

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.130>

УДК 614.841

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАТУРНЫХ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Нехань Д.С., Кураченко И.Ю., Олеснюк Н.М., Креер Л.А.

*Цель.* Всесторонне оценить температурный режим газовой среды внутри экспериментального фрагмента здания при проведении натуральных огневых испытаний.

*Методы.* Измерение температуры в объеме экспериментального фрагмента в процессе пожара.

*Результаты.* Получены экспериментальные данные температуры газовой среды в процессе проведения натуральных огневых испытаний строительных конструкций. Обнаружено различие температурного режима в разных частях фрагмента. Получены значения эквивалентной продолжительности стандартного пожара для проведенных испытаний.

*Область применения исследований.* Результаты исследования могут быть использованы при выборе граничных условий (определении теплового воздействия) для определения прогрева испытываемых строительных конструкций. Проведенные исследования способствуют накоплению экспериментальных данных о влиянии пожарной нагрузки на температурный режим в помещении при пожаре.

*Ключевые слова:* огнестойкость, строительные конструкции, натурные огневые испытания, стандартный пожар, температурный режим пожара, горение, эквивалентная продолжительность пожара.

(Поступила в редакцию 12 марта 2020 г.)

### Введение

Применение строительных конструкций и материалов с нормированными пожарно-техническими характеристиками является одним из основных способов обеспечения пожарной безопасности<sup>1</sup>. В технических нормативных правовых актах системы противопожарного нормирования и стандартизации для строительных конструкций введено понятие «предел огнестойкости», который играет одну из ключевых ролей при определении их области применения.

В основе определения предела огнестойкости лежит оценка воздействия на конструкции стандартного температурного режима. Данный режим был впервые закреплён в международном стандарте ISO-834 и является определяющим при проведении испытаний на огнестойкость строительных конструкций в мире. Накопление данных о пожарах и сопутствующих изменениях в строительных конструкциях привело к выделению и других огневых воздействий в разрезе температура – время: углеводородный, наружный и медленно развивающийся (тлеющий) температурные режимы<sup>2, 3</sup>. Применение данных воздействий необходимо при проведении исследований огнестойкости конструкций, область и условия применения которых заранее определены. Вместе с тем, исходя из методов оценки огнестойкости, представляется возможным определить эквивалентную продолжительность пожара, характеризующую стандартным температурным режимом, в течение которого предполагается такое же тепловое воздействие в помещении, как при реальном пожаре (натурных огневых испытаниях). В отечественных исследованиях для этой цели

<sup>1</sup> Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность: ТР 2009/013/ВУ: принят 02.07.2013: вступ. в силу 01.08.2010 / Постановление Совета Министров Респ. Беларусь. – Минск: Госстандарт, 2015. – 25 с.

<sup>2</sup> Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures: EN 1363-2:1999. – Введ. 01.08.99. – GB: CEN, 1999. – 19 с.

<sup>3</sup> Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы: СТБ EN 1363-2-2009. – Введ. 01.01.10. – Минск: БелГИСС, 2010. – 22 с.

введено понятие «коэффициент условий пожара», определяемый как отношение температуры пожара к температуре стандартного пожара в заданный момент времени [1].

Разрабатываемые методики, подходы и рекомендации по оценке пределов огнестойкости строительных конструкций<sup>4, 5, 6</sup> [2; 3] основываются на воздействии на них, как правило, стандартного пожара, который нормативно закреплен в Республике Беларусь для проведения испытаний на огнестойкость. Поэтому огневые испытания современных строительных конструкций, их сравнение с результатами других испытаний целесообразно проводить, создавая в объеме камеры (помещения) стандартный температурный режим, характеризующийся следующей зависимостью<sup>7</sup>:

$$\theta_{st,f} = \theta_{f0} + 345 \cdot \lg(8\tau + 1), \quad (1)$$

где  $\theta_{f0}$  – температура среды в начальный момент времени, °С;  $\tau$  – время развития пожара, мин; 8 – эмпирический коэффициент, мин<sup>-1</sup>.

### Основная часть

Для оценки огнестойкости применяемых в современном строительстве конструкций были проведены их натурные огневые испытания в разрезе реального фрагмента здания размером 9000×3000×2750 мм. По наружному периметру фрагмента были возведены самонесущие стены из газосиликатных блоков для создания в объеме требуемой среднеобъемной температуры (рис. 1).



Рисунок 1. – Испытанный фрагмент здания (главный и задний фасады)

В середине торцевых стен на высоте 1000 мм от уровня фундамента устраивалось по оконному проему размером 800×1250 мм; на расстоянии 1250 мм от торцевых стен в продольных стенах с двух сторон на высоте 1750 мм от уровня фундамента – проемы размерами 500×500 мм; в середине одной из двух продольных стен на уровне фундамента – дверной проем размером 1000×2000 мм. В объеме экспериментального фрагмента, ограниченного сверху монолитной железобетонной плитой, защемленной на две экспериментальные железобетонные колонны, возводились 4 страховочных столба из одинарного керамического кирпича размерами 380×380×2400 мм и подвергаемые испытаниям обработанные огнезащитным составом металлоконструкции. Стыки примыкания ограждающих стен к плите заделывались минеральной ватой.

Для определения количества пожарной нагрузки при проведении натурных огневых испытаний были проведены расчеты по методике, приведенной в [4], и соответствующее

<sup>4</sup> Полева, И.И. Огнестойкость изгибаемых железобетонных конструкций из высокопрочного бетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / И.И. Полева. – Минск, 2004. – 124 л.

<sup>5</sup> Кудряшов, В.А. Огнестойкость железобетонных сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий с применением многопустотных плит: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / В.А. Кудряшов. – Минск, 2009. – 121 л.

<sup>6</sup> Жамойдик, С.М. Огнестойкость стальных колонн с конструктивной огнезащитой: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / С.М. Жамойдик. – Минск, 2017. – 124 л.

<sup>7</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Взамен СТ СЭВ 1000-78; введ. 01.01.96. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003 – 11 с.

моделирование в программном комплексе FDS с последовательным изменением количества очагов. Теоретически полученный температурный режим пожара оказался схож по значениям со стандартным.

С учетом фактически полученных при проведении данного рода испытаний температурных режимов<sup>8,9</sup> в настоящих испытаниях в качестве пожарной нагрузки в испытаниях было использовано 18 равномерно рассредоточенных по площади очагов, 17 из которых представляли собой металлическую емкость внутренним диаметром 580 мм и высотой 700 мм, заглубленную на 350 мм в основание и заполненную на 140 л отработанным моторным маслом ориентировочной плотностью 870 кг/м<sup>3</sup>, а 1 очаг, находящийся у дверного проема, – металлическую емкость внутренним диаметром 580 мм и высотой 250 мм, полностью заглубленную в основание и заполненную на 25 л такой же горючей жидкостью. При этом на каждую емкость устанавливался 10-рядный штабель древесины (по 5 сосновых брусков в ряду) размером 800×800×500 мм. Средняя влажность древесины в штабелях составила 10,2 %.

Перед началом испытаний каждый штабель был облит отработанным маслом для увеличения скорости розжига очагов. Розжиг производился 3 операторами при помощи предварительно изготовленных факелов.

Измерение температуры газовой среды в объеме фрагмента производилось установленными в 3 плоскостях (на высотных отметках 550, 1375 и 2200 мм) от уровня фундамента девятью термоэлектрическими преобразователями (далее – ТП) КТНН 02.01-050-к1-И-Т740-3-800 (1800)/9000 (10000, 11000, 12000) с пределом измерений –200... +1300 °С в каждой плоскости. Размещение ТП показано на рисунке 2. Для возможности всестороннего изучения температуры газовой среды в объеме фрагмента и оценки ее однородности по высоте помещения расстояние между ТП принималось не более 2 м. Для исключения влияния ограждающих конструкций и поступающих воздушных потоков через проемы в объем фрагмента на показания датчиков расстояния от стенок фрагмента до ТП принималось 750 мм. Данные расстояния удовлетворяют требованиям технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к проведению огневых испытаний на огнестойкость<sup>10, 11</sup>.

Полученные от ТП электрические сигналы преобразовывались с помощью универсальных измерителей-регуляторов ТРМ138-Р, а затем через преобразователь интерфейса АС4-М передавались на персональные компьютеры, где производилось их архивирование.

Время, установленное на применяемых при проведении эксперимента персональных компьютерах, было предварительно синхронизировано. За отсчет времени принято объемное воспламенение очагов древесины. Под моментом окончания эксперимента подразумевалось разрушение одной из испытываемых строительных конструкций.

Количество воздуха, которое поступало в помещение, в процессе проведения испытаний регулировалось путем открытия и закрытия проемов металлическими листами.

<sup>8</sup> См. сноску 5.

<sup>9</sup> См. сноску 6.

<sup>10</sup> Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-97. – Взамен СТ СЭВ 1000-78, СТ СЭВ 5062-85. – Введ. 01.10.98. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997 – 7 с.

<sup>11</sup> Здания и фрагменты зданий. Метод натуральных огневых испытаний. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53309-2009. – Введ. 01.05.09. – М.: Стандартинформ, 2009. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071873>. – Дата доступа: 10.03.2020.

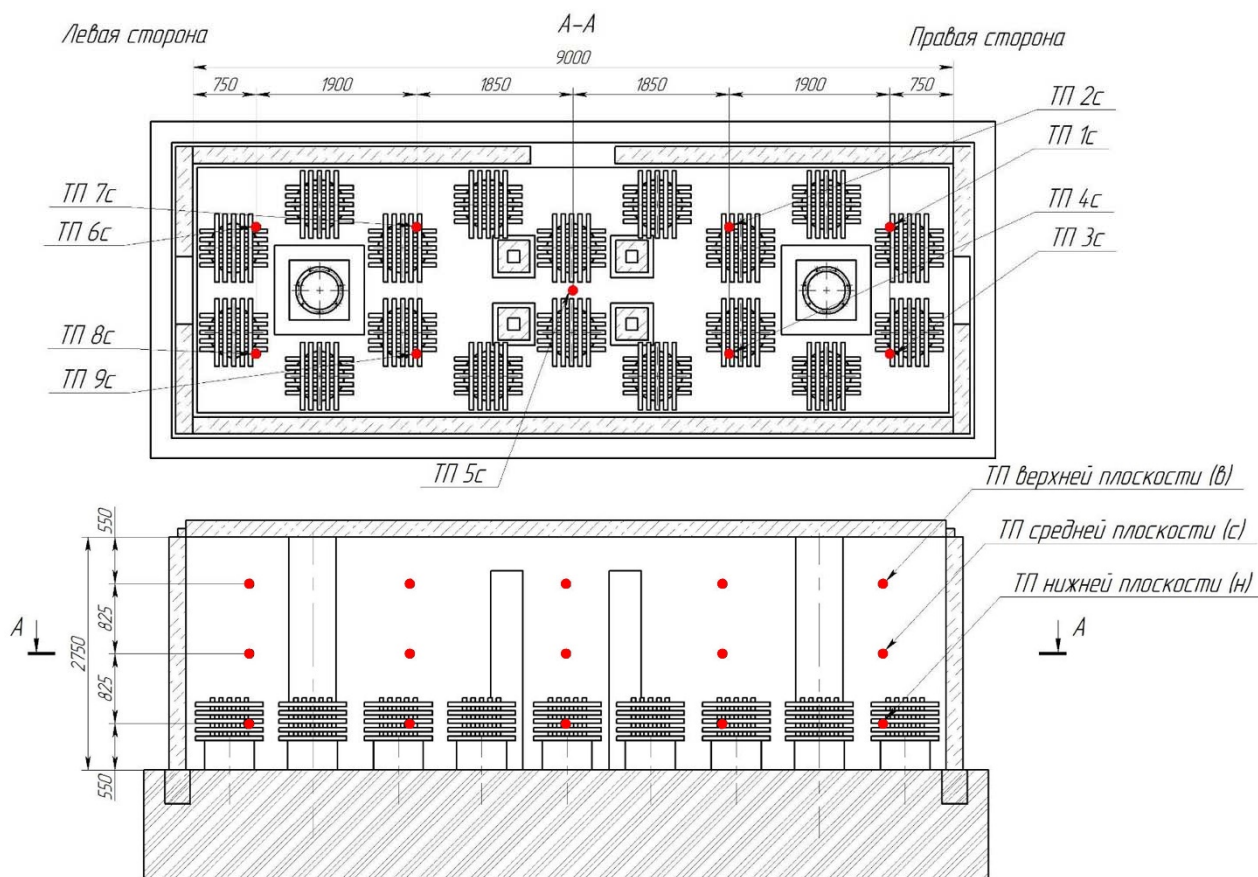


Рисунок 2. – Схема расстановки термопар в объеме фрагмента (виды сверху и спереди)

Температура окружающей среды перед проведением испытаний составляла 2 °С, влажность воздуха – 87 %. Согласно гидрометеорологическим данным скорость ветра могла достигать 7 м/с, направление ветра было изменчивым, выпадение осадков не наблюдалось.

Результаты измерений среднеобъемной температуры в объеме испытанного фрагмента приведены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, среднеобъемная температура внутри фрагмента во время проведения испытаний отличалась от значений стандартной температурной кривой и ее допустимых отклонений. Значения среднеобъемной температуры до 12 мин находились ниже допустимых отклонений стандартной температурной кривой. В интервале от 12 до 30 мин среднеобъемная температура соответствовала стандартному температурному режиму. Затем в течение последующих 15 мин температурный режим в объеме фрагмента был более агрессивен, чем предусмотрено стандартной кривой. С 45 до 65 мин значения среднеобъемной температуры лежали в пределах допустимых отклонений стандартного режима. На протяжении последних 3 мин испытаний, а именно с 65 до 68,25 мин значения среднеобъемной температуры резко возросли и стали выше допустимых отклонений.

Плавный относительно стандартной кривой рост температуры в начальной стадии обусловлен прежде всего горением только древесины, имеющей в сравнении с отработанным моторным маслом более низкое значение теплоты сгорания, причем полное горение штабеля на данном этапе имело место не для всех очагов. Вместе с тем горение древесины в штабелях позволило создать достаточно высокую скорость нарастания температуры в объеме фрагмента (5 мин – 100 °С, 10 мин – 250 °С). Наиболее высокая интенсификация процесса горения древесины наблюдалась через 5 мин после начала времени отсчета. Прогрев за счет этого верхних слоев отработанного масла, находящегося в емкостях, до температуры его воспламенения (10–15 мин от начала времени отсчета) способ-

ствовал постепенному загоранию масла. Это привело к увеличению тепловыделения с очага, следствием чего явилось приближение температурного режима к стандартному.

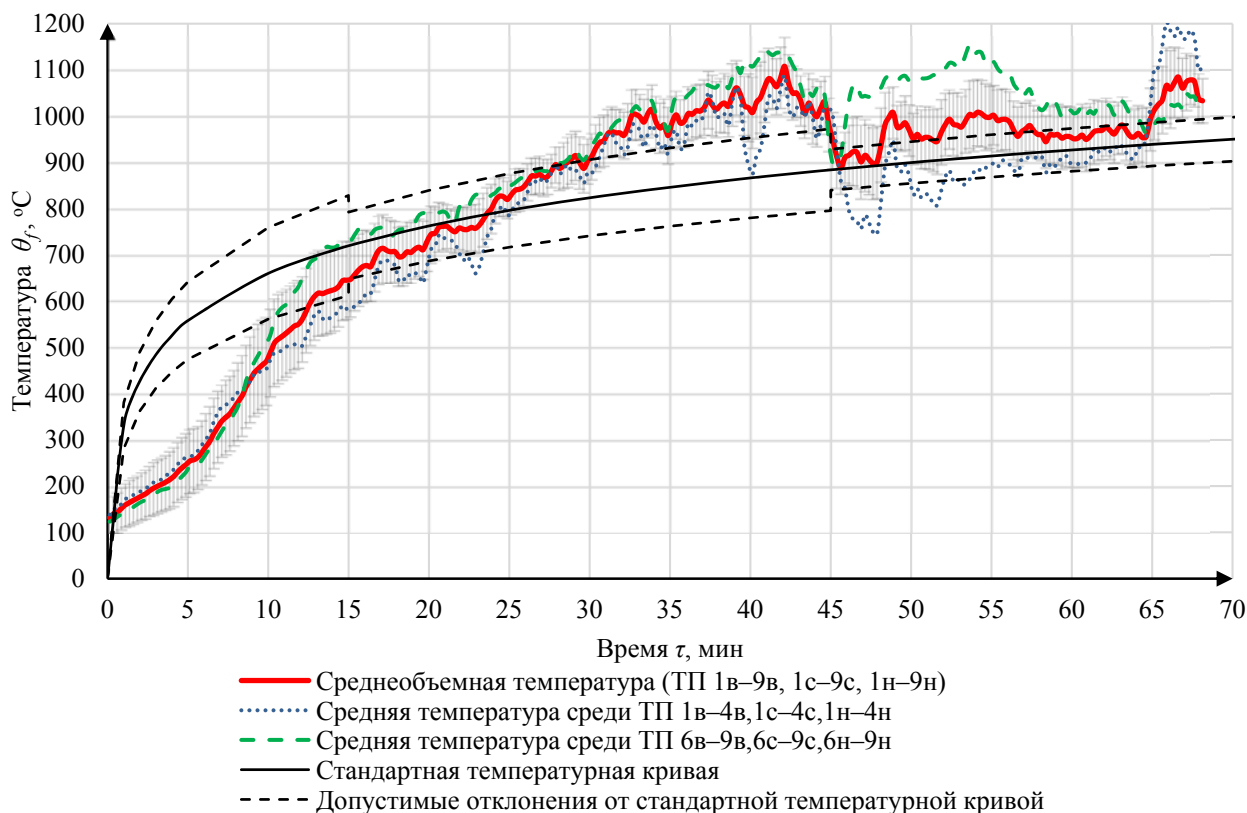


Рисунок 3. – Изменение температуры в объеме натурального фрагмента

Дальнейшее воспламенение всех очагов, а также интенсификация процессов горения за счет периодического возникновения перемещений воздушных масс окружающей среды привели к тому, что температурный режим начал выходить за допустимый верхний предел отклонений от стандартного температурного режима (температура в некоторых измеряемых точках превышала 1250 °C). С целью снижения среднеобъемной температуры в объеме фрагмента до значений, близких к стандартному температурному режиму, с 43 по 45 мин со стороны дверного проема в нижнюю зону центральной части фрагмента подавали воздушно-механическую пену. При этом категорически исключалось попадание воздушно-механической пены на строительные конструкции. Это привело к снижению интенсификации горения моторного масла и поглощению части выделяемой в процессе горения теплоты, в результате чего среднеобъемная температура снизилась на 200 °C. Последующее закрытие нескольких проемов металлическими листами привело к уменьшению полноты сгорания горючих веществ, следовательно, уменьшению тепловыделения с единицы площади и, как результат, к нарастанию среднеобъемной температуры в дальнейшем по стандартной кривой. Чрезмерный рост температуры в конце эксперимента (после 65 мин) обусловлен достаточно резким изменением условий окружающей среды (возникновением шквалистого ветра) и параллельным открытием проемов, что способствовало поступлению значительного количества окислителя.

Проводя сравнение полученного температурного режима в целом с экспериментальными исследованиями пожаров [5], видно, что до 20 мин нарастание температуры в объеме фрагмента схоже с горением древесины с плотностью размещения 50 кг/м<sup>2</sup> при отношении площади проемов к площади пола 0,15. Достигнутые значения среднеобъемной температуры в 900–1100 °C с 30 мин и их наблюдение до окончания эксперимента близки к такому же температурному интервалу с достаточной длительностью при горе-

нии автомобильных шин с плотностью размещения  $100 \text{ кг/м}^2$ . Интервал 20–30 мин является переходным между горением древесины и автомобильных шин с вышеуказанными плотностями размещения при данном отношении проемов к площади пола.

Следует отметить, что в различных частях помещения значения средней температуры отличались. Данный факт, как было сказано выше, связан с нестационарными условиями окружающей среды в процессе испытаний (возникновением и прекращением ветра, изменением его направления). До 9 мин различия между средними температурами, измеренными ТП 1–4 н, с, в (далее – левая сторона, см. рис. 2) и ТП 6–9 н, с, в (далее – правая сторона, см. рис. 2) практически отсутствуют. Однако затем разница между средними температурами в правой и левой сторонах фрагмента начинает нарастать. Различие в средних температурах наблюдается на протяжении оставшейся части испытаний, причем температурный режим в правой части фрагмента был более жестким, чем в левой, до 65 мин. С 65 мин до окончания эксперимента наблюдалась обратная ситуация. Особенно ярко различие в температурах выражено в интервале от 46 до 57 мин, когда средние значения температур в разных частях помещения находятся вне доверительного интервала среднеобъемной температуры фрагмента в целом. Разница в средних температурах на данном участке времени достигала  $250\text{--}300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

На рисунке 4 приведен график изменения средних температур на высотах 550, 1375, 2200 мм, в том числе для левой и правой стороны в отдельности.

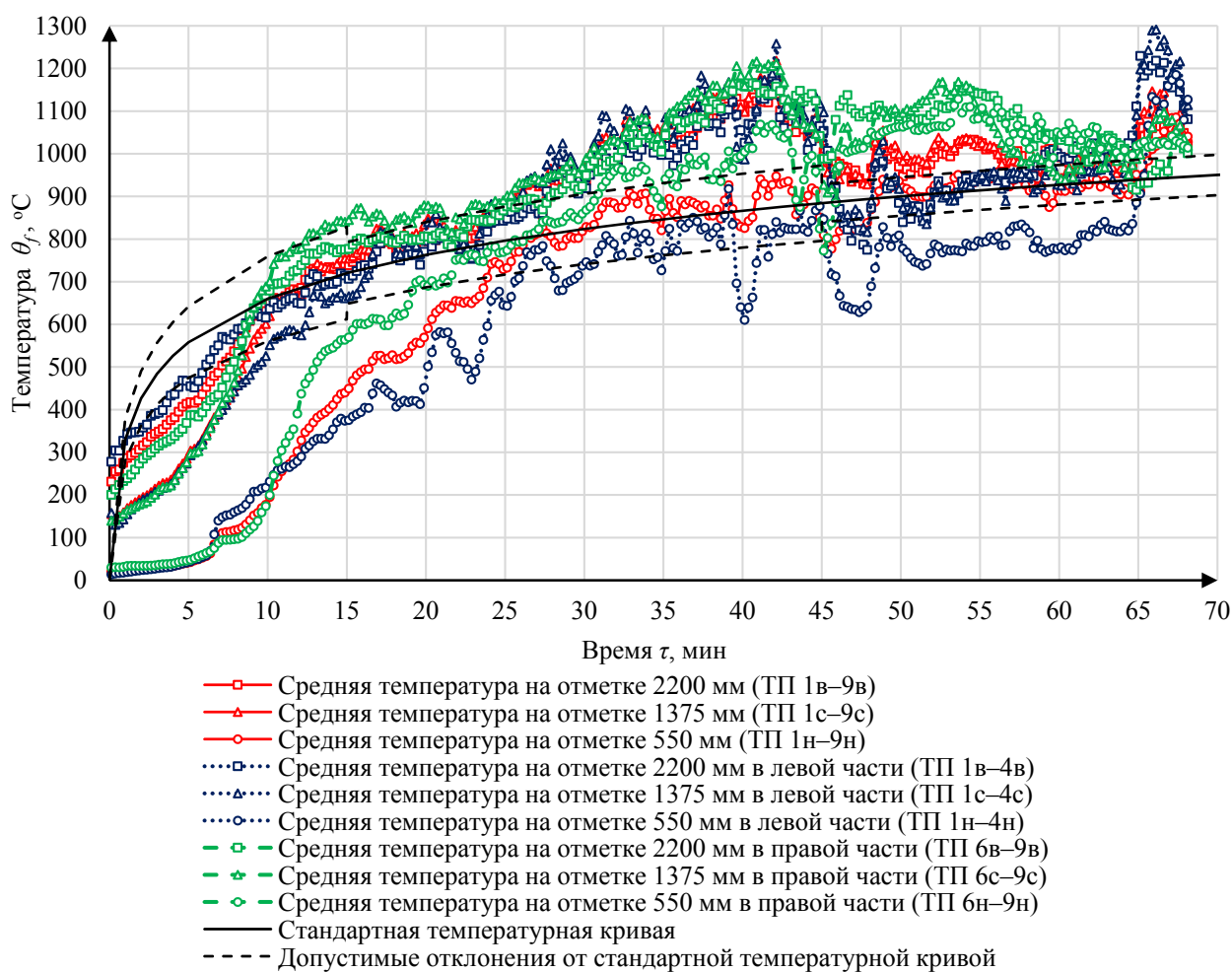


Рисунок 4. – Изменение средних температур на высотах 550, 1375 и 2200 мм

Для удобства описания характера изменения температуры газовой среды по высоте фрагмента на протяжении эксперимента результаты эксперимента представлены в коор-

динах «расстояние от уровня фундамента – температура» путем усреднения температур на соответствующих (схожих) интервалах времени (рис. 5).

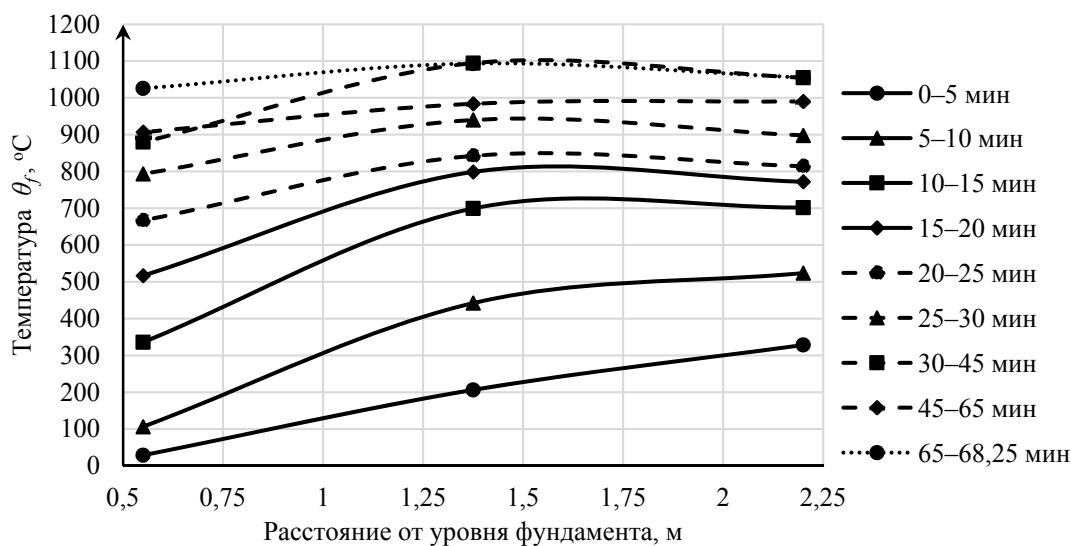


Рисунок 5. – Изменение среднеобъемной температуры по высоте фрагмента для различных интервалов времени

Из рисунка 5 видно, что температура по высоте помещения изменяется на протяжении всего эксперимента. При этом до 45 мин отчетливо видна значительная разница температур между нижней и средней плоскостями. Значения температур в средней и верхней исследуемых плоскостях фрагмента после 10 мин от начала эксперимента практически не отличаются. На интервалах 10–45 мин и 65–68,25 мин на отметках высот, соответствующих средней плоскости, наблюдаются плавные изломы линий, что говорит о незначительном (до 40 °C) превышении температур в средней плоскости над температурами в верхней плоскости. После 45 мин наблюдается более равномерное распределение температуры по высоте помещения, что выражается стремлением линий, соединяющих значения температур на различных высотах, к параллельности к оси абсцисс. Градиент температуры в интервале 45–68,25 мин по исследуемым высотам не превышал 100 °C/м.

Если проанализировать средние значения температур по высоте помещения в различных частях фрагмента (рис. 6), можно дополнительно выявить некоторые сходства и различия как в характере изменения температуры по высоте на протяжении эксперимента, так и в абсолютных величинах температуры.

До интервала времени 5–10 мин включительно характер изменения температуры по высоте и ее абсолютные значения эскизно равны. Характер непрерывного возрастания температуры по высоте в левой стороне фрагмента наблюдается до 15 мин, в правой – до 10 мин. С левой и правой сторон фрагмента, начиная с 15 и 10 мин соответственно, до интервала времени 40–45 мин включительно наблюдается излом кривых в средней плоскости, что говорит о том, что максимальные значения температур в интервалах 15–45 (для левой стороны) и 10–45 мин (для правой стороны) приходятся на среднюю плоскость помещения. При этом в интервале времени 10–20 мин абсолютные значения температур с правой стороны явно превосходят значения с левой для всего спектра высот. Для интервала времени 20–45 мин значения температур с правой и с левой сторон в средней и верхней исследуемых плоскостях отличаются менее, чем на 50 °C (с правой стороны значения, как правило, выше), однако значения температур нижней плоскости в правой стороне значительно выше, чем в левой (до 200 °C), как это характерно для интервала 10–20 мин.

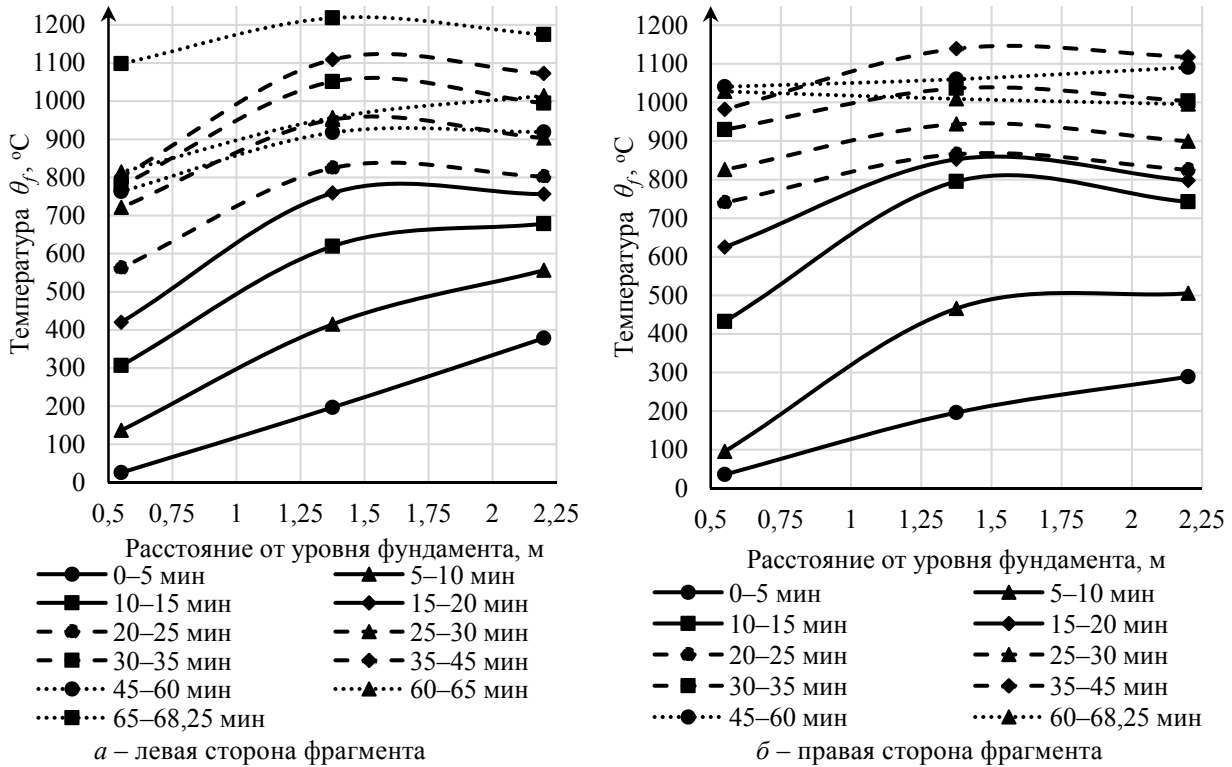


Рисунок 6. – Графики изменения температуры по высоте фрагмента в левой и правой его сторонах в зависимости от интервала времени пожара

Для левой стороны в интервале 45–65 мин характер изменения температуры по высоте схож с начальной стадией (интервал 0–15 мин), когда происходит постоянный рост температуры по мере увеличения расстояния от уровня земли, в интервале 65–68,25 мин характер схож с интервалом 15–45 мин. При этом на интервалах времени, имеющих сходство в изменении температуры по высоте, абсолютные значения температур значительно отличаются (чем выше интервал времени, тем выше значения температур). Следует отметить, что интервал 65–68,25 мин в левой стороне помещения характеризуется наибольшими значениями температур в процессе проведения испытаний. Данный интервал времени является единственным на протяжении эксперимента, когда средняя температура на всех высотах с левой стороны значительно выше, чем с правой (до 200 °C).

Для правой стороны характер изменения температуры по высоте помещения в интервале времени 45–60 мин схож с интервалом 0–10 мин. При этом градиент изменения температуры по высоте в интервале 45–60 мин имеет более низкие значения, чем в начальной стадии пожара, что говорит о повышении однородности температуры газовой среды по высоте по мере развития пожара. При временах более 60 мин линия, соединяющая средние значения температур на различных высотах, становится практически параллельной оси абсцисс (расстояние от уровня земли), что говорит о высокой однородности температуры газовой среды по высоте в данной стороне.

На основании проведенного анализа мы считаем, что имеет смысл разграничить температурные воздействия на строительные конструкции в разных сторонах фрагмента, в том числе по высоте. В центральной части фрагмента логично принять значения температур, полученные ТП 1–9.

Следует отметить, что из 68,25 мин огневых испытаний на протяжении 37 мин (около 54 %) среднеобъемная температура газовой среды в объеме фрагмента выходила из области допустимых отклонений от стандартного температурного режима, включая температуры в левой и правой сторонах в отдельности (рис. 3). Указанные обстоятельства дают основания полагать, что при проведении оценки огнестойкости испытанных строи-



тельных конструкций и разработке расчетных методик необходимо привести полученный температурный режим к стандартному пожару, чтобы в дальнейшем выполнять соответствующие сравнения.

С целью сравнения температурных режимов опытного пожара в различных частях фрагмента и на различных высотных отметках со стандартным представленные на рисунках 3 и 4 температурные кривые были приведены к стандартному режиму с использованием применяемого в исследованиях огнестойкости метода сопоставления площадей, заключенных между температурной кривой, ординатами температуры начала и окончания пожара и осью абсцисс [5] (рис. 7).

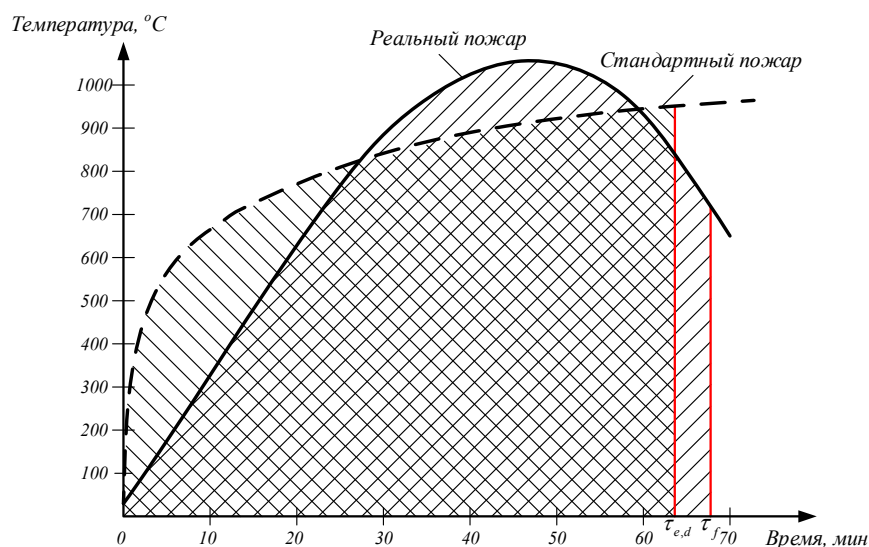


Рисунок 7. – Сопоставление стандартного и опытного температурного режимов

В ходе сопоставления определяли эквивалентную продолжительность пожара  $\tau_{e,d}$ , характеризующую стандартным пожаром, воздействие которого имеет такой же тепловой эффект, как опытного пожара длительностью  $\tau_f = 68,25$  мин. Для этого использовали следующее равенство:

$$\int_0^{\tau_f} \theta_f(\tau) d\tau = \int_0^{\tau_{e,d}} (\theta_{f0} + 345 \cdot \lg(8\tau + 1)) d\tau; \quad (2)$$

$$\int_0^{\tau_f} \theta_f(\tau) d\tau = \left[ \frac{345}{8 \cdot \ln 10} (8\tau + 1)(\ln(8\tau + 1) - 1) + \theta_{f0}\tau \right] \Big|_0^{\tau_{e,d}};$$

$$\int_0^{\tau_f} \theta_f(\tau) d\tau = \frac{345}{8 \cdot \ln 10} [(8\tau_{e,d} + 1)(\ln(8\tau_{e,d} + 1) - 1) + 1] + \theta_{f0}\tau_{e,d}.$$

Значение в левой части уравнения определялось путем нахождения фактической площади под опытной кривой. Затем с учетом полученного значения аналитическим методом находили  $\tau_{e,d}$ . Для представленных на рисунках 3 и 4 температурных режимов значения полученных  $\tau_{e,d}$  приведены таблице 1.

На основании полученных данных можно сказать, что в целом температурный режим практически соответствует стандартному пожару в части температурного воздействия на конструкции (различие составляет менее 1 мин), однако неоднородность газовой среды привела к тому, что температурный режим в средней и верхней плоскостях эквивалентен 73,4–73,5 мин стандартного огневого воздействия, что на 5,2 мин больше реальной продолжительности испытаний, а в нижней – 60,3 мин, что, наоборот, на 8 мин меньше.

Таблица 1. – Значения эквивалентной продолжительности стандартного пожара  $\tau_{e,d}$ 

Расположение	Эквивалентная опытным температурным режимам продолжительность стандартного пожара $\tau_{e,d}$ , мин			
	В целом	На отметке 550 мм	На отметке 1375 мм	На отметке 2200 мм
В объеме фрагмента (ТП 1–9)	69,1	60,3	73,5	73,4
Левая сторона (ТП 1–4)	66,5	54,8	71,8	72,9
Правая сторона (ТП 6–9)	72,4	66,1	75,7	75,3

Эквивалентная длительность пожара в левой стороне была менее фактической продолжительности на 2,3 мин. В то же время в правой стороне данный показатель ее превысил на 3,7 мин. Это говорит о том, что в целом с правой стороны температурный режим оказался жестче стандартного, а с левой соответственно мягче. Различие между разными сторонами фрагмента составило около 6 мин, однако различие в температурных режимах в средней и верхней плоскостях между левой и правой сторонами фрагмента менее заметно и составило 3,9 и 2,4 мин соответственно.

### Заключение

В результате проведенных натуральных огневых испытаний фрагмента здания получены экспериментальные данные распределения температуры газовой среды в его объеме, которые несколько отличаются от стандартного температурного режима пожара. Проведен анализ температур газовой среды в объеме испытанного фрагмента, по результатам которого определено, что газовая среда при пожаре достаточно неоднородна как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях. С ходом времени эксперимента однородность температуры газовой среды по высоте повышалась. Выявлено, что существенное влияние на характер распределения температур в объеме фрагмента здания оказывали перемещения воздушных масс окружающей среды.

Таким образом, существует необходимость разграничения температурного воздействия при назначении граничных условий для определения прогрева испытанных строительных конструкций.

Для дальнейшей разработки расчетных методик по оценке огнестойкости строительных конструкций полученные распределения температур в объеме фрагмента приведены к стандартному температурному режиму путем определения эквивалентной продолжительности пожара.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ройтман, В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001. – 382 с.
2. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.
3. Милованов, А.Ф. Пособие по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций (к СТО 36554501–006–2006) / А.Ф. Милованов. – М.: Стройиздат, 2008. – 131 с.
4. Теория возникновения и прекращения горения. Практические и самостоятельные работы / А.В. Врублевский [и др.]. – 2-е изд. – Минск: УГЗ, 2018. – 297 с.
5. Огнестойкость зданий / В.П. Бушев [и др.]; под общ. ред. В.А. Пчелинцева. – М.: Стройиздат, 1970. – 262 с.

**Исследования температуры газовой среды при проведении натуральных  
огневых испытаний строительных конструкций**

**Temperature studies of the gaseous medium during full-scale fire tests  
of building constructions**

***Нехань Денис Сергеевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет подготовки  
научных кадров, адъюнкт

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: denis\_nechany@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7838-4663

***Denis S. Nekhan'***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Faculty of Postgraduate Scientific Education,  
Adjunct

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus

e-mail: denis\_nechany@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7838-4663

***Кураченко Игорь Юрьевич***

Учреждение «Научно-исследовательский  
институт пожарной безопасности и проблем  
чрезвычайных ситуаций» Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики  
Беларусь, консультационный центр в области  
обеспечения пожарной безопасности, старший  
инженер

Адрес: ул. Солтыса, 183а,  
220046, г. Минск, Беларусь

e-mail: i.kurachenko@yandex.by

ORCID: 0000-0002-2898-1811

***Igor' Yu. Kurachenko***

Research Institute of Fire Safety and Emergencies  
of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Belarus,  
Fire Safety Advisory Center,  
Senior Engineer

Address: ul. Soltysa, 183a,  
220046, Minsk, Belarus

e-mail: i.kurachenko@yandex.by

ORCID: 0000-0002-2898-1811

***Олесьюк Николай Михайлович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», сектор международного  
сотрудничества, старший инспектор

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: nikolai-96@tut.by

ORCID: 0000-0001-5925-1371

***Nikolay M. Olesiyuk***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
International Cooperation Sector, Senior Inspector

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus

e-mail: nikolai-96@tut.by

ORCID: 0000-0001-5925-1371

***Креер Леонид Анатольевич***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра пожарной без-  
опасности, старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: kreerleonidanatolevich@tut.by

ORCID: 0000-0002-4509-7059

***Leonid A. Kreer***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Fire Safety, Senior Lecturer

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,  
220118, Minsk, Belarus

e-mail: kreerleonidanatolevich@tut.by

ORCID: 0000-0002-4509-7059

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-2.130>

## TEMPERATURE STUDIES OF THE GASEOUS MEDIUM DURING FULL-SCALE FIRE TESTS OF BUILDING CONSTRUCTIONS

**Nekhan' D.S., Kurachenko I.Yu., Olesiyuk N.M., Kreer L.A.**

*Purpose.* Comprehensively estimate the temperature of the gaseous medium inside the experimental fragment of the building when conducting full-scale fire tests.

*Methods.* Measuring the temperature inside the experimental fragment during a fire.

*Findings.* The temperature of the gaseous medium during full-scale fire tests of building constructions are measured. A difference in temperature was found in different parts of the fragment. The values of the equivalent duration of a standard fire for the tests are obtained.

*Application field of research.* The results of the study can be used in the appointment of boundary conditions (determination of thermal effect) to determine the heating of the tested building constructions. The conducted studies contribute to the accumulation of experimental data on the effect of fire load on the temperature-time curves in case of fire.

*Keywords:* fire resistance, building constructions, full-scale fire tests, standard fire, temperature curve of fire, burning, equivalent time of fire exposure.

(The date of submitting: March 12, 2020)

### REFERENCES

1. Roytman V.M. *Inzhenernye resheniya po otsenke ognestoykosti proektiruemykh i rekonstruiemykh zdaniy* [Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings]. Moscow: Association «Pozharnaya bezopasnost' i nauka», 2001. 382 p. (rus)
2. Jakovlev A.I. *Raschet ognestoykosti stroitel'nykh konstruktsiy* [Calculation of fire resistance of building structures]. Moscow: Stroyizdat, 1988. 143 p. (rus)
3. Milovanov A.F. *Posobie po raschetu ognestoykosti i ognesokhrannosti zhelezobetonnykh konstruktsiy* [Manual for the calculation of fire resistance and fire durability of reinforced concrete constructions]. Moscow: Stroyizdat, 2008. 131 p. (rus)
4. Vrublevskiy A.V., et al. *Teoriya vozniknoveniya i prekrashcheniya goreniya. Prakticheskie i samostoyatel'nye raboty* [The theory of the onset and termination of combustion. Practical and independent work]. Minsk: UCP, 2018. 297 p. (rus)
5. Bushev V.P., et al. *Ognestoykost' zdaniy* [Fire resistance of building]. Moscow: Stroyizdat, 1970. 262 p. (rus)