

Сведения о выполненных работах
в период с 01.07.2019 г. по 30.06.2020 г.

по проекту **«Разработка методики оценки теплоизолирующей способности и целостности строительных конструкций и фрагментов с помощью инфракрасной термографии»**,
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 18-79-00232

Руководитель: канд. физ.-мат. наук Касымов Денис Петрович

В соответствии с задачами научного проекта и планом работ на второй год выполнения исследования:

1. Произведено комплексное экспериментальное исследование в лабораторных условиях зажигания образцов строительных теплоизоляционных материалов (на примере строительных трехслойных сэндвич-панелей, утеплителя из пеноплекса (экструзионного пенополистирол), а также пенополистирола) в результате воздействия модельного очага горения различной интенсивности, а также влияния теплоизоляционных строительных материалов на пожароопасные свойства древесины. С использованием в качестве излучателя модели абсолютно черного тела АЧТ-45/100/1100 Омского завода ОАО НПП «Эталон» с диапазоном изменения температуры от 100-1100 °С проведено экспериментальное исследование влияния мощности теплового потока в диапазоне 10-30 кВт/мл² на характеристики зажигания и горения некоторых изоляционных материалов на основе пенополистирола с применением бесконтактных методов ИК диагностики в узких спектральных диапазонах инфракрасных длин волн. В инфракрасной области излучение поверхности образцов регистрировалось с помощью тепловизора JADE J530SB с применением оптического фильтра 2.5-2.7 мкм, который позволял измерять температуру в интервале 310-1500 К. Для интерпретации зарегистрированного излучения от исследуемого образца были использованы калибровки, поставляемые изготовителем узкополосного оптического фильтра.

Характерные скорости плавления исследуемых образцов составили: для пенополистирола 1.68 мм/с (при воздействии тепловым потоком 30 кВт/мл²), 0.81 мм/с (при воздействии тепловым потоком 20 кВт/мл²), 0.48 мм/с (при воздействии тепловым потоком 10 кВт/мл²); для экструдированного пенополистирола 1.24 мм/с (при воздействии тепловым потоком 30 кВт/мл²), 0.77 мм/с (при воздействии тепловым потоком 20 кВт/мл²), 0.61 мм/с (при воздействии тепловым потоком 10 кВт/мл²).

2. Подготовлена лабораторная база для проведения экспериментальных исследований по изучению вертикального горения по поверхности строительных материалов на основе древесины, а также теплоизоляционных материалов (на примере сэндвич-панели из полистирола).

Проведены эксперименты по изучению характеристик вертикального горения по поверхности трехслойной сэндвич-панели из полистирола с помощью линейного

источника зажигания. С использованием оригинальных методик обработки данных с инфракрасной камеры и вычислений было получено, что средняя скорость движения фронта для образца теплоизоляции, состоящего из экструдированного пенополистирола составила 13.65 мм/с, пенополистирола 12.1 мм/с, а сэндвич панели, состоящей из полистирола, 4.17 мм/с. При это максимальная температура, зафиксированная на поверхности исследуемых образцов, составила: для экструдированного пенополистирола 680 °С, пенополистирола 640 °С, а сэндвич панели 710 °С.

3. Исследованы некоторые условия взаимодействия горящих и тлеющих частиц природного происхождения с моделями строительных конструкций и фрагментов из древесины в лабораторном и полунатурном масштабе. В лабораторных условиях моделировалось два случая: взаимодействие горящих и тлеющих частиц, которые аккумулируются с наружной части придомовой территории, а также случай проникновения и дальнейшей аккумуляции частиц от природного пожара в конструктивных элементах стен, крыши или вентиляционных отверстий. Предварительные результаты показывают, что вероятность воспламенения в случае накопления частиц вблизи модельной угловой конструкции на подстилающей поверхности из древесного материала возрастает более чем на 50% при одинаковом количестве частиц. Сравнительный анализ показал, что при увеличении скорости ветра фаза тления частиц достаточно быстро переходит в фазу пламенного горения, кроме того, по бокам стенок образуются завихрения воздуха вследствие геометрии образца.

В Большой аэрозольной камере ИОА СО РАН проведены предварительные эксперименты по воздействию модельного «огненного дождя», представляющего собой горящие и тлеющие частицы природного происхождения с некоторыми видами конструктивных материалов (древесные плиты). Воздействие на образцы потоком горящих частиц было обеспечено с помощью генератора горящих частиц собственной оригинальной разработки.

В эксперименте моделировался случай накопления частиц на придомовой территории, а также в элементах крыши, когда реализуется сценарий повального верхового пожара, происходящего вблизи жилой застройки на природно-урбанизированной территории.

По результатам проведения экспериментов была получена серия тепловизионных файлов, на которых запечатлен процесс генерации и взаимодействия с настенными на полу древесными плитами, дальнейшая обработка которых осуществлялась с использованием программного обеспечения «Altair».

По результатам анализа полученных термограмм температура частиц в момент падения находится в интервале 490-650 °С. При этом температура в момент вылета из генератора горящих частиц составляет 750-800 °С. Так же было замечено, что минимальный запас частиц, необходимый для зажигания древесного строительного материала, упавших в пламенном режиме в области 50x50 мм, составляет 6-10 шт.

4. Проанализировано влияние пропитывающего раствора огнезащиты на характеристики зажигания и горения образцов березовой фанеры ФК при тепловом

воздействии в условиях вакуумной пропитки. Определены скорости обугливания, а также величина глубины обугливания образцов в случае объемной пропитки. Применение вакуумной пропитки способствовало высокой огнестойкости образцов во всем диапазоне теплового потока 10-50 кВт/мл² от эталонного излучателя, что выражается в уменьшении глубины обугливания более чем в два раза по сравнению с аналогичным материалом с поверхностной обработкой. Было установлено, что при нанесении на материал огнезащиты происходил сдвиг границы температурного интервала стадии активного пиролиза без появления пламенного горения.

5. По результатам выполнения проекта предложена методика оценки теплоизолирующей способности и целостности строительных конструкций с помощью инфракрасной термографии. Апробация производилась на примере строительных и теплоизоляционных материалов широкого класса применения, активно используемых в строительстве.

Предложенная методика оценки пределов огнестойкости строительных конструкций из древесины позволяет оценить изменение во времени площади двухмерной проекции обугленной области на плоскость, совпадающей с плоскостью наблюдения тепловизора. Для сокращения времени вычисления было использовано прореживание кадров, используемых в расчете.

Предложена оригинальная методика постановки эксперимента с регистрацией ИК-изображения температурного поля торца исследуемого образца при воздействии на его фронтальную поверхность теплового потока.

6. Экспериментально подтверждено, что непосредственное воздействие низового пожара слабой интенсивности на элементы конструкций из древесины, особенно при их обработке огнезащитными составами, не приводит к значительным повреждениям, а возгорание наблюдается лишь в некоторых случаях. Однако, если на территории частного дома, в непосредственной близости от строения, есть мусор, он может воспламениться от падающих горящих частиц, и огонь переметнется на саму постройку. Противостоять такой проблеме поможет покос травы, как на участке, так и за его пределами, причем необходимо производить скашивание периметра объекта шириной не менее 5 м, с удалением скошенных растительных материалов.

Важным является и организация пространства на участке (территории), где расположены потенциально горючие материалы в соответствии с правилами пожарной безопасности, а именно их хранение в специально отведенных для этого местах, обработка элементов конструкций специальными огнезащитными составами и др. Для снижения риска воспламенения заборов от пожара, стоит выбирать ограждения продуваемого типа, а также использовать поверхностную огнезащитную обработку.

7. В рамках выполнения второго этапа проекта опубликовано 8 работ, в том числе 4 статьи, индексируемые Web of Science, Scopus. Результаты проекта докладывались на международных и всероссийских конференциях, в том числе на XXV Международном Симпозиуме «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (г. Томск, Россия), XIV Всероссийской школе-конференции для молодых ученых «Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии»

(г. Новосибирск, п. Шерегеш, Россия), IX Всероссийской научной конференции с международным участием «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики» (г. Томск, Россия), IV Всероссийской конференции «Теплофизика и физическая гидродинамика» (Ялта, Россия) и других.