



Информационная брошюра № 2

Оценка огнестойкости и характера распространения пожара под плоской стальной крышей с теплоизоляцией

Краткое описание

В настоящее время в Европе не существует стандарта испытания, предназначенного для имитации поведения стальной плоской крыши с теплоизоляцией в условиях распространяющегося под ней внутреннего пожара, причем как в нормативных, так и в страховых целях. Кроме того, такого стандарта не существует ни в одном из государств-членов ЕС или в международной организации по стандартизации ISO. Как видится, в Европе внимание уделяется только динамике наружных пожаров и небольшим испытаниям на огнестойкость компонентов крыш. Нормативные или страховые ограничения зачастую делаются на основе показателей теплотворной способности материалов, а не их поведения при пожаре.

Поэтому нами была инициирована программа испытаний с целью разработки метода испытания в масштабах небольшой тестовой комнаты. Данный метод должен позволять производить оценку поведения элементов плоской стальной теплоизолированной крыши в условиях развивающегося под ней внутреннего пожара.

Для того, чтобы использовать данный метод испытания в качестве основы для системы классификации элементов плоских стальных крыш с различными изоляционными материалами, были разработаны четкие критерии прохождения/не прохождения испытания (соответствия/несоответствия).

В данной информационной брошюре приведено описание данного метода испытания, а также подробности о результатах его применения для плоских крыш с различными теплоизоляционными материалами.



Рисунок 1: Пример конструкции крыши, состоящей из стального настила, теплоизоляции на основе полиизоцианурата (PIR) и кровельного покрытия.

План работ

Программа работ состояла из следующих этапов:

1. характерные испытания на огнестойкость;
2. установление окончательной методики испытания; и
3. сравнение различных теплоизоляционных материалов в конечных условиях испытания.

Финальная конфигурация испытания

Геометрия испытательного оборудования аналогична используемому в стандарте ISO 9705 (испытания на огнестойкость в помещении). Пол и стены выполнены из легкого бетона, в то время как крыша изготавливается и испытывается, имитируя натурное конечное применение (**рисунок 2**).

Стандарт ISO 9705 как основа для нового испытания:

При разработке европейской системы классификации, описывающей строительные продукты по их реакции на воздействие огня, использовался стандарт ISO 9705 (Испытания на огнестойкость. Натурные испытания поверхностных изделий в помещении). Однако стандарт испытаний ISO 9705 был разработан ISO специально для оценки огнестойкости внутренней облицовки и не подходит напрямую для оценки поведения плоской стальной крыши с теплоизоляцией при распространении под ней внутреннего пожара. Стальные плоские крыши с теплоизоляцией следует рассматривать как особый случай, поскольку образование пиролизных газов в конструкции крыши может привести к распространению огня и полному развитию пожара.

Испытание проводится в соответствии со сценарием пожара, описанном в стандарте ISO 9705, с внесенными изменениями в программе работы горелки и продолжительности ее горения. В течение первых 5 минут горелка устанавливается на 100 кВт, а на оставшиеся 25 минут – на 300 кВт. Горелка выключается через 30 минут или сразу после возникновения объемного пожара.

Испытания проводятся под воронкой калориметра диаметром 6 метров (**рисунок 2**), которая служит для измерения скорости тепловыделения (HRR). Термопары, размещенные между теплоизоляцией и гидроизоляционным покрытием, используются для мониторинга за развитием температуры и состоянием теплоизоляции. С помощью инфракрасной камеры (IR), расположенной над крышей, регистрируются термографические изображения, которые могут обеспечить хорошее визуальное представление о выделении тепла от крыши, а также могут служить для измерения температуры верхней поверхности крыши. Значения температуры, измеренные с помощью инфракрасной камеры, отличаются

от измерений с помощью термопар, расположенных между теплоизоляцией и гидроизоляционным покрытием.

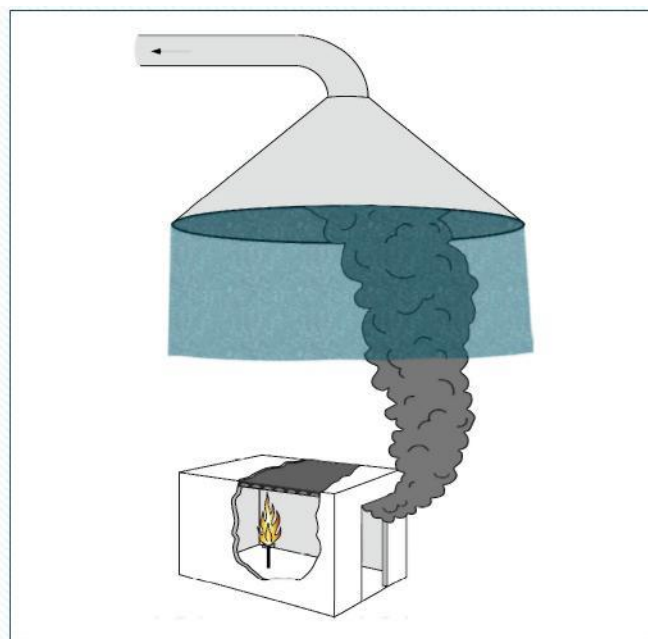


Рисунок 2: Схематическое изображение испытательной установки под большой воронкой (вытяжкой) калориметра.

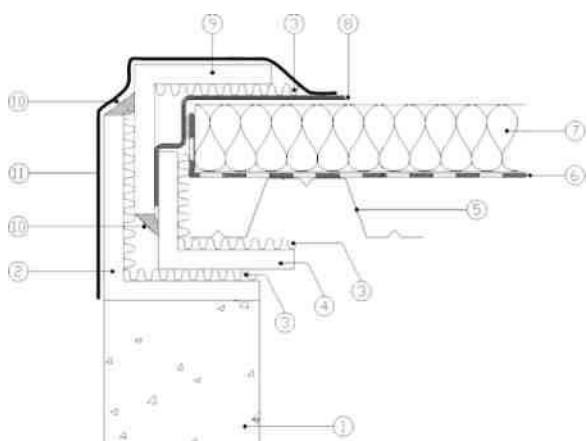
Сборка конструкции

Рисунок 3: Интенсивный выход дыма через крышу.

В рамках окончательной сборки испытательного стенда собранная крыша устанавливается на раму в верхней части испытательной комнаты.

Рама устанавливается под уклоном в 2 %, так что нижняя сторона находится над задней стенкой. Каналы в стальной крыше укладываются параллельно протяженности здания. Толщина теплоизоляционного материала изменяется в соответствии с заявленной теплопроводностью, чтобы достигнуть необходимого значения коэффициента сопротивления теплопередаче (R-value).

Наиболее важной частью конструкции крыши является точно и правильно установленные края кровли. Очень важно обеспечить, чтобы горючие газы и дым не могли выйти через конструкцию крыши или ее края, чтобы не происходило так называемое 'вентилирование' (рисунок 3). Испытания, проведенные в рамках разработки данного метода, показали, что, когда происходит 'вентилирование', измерения тепловыделения становятся ненадежными и ингибируется процесс перехода пожара в стадию объемного. Таким образом, испытание перестает имитировать реальность, и теряется воспроизводимость результатов. Необходимая конструкция края кровли показана ниже (рисунок 4).



1. стена из негорючего легкого бетона
2. рама, постоянно прикрепленная к стенам комнаты
3. керамическая вата
4. нижняя рама
5. стальной настил
6. пароизоляционный слой
7. теплоизоляция
8. гидроизоляционное мембранное покрытие
9. верхняя рама
10. сварные швы, в двух точках с каждой стороны
11. полоса битумного гидроизоляционного покрытия, закрывающая настил

Рисунок 4: Подробная схема края кровли

Воспроизводимость испытания

Для доказательства воспроизводимости метода испытания при разработке конечных условий испытания было проведено два теста для теплоизоляции из пенополистирола (EPS). В обоих испытаниях наблюдалось объемное возгорание [Ссылка 1]. Таким образом, сделан вывод о хорошей воспроизводимости метода испытания.

Критерии классификации

Этот недавно разработанный базовый сценарий предназначен для оценки полномасштабного поведения конструкций плоских стальных крыш с теплоизоляцией, и может использоваться для испытаний в конфигурации конечного использования. Однако для того, чтобы использовать метод испытания в качестве системы классификации, необходимы четкие критерии пригодности/непригодности (соответствия/несоответствия).

Для результатов, представленных в данном отчете, были предложены и использовались следующие критерии несоответствия.

- Когда во время испытания или на стадии наблюдения после остановки работы горелки происходит объемное возгорание (рисунок 5).

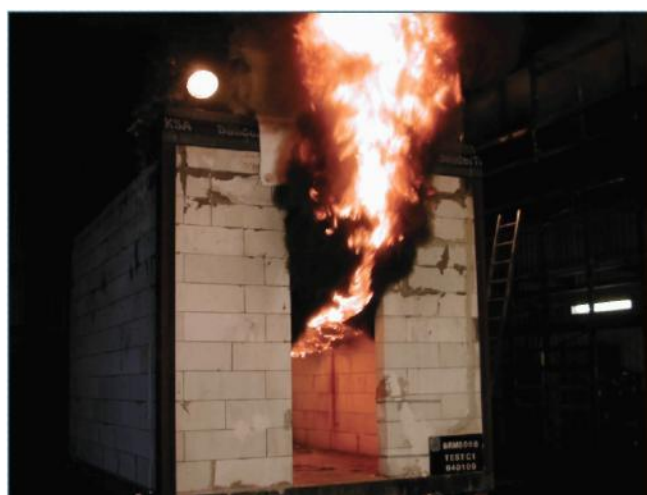


Рисунок 5: Иллюстрация объемного возгорания во время испытания

- Когда температура, регистрируемая термодатчиками между теплоизоляцией и гидроизоляционным покрытием, превышает 200 °C – что означает потерю теплоизоляции.

- Когда теплоизоляция крыши над дверным проемом полностью исчезла. (Дверной проем находится дальше всего от горелки, и крыша над ним не находится в непосредственном контакте с пламенем горелки, что означает, что огонь распространился за пределы непосредственной близости от горелки).

Сравнение результатов испытания плоских крыш, изолированных различными теплоизоляционными материалами

В сформулированных финальных условиях испытания были проведены тестирования группы плоских крыш с различными теплоизоляционными материалами, результаты этих испытаний представлены ниже.

С использованием предложенных критериев соответствия/несоответствия данных для различных теплоизоляционных материалов каменная минеральная вата и жесткий полиизоцианурат (PIR) прошли испытание, в то время как пенополистирол (EPS) – нет.

Теплоизоляция из пенополистирола (EPS) вызвала образование объемного огня. При этом пожар продолжался до сгорания всего материала, самотушения не произошло. После тушения вручную в нескольких случаях произошел прорыв пламени. Целостность конструкции крыши была полностью разрушена.

В случае плоских крыш с теплоизоляцией из каменной минеральной ваты и жесткого полиизоцианурата (PIR) развития объемного пожара не произошло, и скорость тепловыделения была ограничена. Температура на внешней стороне теплоизоляции оставалась значительно ниже 200 °С, не происходило вентилирования. Теплоизоляция осталась на месте на протяжении всей крыши. Значения температуры на термopарах между слоем теплоизоляции и гидроизоляционным покрытием оставались на низком уровне на протяжении всего испытания.

В случае, когда крыша была изолирована жестким полиизоциануратом (PIR), слой теплоизоляции был обуглен по всей поверхности, в месте над горелкой до 75 % толщины, но степень обугленности понижалась по мере удаления от горелки. Пламя самостоятельно потухло вскоре после остановки работы горелки.

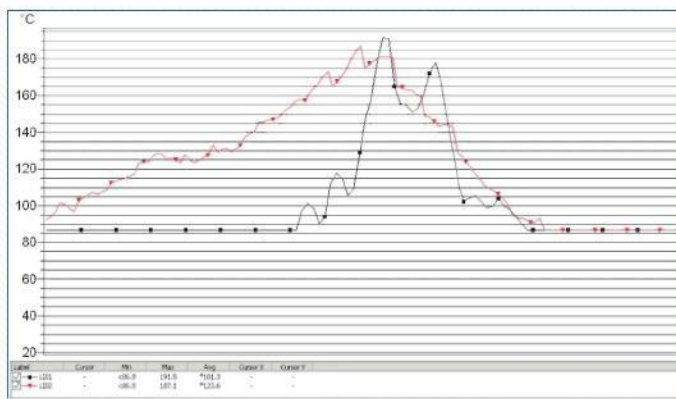
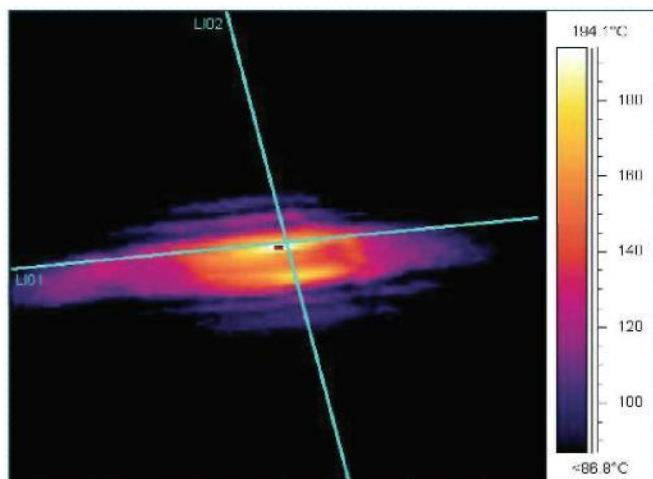
Теплоизоляция из каменного минерального волокна была заметно повреждена на глубину до 30 % толщины слоя.

На **рисунке 6** показаны термографические снимки, сделанные в конце испытаний. Графики показывают температурные профили верхней поверхности крыши относительно линий, нанесенных на термографические изображения. В случае теплоизоляции из каменной минеральной ваты и жесткого полиизоцианурата (PIR), температура верхней поверхности крыши была достаточно низкой в конце испытания, в то время как в случае пенополистирола (EPS) температура крыши на 22 минуте достигла 200 °С, в этот момент съемка термографического изображения была остановлена.

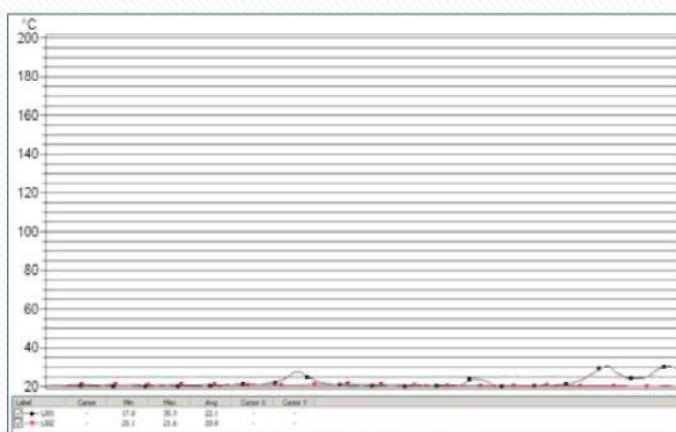
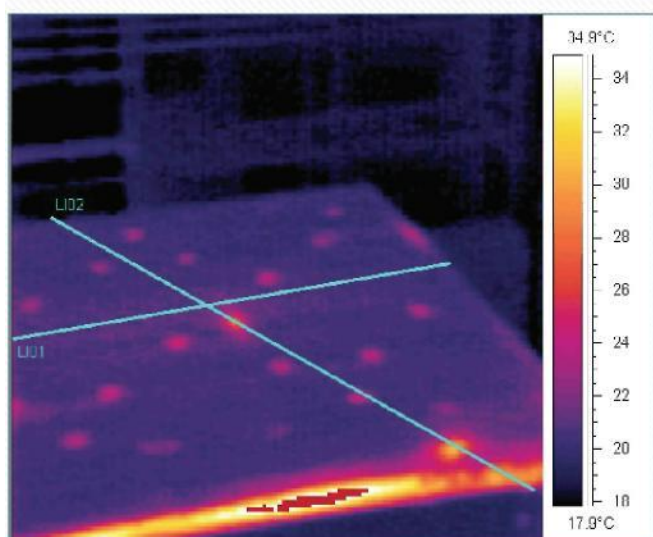
Теплоизоляционный материал из жесткого полиизоцианурата (PIR), используемый в этих испытаниях, также обладает I классом огнестойкости согласно стандарту FM 4450, в то время как ни один из испытательных образцов пенополистирола (EPS) не смог достичь этих показателей. Каменное минеральное волокно, по-видимому, не испытывалось в рамках стандарта FM 4450, но предполагается, что этот материал пройдет это испытание на огнестойкость. Это указывает на перспективную корреляцию между нашим методом и методом FM4450.

Корреляция со стандартом FM 4450:

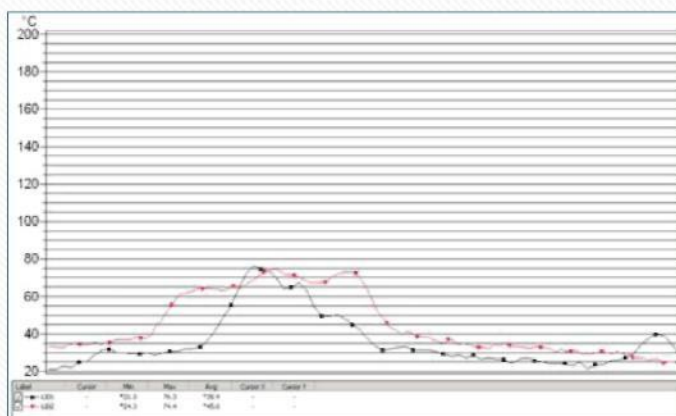
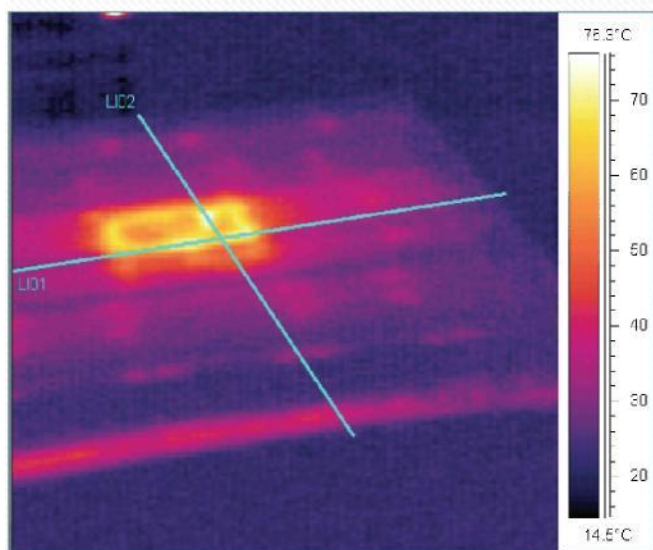
Согласно законам США горючие теплоизоляционные материалы могут использоваться непосредственно со стальными кровлями, в случае если конструкция крыши соответствует требованиям, перечисленным в стандарте FM4450 компании Factory Mutual. Частью этого стандарта является испытание на огнестойкость, проводимое на полностью собранной крыше для имитирования конечного применения.



**Плоская крыша, изолированная пенополистиролом (EPS)
Прошедшее время = 22:00 минуты**



**Плоская крыша, изолированная каменным минеральным волокном
Прошедшее время = 30:00 минут**



**Плоская крыша, изолированная жестким полиизоциануратом (PiR)
Прошедшее время = 29:30 минут**

Рисунок 6: Термографические изображения, зарегистрированные над верхней поверхностью испытуемых крыш, и графики профилей температуры поверхности вдоль поперечных и продольных линий L01 и L02.

Внутреннее выгорание/тление

На рисунке 7 показано увеличение температуры в слое теплоизоляции из каменного минерального волокна после отключения горелки. Это интерпретируется как начало некоторого внутреннего выгорания

выгорания или тления (punking) уже после выключения горелки. Испытанные ячеистые пластиковые теплоизоляционные материалы не показали подобного типа внутреннего выгорания/тления.

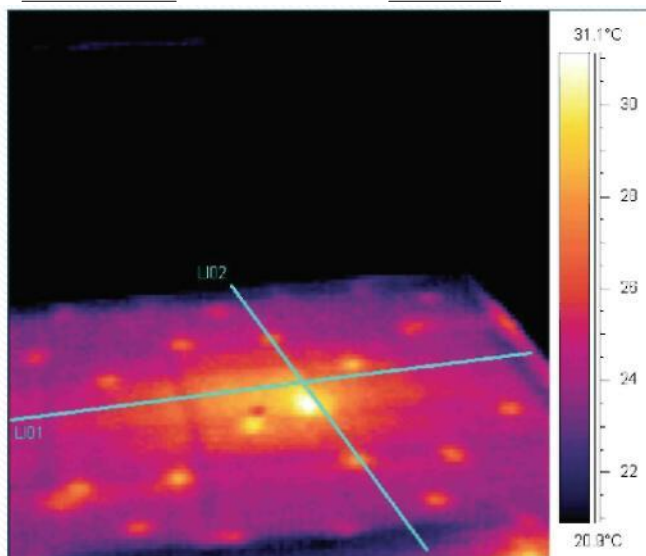
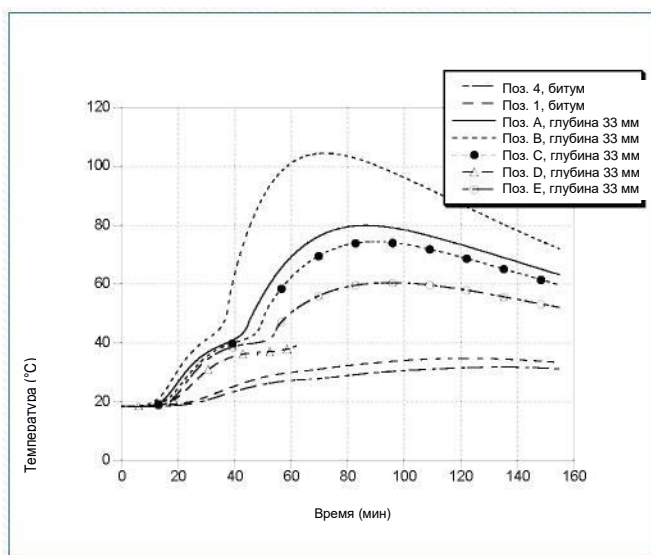


Рисунок 7: Значения температуры внутри слоя теплоизоляции (0-160 минуты) крыши, изолированной каменным минеральным волокном. Термопары в положениях 1 и 4 находятся на границе между слоем теплоизоляции и гидроизоляционной мембраны. Термопары в положениях с А до Е находятся на глубине 33 мм под верхней поверхностью теплоизоляционного материала. Термографическое изображение записано над верхней поверхностью кровельной конструкции, изолированной каменным минеральным волокном, через 1 час и 40 минут.

Заключение

Данный проект был предпринят для разработки метода испытаний для оценки огнестойкости и характера распространения огня для плоских стальных крыш с теплоизоляцией при условии развития под ними внутреннего пожара. Метод испытания разработан на основе стандарта ISO 9705 с внесением минимальных изменений.

Обширная программа исследований показала, что этот новейший метод испытаний может давать воспроизводимые результаты, что делает его пригодным для полномасштабной оценки характера распространения пожара для плоских стальных кровельных конструкций. Опыт проведения этой исследовательской программы позволил сформулировать также критерии прохождения/ не прохождения испытания.

Результаты, полученные для теплоизоляционных материалов на основе каменного минерального волокна и жесткого полиизоцианурата (PIR), показали приемлемое поведение. Распространения объемного пожара не наблюдалось. Теплоизоляция на основе жесткого полиизоцианурата (PIR) внесла некоторый вклад в скорость тепловыделения, в то время как каменное минеральное волокно показало наличие начала некоторого внутреннего выгорания/тления после завершения испытания.

В случае материалов на основе пенополистирола (EPS), произошло объемное возгорание и полное повреждение теплоизоляционного материала.

Обнаружены перспективные корреляции результатов испытания со стандартом огнестойкости FM4450.

Данная методика проведения испытаний позволяет оценить риск возникновения внутреннего выгорания/тления (punking).

Ссылки

- [1] *Assessment of the Fire Behaviour of Insulated Steel Deck Flat Roofs. Test Method Based on the ISO 9705 Room Corner Test*, Reference document based on Bestrahlung mit einer Infrarotlampe, Untersuchungsbericht, 2004

Информация, содержащаяся в данной публикации, является, согласно имеющимся у нас сведениям, достоверной и точной, однако любые содержащиеся в ней рекомендации или предложения приводятся без гарантий, поскольку условия использования и состав исходных материалов находятся вне нашего контроля. Кроме того, ничто из содержащегося в настоящем документе не должно быть истолковано как рекомендация к применению какого-либо продукта, противоречащая действующим патентами на какой-либо материал или его использование.