

«Утверждаю»

Заместитель генерального директора
по научной работе

АО «НИЦ «Строительство»

доктор технических наук, профессор



Звездов Андрей Иванович

_____ 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Круглова Евгения Юрьевича на тему:

«Огнестойкость ограждающих деревянных лёгких каркасных конструкций с полимерной теплоизоляцией», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки).

Актуальность темы диссертационной работы.

В настоящее время в жилищном строительстве происходит бурное развитие рынка малоэтажного жилья. По прогнозам Правительства Российской Федерации доля малоэтажного строительства в общем вводе жилья в 2015 году должна была составить не менее 60 %, а в 2020 году – 70 %. Доля деревянного домостроения в этом сегменте должна возрасти с 26% до 50 %, а объем строительства деревянных домов превысить 40 млн. м². Важной проблемой в строительстве деревянных зданий и сооружений каркасного типа является обеспечение не только соответствующего уровня огнестойкости и пожарной безопасности, но и обеспечение их эффективной теплозащиты. В условиях холодного климата России проблема энергосбережения за счет снижения потери тепла через ограждающие конструкции зданий разного назначения особенно актуальна.

Звездов А.И. 20.02.2018

Перспективным направлением в решении проблемы одновременного повышения огнестойкости и эффективности теплозащиты деревянных зданий и сооружений легкого каркасного типа является применение инновационных облицовочных и теплоизоляционных материалов нового поколения с высокими пожарно-техническими характеристиками, а также новых эффективных средств огнезащиты. В научных работах по данной тематике не рассматривались вопросы влияния на огнестойкость ограждающих легких деревянных каркасных конструкций (ЛДКрК) современного негорючего облицовочного стекломагнезитового материала, инновационного трудногорючего полимерного пенокомпозита «PENOCOM», карбонизирующегося типа в качестве теплоизоляции, а также влияния на характеристики тепловыделения при горении древесины разных видов огнезащитных систем.

Оценка содержания диссертации и её завершенности.

Во введении автором раскрыта актуальность темы диссертационной работы, сформулирована общая научная концепция исследования, а также поставлена цель и задачи исследования. Соискателем определен объект и предмет исследования, научная новизна и практическая ценность работы. Приведены апробация и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ новых направлений в строительстве зданий и сооружений с применением древесины и материалов на ее основе. Уделено внимание литературным источникам о применении современных облицовочных и теплоизоляционных материалов в качестве элементов несущих и ограждающих конструкций при строительстве малоэтажных деревянных зданий и сооружений легкого каркасного типа. Выявлена тенденция к увеличению применения полимерных теплоизоляционных материалов на основе терморезистивных смол. Отмечена недостаточность базовых данных о свойствах новых материалов, необходимых для прогнозирования их влияния на огнестойкость конструкций.

Во второй главе диссертации представлена подробная характеристика объектов и методов исследования. В работе в качестве объектов исследования использованы образцы древесины хвойных и лиственных пород, применяемых в качестве элементов ограждающих деревянных каркасных конструкций. В качестве огнезащитных средств для древесины использованы пропиточный состав «КСД-А», а также покрытие вспенивающегося типа на основе модифицированных полисахаридов растительного сырья (МПС).

Для проведения испытаний на огнестойкость при стандартном температурном режиме пожара были выбраны образцы, моделирующие фрагменты несущих ограждающих легких деревянных каркасных конструкций (перегородок, стен). Были выбраны трех- и четырехслойные системы с разной комбинацией обшивок и теплоизоляции. В качестве теплоизоляции исследовались образцы минеральной плиты («Rockwool Light») и огнестойкого пенокомпозита («PENOCOM») с разной толщиной и плотностью.

Представленная диссертация является в большей степени экспериментальной работой. Для определения характеристик тепловыделения, при горении материалов, использован стандартный проточный кон-калориметр OSU марки HRR-3 фирмы Atlas (США). Механизм и макрокинетические параметры пиролиза и термоокислительного разложения пенокомпозита «PENOCOM» определялись по данным термического анализа, используя приборы Mettler Toledo TGA/DSC 1 и DuPont 9900 (США). Для определения формоустойчивости и термоусадки теплоизоляции, в динамическом режиме нагрева до 950 °С, использовалась муфельная печь.

Для определения фактического предела огнестойкости фрагментов ограждающих конструкций, при стандартном режиме пожара, использовали лабораторную установку «Огневая печь» (кафедра пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России). Теплотехнический расчет

прогрева образцов ограждающих конструкций проводился методом конечных элементов с привлечением программного комплекса ANSYS Mechanical.

В третьей главе приведены результаты исследования пожароопасных свойств деревянных элементов ограждающих каркасных конструкций. Соискатель в своей работе уделил основное внимание определению характеристик тепловыделения при горении древесины хвойных пород, используемых для изготовления элементов каркаса зданий и сооружений, а также некоторых лиственных пород, применяемых в качестве обшивки и облицовочных материалов. Была проведена оценка влияния двух современных огнезащитных пропиточных составов на полученные показатели. В работе показано, что на характеристики тепловыделения существенное влияние оказывают разные факторы: порода древесины, плотность внешнего радиационного теплового потока, наличие локального источника зажигания, влажность образцов, тип огнезащитной обработки древесины.

Показана эффективность использования вспучивающихся огнезащитных составов на основе модифицированных полисахаридов (МПС, крахмала) для снижения характеристик тепловыделения. В зависимости от породы древесины, общее тепловыделение при горении может снижаться на 30 - 90%. Существенно снижается темп нарастания интенсивности тепловыделения (показатель FIGRA) на стадии пламенного и тлеющего горения древесины.

Четвертая глава посвящена определению механизма и макрокинетических параметров пиролиза и термоокислительного разложения полимерной теплоизоляции – пенокомпозита «PENOCOM», а также анализу ее формоустойчивости в сравнении с другими видами полимерной и неорганической теплоизоляции.

Проведенный анализ формоустойчивости нескольких основных типов теплоизоляции позволил выделить наиболее термостойкую из них. По

характеристикам терморазложения, полимерный пенокомпозит «PENOCOM» не уступает минеральной вате. Усадка и коксование «PENOCOM» начинается при температурах выше 480 °С. При температуре печи 600 °С, при продолжающемся незначительном выгорании образовавшегося пенококса, усадка достигает 30 %.

Проведенные исследования позволили соискателю рассчитать, на разных стадиях термоокислительной деструкции полимерных теплоизоляционных материалов (ТИМ), на воздухе и в инертной среде, такие параметры, как энергия активации и предэкспоненциальный множитель. Данные показатели являются ключевыми при прогнозировании термического поведения полимерных ТИМ. Определение макрокинетических параметров терморазложения влияет на точность расчетов огнестойкости ЛДКрК с разными видами полимерной теплоизоляции.

В пятой главе приведены результаты исследований огнестойкости ограждающих конструкций, моделирующих фрагменты стен в деревянных зданиях легкого каркасного типа, при стандартном температурном режиме пожара. В результате проведенных испытаний были определены факторы, влияющие на фактический предел огнестойкости конструкций. Была проведена оценка вклада отдельных элементов конструкции в ее огнестойкость. К вышеуказанным элементам ЛДКрК относятся облицовочные плиты и теплоизоляционные материалы.

Анализ результатов огневых испытаний, для рассматриваемых в работе семи систем ограждающих деревянных конструкций с разной комбинацией облицовочных и теплоизоляционных материалов, показывает, что решающее влияние на огнестойкость конструкций имеет первый слой облицовки со стороны огневого воздействия. Облицовка из негорючего материала СМЛ не разрушается вплоть до окончания огневого воздействия, заметно повышая предел огнестойкости всей конструкции. Вклад облицовочного материала на необогреваемой стороне конструкции

незначителен. Зазоры, воздушные полости, металлические узлы соединения отрицательно сказываются на огнестойкости ограждающей конструкции. Уменьшение толщины деревянных элементов также приводит к снижению предела огнестойкости. Предел огнестойкости ЛДКрК с базальтоволокнистой теплоизоляцией сопоставим с результатами испытаний конструкции с применением пенокомпозита «PENOCOM», что указывает на перспективность применения данной полимерной теплоизоляции.

Шестая глава посвящена математическому моделированию теплопередачи в ограждающих ЛДКрК с облицовочными материалами и полимерной теплоизоляцией нового поколения, а также теплотехническому расчету огнестойкости конструкций при стандартном режиме пожара.

Расчет показал удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных значений температуры на поверхности элементов конструкции. Это позволяет сделать вывод о допустимой погрешности теплофизических данных, получаемых в результате огневых испытаний. Все математические расчеты были выполнены в расчетном комплексе ANSYS Mechanical.

В заключении отмечено, что в результате определено влияние наличия локального источника зажигания, влажности, тип огнезащитной обработки на характеристики тепловыделения при горении древесины российских хвойных и лиственных пород. Установлено, что обработка древесины огнезащитными составами (КСД-А и МПС) положительно влияет на характеристики тепловыделения: снижают общее тепловыделение и показатель FIGRA как на стадии пламенного, так и тлеющего горения. Установлен многостадийный характер разложения ТИМ «PENOCOM» в инертной среде и на воздухе, определены эффективные кинетические параметры отдельных стадий с учетом выявленного механизма гетерогенных реакций. По результатам огневых испытаний при стандартном режиме пожара семи систем ограждающих ЛДКрК с разной

комбинацией облицовочных плит и теплоизоляции по признаку EI определен фактический предел огнестойкости конструкций. Оценен вклад в общую огнестойкость конструктивной системы каждого из составляющих её элементов. По измерению температуры на поверхностях элементов ограждающих ЛДКрК в условиях стандартного пожара, рассчитаны значения коэффициентов удельной теплопроводности СМЛ в интервале 20-530°C и ТИМ «PENOCOM» при нагревании до начала его разложения. Разработана модель прогрева ограждающих деревянных легких каркасных конструкций с полимерным ТИМ.

Достоверность положений, выводов и рекомендаций диссертации, их научная новизна, обоснованность и соответствие критериям, предъявляемым к диссертациям.

Достоверность полученных результатов исследования подтверждается, достаточной для научных исследований, сходимость данных по значениям характеристик тепловыделения при горении разных пород древесины и результатам формоустойчивости разных видов ТИМ, с зарубежными научными источниками, а также использование в экспериментальных исследованиях современных поверенных измерительных приборов и измерительной аппаратуры, обеспечивающих достаточную точность измерений. Полученные новые экспериментальные данные по скорости тепловыделения при горении разных пород древесины, макрокинетическим параметрам полимерных ТИМ, коэффициентам удельной теплопроводности облицовочного материала СМЛ и полимерного ТИМ «PENOCOM» позволяют наиболее точно определять фактический предел огнестойкости ЛДКрК при реальном режиме пожара. В диссертации решена практическая задача, имеющая существенное значение при строительстве и разработке технических решений направленных на обеспечение пожарной безопасности и повышение фактической огнестойкости мало- и среднеэтажных зданий и сооружений легкого каркасного типа.

К теоретической значимости работы следует отнести то, что для прогнозирования уровня пожарной безопасности и огнестойкости ограждающих ЛДКрК необходимо знание свойств, термического поведения и взаимного влияния всех элементов указанных конструкций.

Изложенные результаты в работе позволяют определить пожарную опасность применяемых строительных материалов, сравнить их и найти эффективные решения при проектировании мало- и среднеэтажных зданий и сооружений легкого каркасного типа с разными видами облицовок и ТИМ, обеспечивая требуемый уровень пожарной безопасности для людей на данных объектах.

Практическая значимость заключается в возможности использования полученных базовых данных о характеристиках тепловыделения древесины разных пород, теплофизических свойствах СМЛ и полимерного пенокомпозита «PENOCOM», макрокинетических параметрах разложения полимерной теплоизоляции для моделирования динамики развития пожара, прогнозировании нарастания опасных факторов пожара в помещениях деревянных каркасных зданий разного функционального назначения, для расчета предела огнестойкости ограждающих деревянных каркасных конструкций, включающих указанные материалы, при сценариях пожара, отличающихся от стандартного.

Научная новизна.

В диссертационной работе Круглова Е.Ю. получены следующие новые научные результаты:

1. Получены базовые характеристики тепловыделения для образцов древесины хвойных и лиственных пород. Показано, что обработка древесины огнезащитными средствами с разным механизмом действия приводит к значительному (в 2–9 раз) снижению общего тепловыделения при пламенном горении древесины, а также снижению интенсивности

нарастания скорости тепловыделения как на стадии пламенного, так и тлеющего горения.

2. Впервые установлен механизм и определены эффективные макрокинетические параметры пиролиза и термоокислительного разложения трудногорючего полимерного пенокомпозиата «PENOCOM» и его формоустойчивость при повышенной температуре в сравнении с другими видами ТИМ.

3. При стандартном режиме пожара определены фактический предел огнестойкости ненесущих ограждающих ЛДКрК с разной комбинацией облицовочных плит и ТИМ, а также вклад каждого из составляющих элементов.

4. По изменению температуры на поверхности элементов ограждающих ЛДКрК при стандартном режиме пожара впервые оценены значения коэффициентов удельной теплопроводности СМЛ и ТИМ «PENOCOM» до начала его разложения.

5. Разработана одномерная модель прогрева ограждающих ЛДКрК с полимерной теплоизоляцией.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в практической деятельности при проектировании зданий и сооружений разного функционального назначения, где применяются ЛДКрК, при разработке нормативных документов по пожарной безопасности и в научных исследованиях, посвященных пожарной безопасности и огнестойкости легких деревянных каркасных конструкций с разными видами теплоизоляционных материалов.

Выявленные замечания по диссертации.

В качестве замечаний и пожеланий к рассматриваемой диссертационной работе необходимо отметить следующее:

- в данной работе сделан акцент на ЛДКрК с облицовкой из стекломagneзитовых листов, хотя в настоящее время наибольшим спросом пользуются гипсокартонные листы;

- в работе широко обсуждаются возможности использования характеристик тепловыделения для моделирования динамики развития пожара и прогнозирования ОФП, но не приведены ссылки на литературные источники, подтверждающие эти утверждения;

- при определении объектов исследования, в том числе систем ЛДКрК, огнезащитных средств, не проведен анализ рынка и не предложены критерии выбора данных объектов;

- полученные в работе результаты по огнестойкости ЛДКрК на установках типа «огневая печь» необходимо подтвердить крупномасштабными огневыми испытаниями по ГОСТ 30247.

Отмеченные недостатки не снижают общую положительную оценку работы, ее научную и практическую значимость. Данные замечания и пожелания носят рекомендательный характер и определяют дальнейшую работу соискателя в этой области исследований.

Заключение.

Диссертационная работа на тему «Огнестойкость ограждающих деревянных лёгких каркасных конструкций с полимерной теплоизоляцией», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки), является законченной научно-квалифицированной работой, полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Круглов Евгений

