

Сведения о выполненных работах
в период с 01.07.2018 г. по 30.06.2019 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 первый год выполнения исследования:

1. Проведен комплекс экспериментальных лабораторных исследований по оценке пожароопасных свойств некоторых видов древесных строительных материалов (фанера, ориентированно-стружечная плита (ОСП), древесно-стружечная плита (ДСП)) с применением инфракрасной камеры научного класса JADE J530SB. Применение бесконтактного метода для оценки пожароопасных свойств рассматриваемых в настоящей работе древесных строительных материалов позволило получить распределение полей температуры на поверхности образцов после воздействия очага горения. Использование инфракрасной камеры позволяет зафиксировать участки наибольшего и наименьшего нагрева образцов при воздействии на них модельного очага горения.

В результате была предложена оригинальная методика постановки геометрии эксперимента с регистрацией ИК-изображения температурного поля торца исследуемого образца при воздействии на его фронтальную поверхность теплового потока. Проведено экспериментальное исследование влияния мощности теплового потока на характеристики воспламенения и обугливания рассмотренных древесных строительных материалов с применением бесконтактных методов ИК диагностики в узких спектральных диапазонах инфракрасных длин волн. Использование узкополосного оптического фильтра было выбрано на основании закона Планка для плотности излучения абсолютно черного тела, ввиду того, что обугленный слой Древесных материалов близок по своим оптическим свойствам к модели абсолютно черного тела (АЧТ). Использование в качестве излучателя теплового потока эта Лонного излучателя АЧТ позволяет иметь исследователю источник тепла с высокой однородностью плотности теплового потока, а также большой диапазон задаваемых температур с погрешностью поддержания $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ задаваемой температуры.

Сделан вывод о том, что использование узкополосного фильтра позволяет регистрировать инфракрасное излучение наибольшей интенсивности проходящее на исследуемую поверхность образца древесного материала. Выбор оптического фильтра с рабочей спектральной полосой $2,5\text{-}2,7\text{ }\mu\text{m}$ позволяет уйти от влияния поглощающих свойств углекислого газа, выделяемого при горении (максимальная

линия поглощения углекислого газа наблюдается в основном в полосе 4,3-4,6 мкм длин волн).

2. Изучена вероятность воспламенения и обугливания образцов древесных строительных материалов, применяемых в строительстве, при воздействии на них очага горения слабой интенсивности, смоделированного хвоей сосны и степным горючим материалом.

Была предложена методика эксперимента, позволяющая оценить распределение температурного поля на поверхности образца, подверженной тепловому излучению от фронта пожара, а также фиксировать участки наибольшего и наименьшего нагрева, пламенное горение и время остывания образца, с использованием инфракрасной камеры. Использование бесконтактного метода ИК-диагностики позволило экспериментально определить распределение температуры на поверхности образцов в результате воздействия модельного очага горения. Применение методов бесконтактной ИК диагностики позволило установить теплонапряженные участки на поверхности моделей деревянных конструкций в результате воздействия фронта низового лесного пожара, оценить с высокой точностью их характерные размеры.

3. В лабораторных условиях исследована вероятность зажигания различных типов строительных материалов, в результате воздействия горящих и тлеющих частиц природного происхождения, а также получены данные по поведению и огнестойкости образцов при их обработке огнебиозащитными составами (пропитками), в результате теплового воздействия.

Для изучения вероятности воспламенения образцов древесных строительных материалов (фанера, ОСП, ДСП) от воздействия тлеющих веточек сосны была модернизирована установка, позволяющая проводить исследования по зажиганию тлеющими частицами напочвенного покрова. Полученные данные позволяют судить о том, что при выбранных параметрах эксперимента время зажигания снижалось с увеличением воздушного потока, а также с увеличением размера и количества частиц. Данная тенденция наблюдалась как с огнезащитным составом, так и без него. Отмечено, что воспламенение древесины происходило только в том случае, когда действие воздушного потока приводило к раздуванию частиц и переходу их из фазы тления в фазу пламенного горения.

4. Были проведены экспериментальные исследования, моделирующие случаи, когда, с одной стороны тлеющие частицы, образующиеся во время природного пожара, могут накапливаться на крыше и в углах зданий, заборах или найти способ попасть внутрь помещений и привести к их воспламенению, а с другой, фронт горения от низового лесного пожара воздействует на объекты, выполненные из древесных строительных материалов, обработанных различными огнезащитными составами. Проанализирован широкий спектр популярных на рынке огнезащитных составов, в частности: «ЗОТЕКС Биопирол», «Фенилакс», «ФУКАМ».

В результате проведенных экспериментов определены скорости обугливания плоских образцов, подверженных воздействию очага низового лесного пожара.

Кроме того определена величина глубины обугливания образцов древесины в зависимости от сорта древесины, а также типа применяемого огнезащитного состава. Результаты экспериментов показывают, что влияние огнезащитных составов значительно повышает защитные свойства древесины при воздействии на нее горящих частиц. В частности, с помощью методов ИК-диагностики оценена максимальная температура на поверхности образцов в результате теплового воздействия. Полученные данные показывают, что наличие огнезащитного состава на поверхности образца, подверженного тепловому воздействию, практически исключает зажигания образца с последующим устойчивым горением по поверхности, при выбранных параметрах эксперимента.

Сравнительный анализ по температурам на поверхности показал, что вклад огнезащитных составов во многом зависит от типа материала. В частности, наличие огнезащиты на поверхности образцов фанеры способствовало снижению в среднем в 3 раза максимальной температуры поверхности, подвергнутому тепловому воздействию. Однако в случае ориентированно-стружечной плиты, применение огнезащиты давало вклад в снижение температуры в размере не более 30%.

В случае с тлеющими частицами и условиями взаимодействия с образцами древесных строительных материалов следует отметить, что на процесс воспламенения образца древесины влияет количество частиц и их диаметр. Анализируя результаты по воздействию тлеющих частиц на древесину, обработанную огнезащитными составами, отметим, что в случаях при скоростях 1.572.5 м/с продолжительное воздействие пламени от раздуваемых воздушным потоком частиц приводило к воспламенению древесины, однако устойчивого горения не наблюдалось. Вместе с догоранием частицы прекращалось и горение по поверхности древесины. Можно сделать вывод, что наличие огнезащитной пропитки на поверхности материала увеличивает время зажигания образца, но не исключает возможности появления пламени на поверхности. Это может быть обусловлено образованием на поверхности карбонизированного слоя, препятствующего быстрому прогреву образца.

5. Проведено сравнение результатов по условиям воспламенения испытуемых материалов из древесины с имеющимися в литературе данными.

Проведено сравнение полученных с помощью ИК-термографии значений максимальной температуры на поверхности рассматриваемых образцов древесных строительных материалов с результатами аналогичных экспериментов с применением термопар (Зима В.П., 2018). В частности, для образца фанеры при одинаковых параметрах эксперимента температура, полученная термопарным методом, составила 440-450 К, что в 2 раза ниже значений, полученных бесконтактным методом. Это связано, по-видимому, с тем, что термопарный метод при такой постановке эксперимента ограничен условиями внедрения термопар в образцы древесины (дает определенную погрешность, связанную с необходимостью внедрять термопары в образец древесины у поверхности). В данном случае с использованием методов ИК-термографии мы можем говорить непосредственно о температуре на поверхности.

Литературный обзор по теме исследования показал, что в настоящее время отсутствуют сведения по оценке скорости и глубины обугливания рассмотренных в настоящей работе древесных строительных материалов. Для верификации полученных экспериментальных данных было проведено сравнение с работой (Асеева Р.М и др., 2012), в которой обобщены результаты по средней скорости обугливания древесины лиственных и хвойных пород в зависимости от интенсивности внешнего теплового потока в интервале 10- 40 кВт/кв. м. Ввиду того, что в составе исследуемых образцов присутствуют дополнительные связующие компоненты (синтетические смолы и пр.), для сравнения была выбрана фанера, как материал, наиболее близкий по составу к массиву березы. Расхождение результатов составило 30 %. Авторы полагают, что это связано с многослойной структурой материала фанеры.

6. С помощью методов термогравиметрии – термогравиметрической кривой (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) исследована термодеструкция фанеры и ОСП. Термический анализ осуществлялся в окислительной (воздух) и инертной (аргон) атмосфере.

Анализируя полученные данные по ДСК можно сделать вывод, что при темпе нагрева 10 °С/мин окончание процесса окисления основных компонентов рассматриваемых образцов происходит при температуре 540-550 °С. При увеличении темпа нагрева 20 °С/мин наблюдается смещение данной границы до значений температуры 680-690 °С, а при 40 °С/мин граница находится за пределами рабочего диапазона.

В результате были установлены стадии термического разложения древесного вещества в условиях программируемого нагрева до 700 °С со скоростями 10, 20 и 40, °С в минуту (ТГ и ДСК), их температурные интервалы, убыль массы, определены тепловые эффекты испарения связанной влаги и процесса термического разложения компонентов строительных материалов.

7. В рамках выполнения первого этапа проекта опубликовано 7 работ, в том числе 2 статьи, индексируемые Web of Science, Scopus. Результаты проекта докладывались на международных и всероссийских конференциях, в том числе на 8 Международной конференции по исследованию лесных пожаров (г. Коимбра, Португалия), 9 Международном семинаре по пожаровзрывобезопасности (г. Санкт-Петербург, Россия), 9 Европейском совещании по горению (г. Лиссабон, Португалия) и других.