



Динамические нагрузки на плоские крыши

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОМУ СЛОЮ

СОДЕРЖАНИЕ

- Краткое описание
- Введение
- Существующий метод испытания не может решить проблему динамических нагрузок
- Опыт эксплуатации плоских крыш
- Метод оценки воздействия динамических нагрузок
- Испытание на сжатие циклическими нагрузками для маркировки ЕС
- Следующие шаги

КРАТКИЕ ИТОГИ

Плоская крыша часто подвергается динамическим механическим нагрузкам, например, при хождении по ней работников и перемещении по ней небольших транспортных средств во время строительных работ или технического обслуживания. Установка на плоской крыше солнечных панелей приводит к тому, что по крыше еще чаще ходят, а ветровая нагрузка на установленные солнечные панели может создавать дополнительные механические нагрузки.

Таким образом, необходимо уделять больше внимания случаям сильных деформаций плоских крыш из-за повреждения теплоизоляционного материала. В первую очередь, это объясняется высокими затратами на ремонт поврежденных слоёв теплоизоляции и гидроизоляции крыши, а также касается вопросов, связанных с материальной ответственностью.

Динамические нагрузки могут стать причиной уменьшения прочности на

сжатие и более сильных деформаций теплоизоляционного слоя. Одних только сведений о поведении теплоизоляционных материалов при статическом сжатии может оказаться недостаточно для некоторых областей применения. Сегодня появляется всё больше свидетельств того, что нужна новая европейская методика испытаний, которая учитывала бы циклические сжимающие нагрузки на теплоизоляционные материалы, применяемые в зданиях.

В данном информационном бюллетене описан подобный метод испытаний и в общих чертах изложено упрощённое испытание на динамические нагрузки для маркировки CE. Практический опыт и сами результаты испытаний указывают на то, что для обращения на рынке теплоизоляционных материалов ЕС необходимо декларировать прочность на сжатие/сжимающее усилие при повторяющихся нагрузках с 2%-ной деформацией. Это должно способствовать безопасности конструкций плоских крыш, на которые воздействуют динамические нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

Для обращения на рынке ЕС требуется декларировать такие свойства теплоизоляции, как прочность на сжатие/сжимающее усилие при 10%-ной деформации, допустимая сосредоточенная нагрузка или долговременное сжатие, приводящие к деформациям ползучести. Эти свойства определяются при воздействии статических нагрузок. Однако в ряде областей применения проблему для целостности теплоизоляции могут создавать и динамические нагрузки.



Рисунок 1: Пример поврежденной кровли

Плоская крыша (или крыша с небольшим уклоном) часто подвергается динамическим механическим нагрузкам, например, при хождении по ней работников и перемещении небольших транспортных средств. Эти нагрузки возникают во время строительства здания или при выполнении плановых работ по техническому обслуживанию установок, распложенных на крыше. После нескольких таких воздействий, некоторые материалы имеют тенденцию терять свою прочность на сжатие, что приводит в дальнейшем к более глубокому воздействию, например, отпечатков ног на гидроизоляцию. Такое напряжение в гидроизоляции может привести к образованию трещин или к прорыву крепежных элементов через

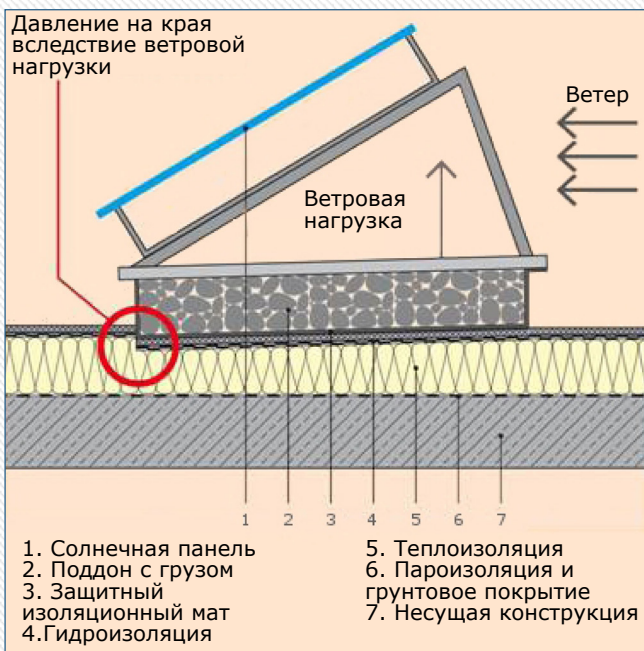


Рисунок 2: Давление на края вследствие воздействия ветровой нагрузки на установку (источник: IVPU – Промышленная ассоциация производителей жесткого пенополиуретана)

гидроизоляцию, если воздействие находится достаточно близко к крепежу. Таким образом, теплоизоляционный материал и гидроизоляция могут быть сильно повреждены, что приведет к протеканию крыши.

Также на плоских крышах всё чаще устанавливают солнечные панели, и это приводит к тому, что по крыше чаще ходят работники во время установки и технического обслуживания этих панелей (**рисунок 1**). Ещё более важно то, что воздействие ветровых нагрузок на наклонные панели вызывает увеличение нагрузки на несущую конструкцию, тепло и гидроизоляцию. Давление на наветренную сторону наклонных панелей ослабевает, в то время как давление на подветренную сторону растёт. Если солнечная панель испытывает ветровую нагрузку, то вся масса перемещается на края опоры, что может повредить гидроизоляцию крыши, если теплоизоляционный слой мягкий (**рисунок 2**).



Рисунок 3: Солнечные панели на плоской крыше (источник: IVPU – Промышленная ассоциация производителей жесткого пенополиуретана)

В данном информационном бюллетене подытожены выводы из следующих документов/проектов:

- Исследование Ахенского института строительства и прикладной физики (AIBau) [1]
- Новый метод оценки воздействия динамических нагрузок [2]
- Испытание на сжатие при циклических нагрузках [3]

СУЩЕСТВУЮЩИЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЯ НЕ УЧИТЫВАЕТ ПРОБЛЕМУ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Сегодня для определения поведения теплоизоляционных материалов, используемых на кровлях зданий, применяется статический метод испытания. Прочность на сжатие/сжимающее усилие измеряется при 10%-ной деформации.

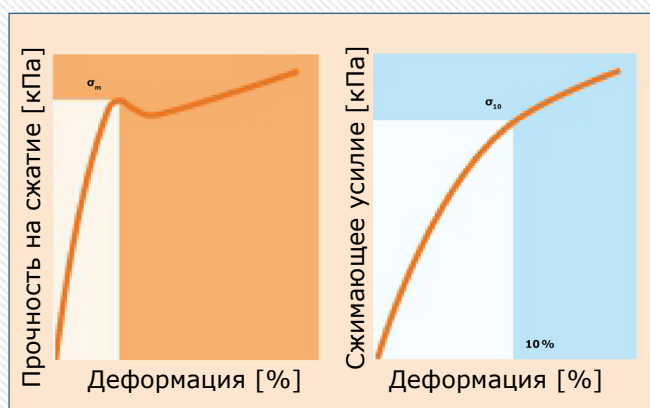


Рисунок 4: Прочность на сжатие и сжимающее усилие при 10%-ной деформации [4]

Однако практический опыт эксплуатации показывает, что использование статического метода испытаний и предельного уровня в виде 10%-ной деформации может не дать достаточной информации о поведении теплоизоляционных материалов при сжатии под воздействием циклических нагрузок, которые могут иметь место в случае с плоской крышей. Это особенно актуально для того случая, когда при строительстве или техническом обслуживании ожидаются многократные нагрузки вследствие хождения работников и передвижения небольших транспортных средств, или при монтаже солнечных панелей на опорах, устанавливаемых на плоской крыше.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛОСКИХ КРЫШ [1]

Ахенский институт строительства и прикладной физики (AIBau) в своем исследовании [1] сообщил, что вследствие повреждения

теплоизоляционных материалов наблюдались повышенные деформации покрытий плоских крыш (рис 5). Поначалу казалось логичным увязать потерю прочности на сжатие (а значит и повышенную деформацию) некоторых неорганических теплоизоляционных материалов с проникновением влаги.



Рисунок 5: Измерение деформации [1]

Однако институт, проведя опрос среди экспертов, пришёл к выводу, что динамические нагрузки могут быть большой проблемой, даже если теплоизоляционный материал не влажный. Крыши, по которым часто ходят, зачастую имеют пониженную прочность на сжатие.

«AIBau» [1] исследовал при каких условиях (например, содержание влаги, длительность воздействия влаги, состав ряда неорганических теплоизоляционных материалов) происходит повреждение теплоизоляционного материала и при каких условиях возможно его высыхание, а также когда теплоизоляционный материал нуждается в замене вследствие повреждения.

Исследование показало, что:

- Непрочность теплоизоляционных материалов может быть вызвана слишком высокими и/или многократно повторяющимися кратковременными нагрузками.
- Допустимую деформацию применяемых теплоизоляционных материалов не достаточно определять путём стандартного испытания на сжатие при 10%-ной деформации.

МЕТОД ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК [2]

Чтобы спрогнозировать возможное повреждение от динамических нагрузок, был разработан новый метод, имитирующий хождение по крыше. Во время испытаний использовалась машина, так называемый «Марафонец», которая имитирует многократное хождение по крыше (в обуви) человека массой 75 кг с рулоном гидроизоляционного материала массой 25 кг. Можно настроить количество циклов нагрузки, имитируя интенсивность динамических нагрузок на крышу (**рисунок 6**).



Рисунок 6: Испытательное оборудование «Марафонец»

Для проведения испытаний использовалась стандартная теплоизоляционная плита из полиуретана для плоских крыш, плотность – 35 кг/м³, обе стороны которой покрыты алюминиевой фольгой толщиной 50 мкм (изоляция 1). Этот материал сравнивался с другими широко используемыми материалами: органической теплоизоляцией (изоляция 2) и неорганической теплоизоляцией (изоляция 3).

Наблюдались значительные изменения прочности на сжатие (ПНС) (**рисунок 7**).

В случае с полиуретаном уменьшение прочности на сжатие составило менее 20%. Для 2-го типа теплоизоляции снижение прочности на сжатие составило 8%. Третий тип теплоизоляции показал намного большее уменьшение. Остаточная прочность на сжатие составила примерно 50% после 5 циклов, а после 30 циклов она была менее 15%.

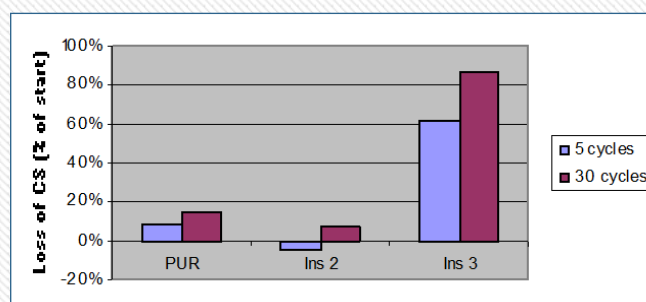


Рисунок 7: Потеря прочности на сжатие после испытания

Данная работа уже вызвала дискуссию в Голландии относительно того, как адаптировать строительные нормы и правила путём включения испытания, которое отражает реальные эксплуатационные свойства материала крыши, по которой ходят. Метод с использованием «Марафонца» рассматривается как один из вариантов.

В Голландии компания «BDA» предложила следующую систему классификации.

Класс	Кол-во циклов	Соответствует критерию ¹⁾	Стойкость к повторным нагрузкам
0	5	нет	Нет
1	5	да	Плохая
2	10	да	Хорошая
3	30	да	Усиленная

1) Критерий: прочность на сжатие после проведения испытания снизилась не более чем на 15 % от начальной

Таблица 1: Система классификации, предложенная компанией «BDA»

ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ ЦИКЛИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ ДЛЯ МАРКИРОВКИ CE [3]

Испытательное оборудование, описанное в разделе «Метод оценки воздействия динамических нагрузок», предоставляет возможность оценки применения теплоизоляции для плоских крыш в реальных условиях, но он довольно сложен в качестве метода оценки материала, который может использоваться при маркировке CE. Поэтому научно-исследовательскому центру по сертификации теплоизоляционных материалов «FIW» (Мюнхен) было поручено разработать методику регулярного испытания, и провести испытания на разных теплоизоляционных материалах.

Был выбран сценарий нагрузки с 5 циклами и возрастающими уровнями нагрузки:

- Длительность нагрузки 1 с
- Свободное время 60 с
- Испытательная скорость 180 мм/мин.
- Нагрузка в свободное время 2 кПа
- Размер образца 100 x 100 мм

Результаты испытания чётко показывают возрастающие нелинейные деформации во время циклов нагрузок на сжатие с повышенным уровнем нагрузки

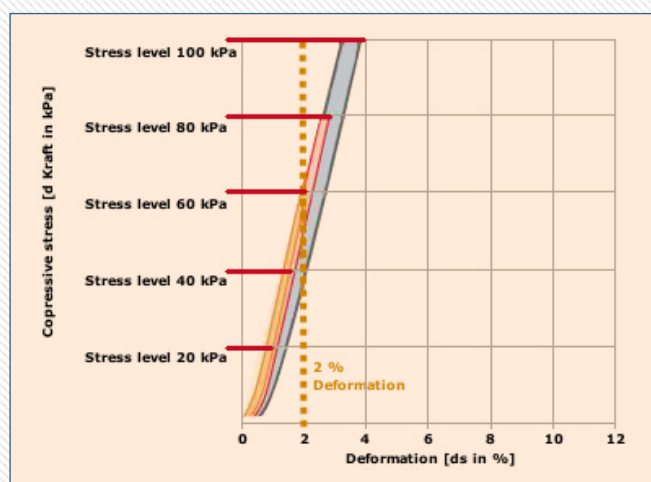


Рисунок 8: Деформация жесткого пенополиуретана под воздействием циклического сжимающего усилия

Линейная деформация наблюдалась вплоть до уровня нагрузки при 2%-ной деформации.

На основании проведенных испытаний центр «FIW» сделал следующие выводы [3]:

«Наблюдается несоответствие между измеренными значениями сжимающего усилия при 10%-ной деформации и реальным воздействием на плоскую крышу при динамических нагрузках. Были получены результаты испытания после воздействия динамической нагрузки согласно описанным параметрам. Значения сжимающего усилия при 2%-ной деформации хорошо согласуются с полученными уровнями нагрузки после свободного времени и при уровнях нагрузки, вызывающей деформацию $\leq 2,0\%$ ».

СЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ

Динамические нагрузки на плоские крыши, которые создаются при хождении людей или при ветровой нагрузке на солнечные панели, могут повлиять на целостность и долгосрочные эксплуатационные характеристики теплоизоляционных слоёв. Заявленная прочность на сжатие / сжимающее усилие при 10%-ной деформации для маркировки теплоизоляционных материалов может не дать достаточной информации для проектирования безопасной конструкции плоской крыши.

Результаты исследований и практических измерений свидетельствуют о том, что необходимо декларировать свойства теплоизоляционных материалов при циклических нагрузках, вызывающих 2%-ную деформацию, при маркировке CE. Результаты испытаний, описанные в данном информационном бюллетене, должны способствовать разработке новой приемлемой европейской методики испытаний, которая будет отражать характеристики материалов в условиях реальной эксплуатации.

Использованная литература

- [1] Освальд, Р.; Спилькер, Р.; Абель, Р.; Вильмес, К.: Изменения в теплоизоляции из минеральной ваты в кровельном пироге плоской крыши вследствие увлажнения, Ахенский институт строительства и прикладной физики (AIBau), отчёт об исследовании № F2824, издательство «IRB-Verlag», Штутгарт, 2012.
- [2] *Воздействие влаги на прочность кровельной теплоизоляции при сжатии и передвижении рабочих, Документ, представленный на 5-ой Всемирной конференции по теплоизоляции, Лондон, 4-5 октября, 2010, Нико А. Хендрикс, BDA.*
- [3] *Определение поведения при циклических нагрузках ("передвижение рабочих"). Отчёт об исследовании, Мюнхенский научно-исследовательский институт теплоизоляционных материалов (FIW), 2012.*
- [4] Информационный бюллетень Промышленной ассоциация производителей жесткого пенополиуретана (IVPU) о теплоизоляционных материалах плоских крыш, на которых устанавливаются солнечные коллекторы и фотоэлектрические панели.

Информация, содержащаяся в данной публикации, является, насколько нам известно, достоверной и точной, но мы не предоставляем каких-либо гарантий на рекомендации или предположения, которые могут возникнуть, так как условия использования и состав исходных материалов выходят за рамки нашего контроля. Более того, ничто из содержащегося в настоящем документе не должно толковаться как рекомендация к использованию какого-либо продукта, которое противоречит существующим патентам на какой-либо материал или его использование.