

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОСТРАНСТВ НАД ПОДВЕСНЫМИ ПОТОЛКАМИ**Губина Светлана Юрьевна**

магистрант, Поволжский государственный технологический университет, РФ, г. Йошкар-Ола

Филина Наталья Александровна

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, Поволжский государственный технологический университет, РФ, г. Йошкар-Ола

Подвесные потолки пользуются все большей популярностью, несмотря на очень жесткие законодательные и нормативные требования, ограничивающие их использование. Строгие принципы постулируются, в частности, в отношении безопасности конструкций. Несмотря на эти препятствия, подвесные потолки пользуются все большей популярностью в качестве строительных систем для частных домов и в торговых помещениях. Эта тенденция может быть объяснена, в частности, их выдающимися физическими свойствами, быстрым процессом строительства и, что не менее важно, также выгодной ценой.

Несмотря на то, что древесина является горючим материалом, ее поведение при воздействии высоких температур во время пожара можно охарактеризовать как удовлетворительное.

Горючесть, строго говоря, не является четкой физической величиной, а скорее представляет собой некое описание поведения элемента или конструкции под воздействием высоких температур в результате пожара. Последствия воздействия высоких температур проявляются в провоцировании термоокислительной реакции деревянного элемента; происходит термическое разложение деревянных связей, а также изменение химических и физических свойств структуры древесины. Существуют важные этапы процесса воздействия высоких температур на деревянные элементы, а именно: точка воспламенения, точка горения и точка воспламенения. Точка воспламенения колеблется в пределах от 180 °C до 275 °C, что является интервалом температур, при которых деревянный элемент загорается при приближении пламени, но вновь гаснет при удалении пламени. Эта температура не является существенной для оценки структурного элемента. Решающей исследуемой температурой в нашем случае будет температура горения, находящаяся в интервале от 260 °C до 290 °C. При этих температурах деревянный элемент загорается при приближении внешнего пламени, но продолжает гореть, когда пламя удаляется. Температура, которая может привести к самовозгоранию деревянного элемента, называется пределом воспламеняемости. Она лежит в интервале между 330 °C и 520 °C. Древесина не является однородным материалом и, соответственно, на ее горючесть влияет множество факторов. Благоприятные тепловые свойства древесины, ее высокая теплоемкость и низкая теплопроводность являются ключевыми факторами хорошей огнестойкости деревянных элементов. Кроме того, также видно, что его плотность, анатомическое расположение и влажность оказывают положительное влияние. Важную роль играет отделка поверхности и способ обработки деревянного элемента. В описываемом случае мы будем рассматривать древесину твердых пород с влажностью менее 18%, цельнопиленный столярной обработки, не подвергавшуюся химической обработке, например, пропитке против древесных червей.

Важным показателем для определения термического сопротивления деревянного элемента, а также для определения его остаточного несущего сечения является глубина карбонизации (коксования), т. е. обугленного слоя.

При анализе поведения конструкций с учетом расположения всех конструкций перекрытия будем считать, что несущая конструкция нагревается с трех сторон. Следует уделить должное внимание роли подвесного потолка, так как он обеспечивает изоляционный слой от воздействия высоких температур на начальной стадии пожара, а также влияет на общее поведение потолочной конструкции во время распространения пожара.

В данной статье представлена возможность прогнозирования поведения трех потолочных конструкций, обозначенных V1 - V3, в которых в качестве несущего элемента используется деревянный брус. Эти потолочные конструкции с примерно одинаковой несущей способностью подвергаются теоретическому воздействию высоких температур пожара, соответствующего стандартной температурной кривой времени.

Первый случай V1 представляет собой деревянный балочный потолок. Такие потолочные конструкции встречаются в ходе проектов реконструкции. Состав над фермами 180/280 мм с осевым расстоянием 1 метр состоит из: дубовых досок толщиной 24 мм, цельнопиленого пола из деревянных досок толщиной 26 мм, поддерживаемых подушками (деревянными балками 80/60 мм), щебеночной засыпки толщиной 140 мм, дегтевой бумаги и, настила из досок 28 мм. Подвесной потолок создан потолочной обшивкой (тонкие доски) 13 мм и штукатуркой по камышовой обрешетке.

Второй случай V2 представляет собой такой же тип потолка из деревянных балок после реконструкции. Состав над фермами 180/280 мм с осевым расстоянием 1 метр следующий: дубовые доски толщиной 24 мм, гипсоволокнистые плиты 3×30 мм, гипсоволокнистые плиты 19 мм, наполнитель 60 мм, ячеистая система 30 мм, слой геотекстиля и настил из досок толщиной 28 мм. Изоляционный слой минеральной ваты, достигающий 2/3 высоты несущей балки, был уложен на корпус с целью улучшения конструктивных физических свойств сооружения, в частности, в отношении акустики. Подвесной потолок создан гипсокартоном 2×12,5 мм.

Последний рассматриваемый потолок V3 - это деревянный потолок новой конструкции, отличающийся от отремонтированного потолка размерами балок, а именно 140/300 мм, высотой заполнения, составляющей 20 мм, и настилом из плит 2×18 мм.

Все исследованные деревянные перекрытия имеют практически одинаковую несущую способность. В случае пролета 5.400 м результирующая плановая полезная нагрузка составляет 2 кН/м².

Методология прогнозирования поведения исследованных деревянных потолков V1 - V3 была основана на техническом анализе каждого потолка в зависимости от времени, позволяющем определить изотерму 300 °C, в то время как статический анализ служил для определения характеристик поперечного сечения секций, ослабленных из-за слоев, где ожидается пиролизический эффект.

Эти три потолочные конструкции были подвергнуты теоретической тепловой нагрузке, соответствующей ходу температур в течение фитиля.

Курс термического напряжения основан на предпосылке, что нижние слои деревянного потолка выполняют функцию изоляции несущего элемента - балки - от высоких температур. Что касается потолка V1, то прекращение действия подвесного потолка определялось временем, необходимым изотерме 300 °C для достижения половины толщины досок, создающих несущий элемент подвесного потолка. Подвесные потолки V2 и V3 созданы двумя слоями гипсокартона. Результаты, полученные экспериментальным путем в рамках исследовательского проекта в нестандартизированной испытательной печи, позволили установить, что двухслойная гипсокартонная оболочка перестает выполнять свою функцию при воздействии нагрузки в соответствии со стандартной временной температурной кривой после 40-й минуты испытания, и именно независимо от дальнейшего состава испытываемой сэндвич-конструкции.

Теплотехнический анализ для определения изотермы 300 °C, указывающей на глубину карбонизации согласно EC5, был проведен с помощью программного комплекса PyroSim.

Использовались плоские четырехузловые элементы с краем 5 мм, причем состав потолка моделировался с использованием оси симметрии, а именно с одной половины только осевого расстояния балок. Шаг по времени составлял 30 секунд, но благодаря использованию нелинейного решателя, шаг адаптивно уточнялся в случае быстрых изменений температуры. Нелинейный решатель использовался для учета большого разброса физических характеристик (коэффициент теплопроводности, плотность и теплоемкость) в зависимости от температуры, достигнутой в конкретной точке данной конструкции и соответствующего материала. Как правило, значения коэффициента теплопроводности и с увеличиваются с ростом температуры в современных материалах, тогда как в данном случае карбонизация древесины приводит к их падению, а также к снижению плотности до уровня теплоизоляционного материала (например, минеральной ваты). Зависимость от времени достижения температуры 300 °С в потолочных конструкциях. Статический анализ был основан на определенной идеализации, а именно: часть сечения потолочной балки, где была достигнута температура 300 °С и более, не может быть включена в расчет как часть эффективного сечения из-за пиролитического повреждения. Это условие основано на европейском стандарте по структурному проектированию древесины EC5, этот стандарт является основной базой для исследований и расчетов такого рода. Затем были рассчитаны значения модуля упругости сечения и момента инерции в узлах времени для остаточного сечения потолочной балки, установленного таким образом. При расчете остаточного сечения для определения средних значений учитывались форма и положение изотермы температуры 300 °С. Снижение несущей способности потолочной конструкции вследствие карбонизации поверхностных слоев деревянных ферм дается изменением значения модуля сечения в узловых точках времени. Увеличение провисания зависит от величины момента инерции в узловых точках времени.

Результаты анализа предсказывают наилучшую огнестойкость потолочной конструкции V2. Поздний доступ пламени объясняется более высоким сопротивлением пламени этого подвесного потолка. Интересный результат показывает также зависящий от времени ход температуры в потолочной конструкции V1, где проявляется благоприятное влияние теплоаккумулирующих свойств щебеночного заполнения. Сравнение V3 с результатами V1 и V2 показывает, как ширина профиля может влиять на сопротивление нагреву. Можно отметить, что измененные характеристики, обусловленные положением изотермы 300 °С, были рассчитаны также для временных узлов, которых конструкция вообще не достигает во время испытания на огнестойкость, поскольку перекрытие может разрушиться не только из-за потери несущей способности балки, например, из-за прогорания настила, или не выдержать приложенной испытательной нагрузки. Одной из проблем, которую необходимо решить, является временной разрыв между достижением температуры 300 °С и способностью нагретого слоя древесины выдерживать нагрузку.

Представленная методика не обладает доказательной силой огневых испытаний, но может служить для оценки поведения конструкций под воздействием огня.

Список литературы:

1. Огнезащита материалов и конструкций. Производство, монтаж, эксплуатация и обслуживание: практическое пособие / ред. С. В. Собурь. – Москва : ПожКнига, 2011. – 176 с. – (Системы комплексной безопасности). – Режим доступа: по подписке [Электронный ресурс]. – сайт: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=140304> (дата обращения: 07.05.2023). – ISBN 978-5-98629-034-8. – Текст : электронный
2. Проблемы защиты запотолочного пространства. Пожарные извещатели за подвесным потолком — размещение. Правила монтажа пожарных шлейфов за подвесным потолком [Электронный ресурс]. – сайт: <https://24segodnya.ru/care/problems-zashchity-zapotlochnogo-prostranstva-pozharnye-izveshchateli-za-podvesnym/> (дата обращения: 10.05.2023).