

УДК 614.841.334.2

doi: 10.37657/vniipo.avpb.2024.17.40.003

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ПРОХОДОК МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Владимир Ильич Голованов, Николай Сергеевич Новиков, Алексей Владимирович Булгаков, Оксана Владимировна Фомина, Максим Сергеевич Блинов

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованиям огнестойкости металлических трубопроводов (проходок) под давлением циркулирующей водой или водяным паром, эксплуатируемых на объектах энергетики. Необходимость проведения исследований обусловлена отсутствием метода испытаний на огнестойкость узлов пересечения строительных конструкций с нормируемыми пределами огнестойкости. В статье представлена разработанная методика проведения испытаний металлических проходок на огнестойкость и натурные испытания этих проходок (размеры 630 × 45 мм и 65 × 8 мм) в стене из газобетонных блоков толщиной 1200 и 800 мм.

Ключевые слова: металлические проходки, узлы пересечения, предел огнестойкости, тепловая изоляция трубопровода

Для цитирования: Исследование огнестойкости проходок металлических трубопроводов / В.И. Голованов, Н.С. Новиков, А.В. Булгаков, О.В. Фомина, М.С. Блинов // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2024. № 3 (21). С. 21–28. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.17.40.003>.

RESEARCH OF FIRE RESISTANCE OF PENETRATION RATES OF METAL PIPELINES

Vladimir I. Golovanov, Nikolay S. Novikov, Alexey V. Bulgakov, Oksana V. Fomina, Maxim S. Blinov

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

Abstract. This article is devoted to research on the fire resistance of metal pipelines (penetration rates) under pressure from circulating water or steam operated in energy installations. The need for research is due to the lack of a method for testing the fire resistance of intersections of building structures with standardized fire resistance limits. The article presents both the methodology elaborated for testing metal penetration rates for fire resistance and full-scale tests of these penetration rates (dimensions 630 × 45 mm and 65 × 8 mm) in a wall of aerated concrete blocks with a thicknesses of 1200 and 800 mm.

Keywords: metal penetration rates, crossing points, fire resistance limit, thermal insulation of the pipeline

For citation: Golovanov V.I., Novikov N.S., Bulgakov A.V., Fomina O.V., Blinov M.S. Research of fire resistance of penetration rates of metal pipelines. Aktual'nye voprosy pozharnoi bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2024, no. 3, pp. 21–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.17.40.003>.

Введение

В соответствии с ч. 1 ст. 6 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – ФЗ № 123-ФЗ) пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной в полном объеме обязательных требований пожарной безопасности в том числе на основании проведенных исследований, расчетов и (или) испытаний, подтверждающих обеспечение пожарной безопасности объекта защиты.

Согласно ч. 9 ст. 87 ФЗ № 123-ФЗ пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний по методикам, установленным нормативными документами по пожарной безопасности, либо расчетно-аналитическими методами, которые также должны быть изложены в нормативных документах по пожарной безопасности. К нормативным документам по пожарной безопасности относятся (ч. 3 ст. 4 ФЗ № 123-ФЗ):

- национальные стандарты, своды правил, а также иные содержащие требования пожарной безопасности документы, которые включены в перечень документов по стандартизации и в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ № 123-ФЗ;

- стандарты организаций, содержащие требования пожарной безопасности, а также специальные технические условия, отражающие специфику обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений и содержащие комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Одним из требований к узлам пересечений трубопроводами, кабелями и другим технологическим оборудованием (далее – проходки), которые пересекают строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости, является следующее: проходки должны иметь предел огнестойкости не ниже предела огнестойкости пересекаемой строительной конструкции, что отражено в п. 5.2.4 СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты». Это особенно актуально для промышленных объектов различного рода [1–4], где на объекте защиты имеется обширная сеть технологического оборудования, которое пересекает строительные конструкции с нормируемыми пределами огнестойкости.

Имеющиеся расчетно-аналитические методики по оценке фактических пределов огнестойкости [5–9] не дают возможности производить расчеты пределов огнестойкости проходок, так как они недостаточно разработаны и требуют проведения большого количества натуральных испытаний с целью апробации этих методик.

В перечень документов по стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ № 123-ФЗ, включены нормативные документы, которые предъявляют общие требования к проведению натуральных испытаний на огнестойкость несущих и ограждающих конструкций и не отражают специфику испытаний проходок на огнестойкость [10–16]. Поэтому необходимо разработать методику, которая будет учитывать особенности проведения испытаний проходок на огнестойкость, а также включить эту методику в перечень для ее легитимности.

Материалы и методика проведения эксперимента

Для исследования огнестойкости проходок разработана методика по определению фактических пределов огнестойкости проходок, которая основана на положениях зарубежного нормативного документа EN 1366-3-2009 «Испытания на огнестойкость технического оборудования в зданиях. Часть 3. Проходки».

По вышеуказанной методике во ВНИИПО была проведена серия натуральных испытаний, на основании которых разработан проект межгосударственного стандарта в области пожарной безопасности.

Испытания на огнестойкость проводились с узлами пересечения фрагмента стены толщиной 1200 и 800 мм из газобетонных блоков с пустотелыми (без заполнения) трубопроводами размерами 630 × 45 мм и 65 × 8 мм. При этом основное допущение, принятое при разработке методики испытаний проходок с трубопроводами под давлением, заключается в том, что негорючая жидкость (вода) либо водяной пар, которые создают давление в трубопроводе, при огневом испытании поглощают часть получаемого стальной оболочкой тепла. За счет этого при проведении эксперимента должен снижаться темп нагрева стали по сравнению с нагревом пустотелых трубопроводов, и в результате получают показатели огнестойкости с некоторым запасом.

Проходки испытывались по стандартному температурному режиму пожара, который создавался в испытательной камере, до наступления одного или последовательно нескольких предельных состояний. Температурный режим воздействовал с одной стороны проходки. Стандартный температурный режим пожара описывается следующей формулой:

$$T - T_0 = 345 \lg(8\tau + 1), \quad (1)$$

где T – среднеобъемная температура, соответствующая времени τ , °С; T_0 – температура до начала теплового воздействия (принимается равной температуре окружающей среды), °С; τ – время, исчисляемое от начала огневого воздействия, мин.

За предельное состояние испытываемых конструкций по огнестойкости принималось время достижения одного из нормируемых состояний: потеря теплоизолирующей способности I либо потеря целостности E .

Потеря теплоизолирующей способности I . За критерий принималось повышение температуры необогреваемой поверхности материала заделки и поверхности тепловой изоляции трубопровода в среднем более чем на 140 °С, либо достижение металлическими поверхностями с необогреваемой стороны температуры на 180 °С выше в сравнении с температурой конструкции до испытания, или достижение температуры 220 °С.

Потеря целостности E проходки. За критерий принималось образование в конструкции материала заделки или на трубопроводе сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя.

С обогреваемой стороны трубопровод запечатывался посредством сварки заглушкой из квадратной стальной пластины толщиной 3 мм и размером больше внешнего диаметра трубопровода. С необогреваемой стороны трубопровод запечатывался заглушкой из негорючей минеральной ваты толщиной 50 мм и диаметром, равным диаметру трубопровода.

На трубопровод со стороны огневого воздействия и с необогреваемой стороны была установлена теплоизоляция из матов базальтовых прошивных энер-

гетических «МБПЭ 4-50» (плотностью 25–65 кг/м³) группы горючести НГ в обкладке из ткани «КТ-11» толщиной 60 мм с монтажным уплотнением до толщины 50 мм и обвязкой нержавеющей проволокой диаметром 1,2 мм с шагом 250 мм.

Технологическая трубопроводная проходка с размерами 630 × 45 мм представляет собой сборную металлическую конструкцию, выполненную из закладной детали, внутрь которой устанавливается проходка, а между фланцевым соединением и проходкой монтировался базальтовый шнур.

Технологическая трубопроводная проходка с размерами 65 × 8 мм представляет собой сборную металлическую конструкцию, выполненную из закладной детали, внутрь которой устанавливается проходка. К закладной детали приваривается фланец. Между фланцевым соединением и проходкой смонтирован базальтовый шнур.

При монтаже опытных образцов в одну опорную конструкцию встраивались два образца проходок (630 × 45 и 65 × 8 мм), при этом расстояние между двумя смежными трубопроводами в свету составляло не менее 150 мм при толщине фрагмента стены 1200 и 800 мм. Внешний вид узла пересечения фрагмента стены с проходящими через них стальными трубопроводами представлен на рис. 1.



Рис. 1. Монтаж проходок с размерами 630×45 и 65×8 мм в огневой камере

Опытные образцы проходок, установленные в стене из газобетонных блоков со стороны воздействия стандартного температурного режима, представлены на рис. 2.



Рис. 2. Опытные образцы проходов в стене из газобетонных блоков с обогреваемой стороны: а – толщина стены 1200 мм; б – толщина стены 800 мм

Огневые испытания были проведены на комплексной установке для испытаний на огнестойкость панелей, настилов, плит перекрытий, покрытий, подвесных потолков, несущих стен, колонн, балок и ферм по различным температурным режимам. Средние температуры в огневой камере не превышали допустимых отклонений по ГОСТ 30247.0–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».

Температурные кривые прогрева опытных образцов проходов представлены на рис. 3 и 4.

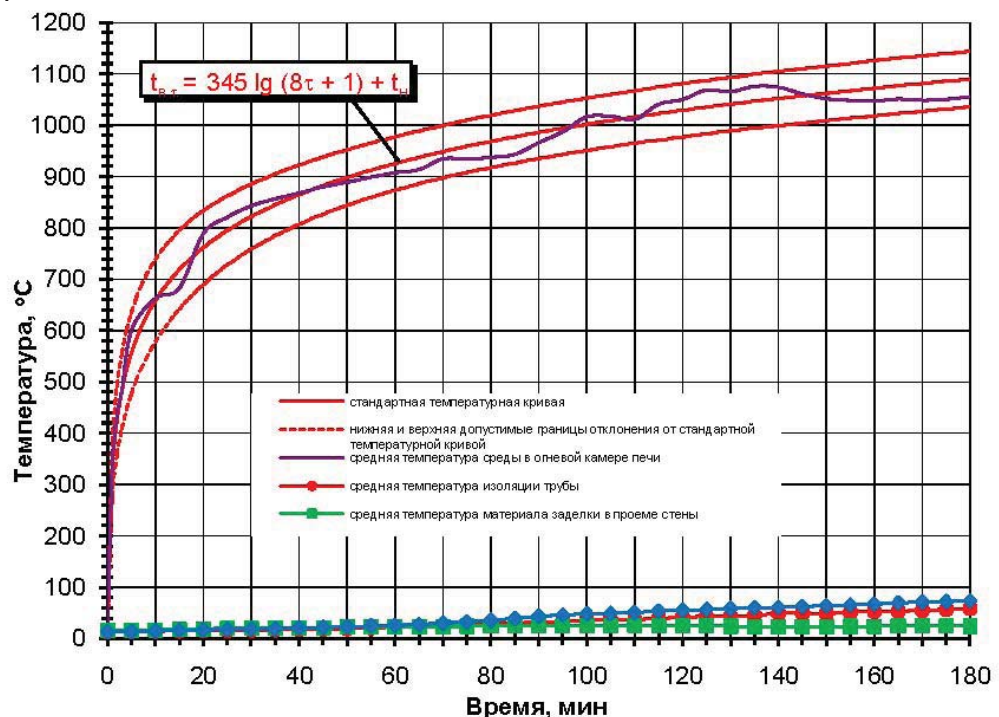


Рис. 3. Результаты огневых испытаний проходов размером 630 × 45 мм и 65 × 8 мм в стене толщиной 1200 мм

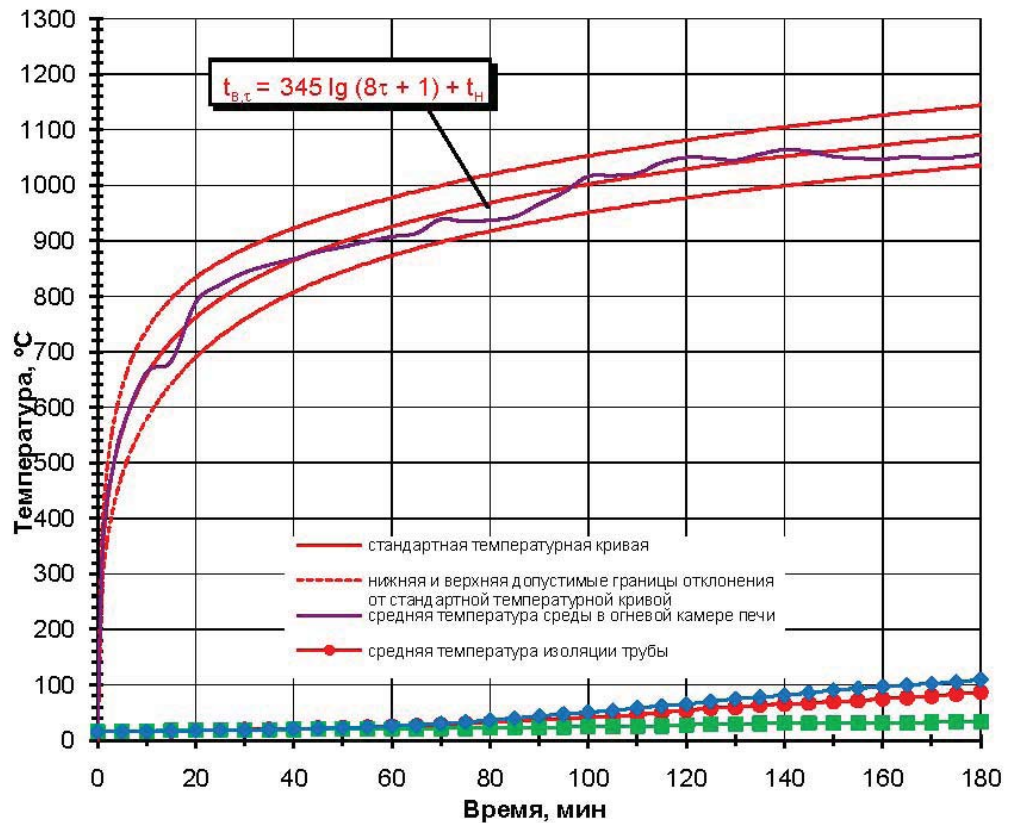


Рис. 4. Результаты огневых испытаний проходок размером 630 × 45 мм и 65 × 8 мм в стене толщиной 800 мм

На момент окончания эксперимента в стене толщиной 1200 мм средняя температура на необогреваемой поверхности образца составила: на материале заделки в проеме стены 30 °С, на изоляции трубы 65 °С, на фланце проходки 83 °С.

На момент окончания эксперимента в стене толщиной 800 мм средняя температура на необогреваемой поверхности образца составила: на материале заделки в проеме стены 42 °С, на изоляции трубы 85 °С, на фланце проходки 115 °С.

По результатам испытаний проходок в стене толщиной 1200 мм и 800 мм в течение 180 мин стандартного температурного режима предельное состояние по потере теплоизолирующей способности (I) и потери целостности (E) для опытных образцов проходок на момент окончания экспериментов зафиксировано не было.

Предел огнестойкости опытных образцов проходок с размерами 630 × 45 мм и 65 × 8 мм в стене из газобетонных блоков толщиной 1200 и 800 мм составляет 180 мин, что соответствует классификации EI 180 по ГОСТ 30247.0–94.

Заключение

Результаты проведенных исследований дают возможность внедрять новые виды проходок трубопроводов, предназначенных для эксплуатации под давлением циркулирующей воды или водяного пара, что повысит безопасность и устойчивость зданий и сооружений при пожаре.

Методика испытания на огнестойкость проходок, апробированная при проведении экспериментов для оценки огнестойкости проходок металлического трубопровода, используемого на объектах энергетики, может распространяться на аналогичные виды узлов пересечения строительных конструкций трубопровода-

ми под давлением. В дальнейшем планируется основные положения методики применить в области технического регулирования и гармонизации нормативных документов, а именно при разработке межгосударственного стандарта в области пожарной безопасности.

Список литературы

1. О проблеме совершенствования строительных изделий, обеспечивающих пожарную безопасность малоэтажных зданий / С.В. Федосов, В.И. Голованов, А.А. Лазарев, М.В. Торопова, В.Г. Маличенко // Строительные материалы. 2021. № 3. С. 57–63. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-789-3-57-63>.
2. Fedosov S., Vatin N., Lazarev A., Malichenko V., Toropova M. The fire-resistant construction for building safety. Proceedings of EECE 2019. EECE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, 2020, vol. 70. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3_28.
3. Дешевых Ю.И. Гармонизация российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности // Стандарты и качество. 2013. № 10. С. 42–43.
4. Ройтман В.М., Голованов В.И. Необходимость технического регулирования огнестойкости зданий с учетом возможности комбинированных особых воздействий с участием пожара // Пожарная безопасность. 2014. № 1. С. 86–93.
5. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. Москва: Стройиздат, 1988. 144 с.
6. Бартелими Б., Крюппа Ж. Огнестойкость строительных конструкций / пер. с фр. Москва: Стройиздат, 1985. 216 с.
7. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций / В.С. Федоров, В.Е. Левитский, И.С. Молчадский, А.В. Александров. Москва: АСВ, 2009. 408 с.
8. Kordina K., Meyer-Ottens C. Beton brandschutz. Handbuch. 2 Auflage. Düsseldorf: Verlag Bau + Technik, 1999. 284 p. (in Germany).
9. Руководство для проектировщиков к EN 1991-1-2, 1992-1-2, 1993-1-2 и 1994-1-2: справочник по проектированию противопожарной защиты стальных, сталежелезобетонных и бетонных конструкций зданий и сооружений в соответствии с Еврокодами / Т. Леннон, Д.Б. Мур, Ю.К. Ванг, К.Г. Бейли. Москва: МГСУ, 2013. 195 с.
10. Хасанов И.Р., Варламкин А.А. Влияние конструкции кабельных проходок на их огнестойкость // Пожарная безопасность. 2019. № 3 (96). С. 57–63.
11. Хасанов И.Р., Варламкин А.А. Пределы огнестойкости кабельных проходок при совместном воздействии пожара и токовой нагрузки // Пожарная безопасность. 2019. № 4 (97). С. 62–70.
12. Голованов В.И., Пехотиков А.В., Павлов В.В. Огнезащита стальных и железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 9. С. 50–56.
13. Голованов В.И., Крючков Г.И. Оценка огнестойкости стальных конструкций при нормируемых температурных режимах пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2021. № 3. С. 52–60.
14. Голованов В.И., Пронин Д.Г. Влияние развития нормативной базы в области огнестойкости на применение стали в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 10. С. 14–29.

15. *Dehn F., Werther N., Knitl J.* Großbrandversuche für den City-Tunnel Leipzig // Beton- und Stahlbetonbau, 2006, no. 101, Heft 8, S. 631–635. DOI: 10.1002/best200608186.

16. *Moore D.B., Lennon T.* Fire engineering design of steel structures // Progress in Structural Engineering and Materials, 1997, vol. 1. Issue. 1, pp. 4–9. DOI: 10.1002/pse2260010104.

**Статья поступила в редакцию 17.07.2024;
одобрена после рецензирования 12.08.2024;
принята к публикации 30.08.2024.**

Голованов Владимир Ильич – доктор технических наук, главный научный сотрудник. E-mail: pavelgoll@yandex.ru; **Новиков Николай Сергеевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. E-mail: agps.nick182@gmail.ru; **Булгаков Алексей Владимирович** – старший научный сотрудник. E-mail: abulgakow@mail.ru; **Фомина Оксана Владимировна** – старший научный сотрудник. E-mail: fomina9651131974@mail.ru; **Блинов Максим Сергеевич** – младший научный сотрудник. E-mail: masanya80@mail.ru.

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Vladimir I. Golovanov – Doctor of Technical Sciences, Main Researcher. E-mail: pavelgol1@yandex.ru; **Nikolay S. Novikov** – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher. E-mail: agps.nick182@gmail.com; **Alexey V. Bulgakov** – Senior Researcher. E-mail: abulgakow@mail.ru; **Oksana V. Fomina** – Senior Researcher. E-mail: fomina9651131974@mail.ru; **Maxim S. Blinov** – Junior Researcher. E-mail: masanya80@mail.ru.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.