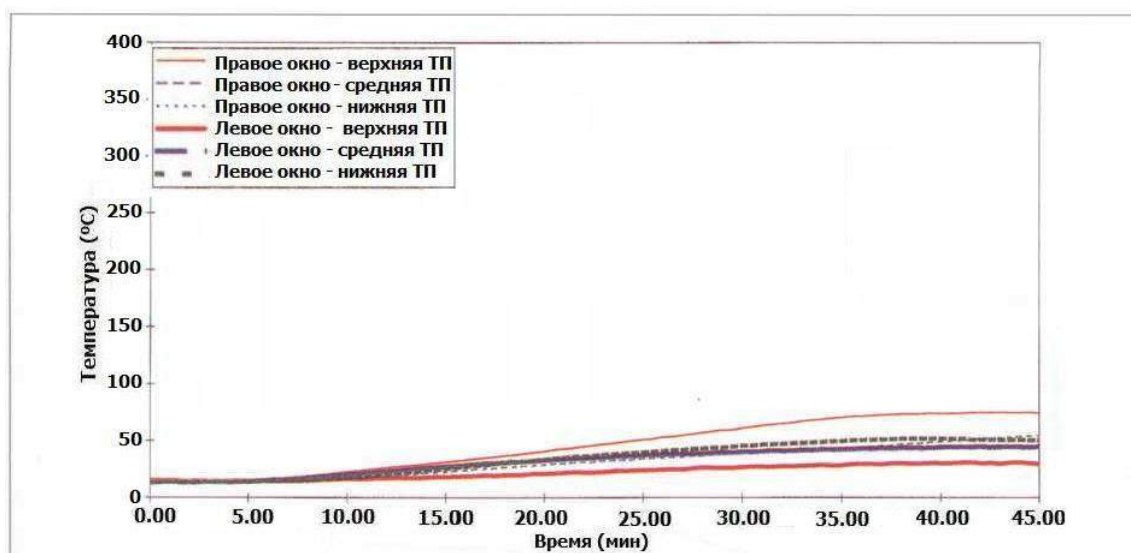


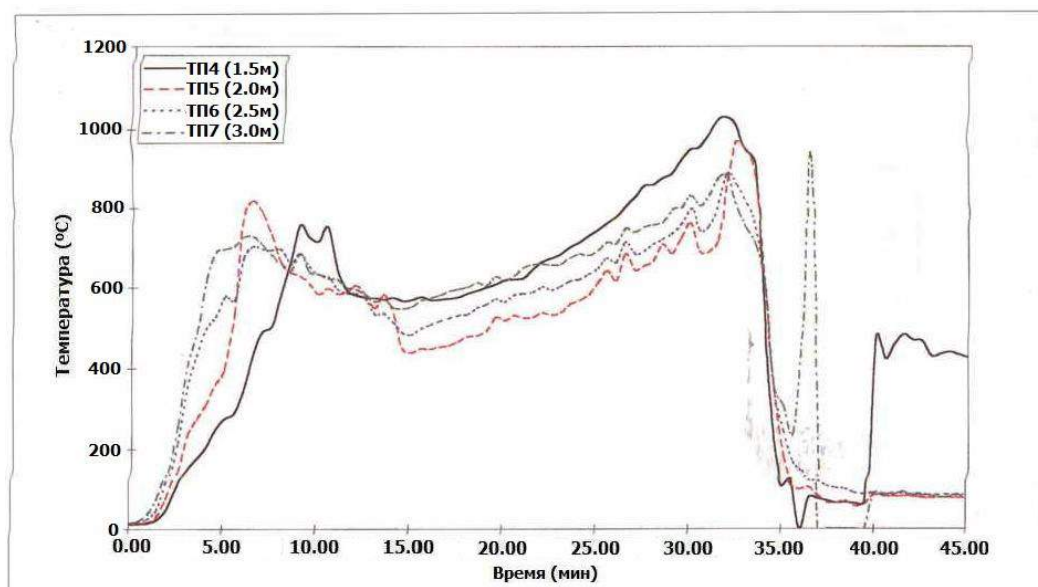
Рис. 39 Кривые температуры поверхности стекла (необогреваемая сторона, испытание №13)

#### **Оборудование (испытание 14)**

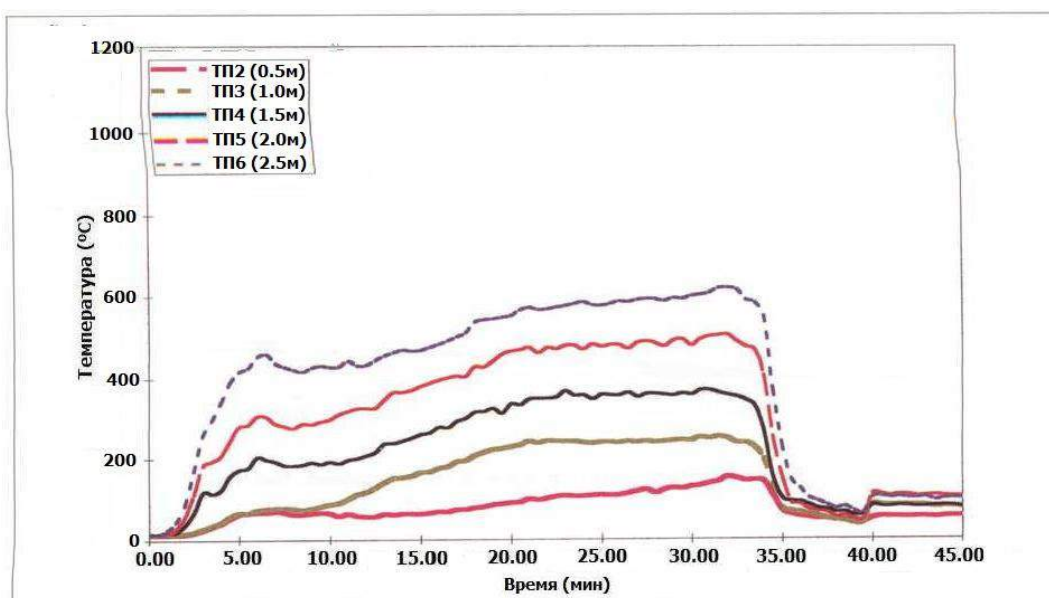
Обустройство помещения отличалось от предыдущего испытания тем, что межоконные панели на уровне пола и потолка были оснащены огнезащитным покрытием Supalux, напротив окон с внутренней стороны помещения были размещены спринклеры, а перегородка была убрана. Цель данного испытания заключалась в том, чтобы исследовать ограничение распространения пожара при применении спринклерных систем для орошения окон. На каждое оконное стекло было направлено по одной спринклерной головке. Давление/скорость потока были увеличены, чтобы обеспечить наиболее полную площадь охвата.

#### **Наблюдения и результаты (испытание 14)**

Температурные показатели газов, измеренные в факеле пламени поленицы (рис. 40) были схожи с теми же показателями в сценариях, в которых не применялись спринклерные системы, и демонстрировали, что активация спринклеров не влияла на увеличение очага пожара. Отдаленно расположенные термодары, дающие более глобальное представление о температуре в помещении (рис. 41), демонстрировали формирование четкого и устойчивого температурного градиента с увеличивающимися показателями от пола к потолку. Более того, эти температурные показатели составляли до 150°C ниже показателей предыдущих испытаний, в которых не применялись спринклерные системы, что указывает на тот факт, что орошение окон действовало как теплоотвод в помещении, в то же время, обеспечивая местное охлаждение элементов остекления.



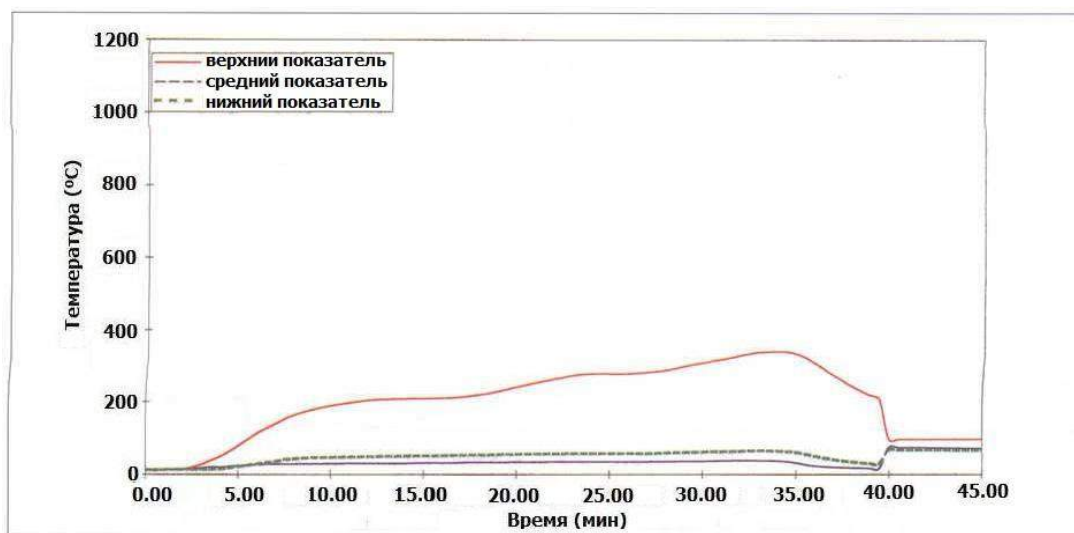
**Рис. 40 Кривые термодатчиков, расположенных в зоне факела пламени поленицы (испытание №14)**



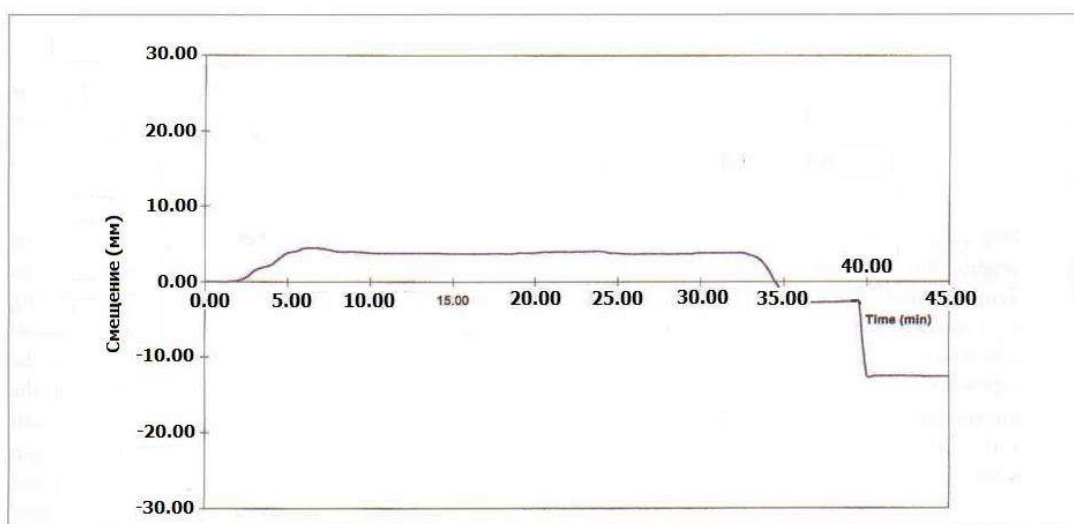
**Рис. 41 Кривые термодатчиков, расположенных удаленно (испытание №14)**

Поскольку спринклеры были расположены таким образом, чтобы охлаждать окна, распыляемая ими вода также воздействовала на вертикальные импосты, что предотвратило формирование температурных градиентов (рис. 42) и не вызвало искажения. Смещение вертикального импоста (рис. 43), таким образом, оставалось в пределах 5 мм практически на протяжении всего испытания; оно было вызвано нагреванием межоконной части элемента, которая находилась вне зоны распыления спринклера. Температуры в зазоре кронштейна, хотя и были незначительно ниже, чем в предыдущих испытаниях, достигали достаточно высоких уровней, чтобы вызвать воспламенение возгораемых материалов на вышерасположенном этаже (рис. 44).

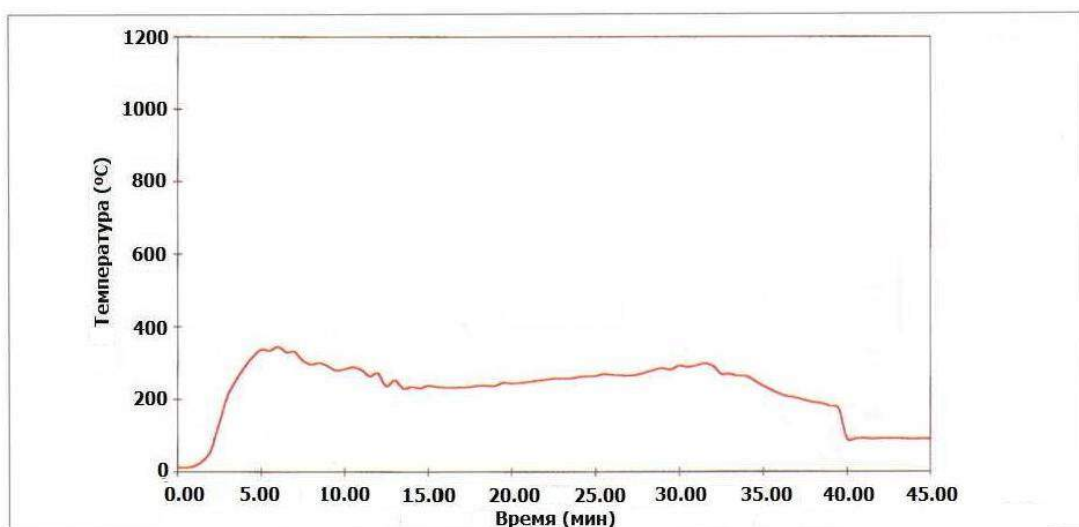
Температурные показатели термодатчиков, установленных на окнах (рис. 45), не превышали 100 °C. При таком уровне температур значительное разрушение произойти не могло. Однако, наблюдалось незначительное смещение в верхней части оконных стекол (произошедшее приблизительно на 32 минуте); оно было вызвано образованием участков перегрева, находившихся вне зоны распыления спринклеров. Разрушение было запоздалым, несущественным и без видимой угрозы для остекления вышерасположенного этажа.



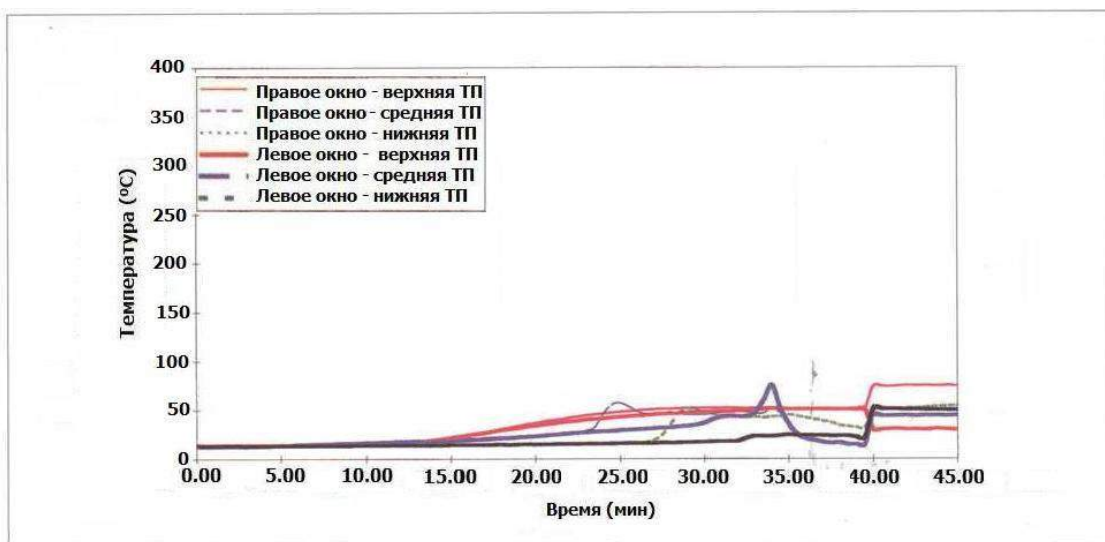
**Рис. 42 Температуры вертикальных импостов (испытание №14)**



**Рис. 43 Смещение центра вертикального импоста (испытание №14)**



**Рис. 44 Температура в зазоре кронштейна (испытание №14)**



**Рис. 45 Температура остекленной поверхности (необогреваемая сторона, испытание №14)**

### **Оборудование (испытание 15)**

Оборудование для данного испытания было аналогично испытанию 14, за исключением того, что в данном случае спринклеры использовались для орошения внешней, а не внутренней стороны панелей остекления. Форма используемых спринклеров не отличалась от предыдущих испытаний, но давление и, следовательно, интенсивность потока были увеличены, чтобы обеспечить орошение по всей площади оконного стекла и, тем самым, предотвратить появление участков перегрева.

### **Наблюдения и результаты (испытание 15)**

Температурные показатели термопар, расположенных в зоне факела пламени (рис. 46), были схожи с показателями термопар в предыдущем испытании и указывали на равномерный рост очага горения поленицы. Температурные показатели, полученные деревом термопар, расположенным в углу помещения (рис. 47), превышали те же значения в испытании 14, подтверждая предположение, что орошение с внешней стороны недостаточно эффективно для поглощения тепла в помещении. Температурная стратификация по высоте помещения была резко выраженной. Температуры вертикальных импостов (рис. 48) также достигали более высоких уровней с обогреваемой стороны, чем в предыдущих испытаниях, поскольку охлаждение производилось с необогреваемой стороны. Охлаждение усилило естественный температурный градиент, образовавшийся вдоль участка, и вызвало более значительное смещение приблизительно равное 20 мм (рис. 49). Хотя температуры в зазорах кронштейнов не достигали уровней температур предыдущих испытаний, они были достаточно высокими и указывали на вероятность проникновения пожара на вышерасположенный этаж через зазоры (рис. 50). Температуры поверхности окон полученные термопарами с необогреваемой охлаждаемой стороны (рис. 51) не превышали 100°C. Безусловно, температуры на обогреваемой стороне поверхности окон были более высокими. Обрушение остекления вновь произошло с запозданием (приблизительно на 32 минуте), было постепенно и пришлось на момент догорания поленицы, без существенной угрозы распространения пожара на вышележащий этаж.

Данные о механизме разрушения были получены при изучении образцов стекла по прошествии испытания. Образцы внутренних оконных стекол были плотно покрыты сеткой волосных трещин с обогреваемой стороны, и в то же время, остались нетронутыми с необогреваемой стороны. Это свидетельствовало о дифференциальном нагревании по всей толщине оконного стекла и о предотвращении разрушения с обогреваемой стороны поверхности благодаря охлаждению с наружной стороны. Разрушение внешних оконных стекол было более традиционным: оно сопровождалось угловатыми трещинами больших размеров по всему стеклу.

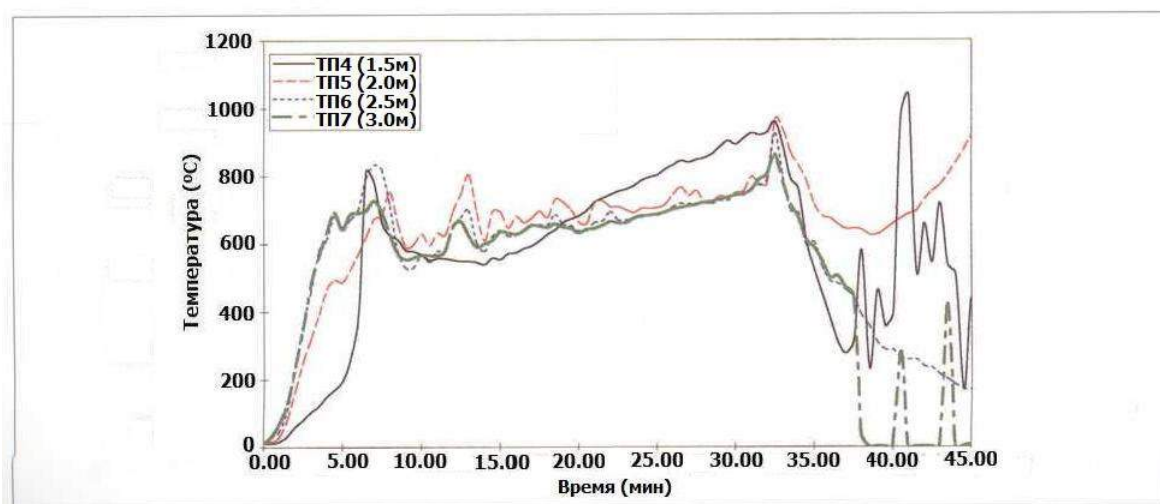


Рис. 46 Кривые термопар, расположенных в зоне факела пламени поленицы (испытание №15)

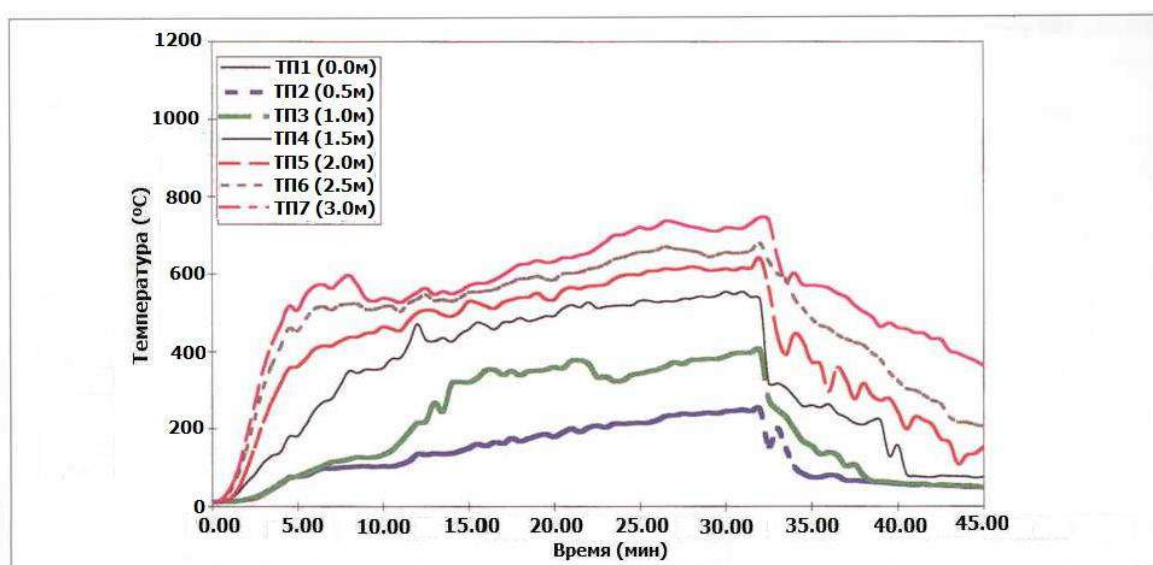


Рис. 47 Кривые температуры отдаленных термопар (испытание №15)

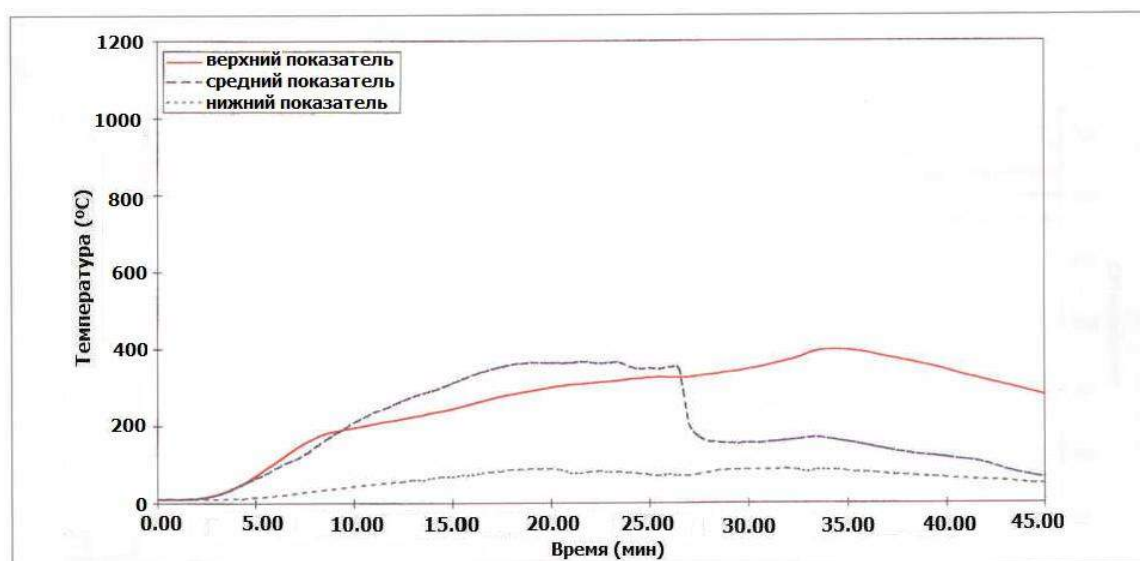


Рис. 48 Кривые температуры вертикальных импостов (испытание №15)



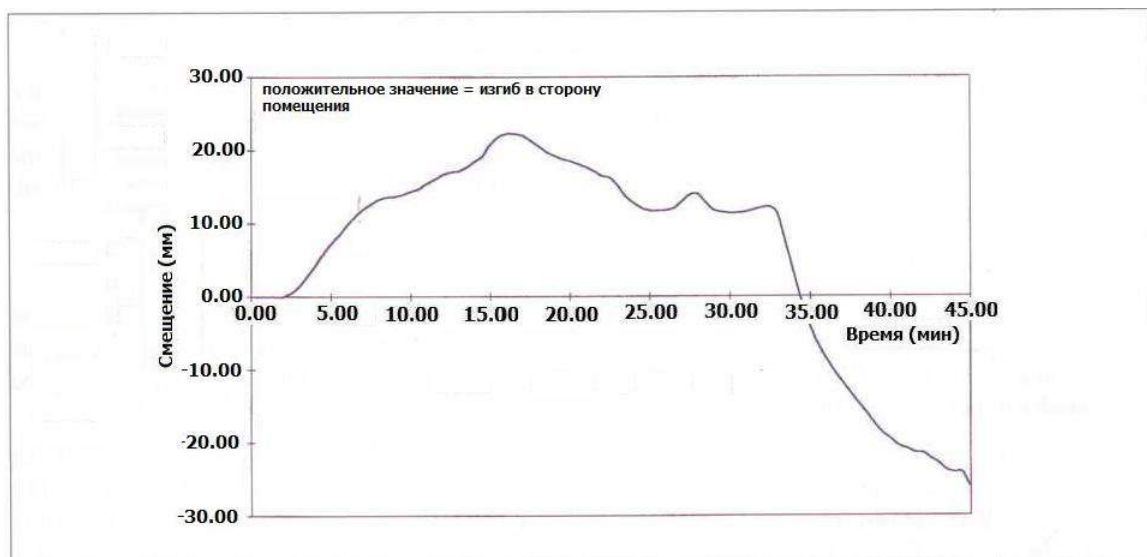


Рис. 49 Смещение центра вертикального импоста (испытание №15)

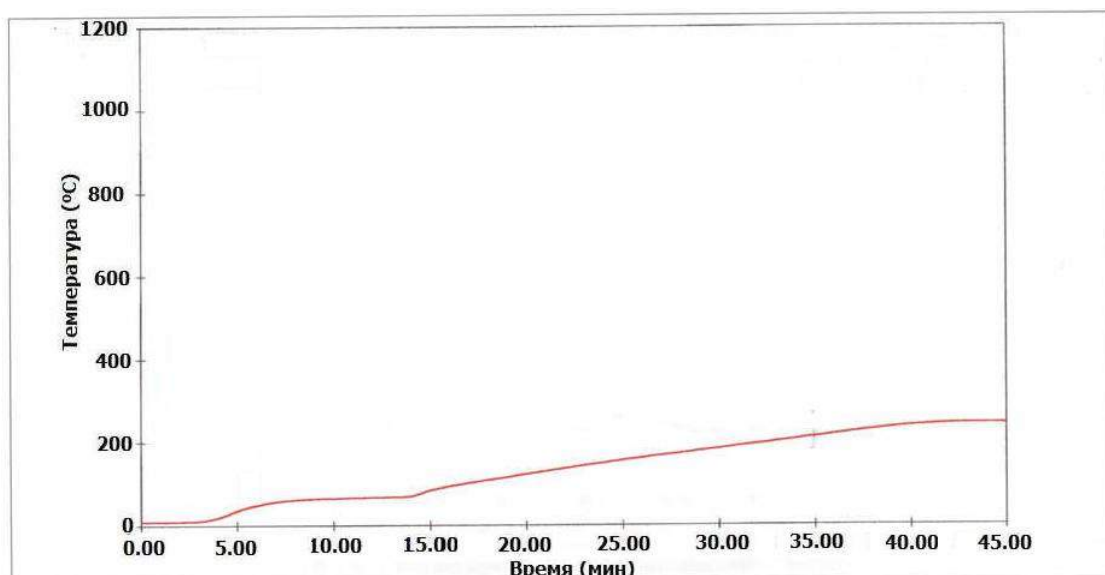


Рис. 50 Кривая температуры в зазоре кронштейна (испытание №15)

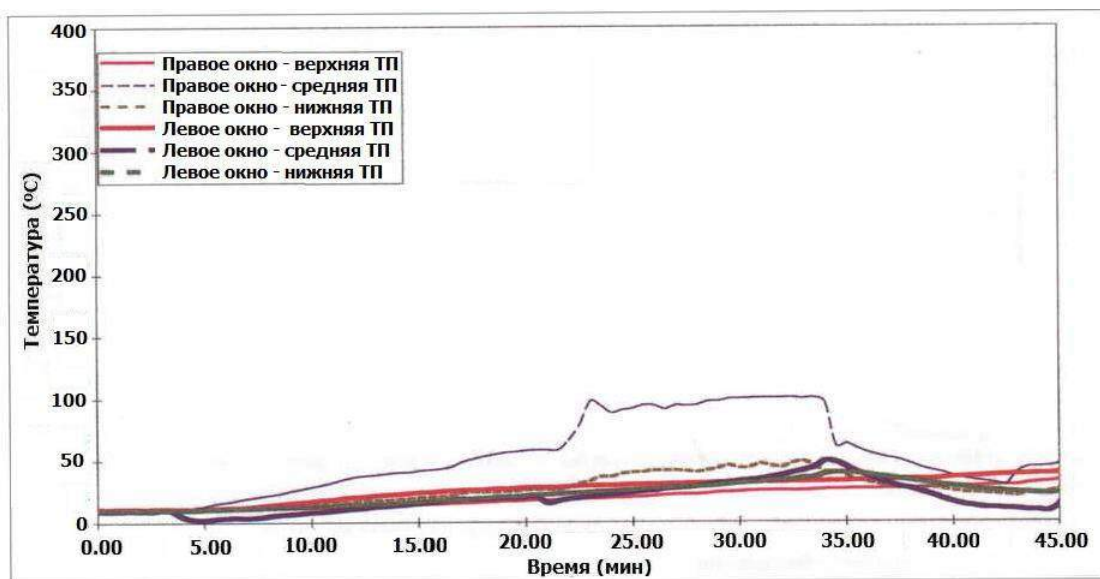


Рис. 51 Кривые температуры поверхности остекления (необогреваемая сторона, испытание №15)

## **Обсуждение**

Необычное применение спринклерных систем, представленное в данных трех испытаниях, заключается в том, что они использовались не для активного тушения пожара, но для предотвращения его распространения за пределами помещения путем охлаждения горячих газов или сохранения изоляции помещения. Все три конфигурации спринклеров были в различной степени эффективны для предотвращения вспыхивания пожара на этаже возгорания и, следовательно, для избежания проникновения и распространения пожара на выше-расположенном этаже.

В течение испытаний спринклеры приводились в действие вручную на 3 минуте. Время активации спринклеров приходилось на промежуточный момент: после стандартного времени срабатывания автоматического спринклера и перед моментом первого разрушения элементов остекления в испытаниях с поленицей. Таким образом, ускоренное развитие пожара в натурном испытании 12 с мебелью настораживает и требует дальнейшего исследования с целью определить, что момент активации спринклера или автоматической системы пожаротушения был выбран верно.

Охлаждение горячих газов при помощи спринклеров (испытание 13) в целом вызвало снижение температур и, таким образом, предотвратило возможное образование отверстий в противопожарном материале и проникновение горячих газов через зазоры, а также защитило навесной фасад. Охлаждение воспрепятствовало возгоранию в дымовом слое, что снизило ущерб в противопожарном помещении.

Две конфигурации систем орошения, используемые в испытаниях 14 и 15, были менее эффективны в этом отношении, поскольку охлаждению подвергалась лишь часть поверхности остекления. Важно отметить, что в данном случае требовалась противопожарная защита межоконных панелей, что вызвало дополнительные затраты. В обоих случаях произошло разрушение элементов остекления, но, учитывая, что воспламенение в горячем слое произошло раньше (приблизительно на 10 минуте), изменения в вентиляционных характеристиках не способствовали обратной тяге. Результаты повреждения противопожарного помещения и вероятность вертикального распространения пожара посредством дверных проемов, вентиляционных каналов, лестничных колодцев или лифтовых шахт не учитывались и, следовательно, это только частичное решение.

Из двух испытаний, испытание с внутренним орошением было более эффективным для защиты навесного фасада, несмотря на значительный ущерб, который вода могла бы нанести нижерасположенным этажам из-за близкого расположения оросительной системы к зазору между фасадом и рамной конструкцией. Орошение оболочки здания с внешней стороны имеет преимущество, поскольку позволяет снизить ущерб, причиненный водой.

Преимущества стандартной системы спринклерной защиты значительно преобладают над преимуществами системы орошения по своим свойствам пожаротушения. Однако выбор системы пожаротушения может зависеть от стоимости. Длина участка трубопровода для оросительной системы будет зависеть от периметра здания, в то время как участок трубопровода для стандартной системы спринклеров будет проходить по всей площади в плане. Неисследованным остался вариант использования стандартной системы спринклерной защиты по внутреннему периметру в форме защитного занавеса для облицовки.

## **Испытания 16, 17, 18: Исследования высоты пламени**

Задача испытаний 16, 17 и 18 заключалась в том, чтобы предоставить больше данных о способности пожара к проникновению на вышележащий этаж после того, как им был охвачен этаж, на котором произошло возгорание, и преодолен навесной фасад. В сущности, эти испытания носили показательный характер и проводились скорее с целью наблюдения, чем для сопоставления данных.

### **Оборудование (испытание 16)**

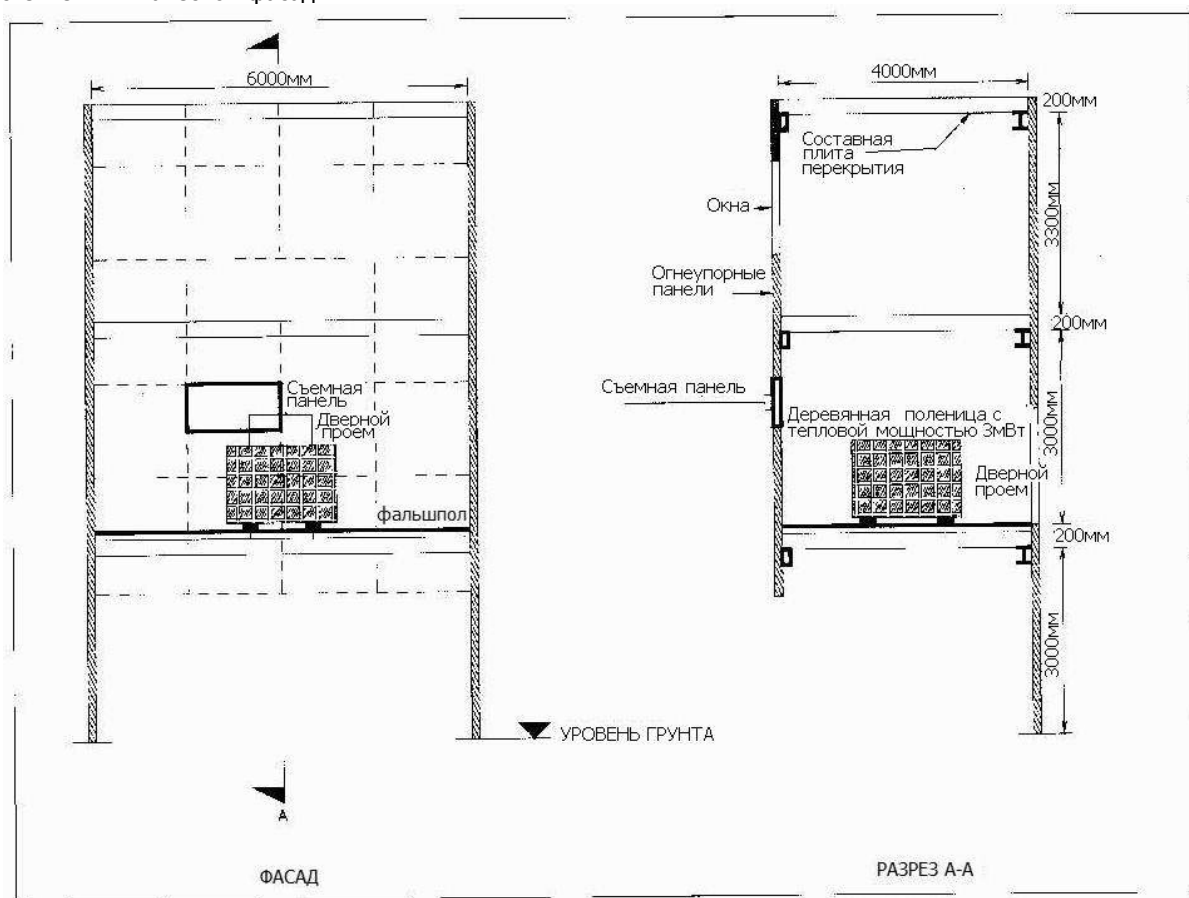
Первоочередной задачей данного испытания было изучение высоты пламени, исходящего от пожара в помещении офисного типа, в котором разрушилась часть остекленного фасада. Учитывая, что испытательная установка, смонтированная для последнего испытания со спринклерами, осталась неповрежденной, за исключением окон на первом этаже, было решено использовать ее для показательного испытания. Оконные проемы были облицованы противопожарными панелями с половиной «оконного стекла» (приблизительно 1445мм x 925мм), оснащенной проводом некой длины, за который можно потянуть в определенный момент, чтобы отдернуть панель и имитировать ранее наблюдаемое воздействие первого разрушения остекления на развитие пожара (рис. 52). Данный опыт мог бы дать представление о максимальной высоте пламени, которую можно ожидать от данного типа пожара. В качестве источника пожара использовалась деревянная поленица с уже принятой мощностью тепловыделения, равной 3 мВт.

### **Наблюдения и результаты (испытание 16)**

На ранних этапах, пожар развивался аналогично испытаниям 7, 8, 9, 10 и 11, основываясь на взаимодействии поленицы, вентиляции и ограничивающих поверхностей. Примерно на 8 минуте произошло возгорание в дымовом слое, и возвышавшееся над дверным проемом пламя могло наблюдаться с задней стороны помещения. Приблизительно на 10 минуте пожар оценивался как полностью развившийся, и противопожарная панель была отдернута. Из образовавшегося отверстия вырвался густой черный дым, практически мгновенно воспламенившийся в форме огненного шара, достигавшего расстояния нескольких метров от фасада под углом 30 градусов относительно линии горизонта. Это явление продолжалось на протяжении нескольких секунд, после чего оно ослабло, и пламя, вырывавшееся через отверстия, стало более коротким, но более плотным и непрозрачным. Свойства данного пламени отличались от пожаров, обычно наблюдаемых в зданиях,

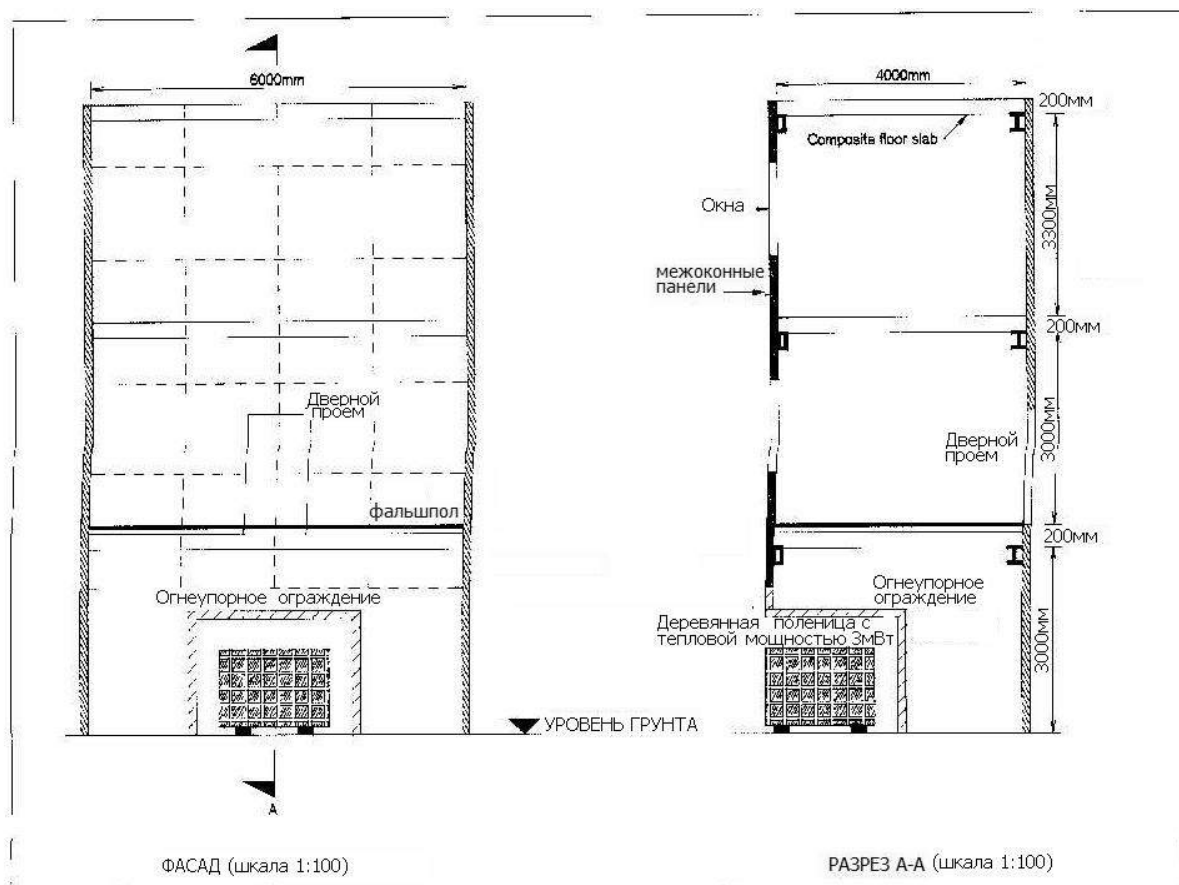
тем, что пламя не «липло» к фасаду, но было направлено прочь от фасада, как будто находилось под воздействием давления. Это поведение продолжалось на протяжении 15 минут, прежде чем наступил этап затухания пожара. На этапе затухания устойчивое, но оживленное пламя продолжало гореть, охватив рамную конструкцию горизонтальных и вертикальных импостов. На 17 минуте выпала соседняя полноразмерная панель и повлекла за собой постепенное обрушение всех вышерасположенных межоконных панелей. После этого пламя набрасывалось на внешнюю поверхность фасада, но его высота составляла не более 1.0 метра, что было обусловлено характером пожара, регулируемого топливом. Окна над противопожарным помещением потрескались, но не обрушились.

Поставленная в испытании задача, заключающаяся в оценке высоты пламени, не была достигнута, поскольку воспламенение было нетипичным для пожара в здании. Стандартное разрушение остекления, наблюдавшееся в предыдущих испытаниях, имело прогрессивный характер и приводило к полному выпадению всех оконных панелей в пределах 1-2 минут, начиная с первого разрушения. Применение противопожарных оконных панелей означало, что после первого разрушения практически устойчивое интенсивное горение должно продолжаться на протяжении 8 минут, прежде чем произойдет обрушение следующей оконной панели. Пламя было направлено перпендикулярно фасаду и, следовательно, не оказывало разрушительного воздействия на остекленный навесной фасад.



**Рис. 52 Расположение рамной конструкции, фасада и поленицы для испытания №16**





**Рис. 53 Расположение рамной конструкции, фасада и поленицы для испытания №18**

### **Оборудование (испытание 17, 18)**

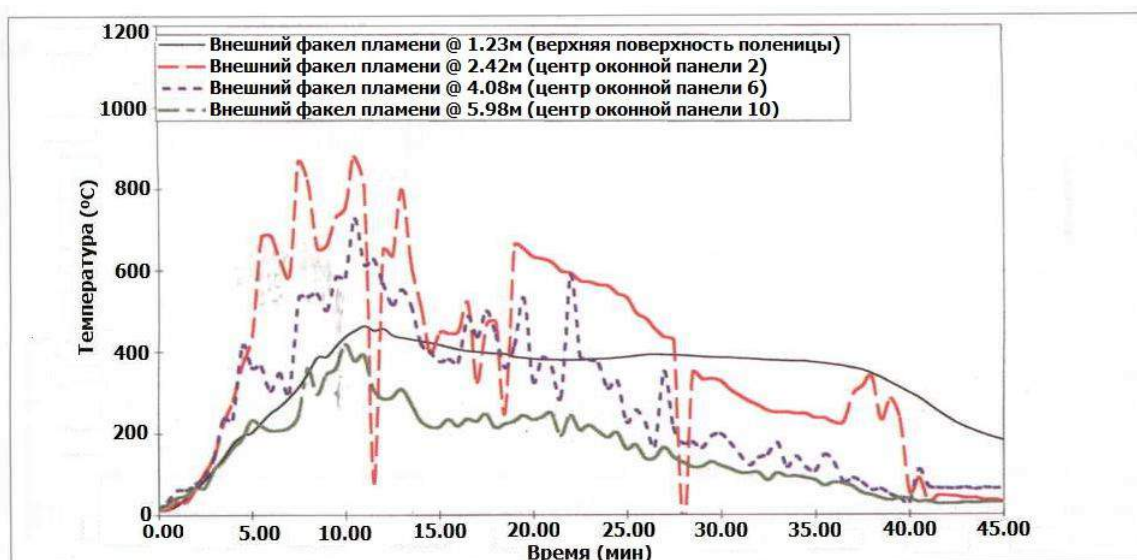
Оборудование для данных испытаний отличалось тем, что деревянная поленица с мощностью тепловыделения в 3 мВт была установлена на нижнем этаже (рис. 53). Для того чтобы смоделировать механизм обратной связи стен помещения, вокруг поленицы было построено помещение, огороженное огнеупорными панелями. Передняя часть помещения была оставлена открытой для доступа воздуха и расположена вровень с фасадом, чтоб пламя могло набрасываться на наружную сторону навесного фасада. Испытание 17 было показательным, чтобы дать представление об ожидаемой высоте пламени при данной расстановке. В данном случае навесной фасад состоял из огнеупорных панелей. Зафиксированная высота пламени превосходила 2.5 метра. На лицевой стороне здания был установлен остекленный навесной фасад с окнами и межоконными панелями. Термопары были размещены на разной высоте в предполагаемой зоне факела пламени для фиксирования температурных показателей горячего газа. В помещении на первом этаже напротив окна были установлены предметы мебели в виде двух деревянных столов. Этажом выше были расположены дополнительные предметы мебели, стопки бумаг и отдельные листы бумаги с целью оценить возможность перебрасывания огня на два этажа вверх.

### **Наблюдения и результаты (испытание 17, 18)**

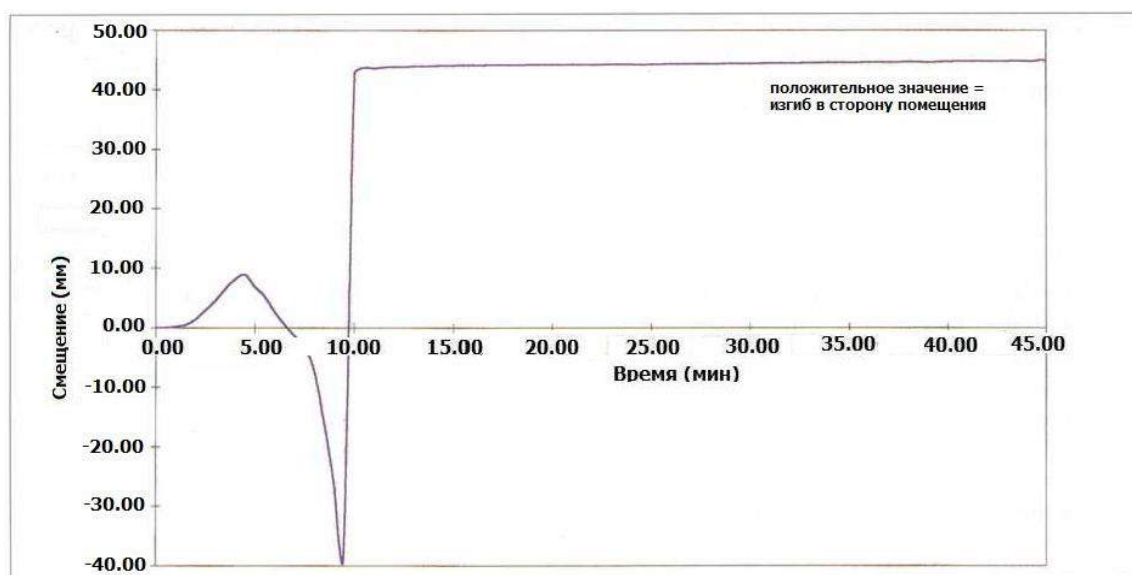
Стекло межоконных панелей, расположенных непосредственно над огнем, начало трескаться в течение первых 2 минут после загорания и разрушилось в течение 6 минут. Это позволило пламени проникнуть на первый этаж и немедленно охватить деревянные столы. Обе центральные оконные панели на этом этаже разрушились приблизительно на 8.5 минуте под воздействием нагревания с обеих сторон. На 10.5 минуте произошло разрушение одной из центральных верхних межоконных панелей. Пламя достигло этого уровня с помощью горящих столов на первом этаже, но ни один из воспламеняемых предметов, расположенных на втором этаже, не загорелся. На рис. 54 показана разница температур на разной высоте, зафиксированная термопарами, расположенными вблизи, но вне зоны факела горячих газов. На нем показан быстрый рост температур до максимальной интенсивности тепловыделения в течение 10 минут, с последующим постепенным угасанием на протяжении полу часа. На максимальное значение совпало с главным этапом наблюдения испытания. Снижение температуры с приблизительно 800°C до 400°C на этапе максимальной интенсивности горения наблюдалось в показателях всех термопар. Показатели температур верхней части поленицы были ниже, поскольку термопара находилась в основании факела пламени, где температура горения ниже и вовлекается большое количество воздуха.

Смещения рамной конструкции (рис. 55) было аналогично предыдущим испытаниям, но в данном случае центральный вертикальный импост первоначально смещался в направлении от помещения, поскольку пожар протекал снаружи помещения. Смещение достигло максимального значения на приблизительно 4,5 минуте,

затем направление изгиба изменилось в обратную сторону, что привело к значительному смещению в направлении помещения. Приблизительно на 10 минуте произошел сбой измерительного датчика смещения под воздействием высоких температур, прервавший дальнейшие изменения.

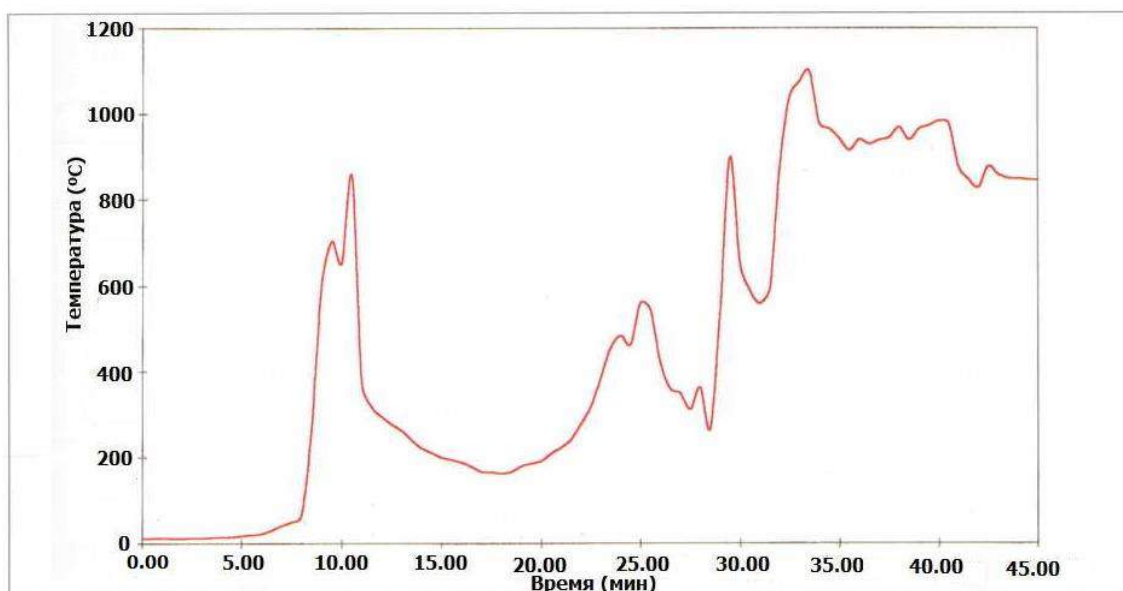


**Рис. 54 Колебания температур с высотой примыкающей к факелу пламени**



**Рис. 55 Смещение вертикального импоста от центра (испытание №18)**

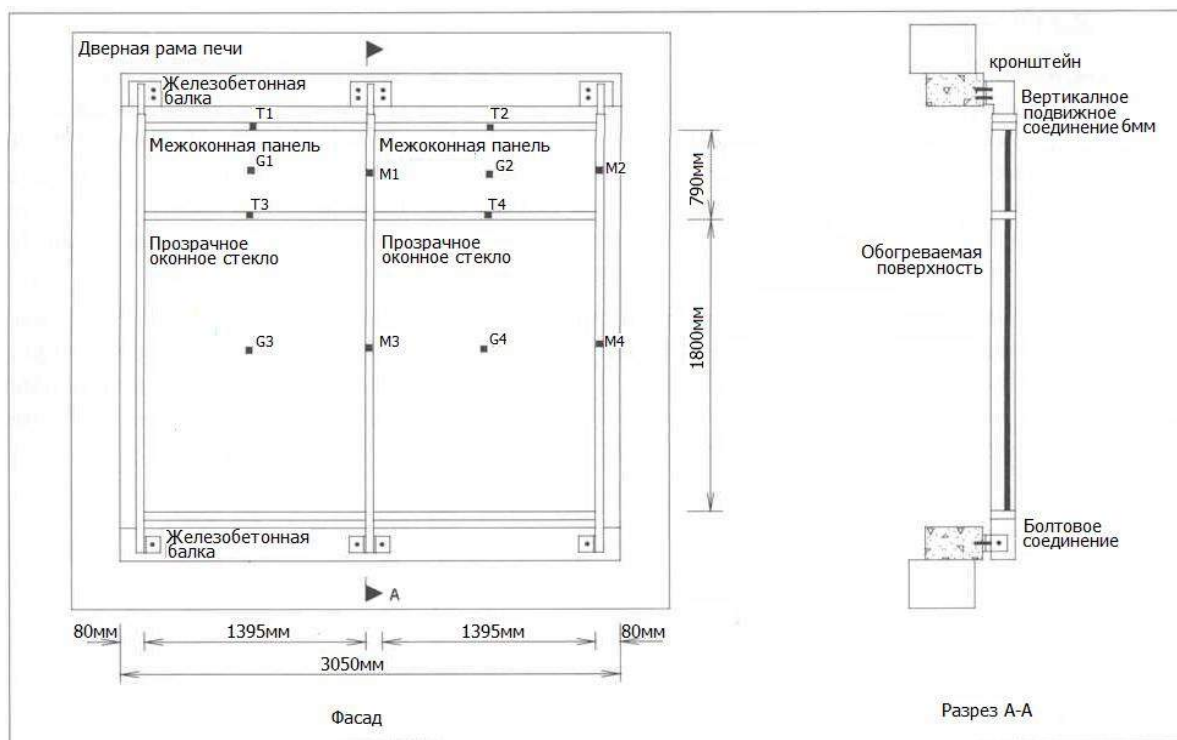
Данные термопары, считывавшей температуры горячих газов в помещении первого этажа приводятся на рис. 56. В течение первых 6 минут в помещении сохранялась низкая температура, поскольку оно было эффективно изолировано от пожара. После разрушения двух нижних межоконных панелей пламя проникло внутрь помещения, что сопровождалось внезапным и значительным ростом температур, зафиксированным всеми датчиками в помещении. Было зафиксировано максимальное значение, равное примерно 800°С, указывающее на уровни нагрева, при которых воспламеняются горючие материалы в помещении, и рабочие столы, расположенные напротив фасада начали гореть. Между 8.5 и 10.5 минутой обрушились центральные пары окон и межоконных панелей, что вызвало охлаждение помещения первого этажа благодаря выветриванию горячих газов, и привело к снижению температур. Последующее падение контрольно-измерительного оборудования в очаг поленицы или вблизи от него вызвало увеличение температуры.



**Рис. 56 Температурные показатели термопары в помещении, высота  $h=0.5$  м (испытание №18)**

### **Обсуждение**

Результаты испытания 16 представляли преимущественно теоретический интерес в отношении факторов, регулирующих форму и размеры факелов пламени. Испытание 18 (испытание 17 будучи «пробным») подтвердило способность пожара напрямую проникать на вышерасположенные этажи посредством межоконных панелей и вызывать вторичное возгорание горючих материалов. В данном конкретном случае предметы мебели были расположены только вблизи от фасада для показательности испытания, однако можно предположить, что если все помещение было бы обставлено мебелью, по аналогии с испытанием 12, можно было ожидать пожара такой же силы, который в свою очередь, распространился бы вверх по зданию. Теплота, скопившаяся в помещении первого этажа, преимущественно вырабатывалась поленицей и, следовательно, дальнейшие разрушения оконных и верхних межоконных панелей эффективно охлаждали помещение. Этого явления можно было избежать, если бы в помещении находилось достаточно горючих материалов для поддержания независимого пожара высокой мощности.



**Рис. 57 Оборудование для «стандартного» испытания с печью (испытание №19)**

Несомненно, применение межоконных панелей без огнезащитного покрытия позволили пожару распространиться в помещении на первом этаже на раннем этапе. Если бы межоконные панели имели огнезащитное покрытие, первыми элементами в очереди на разрушение оказались бы окна на уровне первого этажа. В этом случае распространение огня и возможные повреждения были бы предотвращены. Разрушение межоконных панелей на раннем этапе рассматривается как критический режим распространения пожара в программе испытаний.

## Испытание 19: Исследование при помощи испытания со стандартной печью

### Оборудование

Остекленная навесная фасадная система прошла ряд испытаний по возможным пожарным сценариям в помещении. Однако если бы потребовались данные об огнестойкости внешней оболочки здания, испытания фасада проходили бы в сравнении со «стандартной» кривой пожара, как другие элементы конструкции. Кроме того, это предоставит дополнительные данные о том, насколько действенным является стандартное пожарное испытание в сравнении с натурным поведением. Таким образом, была спроектирована и установлена показательная система на настенной печи и испытываемая в соответствии со «стандартной» кривой пожара.

Установка показана на рис. 57. Конфигурация рамной конструкции была задана таким образом, чтобы покрывать как можно больше площади обогреваемой поверхности печи (3 м<sup>2</sup>). Рамная конструкция включает два полномасштабных оконных отверстия и два небольших межоконных отверстия, относящихся к участку фасада, расположенному ниже уровня потолка. Элементы остекления, как и раньше, состояли из листового полированного стекла с двойным остеклением для окон и упрочненного стекла с двойным остеклением для межоконных панелей. Была установлена соответствующая рамная конструкция из вертикальных и горизонтальных импостов. Опорные вертикальные импосты крепились при помощи болтовых соединений в нижней части и муфтовых соединений в верхней части с зазором на расширение 5 мм и на сокращение 100 мм. Предел расширения был рассчитан согласно относительной высоте вертикальных импостов между испытательной установкой и печью. На необогреваемой стороне элементов рамной конструкции и остекления были установлены термопары для измерения уровней температур. Датчики смещения были установлены на центральном импосте для измерения осевого и бокового смещения, а также на правом краю вертикального импоста для измерения горизонтального смещения в плоскости фасада.

### Наблюдения и результаты

Испытание началось с загорания рядов горелок по обе стороны настенной печи. Трещинообразование было замечено с первой минуты нагревания, но, несмотря на то, что левое внутреннее оконное стекло частично разрушилось на 5.5 минуте, наружное оконное стекло оставалось неповрежденным. Обе внутренние межоконные панели провалились в печь приблизительно на 6.5 минуте. Оконные панели продолжали разрушаться, но оставались на месте. Левая внешняя межоконная панель, в конце концов, разрушилась и выпала из рамной конструкции на 9.5 минуте, оставив отверстие, после чего горелки были немедленно выключены.

Зависимость измеренной температуры от времени была изображена на графике в сравнении со «стандартной» кривой. Температурная кривая демонстрировала соответствие «стандартной» кривой нагревания до момента разрушения. Первые 10 минут нагревания в стандартной печи рассматриваются как переходный процесс. Большая часть теплопередачи осуществляется через конвекцию от пропановых горелок, в то время как тепловое излучение только начинает доминировать на более поздних этапах и при более высоких температурах, при которых выделение тепла от задней стены камеры становится значительным.

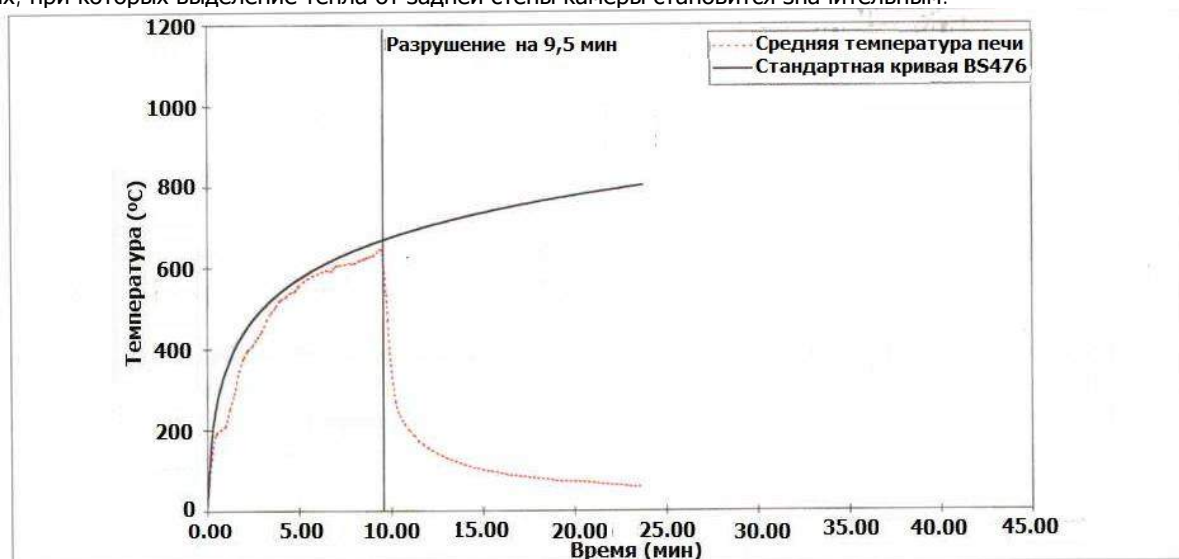
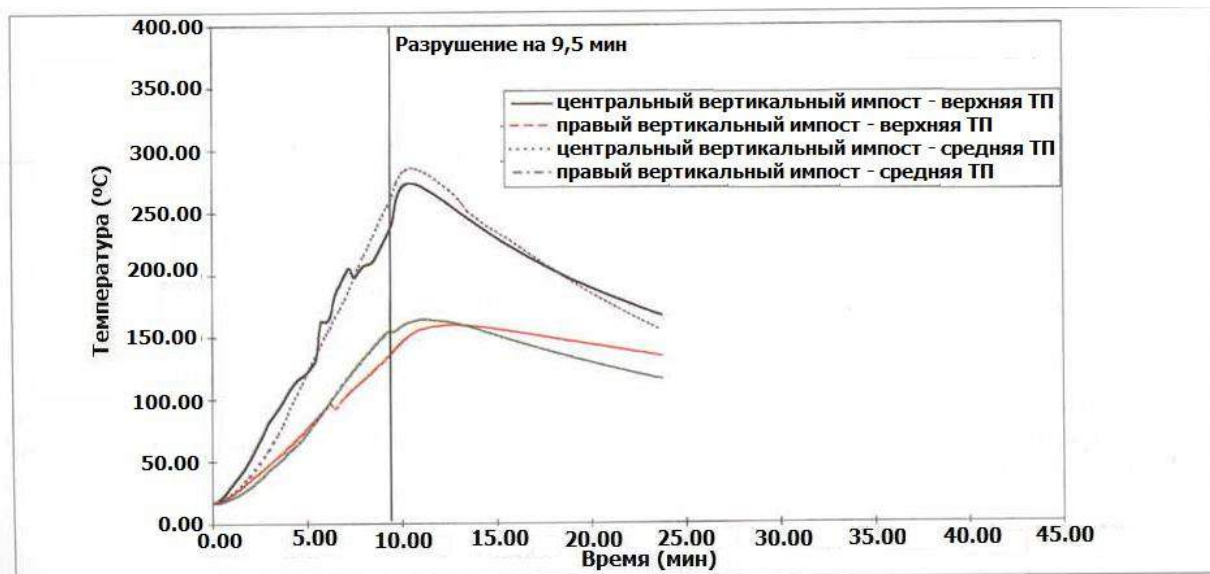
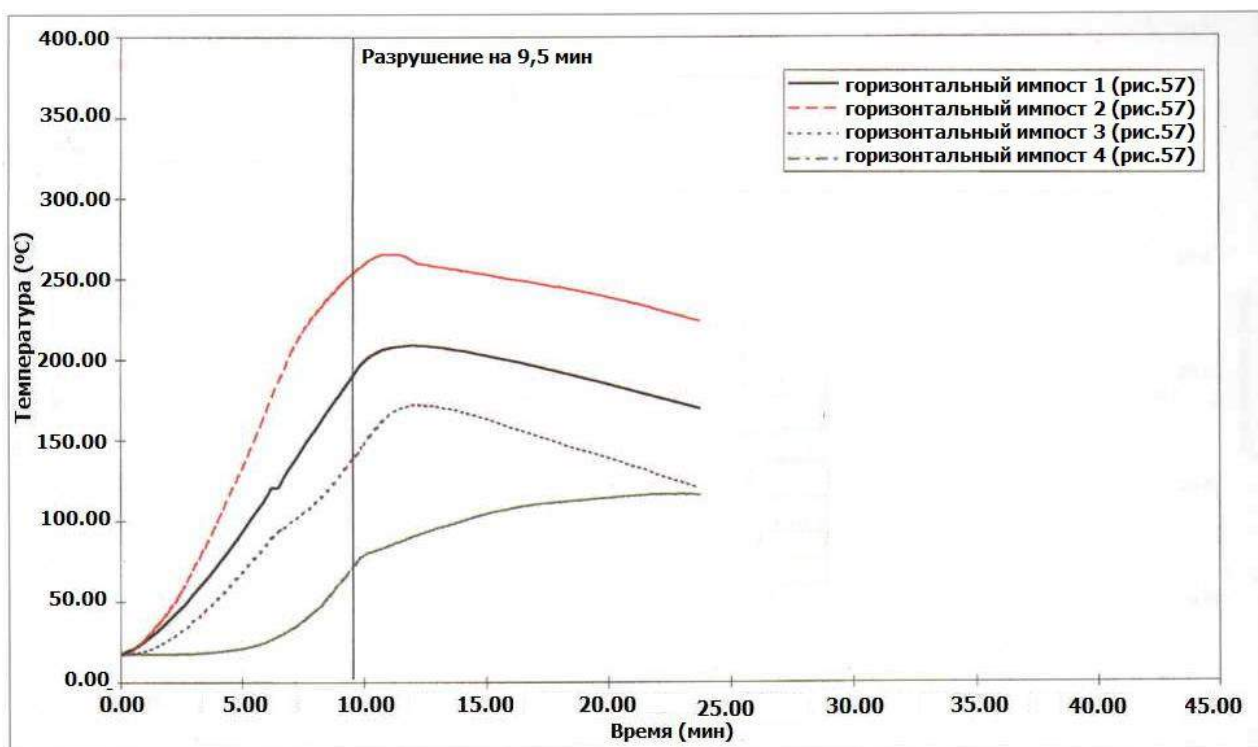


Рис. 58 Сопоставление кривой средней температуры печи и «стандартной» кривой (испытание №19)

После испытания был произведен сбор данных с целью обнаружения несоответствий с испытаниями в помещениях. Было замечено, что вертикальные и горизонтальные импосты (рис. 59 и 60 соответственно) демонстрировали практически линейные повышения температур до момента разрушения. В частности, нагревание вертикальных импостов было очень однородным по всей длине. Максимальная температура не превышала 300 °С и, следовательно, повреждение алюминиевого сплава было минимальным по сравнению с испытаниями в помещениях.



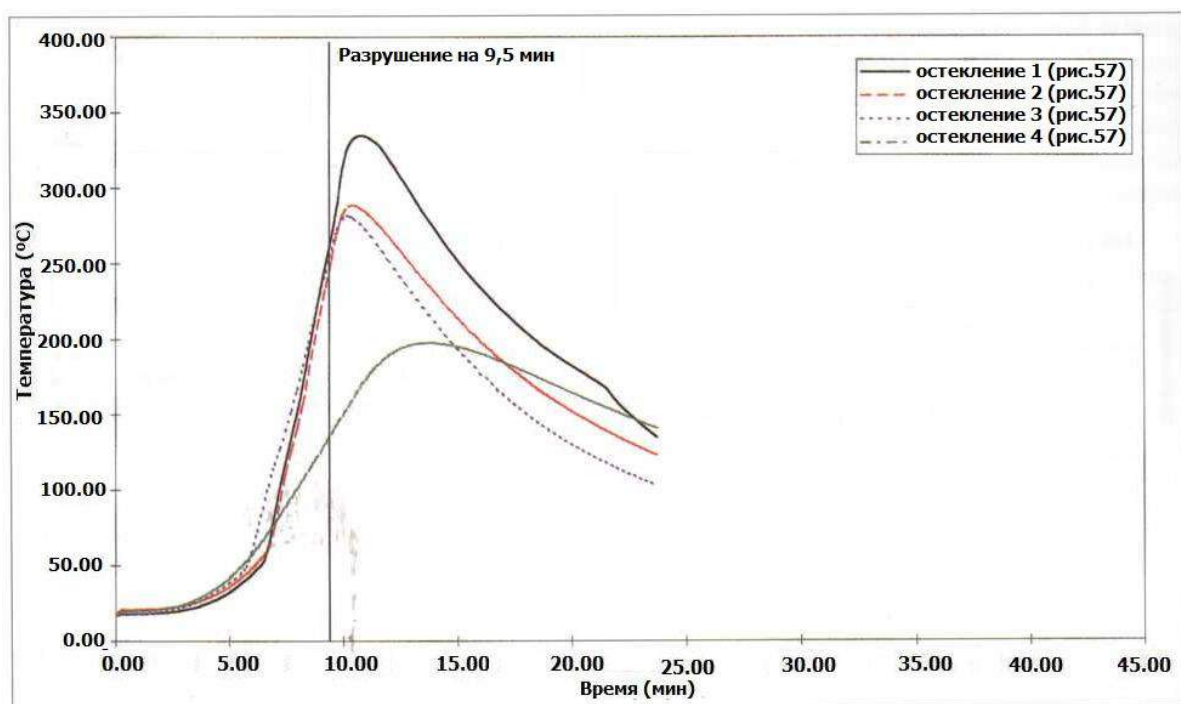
**Рис. 59 Кривые температур вертикальных импостов (испытание №19)**



**Рис. 60 Кривые температур горизонтальных импостов (испытание №19)**

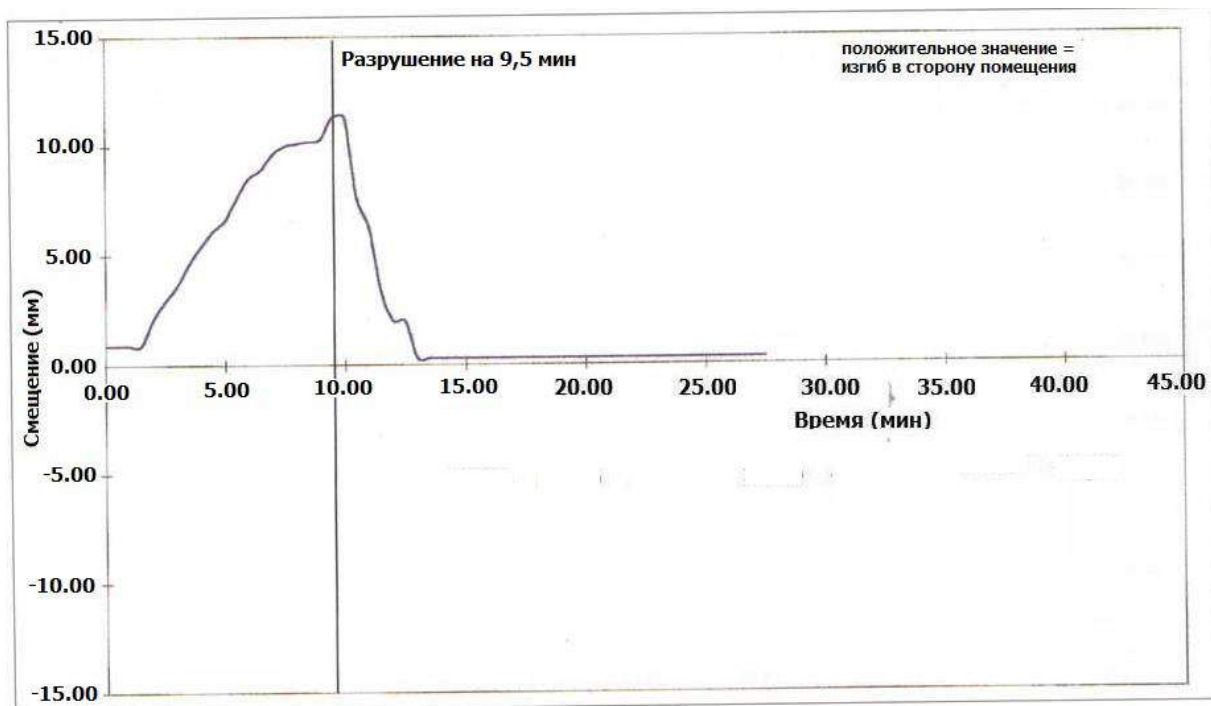
Поведение элементов остекления носило другой характер. Значительного возрастания температур не наблюдалось в течение первых 6.5 минут нагревания, но после выпадения внутренних оконных стекол, температуры резко возросли до значения 275 °С, при котором произошло разрушение. Затем последовало быстрое снижение температур.





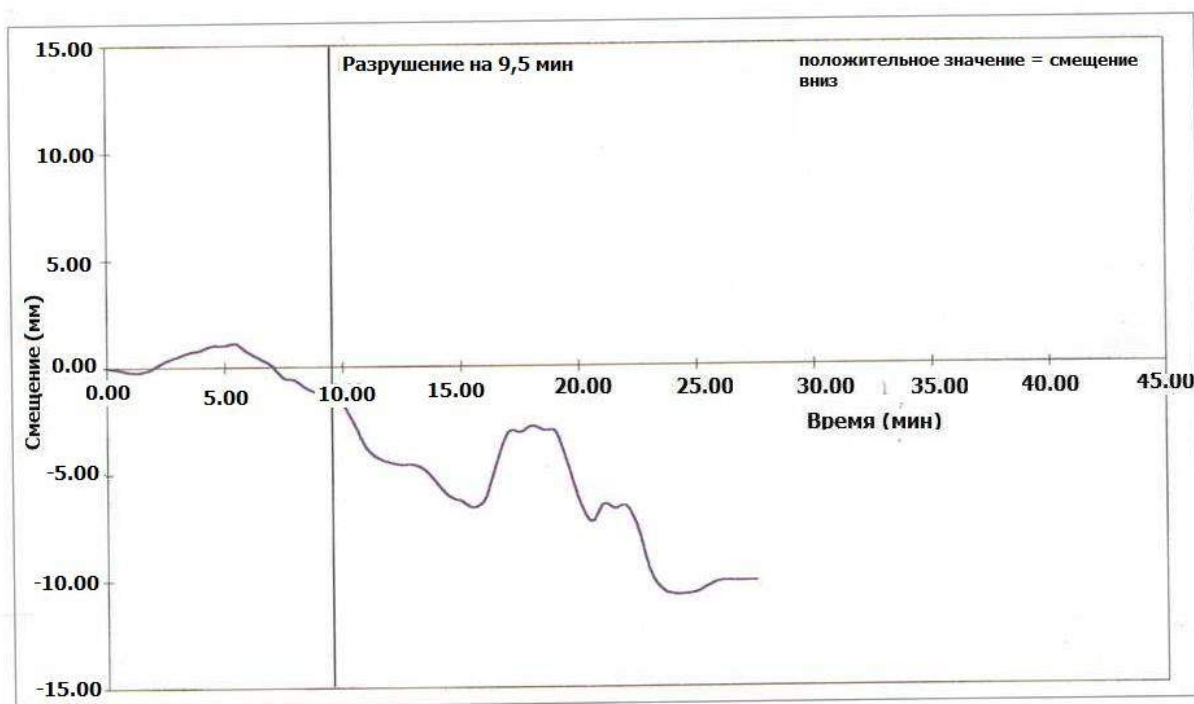
**Рис. 61 Кривые температур элементов остекления (испытание №19)**

Характер бокового смещения центрального вертикального импоста (рис. 62) первоначально был аналогичен поведению вертикальных импостов в предыдущих испытаниях в помещении. Температурный градиент вызвал смещение вертикального импоста в сторону печи. После разрушения межоконной панели и отключения горелок последовало выравнивание температурного градиента, и элемент вернулся в исходную форму. Поскольку дальнейшего нагрева и снижения прочности материалов не происходило, смещение не стало причиной повреждений, как в случаях с предыдущими испытаниями.



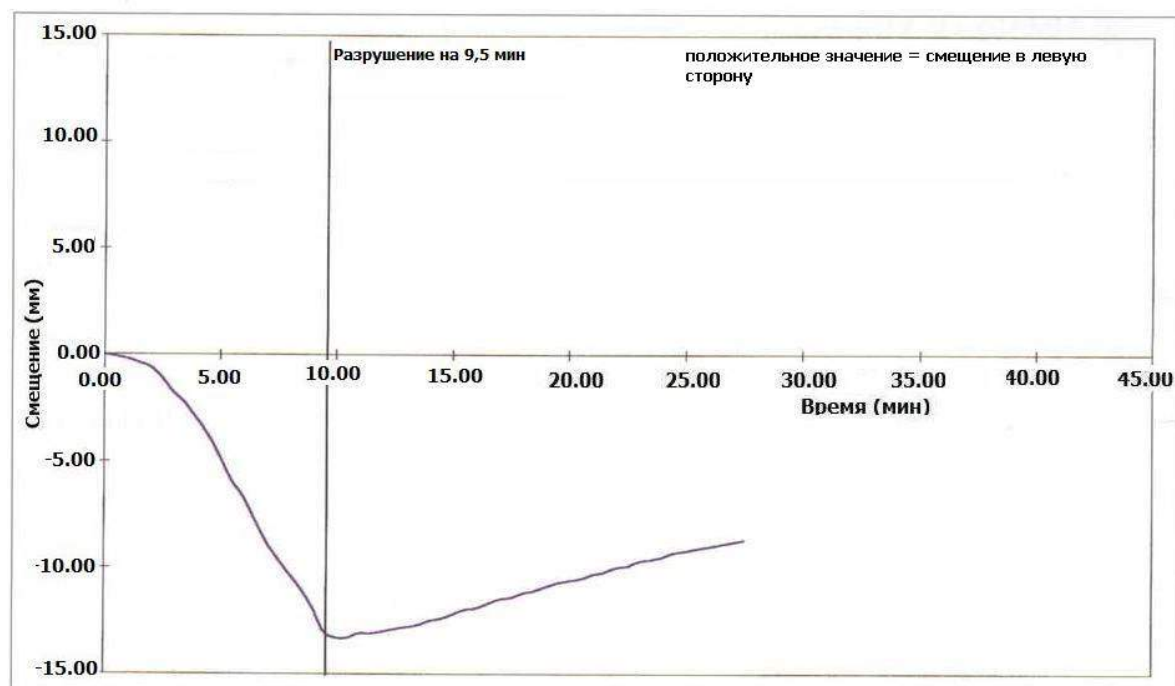
**Рис. 62 Боковое смещение вертикального импоста (испытание №19)**

График осевой деформации (рис. 63) демонстрирует первоначальное нисходящее смещение, связанное с движением вертикального импоста по направлению к печи, но после этого указывает на устойчивое расширение, которое соответствовало значениям, вычисленным при помощи коэффициента линейного расширения для алюминиевого сплава.



**Рис. 63 Осовое смещение вертикального импоста (испытание №19)**

Смещение правого вертикального импоста в плоскости фасада (рис. 64) демонстрировало значительное движение от центра, обусловленное расширением горизонтальных импостов, эффективно выталкивающих крайний



**Рис. 64 Смещение крайнего вертикального импоста в плоскости фасада (испытание №19)**

### **Обсуждение**

«Стандартное» испытание на огнестойкость предоставило метод анализа некоторых аспектов поведения навесных фасадов при пожаре. Однако нагревание печи регулировалось конвекцией горячих газов с минимальным потоком излучения через элементы остекления и регулируемым давлением, в то время как испытания с помещением предполагали значительную долю потока излучения от источника тепла и конвективные потоки от факела пламени, а также высокую плотность задымления. Тем не менее, при сравнении с результатами испытаний в противопожарном помещении, стандартное время до разрушения общей системы было схожим, даже при использовании различных экспериментальных конфигураций. В испытаниях с помещениями

давление не регулировалось и действовало выталкивающим усилием на элементы остекления, обеспечивая приток воздуха к пожару. В испытании с печью элементы остекления разрушились, но оставались на месте. В испытании с печью разрушение одного элемента остекления привело к завершению испытания, в то время как в испытаниях с помещениями разрушение приводило к увеличению развития пожара, грозившему распространиться на вышележащие этажи.

Следовательно, «стандартные» испытания могут применяться с целью оценки поведения и определения времени до первого разрушения элементов остекления или рамной конструкции, но не для демонстрации последствий, которые они могут иметь на скорость развития пожара и вероятность распространения огня на вышерасположенные этажи.

## СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты в виде краткого описания, времени до обрушения и комментария о типе обрушения приведены ниже в Таблице 1.

**Таблица 1. Результаты программы испытаний многоэтажных зданий**

№ Испытания	Описание	Время до разрушения (с момента возгорания)	Комментарий
1-6	Калибровка поленицы	-	Возникновение очага пламени у задней двери через 8 минут.
7	Испытание тяжелой рамной конструкции (поленица)	28.0 мин	Разрушение рамной конструкции, вызванное смещением огнеупорных панелей.
8	Испытание легкой рамной конструкции (поленица)	23.0 мин	Разрушение рамной конструкции, вызванное смещением огнеупорных панелей.
9	Испытание алюминиевых кронштейнов (поленица)	29.0 мин	Роль смещение панелей преобладала над разрушением кронштейнов.
10	Тяжелая рамная конструкция с фасадом (поленица)	11.5 мин	Обрушение элементов остекления. Последующая вспышка пламени вызвала прогрессирующее разрушение фасада.
11	Легкая рамная конструкция с фасадом (поленица)	13.0 мин	Обрушение элементов остекления. Последующая вспышка пламени вызвала прогрессирующее разрушение фасада.
12	Легкая рамная конструкция с фасадом (мебель)	5.0 мин	Обрушение элементов остекления. Последующая вспышка пламени вызвала прогрессирующее разрушение фасада.
13	Применение спринклерных систем для воздействия на горячие газы (поленица)	Разрушения не произошло	Подавление температур
14	Орошение панелей остекления с внутренней стороны (поленица)	32.0 мин	Смещение остекления без прогрессирующего разрушения фасада.
15	Орошение панелей остекления с внешней стороны (поленица)	32.0 мин	Смещение остекления без прогрессирующего разрушения фасада.
16	Распространение пламени с 1 этажа	10.0 мин	Подготовленное разрушение при помощи съемной панели
17	Распространение пламени с нижнего этажа №1 (поленица)	-	Показательное
18	Распространение пламени с нижнего этажа №2 (поленица)	6.0 мин	Проникновение пожара
19	«Стандартное» испытание в печи (газового отопления)	9.5 мин	Разрушение элемента остекления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Была проведена серия всесторонних испытаний для оценки вероятности распространения пожара и соответствующих повреждений в многоэтажных зданиях с навесными фасадами. Также были рассмотрены средства снижения убытков от пожара.

Результаты имеют следующие последствия для оценки максимальных потерь, понесенных в пожарных сценариях в многоэтажных зданиях:



- В здании, не оснащенном спринклерной системой, при неблагоприятных условиях внешней среды, прогрессирующее распространение пожара на верхние этажи имеет высокую степень вероятности. Таким образом, необходимо рассматривать типичное предположение, что один или даже два этажа будут потеряны при пожаре, в зависимости от особенностей здания.
- Необходимо наличие правильно установленного противопожарного материала в пространстве между перекрытием и оболочкой здания. В случае отсутствия противопожарного материала, пожар распространится вертикально по фасаду здания путем проникновения горячих газов через перекрытие в течение 5 минут независимо от типа навесного фасада, что увеличит ущерб от пожара в несколько раз.
- Составные элементы навесной фасадной системы, такие как горизонтальные и вертикальные импосты, соединительные кронштейны терпят значительный ущерб под воздействием пожара при повышенной температуре. Деформация в данном случае играет более важную роль, чем разрушение, поскольку она происходит намного раньше и создает отверстия в огнеупорном волокне, позволяя пожару распространяться на вышерасположенный этаж посредством проникновения горячих газов, как в случае описанном выше.
- В системах с двойным остеклением из полированного листового стекла разрушение происходит в течение 5-13 минут. От того, насколько быстро среагирует пожарная команда, будет зависеть, сможет ли ущерб от пожара ограничиться одним этажом.
- В случае если межоконные панели из упрочненного стекла соединяют вертикальную границу, возгорание на вышерасположенном этаже может произойти в течение нескольких минут после первого разрушения в остеклении на этаже возгорания. Данная особенность должна расцениваться как неблагоприятная в процессе оценки убытков.
- Спринклерные системы, используемые для охлаждения пожарных газов или для орошения окон (изнутри или снаружи) препятствовали разрушению остекления на протяжении горения поленицы, что ограничило ущерб от пожара одним этажом, на котором произошло загорание. В этих случаях могут допускаться малые потери.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] EN 10088. «Стали нержавеющей. Часть 2: Технические условия поставки листовой и полосовой стали общего назначения»  
EN 10088. Stainless steels. Part 2: Technical delivery condition for sheet/plate and strip
- [2] EN 10095. «Жаропрочные стали и никелевые сплавы»  
EN 10095. Heat resisting steels and nickel alloys
- [3] EN 13501-2:2006. «Классификация строительных продуктов и типов конструкций по их противопожарным характеристикам - Часть 2: Классификация с результатами испытаний на огнестойкость»  
EN 13501-2:2006. Fire classification of construction products and building elements. Part 2: Classification using data from fire resistance tests
- [4] EN 1363-1:1999. «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования»  
EN 1363-1:1999. Fire resistance tests. Part 1: General requirements
- [5] EN 1363-2:1999. «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры»  
EN 1363-2:1999. Fire resistance tests. Part 2: Alternative and additional procedures
- [6] EN 1364-1:1999. «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены»  
EN 1364-1:1999. Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Part 1: Walls
- [7] EN 1364-3:2006. «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 3: Навесные фасады. Полная конфигурация (полная сборка)»  
EN 1364-3:2006. Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Part 3: Curtain walling. Full configuration (complete assembly)
- [8] EN 1364-4:2007. «Испытания ненесущих конструкций на огнестойкость. Часть 4: Навесные фасады. Частичная конфигурация»  
EN 1364-4:2007. Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Part 4: Curtain walling. Part configuration
- [9] EN 1365-1. «Испытания несущих конструкций на огнестойкость. Часть 1: Стены»  
EN 1365-1. Fire resistance tests for loadbearing elements. Part 1: Walls
- [10] EN 357. «Остекление зданий. Огнестойкие остекленные элементы из прозрачного или полупрозрачного стекла. Классификация по огнестойкости»  
EN 357. Glass in building. Fire resistant glazed elements with transparent or translucent glass products. Classification of fire resistance
- [11] EN ISO 1716. «Поведение строительных конструкций при испытаниях на огнестойкость. Определение теплоты сгорания»  
EN ISO 1716. Reaction to fire tests for building products. Determination of the calorific value
- [12] ENV 1363-3:1999. «Испытания на огнестойкость. Часть 3: «Проверка эксплуатационных характеристик печей»  
ENV 1363-3:1999. Fire resistance tests. Part 3: Verification of furnace performance
- [13] IEC 584-1:1995. «Термопары. Часть 1: Справочные таблицы»  
IEC 584-1:1995. Thermocouples. Part 1: Reference tables (EN 60584-1)
- [14] ISO 834-1:1975. «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования»  
ISO 834-1:1975. Fire resistance tests. Elements of building construction. Part 1: General requirements.
- [15] ISO 834-1:1999. «Испытания на огнестойкость. Строительные конструкции. Часть 1: Общие требования»  
ISO 834-1:1999. Fire resistance tests. Elements of building construction. Part 1: General requirements
- [16] LPR-11:1999. «Распространение огня в многоэтажных зданиях с остекленными навесными фасадами»  
LPR-11:1999. Fire spread in multi-storey buildings with glazed curtain wall facades

- [17] prEN 15254-1. «Расширенное применение результатов испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 1: Общие требования»  
prEN 15254-1. Extended application of results from fire resistance tests. Non-loadbearing walls. Part 1: General
- [18] prEN 15254-4:2005. «Расширенное применение результатов испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 4: Остекленные конструкции»  
prEN 15254-4:2005. Extended application of results from fire resistance tests. Non-loadbearing walls. Part 4: Glazed construction
- [19] prEN 1995-1-2. «Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-2. Общие требования. Противопожарное проектирование конструкций»  
prEN 1995-1-2. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1-2: General rules. Structural fire design
- [20] prEN 520. «Гипсокартон: технические требования и методы испытания»  
prEN 520. Gypsum plasterboards. Specification test methods
- [21] DIN 4102-13. «Огнестойкость строительных материалов и конструкций. Термины, требования и испытания огнеупорного стекла для остекления»  
DIN 4102-13. Fire behaviour of building materials and elements; fire resistant glazing; concepts, requirements and testing
- [22] ГОСТ 30247.0-94. «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования»