

СОРАЗМЕРНОСТЬ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВОЗМОЖНОГО ИМУЩЕСТВЕННОГО ВРЕДА В СЛУЧАЕ ПОЖАРА

PROPORTIONALITY OF REGULATORY REQUIREMENTS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY IN FORECASTING POSSIBLE PROPERTY DAMAGE IN THE EVENT OF A FIRE

**I. Lobaev
T. Firsova
E. Meshalkin
A. Kravchenko**

Summary. The article is devoted to the topic of information synthesis to reduce a large amount of regulatory information in the field of fire safety. The basis of the research is the law enforcement activities of officials of the state fire supervision bodies, operating with large volumes of complex regulatory information in the field of fire resistance of load-bearing structures.

The study of the nature of the production of professionally significant information made it possible to formulate approaches to the development of methods that can significantly reduce complex calculation methods for assessing fire risks, replacing them with simple express formulas that can be used by a wide range of users in the field. At the same time, the replacement of complex calculation methods with simple ones makes it possible to reduce the time spent on assessing fire risks for the load-bearing structures of the building by dozens of times.

In this regard, the time for assessing the proportionality of the applied mandatory fire safety requirements to the costs of the persons in respect of whom they are established for their implementation is reduced. This is especially true in relation to significant capital investments in fire protection of buildings and structures in the form of fire resistance of the main building structures, which in many respects is an excessive, and sometimes insufficient measure in relation to the real temperature conditions and duration of the fire, which requires an estimated assessment and significantly complicates the implementation of the relevant functions of state fire supervision.

Keywords: state fire supervision, fire resistance, damage, fire, express assessment, proportionality, duration of fire.

Лобаев Игорь Александрович

Кандидат технических наук, профессор, Академия
Государственной противопожарной службы МЧС России
ialobaev@yandex.ru

Фирсова Татьяна Федоровна

Доцент, Академия Государственной
противопожарной службы МЧС России
tatyana-firsova@yandex.ru

Мешалкин Евгений Александрович

Доктор технических наук, профессор, Академия
Государственной противопожарной службы МЧС России
meshalkin@gefest.com.ru

Кравченко Александр Борисович

Академия Государственной
противопожарной службы МЧС России
krab-next@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена теме информационного синтеза по сокращению большого объема нормативной информации в области пожарной безопасности. Базой исследования явилась правоприменительная деятельность должностных лиц органов государственного пожарного надзора, оперирующих большими объемами сложной нормативной информации в области огнестойкости несущих конструкций.

Изучение природы производства профессионально значимой информации позволило сформулировать подходы к разработке методов, позволяющих значительно сократить сложные расчетные методики оценки пожарных рисков, заменив их простыми экспресс-формулами, которые могут применяться широким кругом пользователей в полевых условиях. При этом замена сложных расчетных методов на простые позволяет в десятки раз сократить затраты времени на оценку пожарных рисков по несущим конструкциям здания.

В этой связи сокращается время на оценку соразмерности применяемых обязательных требований пожарной безопасности затратам лиц, в отношении которых они устанавливаются на их исполнение. Особенно это актуально применительно к значительным капитальным вложениям на противопожарную защиту зданий, сооружений в виде огнестойкости основных строительных конструкций, во многом являющейся избыточной, а иногда и недостаточной мерой по отношению к реальным температурным режимам и продолжительности пожара, что требует расчетной оценки и значительно затрудняет реализацию соответствующих функций государственного пожарного надзора.

Ключевые слова: государственный пожарный надзор, огнестойкость, ущерб, пожар, экспресс-оценка, соразмерность, продолжительность пожара.

Цель исследования: разработка новой — эквивалентной информации, позволяющей оперировать большими объемами нормативной информации в области пожарной безопасности, на примере методики экспресс-оценки пожарных рисков, соразмерных требованиям к огнестойкости несущих конструкций, выполняющих свою функцию в условиях реального пожара.

Задача

Применение требований пожарной безопасности к конструкциям с нормируемыми пределами огнестойкости, соразмерных риску причинения вреда этим конструкциям при реальном пожаре.

Методы исследования

Метод причинно-следственного анализа применения требований пожарной безопасности к огнестойкости несущих конструкций, направленный на установление ключевых причин нежелательных последствий, минимизацию ущерба при пожаре, рассчитанного прогнозными математическими методами, установленными нормативными документами в области пожарной безопасности.

Научная новизна

Определено несоответствие между областями применения требований пожарной безопасности и областями реальных пожарных рисков. Выявлены зависимости максимальных температур и времени их воздействия на строительные конструкции здания от концентрации пожарной нагрузки, проемности и высоты помещений. Разработан алгоритм (методика) экспресс-оценки пожарных рисков, как эквивалентной информации, позволяющей оперировать большими объемами нормативной информации в области огнестойкости несущих конструкций.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования могут быть использованы для разработки эффективных нормативных требований пожарной безопасности по защите несущих конструкций здания с нормируемыми пределами огнестойкости, соразмерных характеру нарушений обязательных требований и риску причинения вреда в условиях реального пожара.

Выводы

Применение экспресс-оценки пожарных рисков при проведении контрольно-надзорных мероприятий повышает эффективность применения риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности сораз-

мерной вмешательству в деятельность контролируемых лиц. Таким образом, разработка новой — эквивалентной информации, позволит оперировать большими объемами информации посредством компактных эквивалентов с минимальными информационными потерями, высокой надежностью, скоростью поиска, обработки и передачи информации.

Введение

Мониторинг требований пожарной безопасности в части огнестойкости конструкций в рамках анализа произошедших пожаров в торговом центре «Синдика» на МКАД (Москва, 2017 год), 3-й энергоблок Березовской ГРЭС Красноярского Края (2017 год), высокостеллажный складской комплекс ОЗОН (Московская область, 2022 год) показал, что установленные нормативные требования к огнестойкости несущих конструкций могут быть как избыточны, так и недостаточны относительно реальной продолжительности пожара, которая становится критической в определенный момент времени и при определенных температурах, воздействующих на несущие конструкции зданий, сооружений с установленным нормативным пределом огнестойкости. В этой связи авторами проведена научно-исследовательская работа по изучению данного обстоятельства с целью разработки рекомендаций по устранению причин и условий, способствующих правонарушениям в области применения нормативных требований к огнестойкости несущих конструкций. При этом критерием соответствия требований пожарной безопасности в части огнестойкости является применяемые меры по пресечению и (или) устранению нарушений обязательных требований, соразмерные характеру нарушений обязательных требований, вреду (ущербу), который причинен или может быть причинен охраняемым законом ценностям, что согласуется со ст.9 Федерального закона «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» от 31.07.2020 N 248-ФЗ[1].

Научная новизна работы заключается: в получении новых соотношений критической продолжительности пожара от вида и количества пожарной нагрузки, проемности и объемно-планировочных решений зданий, сооружений; в установлении взаимосвязи пределов огнестойкости несущих строительных стальных конструкций по признаку R от критической продолжительности пожара в помещении; алгоритме оценки соразмерности требуемого и фактического (расчетного) предела огнестойкости продолжительности реального пожара и риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности в части соразмерности вмешательства в деятельность контролируемых лиц.

Разработка новой концепции нормирования пределов огнестойкости несущих конструкций, позволяющей

увязать положения Гражданского кодекса и Федерального закона «О пожарной безопасности» и конкретизировать методику оценки пожарного риска, определяет практическую значимость исследования.

Применение требований пожарной безопасности к огнестойкости несущих конструкций соразмерных риску причинения вреда требует корректировки термина пожарный риск, определенного п.п. 28) ст. 2 ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», как «мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей».

В связи с этим пожарный риск определяется как наличие условий возникновения пожара и причинения вреда возможным пожаром. Оценка пожарных рисков — выявление условий причинения вреда возможным пожаром и определение характера (размеров) этого вреда.

Необходимость такого подхода к определению пожарного риска (в отличие от вероятностного) обусловлена тем, что действующее законодательство оперирует понятием вред, который имеет свои размеры в натуральном и (или) денежном выражении [2].

Например, ч.1 ст.1064 Гражданского кодекса Российской Федерации содержит положение о том, что вред, причиненный имуществу юридического лица, подлежит возмещению в полном объеме лицом, причинившим вред.

При этом лицо, причинившее вред освобождается от возмещения вреда, если докажет, что вред причинен не по его вине (ч.2 ст.1064 ГК РФ).

При квалификации вины устанавливается осознавало ли лицо общественную опасность своих действий и предвидело ли наступление общественно опасных последствий (ст. ст.25 и 26 УК РФ). Опасность причинения вреда может явиться основанием к иску о запрещении деятельности, создающей такую опасность (ч.1 ст.1065 ГК РФ).

С учётом этого хозяйствующие субъекты и граждане должны обеспечивать соблюдение мер пожарной безопасности «в соответствии с законодательством Российской Федерации, нормативными документами по пожарной безопасности, а также на основе опыта борьбы с пожарами, оценки пожарной опасности веществ, материалов, технологических процессов, изделий, конструкций, зданий и сооружений» (ст.21 Федерального закона «О пожарной безопасности»).

Раздел 1. Анализ материалов по оценке пределов огнестойкости по критической продолжительности пожара

Анализ и оценка математических моделей прогнозирования опасных факторов пожара для несущих конструкций здания, сооружения на основе расчетного метода температурных режимов пожара в помещении по Приложению П ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов» и установления критической продолжительности пожара показали, что по зависимости критических температур воздействия на несущие строительные конструкции от вида и количества пожарной нагрузки можно оценить требуемые пределы огнестойкости конструкций, как это показано на рис. 1.

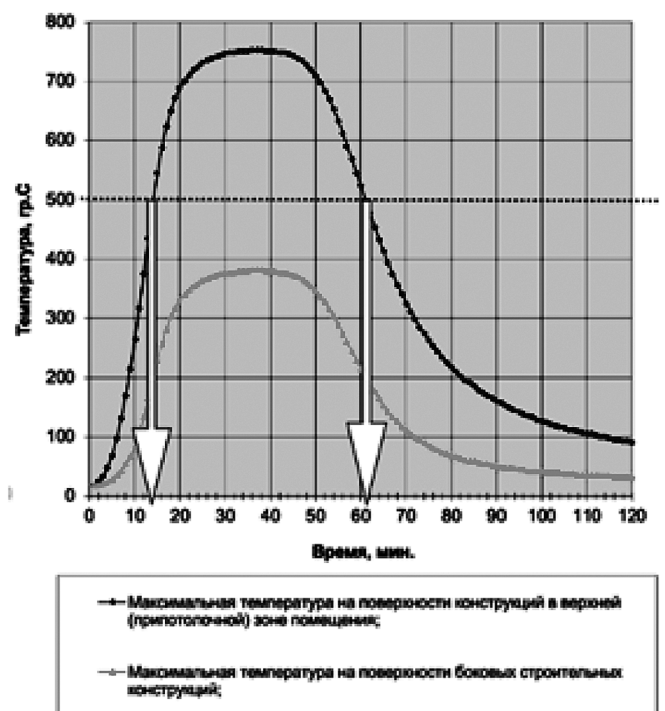


Рис. 1. Температурный режим в помещении объёмом 180 м³ (L*b*h=10*6*3)

Причем за критическое время воздействия на несущие конструкции при реальном пожаре авторами монографии [5] принимается время воздействия при 500°C, и рассматриваются фрагменты зданий L*b*h=10*6*3 м, а также 10*6*6 м с учетом интегральной математической модели. На основе математического моделирования пожара в помещении по ГОСТ Р 12.3.047-2012 было получено множество значений критической продолжительности пожара и найдены зависимости этих значений от проемности ($F_{пр}/F_n=5-25\%$) и высоты (3-6 м) помещений, что позволило получить авторам экспресс-формулу критической концентрации пожарной нагрузки (кг/м³). Проведенное исследование позволило сформулировать условия наступления пожарных рисков для конструкций

зданий: критическая концентрация пожарной нагрузки; пределы огнестойкости конструкций зданий; проемность помещений; высота помещений.

Причем, этот график, опубликованный в работе [3], который использовался для оценки критической продолжительности пожара при достижении критической температуры для стальных незащищенных конструкций $t=500^{\circ}\text{C}$, будет использоваться авторами и для температуры $t=300^{\circ}\text{C}$ для оценки критической продолжительности легких металлических конструкций (ЛМК), а также $t=900^{\circ}\text{C}$ в зависимости от марки стали применяемых несущих металлических конструкций. Таким образом, авторами будет расширена область применения требований пожарной безопасности, направленных на эквивалентную продолжительность пожара при исследовании критической продолжительности пожара по полевой математической модели, которая даст более точные результаты в каждой исследуемой точке строительных конструкций при температурном режиме пожара в помещении.

Эти условия при воздействии $t_{\text{кр}}=500^{\circ}\text{C}$ описываются формулой:

$$K = \frac{(0,22t - 1,62) \cdot \left(0,33 \frac{\Pi_i}{\Pi_1} + 0,64\right)}{0,46 \frac{B_i}{B_1} + 0,54}$$

где: K — критическая концентрация пожарной нагрузки, кг/м³;

t — пределы огнестойкости несущих конструкций зданий, мин.;

$\Pi_1 = 5\%$;

Π_i — проёмность помещения (отношение площади проёмов к площади пола $F_{\text{пр}}/F_{\text{п}}$ 100) (%);

$B_1 = 3$ м;

B_i = высота помещения, м.

Демонстрируемый подход может быть реализован при определении условий наступления пожарных рисков для конструкций с наличием в помещениях различных веществ и материалов, что возможно и необходимо сделать в будущем.

При этом, условием наступления пожарных рисков по несущей способности R , будет оцениваться при вероятности равной 1 (событие обязательно произойдет). Таким образом, авторам удастся оценить не вероятностную величину, по которой происходит оценка эквивалентной продолжительности пожара — произойдет наступление критических последствий или не произойдет наступление потери несущей способности, а с высокой степенью достоверности получить точный результат при критической продолжительности воздействия критической температуры при $t=300^{\circ}\text{C}$, $t=500^{\circ}\text{C}$ и $t=900^{\circ}\text{C}$, на-

ступления последствий в виде потери несущей способности, что позволит авторам говорить об эквивалентной продолжительности пожара, по которой можно предусмотреть соразмерный риску причинения вреда предел огнестойкости конструкций.

Раздел 2. Задачи исследования

Задачи, которые поставили перед собой авторы исследования в настоящее время:

1. Определение критериев прочностных (статических) и теплотехнических расчетов фактических и требуемых пределов огнестойкости несущих строительных конструкций [4,5] для оценки соответствия критериям критической продолжительности пожара в помещении.
2. Обоснование математической формулы, номограммы или экспресс-оценки требуемого предела огнестойкости для несущих строительных конструкций в зависимости от критической продолжительности пожара в помещении на основе полевой математической модели.
3. Разработка модели и алгоритма (блок-схемы) оценки соразмерности требуемого предела огнестойкости несущих строительных конструкций и критической продолжительности пожара в помещении с учетом нового концептуального решения по оценке огнестойкости: «продолжительность пожара = огнестойкость конструкции»

Задача 1. При определении критериев прочностных (статических) и теплотехнических расчетов неизменным (constanta) остается предел огнестойкости конструкции, который определяется по стандартной температурной кривой в соответствии с ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. «Национальный стандарт РФ. Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Альтернативные и дополнительные методы»*, в условиях когда критическое воздействие на испытываемую конструкцию наступает с начала огневого испытания до наступления одного из предельных состояний, и нормируется временем воздействия, в минутах по REI (15, 30, 45, 60, 90, 120 и т.д.).

Однако, в условиях реального пожара, начало наступления воздействия критических температур на несущие конструкции, как правило, смещается на неопределенное время, из-за больших объемов зданий, начальной стадии пожара с ее линейными скоростями (на начальной стадии пожара $0,5V_{\text{лин.}} = 10$ мин, затем $V_{\text{лин.}}$), и скорости выгорания (тепловыделение пожарной нагрузки главным образом зависит от вида, расположения и количества пожарной нагрузки, и пропорциональна площади горения). При этом, скорость выгорания пожарной нагрузки и определяет время наступления критической температуры (300°C (стекло 3 мм, ЛМК), 500°C (сталь марки АIII), $700-800^{\circ}\text{C}$ (стеклопакет однокамерный)). Причем,

отсутствие значительных градиентов термодинамических параметров (в связи с сильной степенью перемешивания нагретых газов), приводит к практически незначительному отличию локальных характеристик от средне интегральных, что позволяет описывать их развитие интегральными параметрами и использовать сравнительно простой метод моделирования, однако авторами применяется полевая математическая модель для оценки и локальных прогревов на начальной стадии и в условиях объёмных пожаров в помещении.

При этом нормативный предел огнестойкости конструкции определяет степень огнестойкости здания, которая устанавливается нормативными документами в зависимости от функционального назначения, площади и высоты помещений, что зачастую не совпадает со временем наступления потери несущей способности конструкции при реальном пожаре.

Авторами выдвинута гипотеза о том, что ожидаемое время наступления потери несущей способности будет отсрочено на столько, на сколько время начала воздействия критической температуры на несущие конструкции будет отлично от начала пожара в помещении. Данную гипотезу авторам необходимо подтвердить (или опровергнуть) с помощью математического моделирования, а по его результатам оценить период критической продолжительности пожара в условиях реального пожара, и при различных видах пожарной нагрузки (ПН), площади размещения ПН, высоты помещений и проемности помещений установить требуемый предел огнестойкости.

Критерием критической продолжительности пожара, влияющего на выбор огнестойкости несущих строительных конструкций, авторами выбрано время критического воздействия температурного режима пожара в помещении на несущие строительные конструкции при температурах 300°C–900°C.

При этом, необходимо учесть при какой критической температуре пожара наступит потеря несущей способности конструкции. Такой температурой по мнению авторов является критическая температура для стальной незащищенной конструкции. Поскольку, каждая типовая многослойная железобетонная плита перекрытия рассчитанная на нагрузку не менее 800–1000 кг/м кв площади в жилом или административном здании имеет запас прочности не менее 150–300 кг/м кв., то для всех применяемых типов плит перекрытий возможно рассчитать и спрогнозировать время потери ее несущей способности в зависимости от температуры пожара. При этом определить какая именно температура для данного типа плиты оказалась критической и привела к обрушению конструкции или ее прогибу более чем в 20 %. Если плита опирается на металлическую стальную балку, которая

при проектировании, как правило, имеет равный запас прочности, и потеря ее несущей способности по расчету наступает при более низкой критической температуре пожара, то для такого типа зданий критической должна приниматься температура равная критической температуре стальной конструкции.

Следовательно полученное при расчетах время сопротивления конструкции, находящейся под расчетной нормативной (заложенной проектом) нагрузкой, будет определять величину критической температуры при которой наступает потеря ее несущей способности, т.е. величину критической температуры, достижение которой приводит к наступлению риска обрушения, принимаемого авторами равным 1.

При этом, нетрудно предугадать последствия принятия управленческого решения руководителем тушения пожара (РТП) о назначении боевых участков и расстановки бойцов со стволами для тушения и локализации очага пожара в условиях, когда нормативные пределы не совпадают со временем реального обрушения (потери несущей способности конструкций), поскольку у РТП отсутствуют необходимые данные о критических температурах при пожаре, которые оказывают влияние на время наступления потери несущей способности конструкций.

Таким образом, разработка и учет критериев по нагрузке на конструкции, критической продолжительности воздействия и критической температуры в зданиях различного функционального назначения станет исходными данными для разработки экспресс-оценки пожарных рисков или поведения конструкций при пожаре.

Задача 2. Анализ расчетных методик по оценке пожарных рисков, экспресс-оценке пожарных рисков, а также расчетных методик нагрузки на конструкции и узлы сопряжения, которые не учитывались ранее, но оказывают огромное влияние на потерю несущей способности, позволит конкретизировать и скорректировать теоретическое обоснование проблемы применения расчетных технологий для оценки потери несущей способности конструкций здания при $t=300^\circ\text{C}$, $t=500^\circ\text{C}$ и $t=900^\circ\text{C}$ по критической продолжительности пожара или эквивалентной продолжительности пожара к которой пришли предыдущие авторы по решаемой проблеме.

Среди существующих в исследуемой области особое место занимают работы исследования температурных режимов пожаров В.М. Ройтмана, Т.Ф. Фирсовой [6], Е.А. Мешалкина, Г.И. Болодьяна [7,8] и др.

Следует заметить, что приводимые в работах вышеуказанных авторов расчетные методики невозможно применить при осуществлении надзора за объектами

по причине недостатка исходных данных для расчетов и дефицита времени, а также большого числа условий, допущений, высокой сложности расчетных алгоритмов. А между тем, при проведении контрольно-надзорных мероприятий (КНМ) по оценке соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности в соответствии с ст.6 ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», государственный пожарный надзор в большинстве случаев работает по условию: выполнены требования пожарной безопасности, содержащиеся в нормативных документах по пожарной безопасности, к которым относятся не только своды правил, но и национальные стандарты, содержащие расчетные методики, разработанные авторами в различные годы и включенные в стандарты в виде требований пожарной безопасности, которые нельзя в условиях проведения КНМ применить по срокам проведения КНМ и квалификации сотрудников. При этом, применение только мер безопасности, включенных в своды правил без оценки их соразмерности риска причинения вреда конструкциям приводит к избыточности требований или недостаточности, что в свою очередь оценивается как административный барьер и несоразмерность вмешательства в деятельность контролируемых лиц.

В этой связи, необходима математическая (статистическая) обработка множества результатов критической продолжительности пожара, полученного в зависимости от реальной пожарной нагрузки с учетом применения математической полевой модели, отвечающей за физику процесса температурного режима пожара в помещении. В результате такой обработки, например статистическими методами, возможно получить номограммы, которые можно легко и быстро использовать при об-

следовании объекта защиты и применить в качестве экспресс-оценки риска причинения вреда для применения соразмерного предела огнестойкости или применения систем противопожарной защиты, которые будут компенсировать недостающий предел огнестойкости.

Пример такой номограммы показан в указанной выше работе [3], по которой при определении критической нагрузки в помещении можно оценить требуемый предел огнестойкости (Рис. 2).

При этом, в предыдущей работе авторы использовали проемность помещений, которая играет огромную роль при пожаре, регулируемом нагрузкой и пожаре, регулируемом вентиляцией, однако в предыдущем опыте в качестве исходных данных использовалось количество пожарной нагрузки в виде массы $\{кг\}$, задача авторов привести к общему знаменателю наиболее удобные исходные данные, которые возможно получить при проведении КНМ и на месте быстро оценить возможность применяемых мер к огнестойкости конструкций и поэтому необходимо рассмотреть использование соотношений в виде $\{кг/м^2\}$ или $\{кг/м^3\}$ или в виде $\{кДж/м^2\}$, как это делается при определении категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что данные номограмм были получены по интегральной математической модели и могут иметь достаточные погрешности как для критического воздействия на несущие конструкции здания в точках наибольших нагрузок, так и на количество и вид пожарной нагрузки в объеме помещения или здания. В этой связи авторами статьи принято решение расчеты проводить по полевым мо-

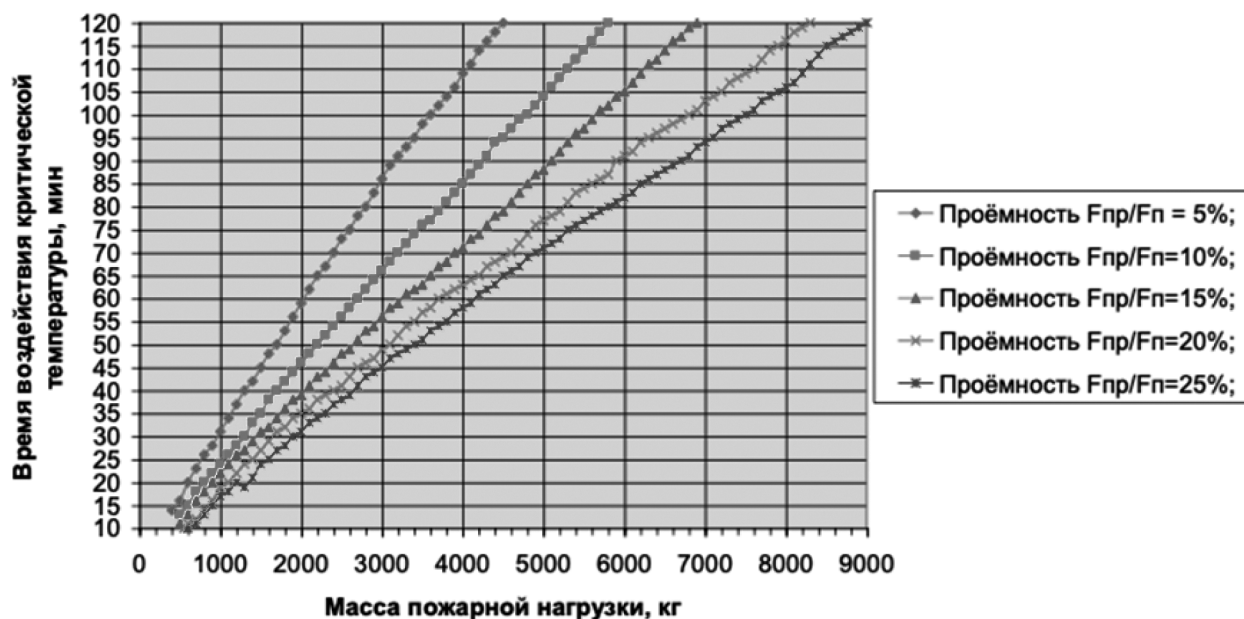


Рис. 2. Зависимость времени воздействия критической температуры на несущие строительные конструкции от массы пожарной нагрузки в помещении объемом $V=300 \text{ м}^3$ ($10*5*6 \text{ м}$)

делям, установленным в нормативно-правовых документах МЧС России, а именно: «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности», утв. приказом МЧС России от 14 ноября 2022 г. №1140 или «Методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах», утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. №404.

Таким образом, авторами принято решение по использованию предыдущих исследований в области экспресс-оценки пожарных рисков при изменении функционального назначения зданий в качестве аналога или прототипа по решению вопроса о соразмерности нормативных требований риску причинения вреда несущим конструкциям. Такой подход позволит разработать алгоритм (блок-схему) оценки соответствия пределов огнестойкости несущих конструкций здания соразмерных критической продолжительности пожара, что возможно станет объективной альтернативой сегодняшнего алгоритма оценки пределов огнестойкости в зависимости от класса функциональной пожарной опасности и геометрических размеров зданий, сооружений (высоты и площади), что соответствует решению задачи 3.

Раздел 3. Проведение исследования критической продолжительности пожара в зависимости от удельной пожарной нагрузки 180 МДж/м²

В настоящее время уже выполнен анализ зависимости критериев опасных факторов пожара на примере

максимальной температуры пламени для помещений различного объема, имеющих одинаковую удельную пожарную нагрузку 180 МДж/м². Расчет проводился с использованием программного комплекса «Сигма-ПБ». В расчете определялась максимальная температура и время её воздействия на ограждающие конструкции в помещении пожара в зависимости от способа размещения пожарной нагрузки. Причем, удельная пожарная нагрузка в 180 МДж/м² принималась в соответствии с категорией помещения В4, определяемой по приложению Б СП 12.13130.2009. «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». По полученным результатам, авторами были построены графики зависимости изменения максимальной температуры в различных точках помещения пожара. По данным графикам можно установить зависимость максимальной температуры пожара в помещении категории В4 от пожарной нагрузки, воздействующей на ограждающие конструкции на различном расстоянии от источника. На рис. 3 представлен график такой зависимости.

При размещении в помещении пожарной нагрузки в количестве, эквивалентном для помещений категории В4, независимо от способа её размещения максимальная температура составляет не более 300°С, что позволяет сделать вывод об отсутствии в случае пожара воздействия на несущие конструкции критической температуры, при которой конструкция с течением времени теряет или снижает свои свойства. При этом полное выгорание пожарной нагрузки происходит за промежуток времени до 10 минут.

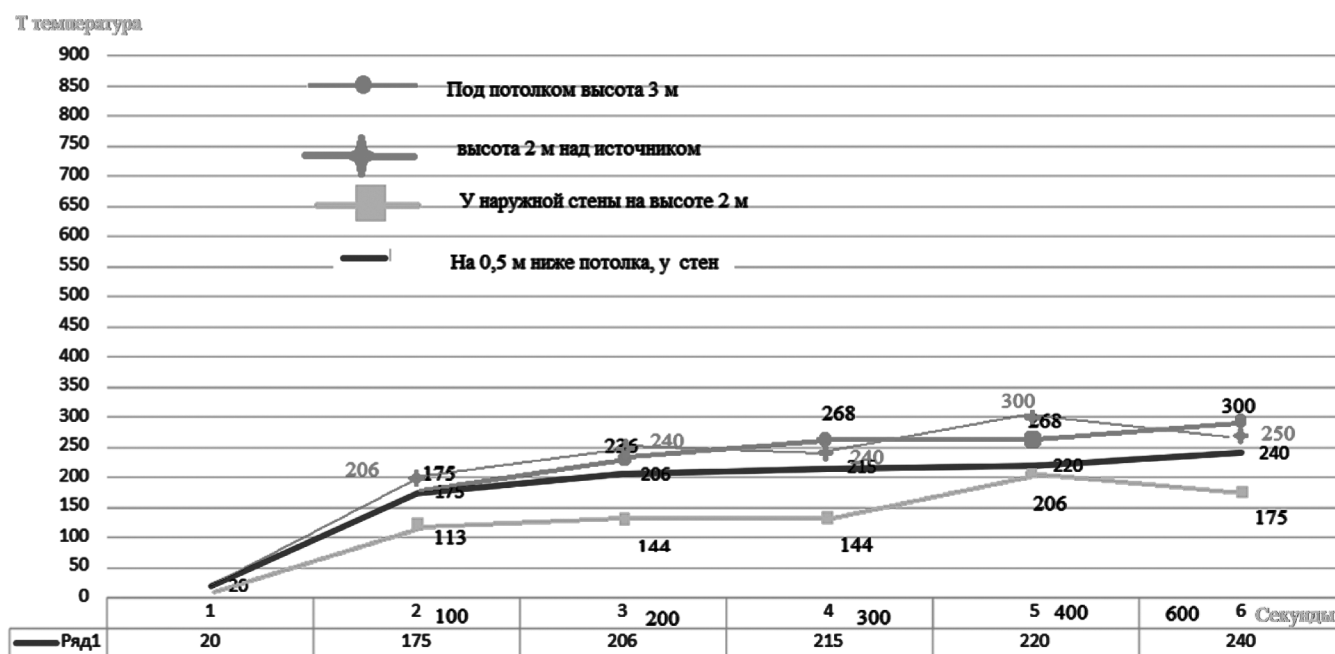


Рис. 3. Значения критической температуры при пожаре в помещении от пожарной нагрузки, соответствующей категории помещений В4

В ранее выполняемых работах по изучению влияния внешних факторов на процессы горения, проведенные кафедрой «Пожарной безопасности в строительстве» Академии ГПС МЧС России, было выявлено, что при воздействии ветра со скоростью 5–6 м/с время выгорания пожарной нагрузки сокращается в 2 раза и время воздействия высокой температуры на ограждающие конструкции снижается в 2 раза, что при таких условиях позволяет для конструкций допустить снижение значения требуемого предела огнестойкости [8].

При удельной пожарной нагрузке 180 МДж/м², которая соответствует категории В4, температурный режим достигает 300°C, и не является критическим для стальных и железобетонных несущих конструкций. В таком случае предъявлять требования к нормированию пределов огнестойкости несущих и ограждающих конструкций не целесообразно, поскольку это не соразмерно риску причинения вреда охраняемым законом ценностям.

Раздел 4. Оценка напряженно-деформированного состояния и поведения конструкции при пожаре методом конечных элементов

Для оценки напряженно-деформированного состояния и поведения металлоконструкций в условиях пожара, необходимо учитывать нестационарный характер

нагрева, то есть необходимо решение нестационарной задачи теплопроводности с учетом зависимости теплофизических свойств материала от текущей температуры [9]. Помимо этого, с ростом температуры происходит значительное снижение прочностных показателей материала, в первую очередь — модуля упругости и предела текучести. Это приводит к тому, что конструкции, изначально спроектированные на работу в упругой области, под действием расчетных нагрузок при высокотемпературном воздействии начинают упругопластически деформироваться с перераспределением усилий по силовой схеме, а это предполагает решение задачи механики деформируемого твердого тела с учетом геометрической и физической нелинейностей. Метод конечных элементов позволяет в полной мере учесть все особенности деформирования конструкции и её теплового состояния в ходе огневого воздействия. К недостаткам расчета следует отнести значительно большее время расчета в сравнении с аналитическими подходами и значительный перечень исходных данных, требуемых для формирования расчетной модели.

В качестве образца для расчета и эксперимента авторами была принята стальная двутавровая балка (Рис. 4.1).

Во время расчета программным комплексом ABAQUS 96 Standard1 авторами была создана конечно-элемент-

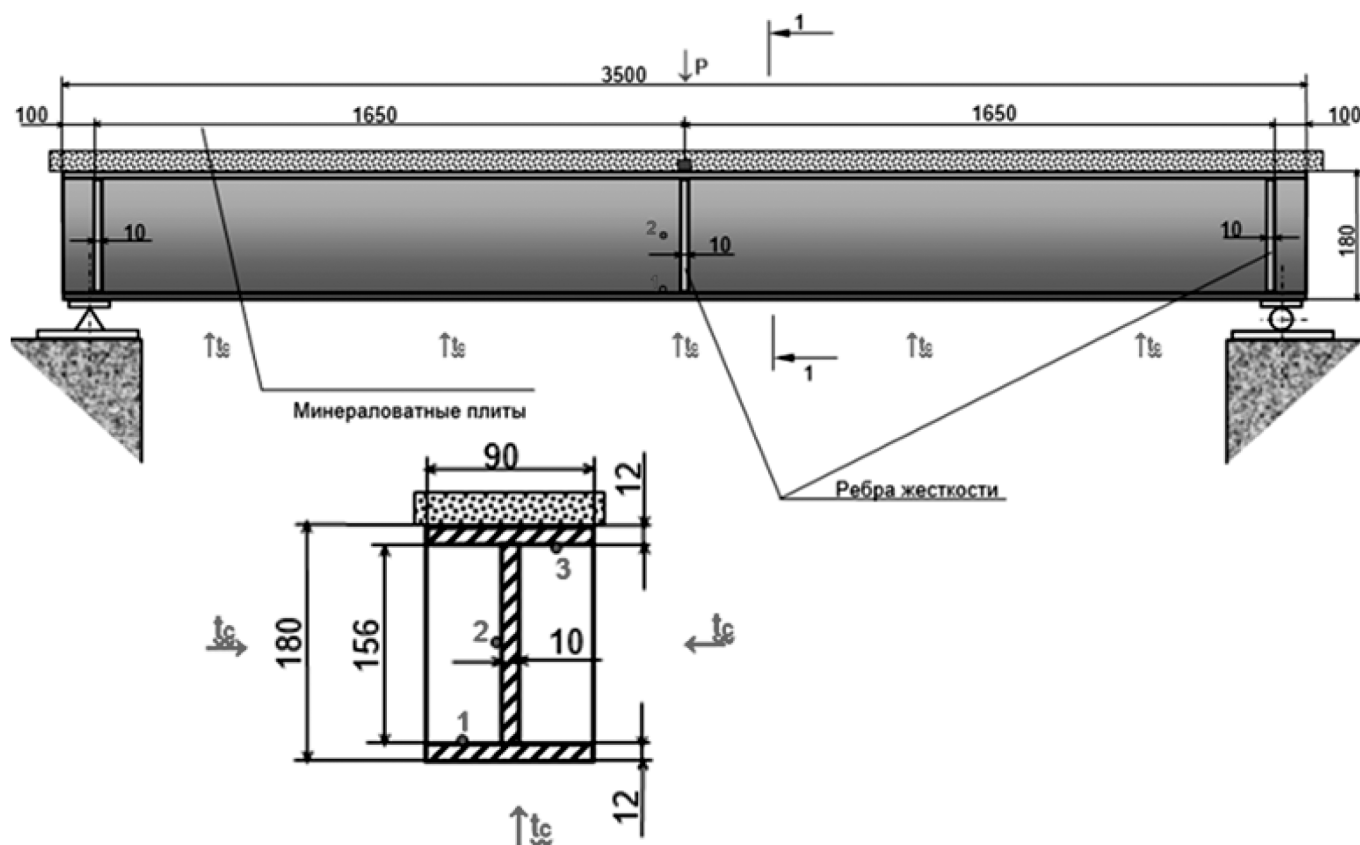


Рис. 4.1. Эскиз двутавровой балки

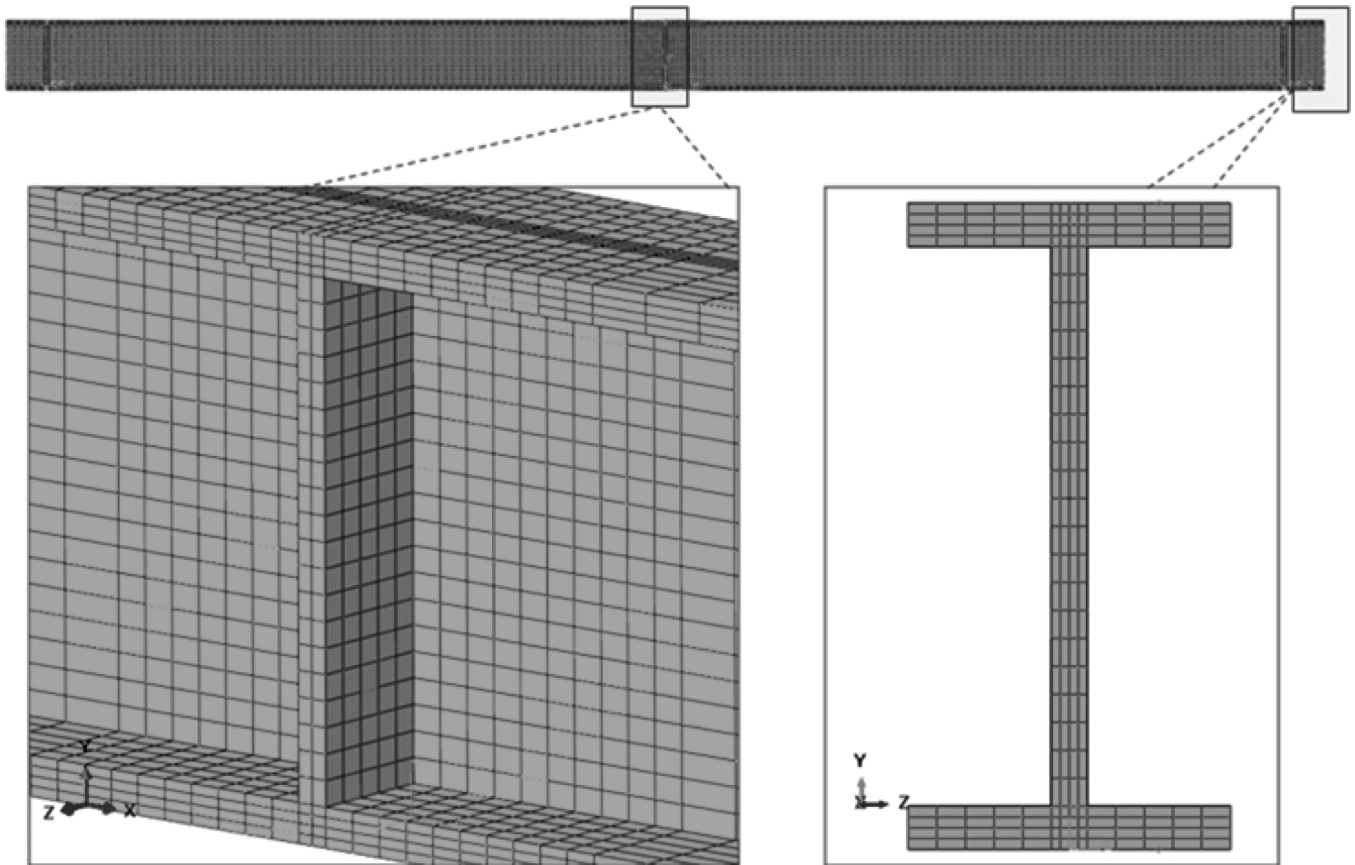


Рис. 4.2. Конечно-элементная модель балки

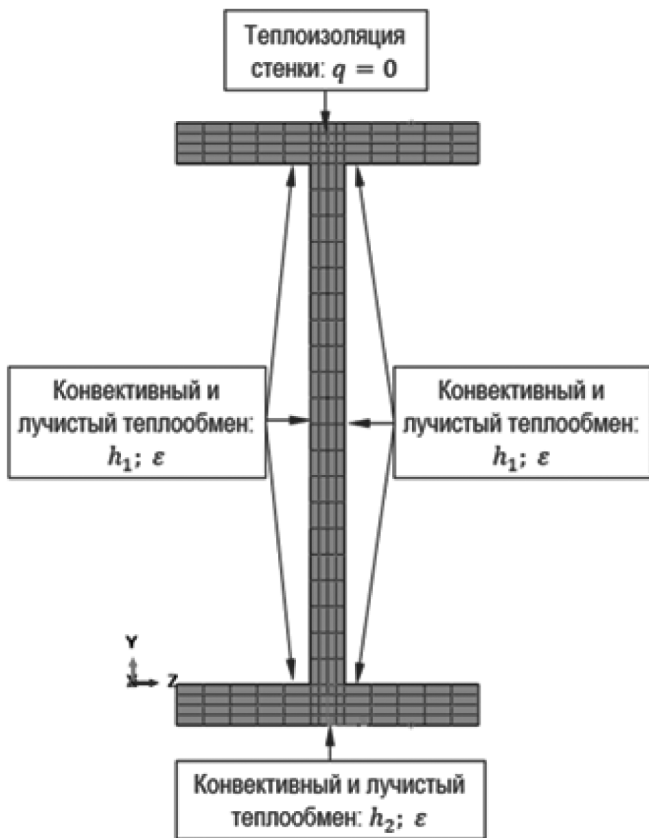


Рис. 4.3. Граничные условия тепловой задачи

ная модель двутавровой балки, которая делится на множество конечных элементов, по которым проводится расчет нагрузок и деформаций в каждом элементе (Рис. 4.2).

Поскольку при пожаре в помещении происходит обогрев двутавровой балки (перекрытие) с трех сторон, данное обстоятельство учитывалось при выполнении расчета методом конечных элементов (Рис. 4.3).

В качестве температуры окружающей среды при пожаре в помещении использовались данные фактических замеров температуры огневой камеры в ходе натуральных испытаний образцов двутавровой балки из стали (355П), проведенных на базе ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Рис. 4.4).

Таким образом, метод конечных элементов учитывал температуру, созданную в огневой печи.

Обработка результатов, в программе позволила авторам построить графики роста температуры в разных точках обогреваемой с трех сторон конструкции перекрытия (Рис. 4.5), который показал, что время достижения критической температуры 500 °С наступает для конструкции не одновременно, а только в нижней точке 3, которая составила 700 секунд (12 минут). При этом для

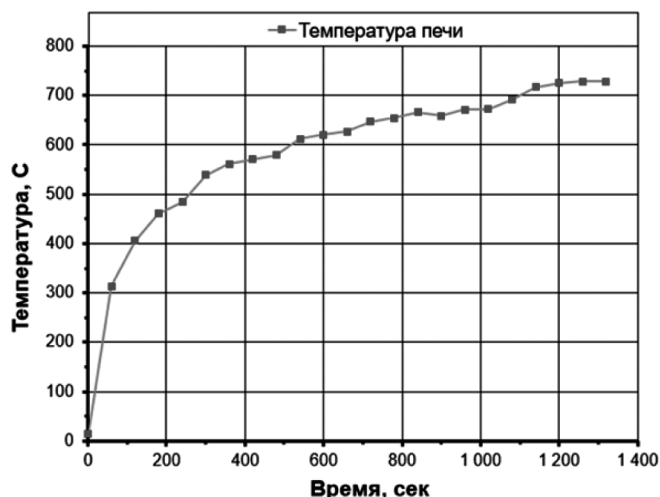


Рис. 4.4. Изменение температуры испытательной печи (испытание)

точки 1 критическая температура наступила на 1200 секунде, что составило 18 минут.

Согласно требованиям ГОСТ 30247.1–94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции Elements of building constructions. Fire-resistance tests methods. Load-bearing a separating constructions. испытания на огнестойкость, как правило, проводятся с использованием конструкции двутаврового сечения. Допускается проводить испытания образцов другой формы. Так при испытании двутавровой балки авторам удалось определить, что полное 100% обрушение, связанное с образованием пластично-го шарнира, наступило у образца двутаврового сечения,

только тогда, когда по всему сечению от точки 3 до точки 1 критическая температура достигла 500 °С. Это позволяет более точно спрогнозировать возможное время обрушения балки (перекрытия) в условиях воздействия критической температуры, а время воздействия критической температуры напрямую зависит от количества пожарной нагрузки в здании и проемности, как это было установлено ранее (раздел 3).

Далее решена была и прочностная задача, которая учитывала результаты теплотехнического расчета (Рис. 4.6). Программой высчитывалось значение прогибов центральной части сечения балки и определялась скорость прогибов центральной части сечения балки в ходе огневого воздействия (Рис. 4.7). По полученным результатам, отраженным в виде графиков зависимости величины и скорости нарастания прогибов от времени воздействия критической температуры на двутавровую балку, авторы пришли к выводу, что формирование пластического шарнира наступает одновременно с нарастанием скорости прогибов. Это время составило менее 1 минуты. В следующих расчетах планируется изменять значение прикладываемой к образцу нагрузки, действующей во время воздействия критической температуры и получить зависимость времени наступления предельных состояний от количества приложенной нагрузки в диапазоне температур 300–900 °С. В данном расчете для испытываемого образца критической температурой пожара стала температура равная 650 °С. При достижении данной температуры на поверхности в точке 3 произошло обрушение балки.

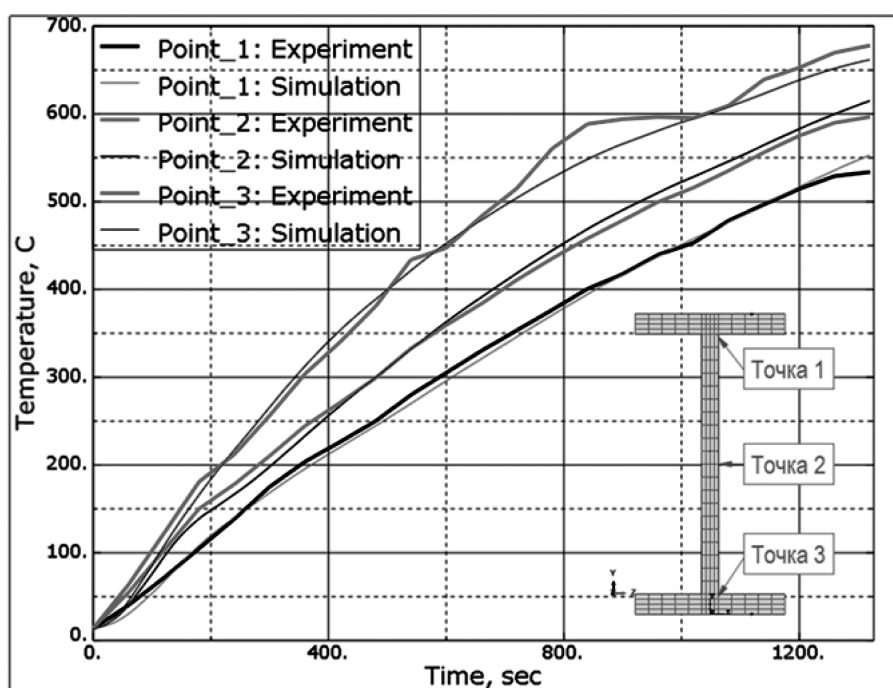


Рис. 4.5. Результаты моделирования и экспериментальные данные

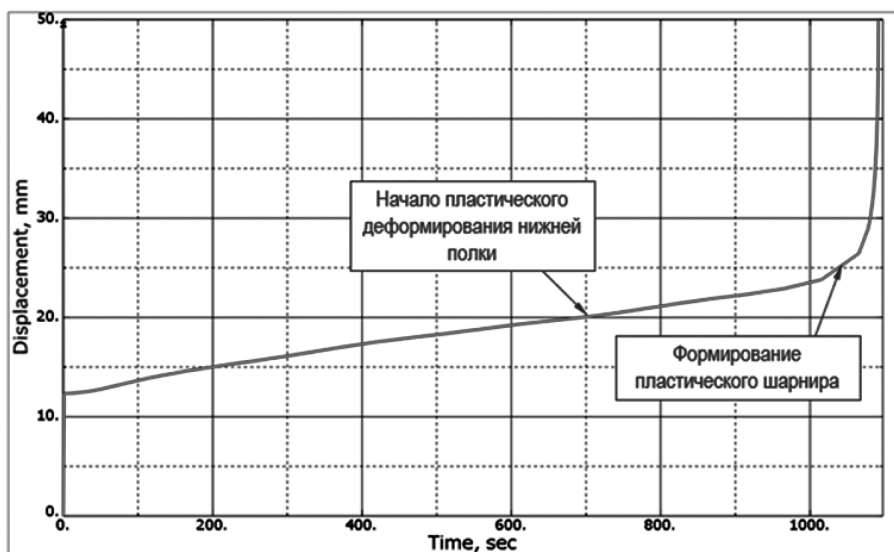


Рис. 4.6. Расчетное значение прогибов центральной части сечения балки при огневом воздействии

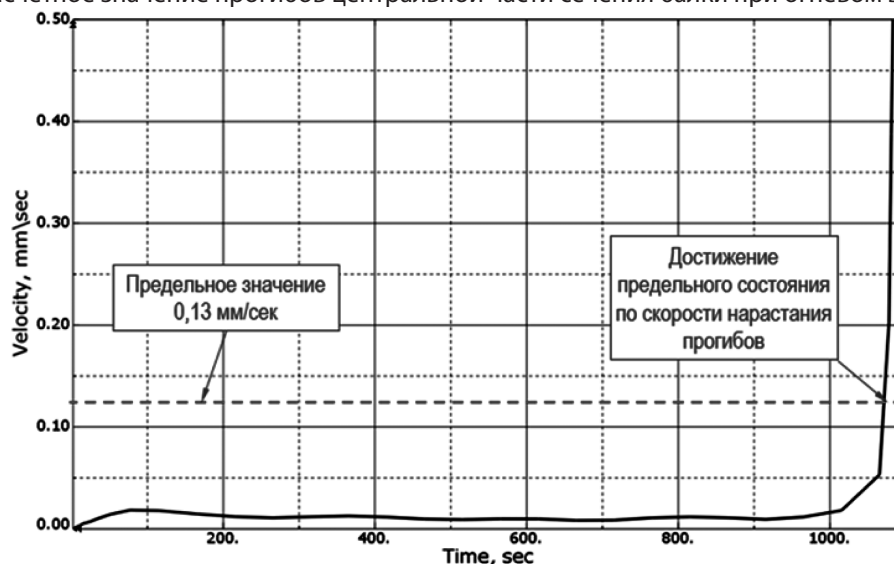


Рис. 4.7. Изменение скорости прогибов центральной части сечения балки в ходе огневого воздействия

Выводы: Найденное авторами расчетное значение потери несущей способности по началу пластического деформирования нижней полки показанного на рис. 4.6 на 12-й минуте (700с), считается пределом огнестойкости конструкции в соответствии с ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость». Однако, авторы обратили внимание, что при продолжении прогрева конструкции после начала пластической деформации на 700 с до 1000 с поведение конструкции было устойчивым, что в дальнейшем можно учесть, как необходимый запас времени до потери устойчивости конструкции. При этом потеря несущей способности испытываемой конструкции произошла при температуре $t=650^{\circ}\text{C}$, при температуре в печи, показанной на рис. 4.4. В этой связи, авторами подтверждается право принимать за критическую температуру не $t=500^{\circ}\text{C}$, а $t=600^{\circ}\text{C}$, что является более точным по-

казателем при определении критической продолжительности пожара для несущих стальных конструкций.

Раздел 5. Разработка модели и алгоритма (блок-схемы) оценки соразмерности требуемого предела огнестойкости несущих строительных конструкций и критической продолжительности пожара в помещении с учетом нового концептуального решения по оценке огнестойкости: «продолжительность пожара = огнестойкость конструкции»

Следующим шагом в вопросе возможности развития риск-ориентированного подхода контрольно-надзорной деятельности может стать «Модель и метод прогнозирования имущественного вреда», которые позволят без выполнения многочисленных расчетных сценариев пожара, на основе параметров пожарной нагрузки, объ-

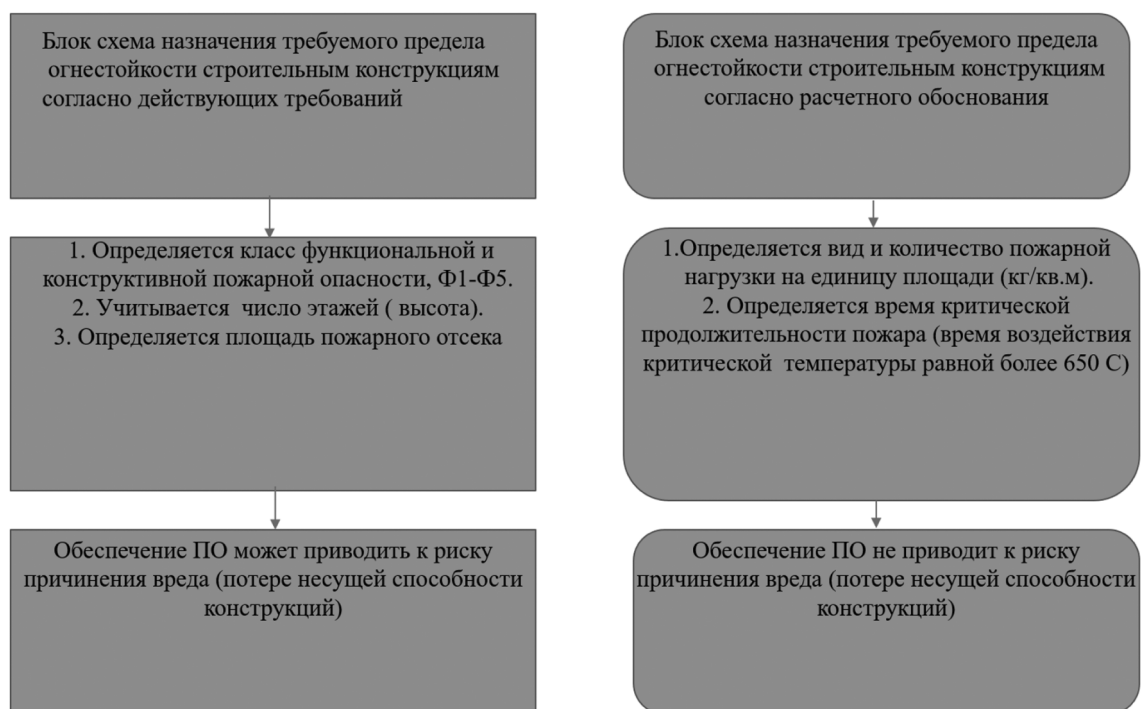


Рис. 5. Блок-схема оценки соразмерности требуемого и фактического предела огнестойкости критической продолжительности пожара

емно-планировочных и конструктивных решений спрогнозировать риск нанесения имущественного вреда, что соответствует задаче исследования №3.

Ниже приведена схема работы системы, предназначенная для выработки управленческого решения с учетом определения фактической степени огнестойкости зданий и сооружений использующая полевой метод расчета критериев опасных факторов пожара (Рис. 5). Данная схема позволяет использовать расчет реального пожара в зданиях любого класса функциональной пожарной опасности.

Новизна и отличие данного алгоритма заключаются в возможности определения требуемой степени огнестойкости с учетом наличия пожарной нагрузки, ее месторасположения в объеме помещения относительно несущих конструкций с учетом свойств материала, из которого выполнена конструкция, и фактической нагрузки, которую данная конструкция воспринимает. Расчет учитывает проверку на устойчивость, что исключает возможность потери несущей способности при температурах, которые не являются для конструкций критическими.

Предложенная авторами блок-схема, предполагает получение множества расчетных данных по критической продолжительности воздействия на несущие конструкции в зависимости от пожарной нагрузки, проемности, высоты и площади помещений, которые будут использоваться для разработки экспресс-оценки кри-

тической продолжительности пожара. При этом оценка соразмерности пределам огнестойкости несущих конструкций, авторами будет решена с учетом запаса прочности конструкций. Таким образом, авторы предполагают разрабатывать новую — эквивалентную информацию, позволяющую оперировать большими объемами информации посредством компактных эквивалентов с минимальными информационными потерями, высокой надежностью [10].

Заключение

1. Информационные риски становятся одной из самых острых проблем современности, когда высокие темпы производства нормативной информации в области пожарной безопасности, значительно опережают темпы ее освоения. В связи с этим опыт работы человека с жизненно важной информацией необходимо рассматривать в контексте адекватности информации проблемным ситуациям, что и пытаются реализовать авторы путем экспресс-оценки пожарных рисков.
2. Соразмерность нормативных требований в области огнестойкости несущих конструкций риску причинения вреда при пожаре может быть реализована по полученным значениям критической продолжительности пожара в результате математического моделирования и эквивалентным им нормативным значениям пределов огнестойкости.
3. Анализ алгоритмов установления нормативными документами пределов огнестойкости несущих

конструкций в зависимости от степени огнестойкости здания, площадей и высот помещений и их функционального назначения, показал, что требования к нормируемым пределам огнестойкости зачастую избыточны, а при применении органами ФГПН вызывает социальную напряженность из-за административных барьеров, и в некоторых случаях недостаточны, что в свою очередь отражается на причинении вреда охраняемым законом ценностям при нормируемой потере несущей способности в случае превышения критической продолжительности пожара, что отражается на привлечении к уголовной ответственности сотрудников органов ФГПН по халатности. Таким образом, интенсивное производство и накопление больших объемов информации создают проблемы информационных перегрузок, снижения надежности профессиональной деятельности и значительного роста числа ошибок, приводящих к трагическим последствиям.

4. Авторами проведено исследование температурного режима пожара в помещении категории В4, при нормативной удельной пожарной нагрузке 180 Мдж/м² (рис.3), которое не выявило критической продолжительности температурного воздействия на конструкции, поскольку температурный

режим достигает 300°C, и не является критическим к стальным несущим конструкциям. В таком случае предъявлять требования к нормированию пределов огнестойкости несущих и ограждающих конструкций для помещений категории В4 по взрывопожарной и пожарной опасности не целесообразно, поскольку это не соразмерно риску причинения вреда охраняемым законом ценностям.

5. Предложенная авторами блок-схема, предполагает получение множества расчетных данных по критической продолжительности воздействия на несущие конструкции в зависимости от пожарной нагрузки, проемности, высоты и площади помещений, которые будут использоваться для разработки экспресс-оценки критической продолжительности пожара. При этом оценка соразмерности пределам огнестойкости несущих конструкций, авторами будет решена с учетом запаса прочности конструкций. Таким образом, авторы предполагают разрабатывать новую — эквивалентную информацию, позволяющую оперировать большими объемами информации посредством компактных эквивалентов с минимальными информационными потерями, высокой надежностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кияткина Е.Н., Лобаев И.А., Кирик Е.С., Воронов С.П. Поддержка принятия управленческих решений при применении обязательных требований соразмерных риску причинения вреда // Сибирский пожарно-спасательный вестник/ Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. — 2024. — № 2. — С.34–47.
2. Лобаев И.А., Фирсова Т.Ф., Кравченко А.Б. «К вопросу о соразмерности нормативных требований по огнестойкости несущих конструкций риску причинения вреда охраняемым законом ценностям» //Материалы тридцать второй международной научно-технической конференции «Системы безопасности — 2023». — М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. 553 с// 450–456 с.
3. Козлачков В.И., Лобаев И.А. Экспресс-оценка пожарных рисков при изменении функционального назначения зданий. — М.: ВНИИТИ РАН, Деп. № 2325-V2001 от 08.11.2001 г.
4. Серков Б.Б. Здания и сооружения. Часть 1. Конструкции, материалы, преграды: Учебник / Б.Б. Серков, Т.Ф. Фирсова. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. — 176 с. — (Пожарная безопасность). — ISBN 978-5-907064-62-1. — EDN VYBDDC. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37213715>.
5. Гураль А.А., Фирсова Т.Ф. Исследование свойств строительных конструкций// Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3-х частях, Москва, 01 марта 2019 года. Том Часть II. — Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2019. — С. 100–104. — EDN DTISTV. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41286441>.
6. Ройтман В.М., Фирсова Т.Ф. Необоснованное завышение требований норм и СТУ по пределам огнестойкости ряда конструкций высотных зданий // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 2. С. 59–62. DOI: 10.25257/FE.2017.2.59-62.
7. Мешалкин Е.А., Болодьян Г.И., Истратов Р.Н. Специализированные здания для маломобильных групп населения: новации в противопожарных требованиях. ж. «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация». — 2021. — №23. — С. 46–52. DOI 10.25257/FE.2021.2.46-52.
8. Бордаков В.Н., Мешалкин Е.А., Болодьян Г.И. Исследование процесса тушения модельных очагов пожара. Ж. «Безопасность труда в промышленности», 2021, №9, — с.57–62. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-9-57-62. УДК 614.845.2.
9. Иванов В.Н. Комплексный подход к определению требуемых пределов огнестойкости высотных жилых зданий // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018. № 1. С. 28–38. DOI: 10.25257/FE.2018.1.28-38.
10. Лобаев И.А., Плешаков В.В. Особенности применения требований пожарной безопасности в условиях риск-ориентированной модели деятельности// Пожары и чрезвычайные ситуации: предупреждение, ликвидация. 2023 №2. С.121–130. DOI: 10.25257/FE.2023.2.121-1305.