

Л. М. МЕШМАН, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: fire404@mail.ru)

Е. Ю. РОМАНОВА, старший научный сотрудник, ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: fire404@mail.ru)

УДК 614.8

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ И ФИТИНГОВ И ГИБКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ НА ПОЖАРОСТОЙКОСТЬ

Показаны различия в методах огневых испытаний веществ, материалов и изделий на воспламеняемость, распространение пламени, горючесть, огнестойкость и пожароопасность. Отмечается, что стендовое оборудование, методы и режимы испытаний, изложенные в отечественных и зарубежных стандартах и патентах на изобретение, не отвечают в полной мере поставленным целям. Предложен стенд для определения пожаростойкости неметаллических труб и фитингов и гибких металлических труб. Обоснованы номенклатура и значения комплекса параметров, характеризующих пожаростойкость. Показано, что пожаростойкость, являясь в целом интегральной характеристикой, позволяет осуществить обоснованный выбор конкретных труб и фитингов для реальных пожароопасных объектов. В качестве комплекса параметров, характеризующих пожаростойкость, предложены продолжительность испытаний до разгерметизации трубы, температура испытаний, гидравлическое или пневматическое давление, расход через трубу, осуществляемый автоматически через фиксированное время после начала испытаний.

Ключевые слова: воспламеняемость; герметичность; гидравлическое и пневматическое давление; горючесть; испытание; огнестойкость; пожаростойкость; продолжительность испытаний; разгерметизация; распространение пламени; режим испытаний; расход; давление; температура.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.5-29

1. Актуальность применения неметаллических труб и гибких металлических труб. Виды и особенности различных методов огневых испытаний

В мировую практику водоснабжения, отопления и канализации, а также пожаротушения еще в прошлом столетии начали широко внедряться пластмассовые трубы, что регламентировалось рядом нормативных документов.

Пластмассовые трубы и фитинги к ним сертифицированы для применения их в спринклерных водозаполненных установках пожаротушения во многих странах мира.

Пластмассовые трубы и фитинги в автоматических установках пожаротушения (АУП) имеют неоспоримые преимущества перед стальными трубопроводными системами:

- повышенную пропускную способность вследствие малой шероховатости поверхности стенок;
- высокую абразивную устойчивость;
- коррозионную и химическую устойчивость, что допускает их использование во внешней агрессивной среде, исключает появление внутри и снаружи ржавчины и, как следствие, предотвращает сужение эффективного диаметра трубопроводов;

- уменьшение образования конденсата на наружной поверхности трубопроводов;
- существенное сокращение сроков монтажа, минимизацию затрат на монтаж и дальнейшее техническое обслуживание инженерных систем;
- идеальное соответствие жестким требованиям, предъявляемым к АУП, использующим тонкораспыленную воду;
- минимальные затраты на техническое обслуживание и ремонт (затраты на эксплуатацию составляют 10–15 % от затрат на стальные трубопроводные системы);
- многократное снижение нагрузки на конструкции перекрытий из-за низкой удельной плотности пластмассовых труб по сравнению со стальными;
- долговечность и надежность систем;
- практически неограниченный срок службы труб.

Именно вследствие совокупности изложенных факторов применение неметаллических труб в водных и пенных АУП идет нарастающими темпами [1–7].

Однако, несмотря на явные технологические и эксплуатационные преимущества, пластмассовые трубы долгое время не находили применения в оте-

чественных водяных и пенных АУП. Первым нормативным документом, регламентирующим использование этих труб в АУП, стали НПБ 88–2001 [8], в которых указывалось, что “применение пластиковых труб допускается только в водозаполненных спринклерных установках при проведении соответствующих испытаний специализированной организацией. При этом проектирование таких установок должно осуществляться по техническим условиям, разрабатываемым для каждого конкретного объекта”. Данное положение было практически сохранено в неизменном виде и в п. 5.7.3 СП 5.13130.2009 [9]: “Применение пластмассовых, металлопластиковых и других видов трубопроводов и их соединений, а также прокладок и уплотняющих герметизирующих материалов для них допускается в том случае, если они прошли соответствующие испытания. Проектирование таких видов трубопроводов и их соединений должно осуществляться по техническим условиям, разработанным для каждого конкретного объекта или группы однородных объектов. Разработку методики огневых испытаний и технических условий должна осуществлять организация, имеющая соответствующие полномочия”. Под “огневыми испытаниями” подразумеваются испытания на пожаростойкость. Согласно разрабатываемому в настоящее время проекту ГОСТ Р “Пожарная автоматика. Термины и определения” пожаростойкость труб (fire durability) — это способность труб, не заполненных или заполненных огнетушащим веществом (с расходом или без него), противостоять в течение контрольного времени определенной температуре пожара без потери герметичности.

Стандарты, регламентирующие технические требования и методы испытаний пластмассовых труб, предназначенных для использования в АУП, отсутствуют. Нет этих положений и в Федеральном законе № 123-ФЗ [10], вследствие чего сертификационные испытания на данный вид продукции носят добровольный характер.

В связи с этим по сложившейся практике в соответствии с требованиями НПБ 88–2001* [8] и пришедшему им на смену СП 5.13130.2009 [9] принималась (и принимается до сих пор) добровольная сертификация этой продукции на прочность и пожаростойкость. Без подобного сертификата пластиковые трубы к применению не допускались и не допускаются. Следует отметить, что, хотя пластиковые трубы и разрешалось использовать в спринклерных водозаполненных АУП с 2001 г., повсеместное применение в АУП сдерживалось их низкой пожаростойкостью. Первая сертифицированная на пожаростойкость труба “Акватерм Firestop” появилась лишь в 2005 г. До этого времени многочисленные, представляемые на испытания пластиковые трубы не со-

ответствовали разработанной во ВНИИПО и согласованной УГПН МЧС России концепции испытаний пластиковых труб на пожаростойкость [11].

Испытания на пожаростойкость, так же как и на воспламеняемость, распространение пламени, горючесть, огнестойкость и пожароопасность, являются одним из видов огневых испытаний по оценке стойкости объектов и материалов к пламени и температуре в зависимости от вида и назначения объекта исследования. Однако между этими испытаниями и их оценкой имеются существенные отличия.

Результаты испытаний на пожаростойкость оценивают по способности труб сохранять герметичность в течение определенного периода внешнего воздействия на них интенсивных тепловых потоков и внутреннего воздействия гидравлического или пневматического давления, а результаты испытаний на воспламеняемость, горючесть и огнестойкость — по способности объектов (изделий), кабельной продукции и различного рода материалов противостоять воспламенению, загоранию или не поддерживать горение.

В соответствии с действующими нормативными документами:

- *воспламеняемость* (flammability, ignitability) — способность веществ и материалов к воспламенению (воспламенение — начало пламенного горения под действием источника зажигания, характеризующегося устойчивым пламенным горением) [12, 13];
- *распространение пламени* (spread flame) — распространение пламенного горения по поверхности образца, вещества или материала в результате воздействия, предусмотренного соответствующим стандартом [14];
- *горючесть* (combustibility) — способность веществ и материалов к развитию процесса горения [15, 16];
- *огнестойкость* (fire endurance) — способность конструкции сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара [16, 17];
- *пожароопасность* (fire hazard) — возможное появление пламени от тока короткого замыкания в поврежденном контуре или в неисправном соединении, которое может воздействовать на находящиеся вблизи горючие части электрооборудования [18].

Испытаниям на воспламеняемость, горючесть, распространение пламени, огнестойкость и пожароопасность подвергают объекты (изделия), кабельную продукцию и различного рода материалы. Характерной особенностью этих испытаний является воздействие на экспонируемую поверхность испытываемого объекта накаливаемого стержня, открытого пламени пропан-бутановой горелки Бунзена или

Тиррилла либо высокотемпературного поля, создаваемого в специальной тепловой камере сгорания (нагревательной печи) [12–15, 18–27]. Испытания на горючесть и негорючесть по методам, изложенным в [15, 28], проводят в специальной трубчатой печи, выполненной из керамики, в течение 30–60 мин при рабочей температуре 750–835 °С и электропитании от сети переменного тока. При испытании на горючесть и воспламеняемость по ГОСТ Р 50695–94 [13] и ГОСТ Р 30244–94 [15] реализуется температурный режим 300–955 °С, тестирование длится от 10 мин до 1 ч.

К частным или совокупным недостаткам таких испытательных стендов применительно к испытаниям на пожаростойкость неметаллических труб или гибких металлических труб относятся:

- отсутствие возможности проверки влияния степени прогрева испытываемого изделия на его герметичность или прочностные характеристики;
- невозможность непосредственного наблюдения за состоянием трубы в процессе испытаний;
- кратковременность воздействия на испытываемый образец тепловых потоков;
- чрезвычайно ограниченная зона, подвергаемая воздействию пламени;
- отсутствие гидравлического и пневматического источников давления, необходимых для проверки неметаллических труб или гибких металлических труб на пожаростойкость;
- невозможность определения собственно пожаростойкости.

Недостатками данного способа являются отсутствие возможности проверки влияния степени прогрева испытываемого изделия (даже если это труба) на его герметичность или прочностные характеристики, а также отсутствие параметров вытяжной вентиляции, которые существенным образом могут влиять на характер горения и распространение пламени.

Основные критерии оценки результатов огневых испытаний согласно [12–15, 18] приведены в табл. 1.

Оценка пожаростойкости неметаллических труб по методам, приведенным в табл. 1, не представляется возможной по следующим причинам:

- предусматриваются испытания не изделий, а образцов определенного материала;
- отсутствует воздействие на материал внешних сил, свойственных эксплуатационным условиям (например, избыточное гидравлическое или пневматическое давление);
- неясно, как могут сказаться контролируемые повреждения на герметичность трубы, находящейся под избыточным гидравлическим или пневматическим давлением.

Методики проверки огнестойкости металлических трубопроводных сборок с муфтовыми соединениями при воздействии на них пламени жидкого модельного очага пожара (МОП) приведены в ГОСТ Р 53272–2009 [29] и ISO 6182–12 [30].

Стенд, разработанный во ВНИИПО для испытаний муфтовых соединений металлических труб, представлен на рис. 1 [29]. В качестве МОП используется противень диаметром (150±30) мм, заполненный 0,5–2,0 л гептана. Испытательное давление в трубах — (1,00±0,05) МПа. В зависимости от диаметра испытываемой трубопроводной сборки она нагружается мерным грузом массой от 9 до 85 кг.

Под муфтой помещается МОП. Расстояние от зеркала горючего до нижней части трубы устанавливается с таким расчетом, чтобы температура в контролируемой зоне в первые 2–3 мин составляла (300±50) °С, а в последующее время — (500±50) °С. Общая продолжительность испытания с момента поджигания МОП независимо от диаметра трубы — менее 8 мин. Результаты огневых испытаний считают удовлетворительными, если испытываемые изделия не имеют признаков разрушения, разрывов и протечки воды.

Примерно такие же испытания предусмотрены для проверки герметичности стальной трубопроводной сборки по ISO 6182–12 [30]. Размеры МОП: 200×400×60 мм, объем метанола 0,5 л для труб DN < 100 и 1,0 л — для труб DN ≥ 100. Продолжительность горения составляет 5 мин для труб DN < 100 и 8 мин — для труб DN ≥ 100. После охлаждения испытываемого образца до комнатной температуры трубопроводная сборка должна быть испытана в течение 2 мин на герметичность под гидравлическим давлением 0,2 МПа.

Недостатками этих способов применительно к проверке пожаростойкости являются: неоднородность распределения температуры вокруг и по длине трубы, низкое испытательное давление, отсутствие автоматизации проведения всех циклов испытания и регистрации протечки.

Огневые испытания изделий согласно ГОСТ Р 53299–2013 [20] и ГОСТ Р 53304–2009 [21] предусматривают оценку огнестойкости именно изделий, в частности воздуховодов и стволов мусоропроводов (табл. 2).

В соответствии с ГОСТ Р 53299–2009 [20] и ГОСТ 30247.0–94 [31] режимы испытания выбирают исходя из некоторых обобщенных режимов реальных пожаров, воздействующих на эту продукцию на различных стадиях пожара. Например, длительность испытания на огнестойкость строительных конструкций по ГОСТ 30247.0–94 [31] может варьироваться от 15 мин до 6 ч, температурный режим — от 718 до 1193 °С, что связано с необходимостью

Таблица 1. Критерии оценки результатов огневых испытаний согласно [12–15, 18]

Вид огневого испытания	Габаритные размеры* образцов, мм	Критерии оценки
Воспламеня- емость по ГОСТ 30402–96 [12]	$L \times B$ 165 × 165, $h \leq 70$	Параметры воспламеняемости: ППТП**, время воспламенения при ППТП для каждого из образцов. Вывод о группе воспламеняемости материала с указанием величины КППТП**. Дополнительные наблюдения при испытании образца: время и место воспламенения; процесс разрушения образца под действием теплового излучения и пламени; плавление, вспучивание, расслоение, растрескивание, набухание либо усадка
Воспламеня- емость по ГОСТ Р 50695–94 [13]	$L \times B \times \delta$ 125 × 10 × 4	Класс ВН (СГ) — горизонтальное положение образца: 1 — отсутствие видимого пламени; 2 — пламя гаснет, не достигнув отметки 100 мм; 3 — пламя достигает отметки 100 мм
	$L \times B \times \delta$ 125 × 13 × 3	Класс ФН (ПГ) — горизонтальное положение образца: 1 — отсутствие видимого пламени; 2 — пламя гаснет, не достигнув отметки 100 мм; 3 — пламя достигает отметки 100 мм. Класс FV (ПВ) — вертикальное положение образца: — время горения; — время тления; — появление расплавленных капель или горящих частиц, вызывающих воспламенение ваты, находящейся на 300 мм ниже испытываемого образца
	$L \times B \times \delta$ 125 × 13 × 3; 150 × 150 × 3	Класс LFH (ПБГ) — горизонтальное положение образца: — продолжительность горения и тления; — появление падающих частиц; — прогорание испытываемого образца (насквозь или нет)
	$L \times B \times \delta$ 125 × 13 × 3	Класс LFV (ПБВ) — вертикальное положение образца: — продолжительность горения и тления; — появление частиц, вызывающих воспламенение хлопкового адсорбента
Распространение пламени по ГОСТ Р 51032–97 [14]	$L \times B \times \delta$ 1100 × 250 × 50	Длина поврежденной части образца по его продольной оси. Примечания: 1. Повреждением считается выгорание и обугливание материала образца в результате распространения пламенного горения по его поверхности. 2. Оплавление, коробление, спекание, вспучивание, усадка, изменение цвета, формы, нарушение целостности образца (разрывы, сколы поверхности и т. п.) повреждением не считаются
Горючесть по ГОСТ Р 30244–94 [15]	$\varnothing 45$ $h = 50$	Условие достижения температурного баланса по показаниям трех термодпар, после чего не менее чем через 30 мин испытание прекращают и фиксируют его продолжительность
	$L \times B$ 1100 × 190, $h \leq 70$	Длина отрезков неповрежденной части образцов и их остаточная масса, определяемые по окончании испытания. Примечания: 1. Неповрежденной считают ту часть образца, которая не сгорела и не обуглилась. 2. Осаждение сажи, изменение цвета образца, местные сколы, спекание, оплавление, вспучивание, усадка, коробление, изменение шероховатости поверхности не считаются повреждениями
Пожароопас- ность по ГОСТ 27484–87 (МЭК 695-2-2–80) [18]		Продолжительность воздействия пламени горелки на образец, определяемая (если не оговорены другие условия) из ряда: 5, 10, 20, 30, 60, 120 с. Степень повреждения образца. Примечания: 1. Продолжительность горения — интервал времени с момента устранения источника зажигания (горелки) до исчезновения возникшего пламени или прекращения свечения образца. 2. Степень повреждения образца — расстояние между центром площади приложения пламени горелки и наиболее удаленным следом горения. 3. След горения — разрушенная в результате горения площадь образца, включая обугливание. При определении следа горения изменение цвета, образование сажи, а также изменение формы образца под действием тепла, оплавление или обгорание его поверхности не учитываются.

Вид огневого испытания	Габаритные размеры* образцов, мм	Критерии оценки
		Положительным фактором испытаний на пожароопасность является: — отсутствие воспламенения образца; — нераспространение загорания на окружающие части образца при попадании на них горящих или раскаленных частиц либо при воздействии пламени; — отсутствие свечения образца или открытого пламени после удаления источника зажигания либо горение, продолжающееся не более 30 с; — непревышение степени повреждения образца
* L — длина, мм; B — ширина, мм; h — высота, мм; δ — толщина, мм. ** ППТП — поверхностная плотность теплового потока (величина лучистого теплового потока, действующего на единицу площади поверхности образца). КППТП — критическая поверхностная плотность теплового потока (минимальное значение поверхностной плотности теплового потока, при котором возникает устойчивое пламенное горение).		

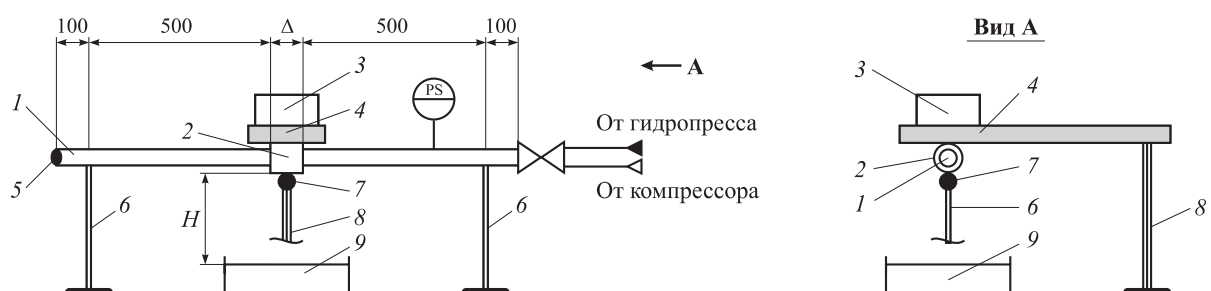


Рис. 1. Стенд для испытания углеродистых и нержавеющей труб: 1 — труба; 2 — муфта (пресс-фитинг); 3 — мерный груз; 4 — металлическая паллета; 5 — заглушка; 6 — опоры; 7 — термопара; 8 — стойка; 9 — МОП; Δ — длина муфты; H — высота от зеркала горячего до муфты

соответствия строительных конструкций, обеспечивающих безопасность зданий и сооружений при пожарах, предъявляемым к ним требованиям по огнестойкости.

Однако ни методы оценки огнестойкости воздуховодов и стволов мусоропроводов, ни режимы их испытаний, приведенные в табл. 2, ни стендовое оборудование, описанное в [20, 21, 31], практически не представляется возможным использовать для оценки пожаростойкости неметаллических труб вследствие:

- непригодности стендового оборудования по ГОСТ Р 53299–2013 [20] и ГОСТ Р 53304–2009 [21] для монтажа протяженных нагревательного устройства и неметаллических труб в сборе с фитингами;
- отсутствия источников гидравлического и пневматического давления;
- невозможности применения измерительного комплекса для контроля разгерметизации трубы.

Несмотря на неприемлемость описанных методов огневых испытаний для оценки пожаростойкости неметаллических труб и существенные различия в определениях терминов “пожаростойкость”, с одной стороны, и “воспламеняемость, распространение пламени, горючесть и огнестойкость” — с другой, некоторыми центрами по сертификации (например,

“Огнестойкость-ЦНИИСК”, ФГУП ГНИХТЭОС, “Композит-сертификат”) были выданы сертификаты на полимерные трубы, предназначенные для использования в трубопроводах внутреннего противопожарного водопровода и водопроводе всех видов водяных АУП — дренчерных и спринклерных (в том числе воздушных), в части, отвечающей требованиям соответствия и пожарной безопасности, установленным ранее в НПБ 244–97 [32]. В то же время согласно требованиям действовавших на то время НПБ 88–2001* (п. 4.27*) [8] и действующего в настоящее время СП 5.13130.2009 [9] применение пластиковых труб регламентируется исключительно для водозаполненных спринклерных АУП.

Чаще всего путаница происходит в понятиях “пожаростойкость” и “горючесть” или “огнестойкость”. Если материал трубы и был признан негорючим или даже огнестойким, это не значит, что труба не даст течи, находясь под воздействием давления и тепловых потоков пожара.

Испытания на пожаростойкость принципиально отличаются от испытаний на воспламеняемость, горючесть, распространение пламени, огнестойкость и пожароопасность, так как предусматривают проверку работоспособности труб в условиях, соответствующих рабочему режиму водяных АУП при экс-

Таблица 2. Оценка огнестойкости изделий [20, 21]

Вид огневого испытания	Сущность метода	Критерии оценки
Огнестойкость по ГОСТ Р 53299–2013 [20]	Определение времени, по истечении которого наступает одно из предельных состояний конструкции воздуховода при его наружном обогреве с одновременным нагружением избыточным давлением (разрежением) во внутренней полости. Температурный режим в печи — согласно требованиям ГОСТ Р 30247.0–94. Избыточное давление (разрежение) во внутренних полостях конструкций воздуховодов — (300 ± 6) Па. Примечание. С учетом специфики функционального назначения воздуховодов температурные режимы и избыточное давление (разрежение) в их внутренних полостях могут быть изменены в соответствии с технической документацией на изделие	Огнестойкость конструкции воздуховода определяется временем с момента начала нагревания испытываемой конструкции воздуховода до наступления одного из предельных состояний: — потери теплоизолирующей способности (I) при повышении температуры в среднем более чем на 140°C или локально более чем на 180°C на наружных поверхностях (но не более 220°C в любых точках); — потери плотности (E): • образование в узлах уплотнения зазоров в местах прохода воздуховодов через ограждения печи или в конструкциях воздуховодов с необогреваемой стороны визуально обнаруживаемых сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя; • превышение допустимых величин подсосов или утечек газа через неплотности конструкций воздуховодов
Огнестойкость по ГОСТ Р 53304–2009 [21]	Определение времени, по истечении которого наступает предельное состояние стволов мусоропроводов при их обогреве с одновременным созданием перепада давления между внутренней полостью ствола и коллектором испытательного стенда. Температура газовой среды во входном сечении испытываемой конструкции в процессе испытаний определяется соотношением $T - T_0 = 115 \lg(5\tau + 1),$ где T — температура газовой среды во входном сечении испытываемой конструкции; T_0 — начальная температура окружающей среды; τ — текущее время от начала нагрева. Разрежение в коллекторе испытательного стенда — (70 ± 5) Па	Огнестойкость стволов мусоропроводов определяется временем с момента начала нагревания испытываемой конструкции до наступления предельного состояния по потере плотности (E) (превышение предельно допустимых величин утечек газа через неплотности этих конструкций). Предельно допустимые утечки через неплотности конструкций стволов и загрузочных клапанов, приведенные к температуре 20°C, не должны превышать $170 \text{ м}^3/\text{ч}$. Фактический предел огнестойкости испытываемой конструкции определяется интервалом времени с момента начала нагревания до наступления потери плотности. По результатам испытания конструкции присваивается классификационное обозначение от “E 15” до “E 360” (которое соответствует установленному фактическому пределу огнестойкости конструкции или меньше его)
Огнестойкость по ГОСТ 30247.0–94 [31]	Определение времени с момента начала теплового воздействия на конструкцию до наступления одного или последовательно нескольких предельных состояний по огнестойкости с учетом функционального назначения конструкции: $T - T_0 = 345 \lg(8t + 1),$ где T, T_0 — соответственно текущая и начальная температуры в печи; t — текущее время с начала испытания, мин. Продолжительность испытаний — 360 мин. Цифровой показатель в обозначении предела огнестойкости соответствует одному из чисел следующего ряда: 15, 30, 45, 60, 90, 180, 240, 360. Примечание. При необходимости может быть организован другой температурный режим, учитывающий реальные условия пожара	Различают следующие основные виды предельных состояний строительных конструкций по огнестойкости: — потеря несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций (R); — потеря целостности (E) (образование в конструкциях сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя); — потеря теплоизолирующей способности (I) вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных для данной конструкции значений

плутации и близких к реальному пожару в начальный период его развития.

Эти испытания проводятся либо на специальном стендовом оборудовании, на котором испытываемая труба крепится или устанавливается на ложементы, либо в специальном помещении — камере ограниченного объема или в помещении, значительно большем по объему, в котором испытываемая труба крепится к потолку согласно требованиям по монтажу для соответствующих труб.

2. Отечественные методики испытаний на пожаростойкость

В отечественной практике для испытаний неметаллических и гибких металлических трубопроводов на пожаростойкость используются два вида помещений: ограниченное и практически неограниченное по объему [11]. Причем испытания проводятся как с расходом или без расхода воды из трубы, так и с подачей воды на очаг пожара через оросители (распылители).

Испытания по первому варианту проводят в камере, представляющей собой фрагмент помещения объемом 27 м^3 ($3 \times 3 \times 3 \text{ м}$). Схема стенда для испытаний без расхода воды показана на рис. 2. Две стены и потолок выполнены из фанеры толщиной 10 мм, две другие стены — из кирпича с толщиной кладки 30 см, пол — цементный.

Испытываемую трубу 2 (или 4) длиной до 3 м монтируют под потолком. Расстояние от оси трубопровода до потолка — 10–20 см. МОП располагают в центре камеры под испытываемой трубой или у кирпичной стены. Испытываемую трубу заполняют водой, не допуская воздушных пробок. Давление в заполненном водой испытываемом трубопроводе поддерживается равным 0,6–1,0 МПа.

На обособленной, не заполненной огнетушащим веществом и находящейся под атмосферным давлением металлической трубе 7, параллельной испытываемой трубе 2 (или 4), монтируются оросители 1, которые предназначены, наряду с регистрацией температуры, для контроля стабильности режима испытаний. Расстояние между трубами 2 и 7 — 15–20 см, между оросителями — 1 м, от розетки оросителей до потолка $h = (15 \div 25) \text{ см}$.

Температуру контролируют термопреобразователем 3, установленным на расстоянии не более 3 см от термочувствительной колбы оросителя 1. В качестве модельного очага пожара используют противень диаметром 550 мм. Горючее — пентан, гептан, ацетон или бензин А-80. Объем горючего — 5,5 л.

Одновременно с поджиганием горючей жидкости включают измеритель времени. Момент срабатывания спринклерных оросителей 1 устанавливают по характерному хлопку. Момент срабатывания спринклерных оросителей, вероятного разрыва трубы или разрушения фитингов определяют визуально и/или по резкому снижению давления, которое регистрируется датчиком давления или манометром.

Испытания продолжают не менее 5 мин. Критерием положительной оценки результатов испытаний является:

- продолжительность воздействия на трубу и фитинги температур 330–390 или 340–500 °С — не менее 5 мин (причем воздействие температуры более 350 °С должно быть не менее 3 мин);
- время срабатывания оросителей 1 — не более 50–60 с;
- отсутствие утечки воды через места соединений *труба – труба* или *труба – фитинг*;
- отсутствие падающих капель или частиц материала трубы или фитингов;

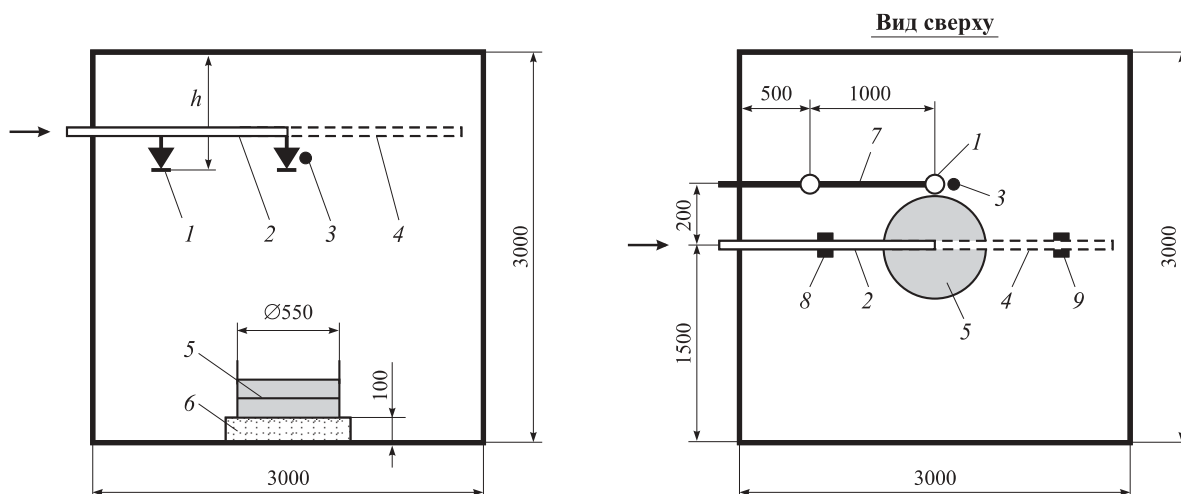


Рис. 2. Схема стенда для испытаний на пожаростойкость без расхода воды: 1 — спринклерный ороситель; 2 — испытываемая труба (рабочая длина ~1,5 м); 3 — термопреобразователь; 4 — испытываемая труба (рабочая длина > 2,5 м); 5 — модельный очаг пожара; 6 — подставка; 7 — металлическая труба со смонтированными спринклерными оросителями 1; 8, 9 — подвески; h — расстояние от потолка соответственно до оси трубы и розетки оросителя

- сохранение целостности испытываемой трубопроводной сборки в месте ее соприкосновения с подвесками.

Состояние труб до и после испытаний представлено на рис. 3 и 4.

В состав стенда для испытаний на пожаростойкость с расходом воды (рис. 5) по сравнению с приведенным на рис. 2 добавлен шаровый кран *б* для тарирования расхода воды из трубопроводной сборки и гибкий рукав *10*. Методика испытаний на начальном этапе аналогична предыдущей, но отличается тем, что спустя 60 с после срабатывания обоих оросителей *1* открывают кран *б*, оттарированный на расход $(0,18 \pm 0,02) \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$.

Если по методике, соответствующей рис. 2, испытания выдерживали трубы, например, диаметром DN 40 и более, то по методике, соответствующей



Рис. 3. Состояние трубы диаметром 125 мм до (а) и после (б) испытаний при максимальной температуре пожара 340–500 °С



Рис. 4. Состояние трубы диаметром 32 мм до (а) и после (б) испытаний при максимальной температуре пожара 360–500 °С

рис. 5, положительный результат наблюдался уже на трубах диаметром DN 32.

Еще более хорошие результаты получены для испытываемой трубы диаметром DN 32 (длина рабочего участка трубы 1,2 м) и при орошении внутреннего пространства испытываемой камеры спринклерным оросителем, смонтированным по центру камеры на испытываемой трубе (рис. 6). Коэффициент производительности оросителя $K \sim 0,4 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^{0,5})$, давление подачи — 0,05 МПа. Для исключения воздействия распыленного потока воды на МОП его сбоку прикрывали защитным экраном. По завершении проверки испытываемые трубы не имели видимых деформаций, их окраска практически не изменилась, они лишь слегка покрылись серым налетом копоти.

К недостаткам данных методик испытаний на пожаростойкость, проводимых в помещении ограниченного объема, следует отнести следующее:

- необходимость использования для испытаний специального огнестойкого вентилируемого по-

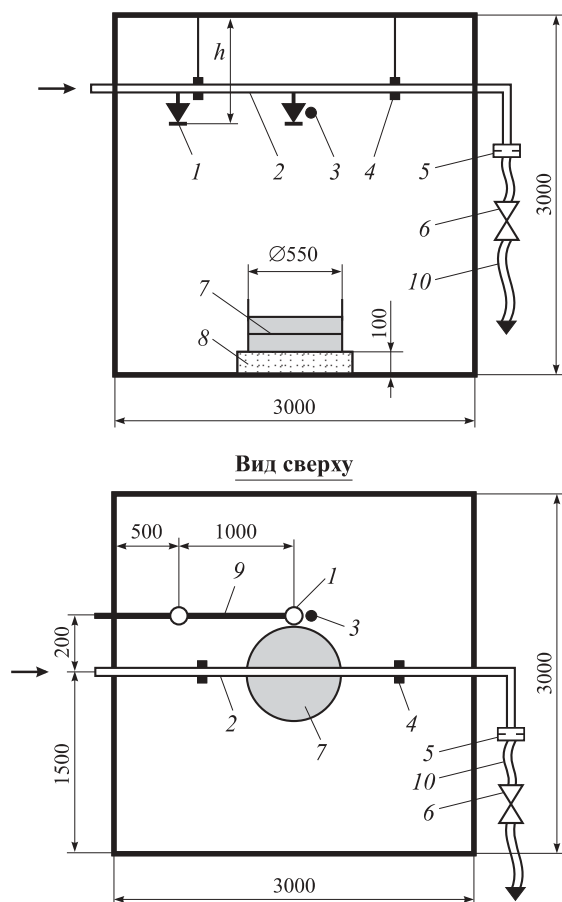


Рис. 5. Схема стенда для испытаний на пожаростойкость с расходом воды: 1 — спринклерный ороситель; 2 — испытываемая труба (рабочая длина ~3 м); 3 — термопреобразователь; 4 — подвеска; 5 — диафрагма; 6 — кран; 7 — модельный очаг пожара; 8 — подставка; 9 — металлическая труба со смонтированными спринклерными оросителями 1; 10 — гибкий рукав; *h* — расстояние от потолка до розетки оросителя

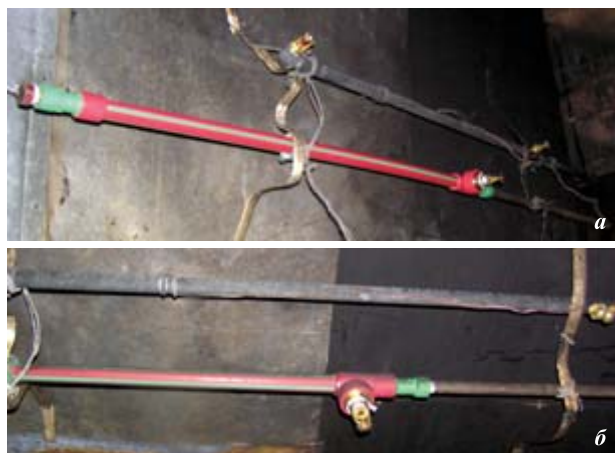


Рис. 6. Состояние трубы диаметром 32 мм с установленным на нем спринклерным оросителем до (а) и после (б) испытания при максимальной температуре пожара 190–230 °С

мещения (причем с обязательным указанием параметров вентилирования, поскольку они существенно влияют на процесс прогрева испытываемой трубы);

- ограниченная область применения — только для водозаполненных труб спринклерных АУП; не предусмотрены испытания не заполненных водой труб и труб, находящихся под пневматическим давлением (последнее необходимо для проверки неметаллических труб или гибких металлических труб, используемых в воздушных спринклерных установках пожаротушения);
- сложность монтажа трубы на высоте.

Стенд для испытаний на жаростойкость в практически неограниченном по объему помещении представлен на рис. 7. На высоте 3 м относительно пола расположен выполняющий роль подвесного потолка металлический навес размером 5,12×4,00 м, выполненный из гофрированных стальных листов, уложенных на металлические горизонтальные опоры.



Рис. 7. Общий вид испытательного стенда для испытаний труб на жаростойкость в помещении практически неограниченного объема

При испытаниях могут одновременно тестироваться несколько трубопроводов различного типа и/или номинального диаметра. В качестве оросителей используются спринклерные оросители с номинальной температурой срабатывания 68 °С и диаметром термочувствительной колбы 5 мм или распылители с номинальной температурой срабатывания 68 °С и диаметром термочувствительной колбы 3 мм. Оросители устанавливают на центральный испытываемый трубопровод. Расстояние между подвесками-хомутами соответствует данным производителя труб. Расстояние между оросителями (распылителями) во всех испытаниях составляет 3 м. Давление воды подбирается таким образом, чтобы расход через диктующий ороситель составлял 3 л/с, а через распылитель — 0,2 л/с.

В качестве МОП используются два типоразмера противней: 13В диаметром (750±10) мм или 34В диаметром (1170±10) мм — с площадью горения соответственно 0,44 и 1,07 м². Горючее — бензин А-80 объемом 15 или 30 л. МОП располагается в центре стенда как на подставке, так и на бетонном полу. Расстояние от начального уровня горючего МОП до навеса составляет соответственно 2,5 или 3,0 м.

Момент срабатывания спринклерных оросителей Оп1 и Оп2 (распылителей Р1 и Р2), нарушения целостности трубы или разрушения фитингов определяют визуально или по резкому снижению давления. Если не происходит нарушения целостности испытываемой трубы, то подачу воды осуществляют до полного прекращения горения.

Критерием положительной оценки каждого испытания является отсутствие потери целостности испытываемых трубопроводов и фитингов, а также неизменность ориентации оросителей в пространстве. Испытания труб на жаростойкость представлены на рис. 8–11.

К недостаткам данной методики испытаний на жаростойкость следует отнести ограниченную область применения ввиду высокой стоимости здания, сложность монтажа трубы на высоте и большой расход горючего для МОП.

Для проверки жаростойкости труб, предназначенных для эксплуатации в зоне высоких температур и способных противостоять воздействию пожара при температуре окружающей среды более 500 °С, предназначен стенд, приведенный на рис. 12, а. К таким трубам относятся композитные и теплоизолированные трубы с защитным металлическим экраном.

Испытываемую трубу устанавливают на лежачие элементы. Нагревание трубы проводят открытым пламенем МОП диаметром 180 мм, заполненного 2 л гептана. Испытательное давление — 1,2 МПа, температура пламени у нижней поверхности трубы непосредственно под МОП — около 900 °С. Критери-

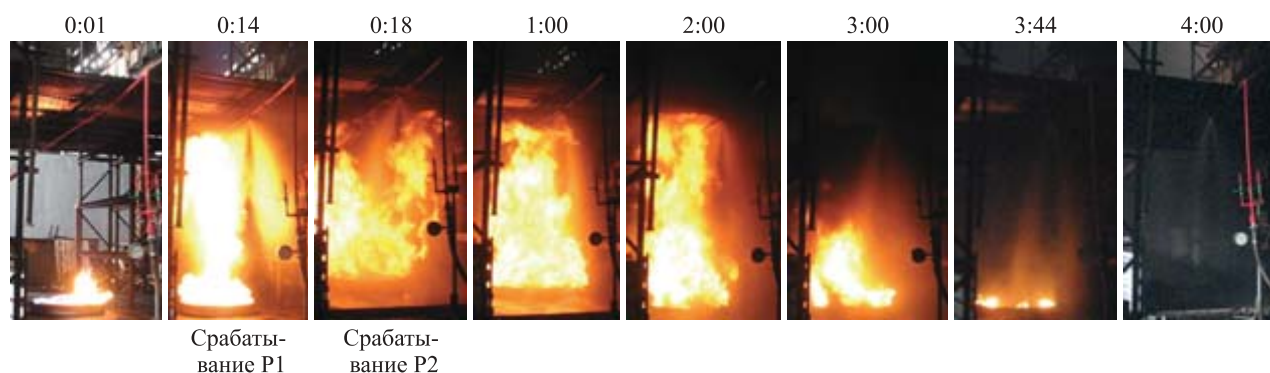


Рис. 8. Испытание на пожаростойкость трубы DN 20: распылители “Аквамастер-5”, установленные розеткой вниз; диаметр МОП — 1170 мм; расстояние от розетки оросителя до МОП — 2750 мм; объем бензина — 15 л; результат испытаний положительный

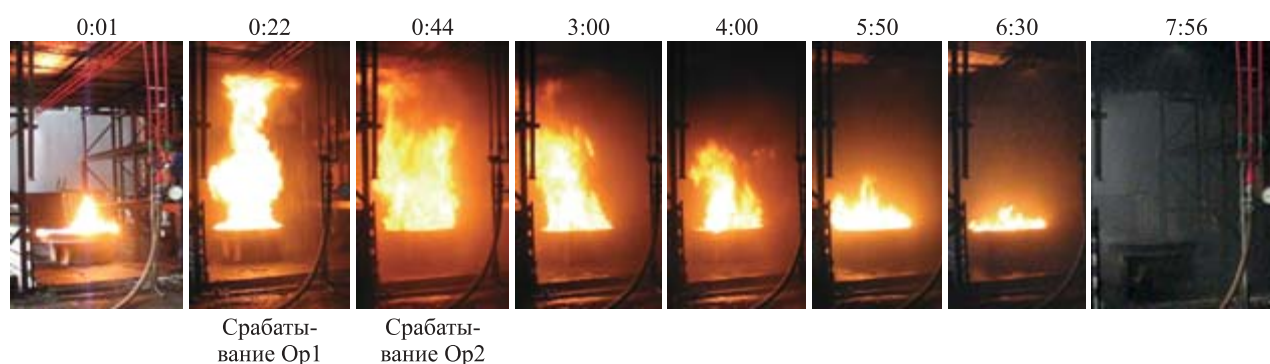


Рис. 9. Испытание на пожаростойкость труб DN 10, DN 15 и DN 20: оросители СВН-12, установленные розеткой вниз; диаметр МОП — 1170 мм; расстояние от розетки оросителя до МОП — 2250 мм; объем бензина — 15 л; труба DN 10 испытание не выдержала; для труб DN 15 и DN 20 результат положительный

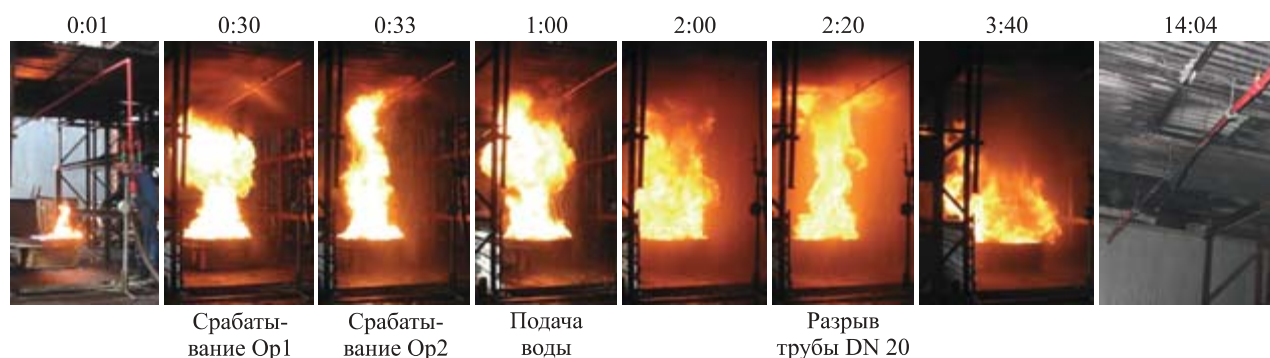


Рис. 10. Испытание на пожаростойкость трубы DN 20: оросители СВВ-12, установленные розеткой вниз; диаметр МОП — 1170 мм; расстояние от розетки оросителя до МОП — 2250 мм; объем бензина — 30 л; подача воды — с задержкой 30 с после срабатывания оросителя Op1; труба испытание не выдержала



Рис. 11. Состояние труб после различных режимов испытания; а — труба покрыта слоем гари; б — труба имеет мелкие прорывы; в — разрыв трубы; г — труба частично расплавилась и разрушилась



Рис. 12. Стенд для испытаний композитных труб (а) и состояние композитной трубы после испытаний (б)

ем пожаростойкости является сохранение герметичности трубы. Пожаростойкость характеризуется временем, в течение которого она сохраняется. Изменение качества и формы поверхности трубы не является признаком ее неисправности.

Состояние композитной трубы DN 50 длиной 3 м после испытаний на пожаростойкость представлено на рис. 12, б. Время разрушения трубы (протечка) составляет 630–680 с при общей продолжительности горения МОП примерно 15 мин.

Данный стенд по сравнению со стендами, описанными ранее в [11], имеет ряд преимуществ:

- удобство при обслуживании;
- возможность наблюдения за состоянием трубы в процессе испытания;
- отсутствие затрат на строительную часть.

3. Зарубежные методики испытаний на пожаростойкость

За рубежом в основном используют два способа испытания труб на пожаростойкость (Fire Exposure Test) (примерные аналоги отечественных испытаний на пожаростойкость [11]) — в помещении ограниченного объема и на стендовом оборудовании, когда МОП находится в непосредственной близости от испытываемой трубы.

В соответствии с [33] испытания термопластиковых трубопроводов спринклерных АУП на пожаростойкость проводят в помещении объемом 65 м³

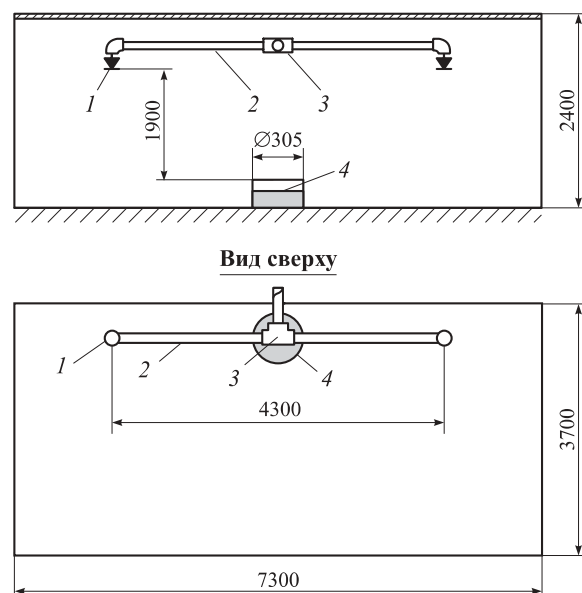


Рис. 13. Схема испытательного стенда при монтаже испытываемой трубы вдоль стены помещения [33]: 1 — спринклерный ороситель; 2 — испытываемый трубопровод; 3 — тройник; 4 — МОП

(7,32×3,66×2,44) м, причем предусматривается два вида монтажа испытываемой трубы — вдоль стены помещения и посередине помещения.

На рис. 13 приведена схема испытательного стенда при монтаже испытываемой трубы вдоль стены помещения, стены и потолок которого выполнены из гипсокартона толщиной $\delta \sim 12$ мм. Общая длина испытываемого трубопровода — около 4,3 м. По концам трубопровода установлены спринклерные оросители с диаметром колбы 3 или 5 мм. Расстояние от МОП до розетки оросителя примерно 1,9 м и от розетки до потолка — не более 305 мм. Тип и характеристики спринклерных оросителей: коэффициент производительности, быстродействие, т. е. диаметр колбы, номинальную температуру срабатывания (57, 68 °С и т. д.), конструктивные особенности, их гидравлические параметры и рабочее положение при огневых испытаниях принимают согласно проекту и рекомендациям, приведенным в технической документации на эти оросители.

Испытания проводят в два этапа: при низком уровне гидравлического давления от 0,69 до 0,83 МПа и при максимальном рабочем давлении. МОП (квадратный стальной противень площадью 0,46 м², заполненный 23,7 л гептана) располагают на полу помещения посередине испытываемой трубы (под тройником). После поджигания МОП и по достижении определенной температуры, зависящей от номинальной температуры срабатывания спринклерных оросителей, они активируются (примерно через 1 мин), и происходит распространение водяного потока внутри помещения и, как следствие, снижение температуры и вокруг трубы, и внутри помещения. После

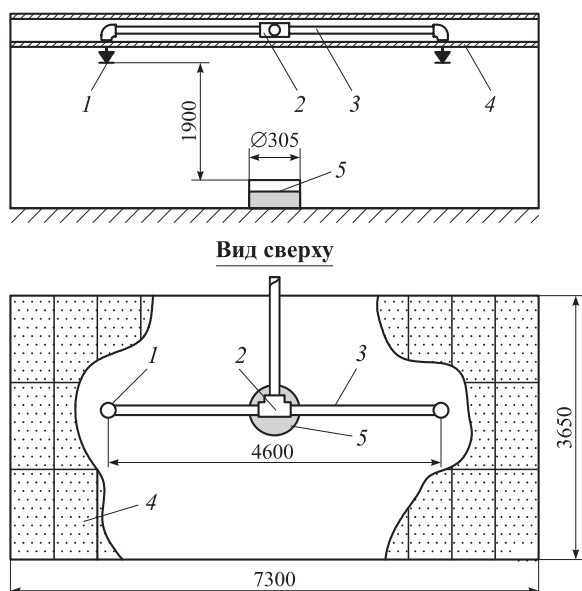


Рис. 14. Схема испытательного стенда с монтажом испытываемых труб за подвесным потолком [33]: 1 — спринклерный ороситель; 2 — тройник; 3 — испытываемый трубопровод; 4 — подвесной потолок; 5 — МОП

срабатывания каждого спринклерного оросителя должен поддерживаться расход не более 1,41 л/с на один ороситель. В процессе испытаний контролируется расход и давление воды в трубе. Через 10 мин с момента срабатывания первого оросителя МОП должен быть потушен, но подачу воды после этого следует прекращать не ранее чем через 5 мин.

Согласно [33], если проектом предусмотрена скрытая трубопроводная сеть, трубы должны испытываться в аналогичном скрытом положении. Испытания на пожаростойкость трубопроводной системы, смонтированной, например, за подвесным потолком, проводят в помещении, схема которого представлена на рис. 14. В этом случае МОП располагают на полу посередине помещения под центром испытываемой трубы, т. е. под тройником, а расстояние между оросителями принимают равным порядка 4,6 м.

Подвесной потолок выполнен из гипсокартона. Если по проекту подвесной потолок монтируется из другого материала, уступающего по пожаростойкости гипсокартону, то испытания должны проводиться с подвесным потолком, указанным в проекте.

Критерием положительного результата испытаний является сохранение целостности трубы (отсутствие разрывов или протечек) при ее последующем испытании на максимальное рабочее гидростатическое давление в течение не менее 5 мин.

К недостаткам данного способа огневого воздействия на трубу и устройства для его реализации следует отнести следующее:

- испытания привязаны к конкретному проекту;

- непродолжительный период нахождения трубы под воздействием повышенной температуры окружающей среды;
- незначительное повышение температуры нагретого воздуха в окрестности трубы до значений, соизмеримых с допустимой рабочей температурой трубы ($\sim 90^\circ\text{C}$);
- орошение водой (а следовательно, охлаждение окружающего пространства и экранирование испытываемой трубы от тепловых потоков) начинается при срабатывании спринклерного оросителя, т. е. через короткое время после поджигания модельного очага пожара;
- ограниченное значение давления воды (не более 0,83 МПа);
- необходимость использования для испытаний специального огнестойкого вентилируемого помещения (причем параметры вентилирования не указаны, хотя они существенно влияют на процесс прогрева испытываемой трубы);
- сложность монтажа трубы на высоте;
- ограниченная область применения — только для водозаполненных труб спринклерных автоматических установок пожаротушения;
- не предусмотрено испытаний не заполненных водой труб и труб, находящихся под пневматическим давлением.

Испытания термопластиковых труб и фитингов на пожаростойкость спринклерных АУП [34] (примерный аналог отечественных испытаний на пожаростойкость [11]) проводят в вентилируемом помещении размером $4 \times 4 \times 2,8$ м (объем $\sim 44,8 \text{ м}^3$), внутри которого могут быть смонтированы два варианта трубопроводов с номинальным диаметром DN 40 (рис. 15):

- Г-образная трубопроводная сборка общей длиной порядка 4 м;
- то же, с подсоединением тупикового участка длиной около 1,6 м.

На конце Г-образной трубопроводной сборки установлен розеткой вниз спринклерный быстросрабатывающий ороситель (термочувствительная колба диаметром 3 мм) с номинальной температурой срабатывания 68°C и коэффициентом производительности $K_{LPS} \sim 80 \text{ л}/(\text{мин} \cdot \text{бар}^{0,5})$, что соответствует российскому $K_{RF} \sim 0,42 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^{0,5})$.

Перед огневыми испытаниями проводится опрессовка трубопроводной сборки гидравлическим давлением, соответствующим максимальному рабочему $\pm 0,05 \text{ МПа}$ (т. е. $(P_{\text{макс.раб}} \pm 0,05) \text{ МПа}$), в течение 10^{+1} мин.

МОП типа 13В ($\text{Ø}700 \text{ мм}$) располагают на полу помещения под тройником. В качестве горючего используют 10 л гептана.

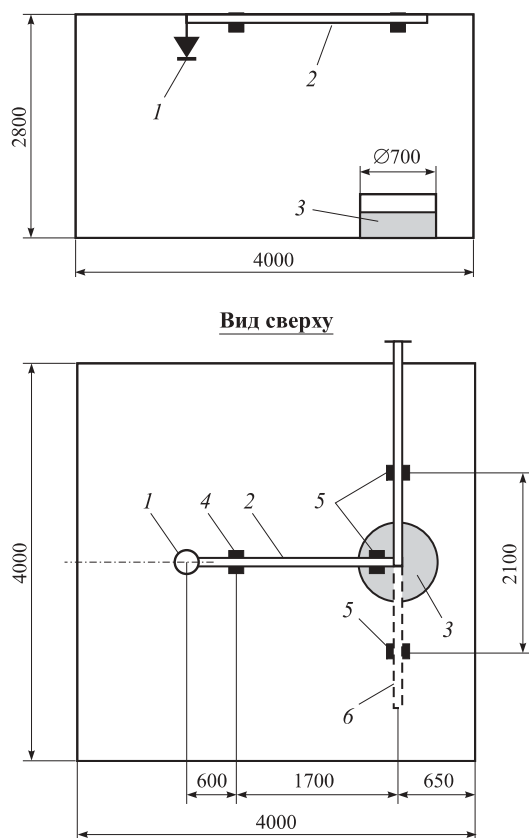


Рис. 15. Схема испытательного стенда [34]: 1 — спринклерный ороситель; 2 — испытываемый трубопровод; 3 — МОП; 4 — жесткая подвеска; 5 — скользящая подвеска; 6 — тупиковый участок испытываемого трубопровода

По достижении определенной температуры, зависящей от инерционности и номинальной температуры срабатывания спринклерного оросителя, последний активируется, в результате чего происходит распространение водяного потока внутри помещения. Расход спринклерного оросителя составляет $(0,78 \pm 0,05)$ л/с. Как только гептан выгорит, расход воды увеличивают до 1,67 л/мин в течение последующих 10^{+1} мин. Испытания проводят на каждом варианте трубопроводной сборки.

После огневого воздействия трубопроводная сборка должна выдерживать внутреннее гидростатическое давление, равное максимальному рабочему давлению $+0,1$ МПа, т. е. $(P_{\text{макс.раб}}^{+0,1})$ МПа.

Критерием положительного результата испытаний является отсутствие протечки или разрушения трубы и сохранение ее целостности при последующем испытании на рабочее давление.

Данному способу огневого воздействия на трубы присущи все недостатки способа огневого воздействия, описанного в [33].

Наиболее жесткие условия стендовых испытаний труб на пожаростойкость реализуются по методам, изложенным в ASTM F 1173 [35] и IMO A.753(18) [36, 37] для судовых трубопроводов, пред-



Рис. 16. Стенд для испытаний труб, изготовленных из композитных материалов [35–37]

назначенных для транспортировки горючих жидкостей. Предусмотрено два вида испытаний: на трубе, находящейся под давлением азота $(0,07 \pm 0,01)$ МПа, и на трубе, заполненной водой под давлением $(0,30 \pm 0,05)$ МПа.

Испытываемую трубу, изготовленную из композитных материалов (стеклоткани, обработанной терморезактивной смолой или экранированной теплозащитным материалом и защитной металлической оболочкой), устанавливают на ложементы (рис. 16). Расстояние между ложементами при испытании под давлением азота должно составлять $L \geq 8DN$, а под гидравлическим давлением — $(0,80 \pm 0,05)$ м. В качестве МОП используются 20 пропановых горелок, установленных в четыре ряда (расход газа до 10 кг/ч) и обеспечивающих плотность теплового потока $113,6$ кВт/м². Максимальная температура на внешней стороне трубы или теплозащитного экрана в процессе испытаний составляет порядка 1100 °С. Продолжительность испытаний — от 30 до 60 мин.

Критерием положительного результата испытаний является отсутствие протечки во время огневого воздействия и сохранение целостности при последующем испытании под гидравлическим давлением $1,55$ МПа в течение 15 мин (допускается утечка $0,2$ л/мин).

К недостаткам данного способа огневого воздействия на трубы следует отнести следующее:

- низкое давление в трубе в процессе огневых испытаний: находящейся под давлением азота — $(0,07 \pm 0,01)$ МПа; заполненной водой под давлением — $(0,30 \pm 0,05)$ МПа;
- неравномерное температурное поле вокруг трубы (вдоль и поперек): основной высокотемпературный поток газовых горелок воздействует в основном на нижнюю среднюю область испытываемой трубы, защищенной теплозащитным экраном; температура на поверхности трубы различается как снизу и сверху, так и от ее середины к краям;

- функционирование стенда не автоматизировано: фиксация возможных протечек осуществляется визуально (при огневых испытаниях труб с экранированным теплозащитным материалом и защитной металлической оболочкой практически невозможно установить начало наступления разгерметизации).

4. Обоснование основных положений методики испытаний труб на пожаростойкость

Использование неметаллических трубопроводов в водяных и пенных АУП и результаты огневых испытаний труб, изготовленных из различных материалов, рассмотрены в [38–41].

Анализ различных способов испытаний на пожаростойкость свидетельствует о том, что они существенно отличаются от способов испытаний на воспламеняемость, горючесть и огнестойкость, и не только методическими положениями, но и конструктивным оформлением стендового оборудования и номенклатурой измерительных комплексов. Необходимость разработки новой методики испытаний на пожаростойкость вызвана как несовершенством существующих методов, так и отсутствием инженерных методов расчета пожаростойкости применительно к конкретному защищаемому объекту.

В основном достаточно полно разработана теория защиты от теплопотерь в окружающее пространство рабочей среды трубопроводов за счет тепловой изоляции вокруг трубы. Упор на проведение огневых испытаний на пожаростойкость прежде всего связан с крайне редкими теоретическими исследованиями по передаче тепла неметаллическим трубам в процессе нестационарного развития пожара с учетом теплофизических параметров как продуктов горения, так и собственно материала трубы [42].

Пожаростойкость (ПС) труб можно рассматривать как функцию совокупности множества факторов, характеризующих не только массоразмерные и теплофизические характеристики собственно трубы, но и геометрические и теплофизические параметры помещения, а также находящуюся в нем пожарную нагрузку и режимы испытания:

$$ПС = f(z, T_p, T_{ном}, Q, P, Z),$$

где z — массоразмерные и теплофизические характеристики трубы;

T_p — температура окружающей трубу среды;

$T_{ном}$ — номинальная температура срабатывания спринклерного оросителя (или время срабатывания дренчерной АУП в методах испытаний, приведенных в [11, 33, 34];

Q — тепловая мощность пожарной нагрузки;

P — гидравлическое давление;

Z — совокупность геометрических и теплофизических параметров помещения.

Как же реализуется в действующих методах испытаний [11, 33–37] приведенный выше массив исходных параметров?

Сравнительная оценка показателей испытательных стендов, условий проведения огневых испытаний и контролируемых параметров, используемых при тестировании незащищенных и защищенных неметаллических труб и гибких металлических труб на пожаростойкость, представлена в табл. 3.

Анализ данных табл. 3 свидетельствует о том, что:

- существующие методы испытаний труб на пожаростойкость привязаны к вполне определенным показателям: продолжительности испытаний, температуре окружающей среды, рабочему давлению внутри трубы и расходу через ороситель или через трубу (в приведенных методиках огневых испытаний труб на пожаростойкость эти показатели, как правило, имеют фиксированные значения);

- трубы разных диаметров, но изготовленные из одного и того же материала, и трубы различных производителей, прошедшие испытания по любой одной и той же методике, имеют практически одинаковую оценку пожаростойкости.

При этом возникают естественные вопросы:

- если для АУП потребуется более высокое давление, выдержит ли труба это давление при испытаниях;
- если в реальных условиях температура в зоне трубы будет несколько выше, чем при испытаниях, как это скажется на пожаростойкости?

Таким образом, оценить потенциальную пожаростойкость труб, прошедших испытания по действующим методам, не представляется возможным. В общем случае результаты испытаний на пожаростойкость должны дать ответ о допустимости использования тех или иных труб в различных условиях производства. Если ранжировать трубы по степени их пожаростойкости, то таким образом можно было бы разграничить область их использования [10], увязав их применение, например, с интенсивностью теплового воздействия на трубу, или с мощностью пожарной нагрузки, или с группой помещений по СП 5.13130.2009 [9] (аналогично тому, как, например, классифицируют строительные материалы по группам воспламеняемости (В1–В3), распространению пламени (РП1–РП4), горючести (НГ, Г1–Г4) или огнестойкости (REI)).

В то же время основные предполагаемые параметры (продолжительность испытаний, температура и давление) не зависят от группы помещения, так

Таблица 3. Показатели различных методов испытаний [11, 33–37]

Показатель	Методики					
	UL 1821 [33] (рис. 13, 14)	LPS 1260-2 [34] (рис. 15)	F 1173 [35] A 753(18) [36, 37] (рис. 16)	ВНИИПО [11] (рис. 2–6)	ВНИИПО [11] (рис. 7–11)	ВНИИПО (рис. 12)
Размер помещения: — объем, м ³ — $L \times B \times H$, м	65 7,4×3,7×2,4	44,8 4,0×4,0×2,8	Не ограничен	27 3×3×3	Не ограничен Навес 5,1×4,0, $H = 12$ м (высота подвес- ного потолка $h = 3$ м)	Не огра- ничен
МОП: — вид горючего — объем горючего, л — диаметр (сторона), мм — площадь горения, м ²	Гептан 23,7 680×680 0,46	Гептан 10 Ø700 (13В) 0,38	Пропан, 20 горелок (расход 10 кг/ч)	Пентан* 5,5 Ø550 0,24	Бензин А-80 15; 30 Ø750; Ø1170 0,44; 1,07	Гептан 2 Ø180 0,025
Давление, МПа: — пневматическое — гидравлическое	— 0,69–0,83	— $P_{\text{раб}}$	0,07 0,3	— 0,6–1,0	— 0,5; 0,8**	— 1,2
Температура, °С	~100**	> 100**	1100	190–500	~900	
Общая продолжитель- ность испытаний, мин	16	После выго- рания МОП + + 10 мин	30; 60	5–8	4,0–7,5	15
Диаметр труб DN	36 (25)	40	25–250	20–150	20–65	20–65
Расстояние от МОП до трубы, м	1,9	2,5	0,125	2,75–2,85	2,2; 2,7	500
Продолжительность пода- чи ОТВ из оросителя, мин	15	До выгорания МОП + 10 мин	—	До прекращения горения МОП		—
Время до начала расхода ОТВ из трубы, с	—	—	—	60	—	—
Расход одного оросителя (распылителя), л/с	1,41	0,78	—	0,9*** (при $P = 0,05$ МПа)	2,50 (0,63)	—
Расход ОТВ через трубу (без оросителя), л/с	—	—	—	0,18	—	—
Пожаростойкость, мин	~11	30; 60	30; 60	5	До потери герметичности	

* Наряду с пентаном допускается использование гептана и бензина.

** Значение параметра не регламентировано (приведенные сведения получены по результатам анализа условий испытаний).

*** МОП защищен от прямого воздействия распыленного водяного потока.

как в каждой группе температура в месте размещения трубы может иметь в *равные* промежутки времени одно и то же значение: все зависит в основном от высоты помещения, интенсивности теплового потока, воздействующего на трубу, и взаимного расположения этой трубы и пожарной нагрузки. Например, в реальных условиях при более высокой пожарной нагрузке в помещении группы 4 температура в зоне расположения трубы длительное время может быть меньше, чем в помещении группы 1.

Состояние питающих и распределительных трубопроводов водяных АУП в процессе эксплуатации

зависит от их режима работы (дежурный или рабочий) и вида АУП (спринклерная водозаполненная или спринклерная воздушная под давлением или без давления [43], дренчерная традиционная или дренчерная быстродействующая [44]). Методика испытания неметаллических и гибких металлических труб должна предусматривать возможность проверки пожаростойкости для всех вышеперечисленных режимов функционирования водяных АУП. Взаимосвязь режимов работы водяных АУП, состояния трубы в процессе испытания и параметров испытания (без расхода и с расходом воды) показана в табл. 4.

Таблица 4. Параметры состояния трубы на период испытания без расхода воды

Тип АУП	Режим функционирования АУП до срабатывания	Состояние трубы в процессе эксплуатации	Параметры на период испытания без расхода воды
Водозаполненные спринклерные АУП	Дежурный	Заполнена водой; находится под гидравлическим давлением; расход отсутствует	$t \geq \tau_{\text{раз}};$ $Q = 0; P_{\text{г}}$
	Рабочий	Заполнена водой; находится под гидравлическим давлением; расход начинается после срабатывания спринклерного оросителя	$t = \tau_{\text{р}};$ $Q = 0; P_{\text{г}}$
Традиционные воздушные спринклерные АУП	Дежурный	Водой не заполнена; находится под пневматическим давлением; расход отсутствует	$t \geq \tau_{\text{раз}};$ $Q = 0; P_{\text{п}}$
Воздушные спринклерные АУП-ПП [43]	Дежурный	Водой не заполнена; избыточное давление отсутствует; расход отсутствует	$t \geq \tau_{\text{раз}};$ $Q = 0; P_{\text{а}}$
Воздушные спринклерные АУП всех видов	Рабочий	Заполнена водой; находится под гидравлическим давлением; расход начинается после срабатывания спринклерного оросителя	$t = \tau_{\text{р}};$ $Q = 0; P_{\text{г}}$
Традиционные дренчерные АУП	Дежурный	Водой не заполнена; избыточное давление отсутствует; расход отсутствует	$t \geq \tau_{\text{раз}};$ $Q = 0; P_{\text{а}}$
Быстродействующие дренчерные АУП [44]	Дежурный	Заполнена водой; избыточное давление отсутствует; расход отсутствует	$t \geq \tau_{\text{раз}};$ $Q = 0; P_{\text{а}}$
Дренчерные АУП всех видов	Рабочий	Заполнена водой; находится под гидравлическим давлением; расход начинается после срабатывания АУП	$t = \tau_{\text{р}};$ $Q = 0; P_{\text{г}}$
Примечание. АУП-ПП — АУП с принудительным пуском; Q — расход; $P_{\text{а}}$ — атмосферное давление; $P_{\text{п}}$ — пневматическое давление, $P_{\text{п}} = 0,2$ МПа; $P_{\text{г}}$ — гидравлическое давление; t — продолжительность испытания; $\tau_{\text{раз}}$ — время испытаний до разгерметизации трубы; $\tau_{\text{р}}$ — время начала расхода воды.			

В реальных условиях после срабатывания АУП по трубе начинается расход воды и, следовательно, независимо от режима ее функционирования до срабатывания номенклатура параметров испытания должна быть дополнена временем начала расхода воды $\tau_{\text{р}}$, расходом воды Q и гидравлическим давлением $P_{\text{г}}$.

В процессе многочисленных сертификационных испытаний труб на пожаростойкость отмечено, что трубы минимального диаметра при одних и тех же условиях испытаний обладают меньшей стойкостью, чем трубы из аналогичного материала, но большего диаметра. Подобное явление объясняется тем, что чем больше диаметр, тем толще стенки трубы. А чем больше толщина стенок, тем дольше труба, находящаяся под гидравлической нагрузкой, может противостоять высокотемпературным потокам пожара. Следовательно, если за пожаростойкость принять фиксированное значение продолжительности испытаний, то более высокая стойкость труб большего диаметра никак не учитывалась бы. Кроме того, в этом случае вообще нельзя было бы оценить продолжительность пожаростойкости трубы в квазиреальных условиях пожара. В связи с этим в методике испытаний продолжительность испытаний, а следовательно, и пожаростойкость, целесообразно определять не по принятому фиксированному времени, а по времени до потери герметичности трубы.

При разработке методики испытаний на пожаростойкость труб необходимо ответить на следующие вопросы:

- должны ли эти исходные параметры иметь только по одному фиксированному значению либо ограниченное или неограниченное число значений;
- должны ли значения этих параметров строго регламентироваться методикой испытаний или назначаться изготовителем трубы;
- должны ли эти параметры зависеть от возможных реальных условий эксплуатации?

С учетом накопленного опыта и методических положений, изложенных в [11, 20, 21, 35–37], целесообразно:

- выбирать температуру испытания (300 ± 30) или (500 ± 50) °С (причем конкретное значение предлагает изготовитель труб);
- относительно общей продолжительности испытания придерживаться одного принципа, согласно которому собственно пожаростойкость определяется продолжительностью сохранения целостности трубы до ее разгерметизации $\tau_{\text{раз}}$ (нормативное значение пожаростойкости должно быть не менее 5 мин, в ином случае труба считается не выдержавшей испытания);
- относительно продолжительности нарастания температуры до квазипостоянного значения придерживаться одной величины — $t_{\text{нар}} = (60 \pm 10)$ с

(при этом $t = t_{\text{нап}} + t_{\text{const}}$, где t_{const} — продолжительность испытания при квазипостоянном значении температуры до разгерметизации трубы);

- при выборе вида давления (гидравлическое либо пневматическое) иметь в виду, что методически принимаются оба вида, причем конкретный вид или оба вида предлагает изготовитель труб;
- установить гидравлическое давление, причем конкретное значение предлагает изготовитель труб (при этом минимальное гидравлическое значение должно быть не менее 1 МПа, а другие значения — соответствовать ГОСТ 26349–84 [45], например 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,5 и т. д.);
- пневматическое давление принимать применительно к дежурному режиму АУП: для дренчерных и спринклерных с принудительным пуском — $P_{\text{воз}} = (0,05 \pm 0,01)$ МПа, для спринклерных — $P_{\text{воз}} = (0,25 \pm 0,05)$ МПа;
- продолжительность задержки от начала испытания до начала расхода, которая представляет собой время срабатывания спринклерного оросителя или время начала орошения при срабатывании дренчерной АУП в конкретных производственных обстоятельствах, принимать равной ~5 мин;
- расход через трубу применительно к реальной АУП принимать равным минимальному расходу оросителя ($1,0 \pm 0,1$) л/с или распылителя — ($0,20 \pm 0,02$) л/с.

Помимо всего прочего, следует учитывать, что в реальных условиях при нагревании трубы во время пожара за счет ее деформации может измениться ориентация оси оросителя относительно исходного положения. Взаимное угловое изменение по двум координатам наиболее заметно может проявиться тогда, когда ороситель закреплен на конце трубы. В этом случае чем длиннее консоль, тем больше угол поворота. Например, при отклонении оси оросителя по вертикальной плоскости всего на 5° от исходного положения смещение эпицентра орошаемого оросителем пятна (при пренебрежении гравитационными силами) составит примерно:

- при высоте оросителя 10 м — почти 0,9 м;
- при высоте оросителя 15 м — примерно 1,3 м.

В связи с этим по результатам испытаний должна быть дана также оценка характера изменения ориентации оси оросителя (или распылителя) в зависимости от его массы, длины консоли и способа крепления трубы (скользящий или жесткий).

Вместе с тем номенклатура параметров, характеризующих пожаростойкость, и количество их фиксированных значений должны быть ограничены. Пожаростойкость конкретной трубы, являясь интегральным многофакторным параметром, должна характеризоваться прежде всего продолжительностью

испытания до потери герметичности (разгерметизации) трубы, но не менее определенного фиксированного значения. Непременными параметрами, позволяющими установить возможность применения неметаллических труб на пожароопасных объектах, являются также температура испытаний, гидравлическое или пневматическое давление.

Таким образом, соответствующие режимы испытаний конкретной трубы можно задать как функцию:

$$ПС = f(t, \psi, T, P),$$

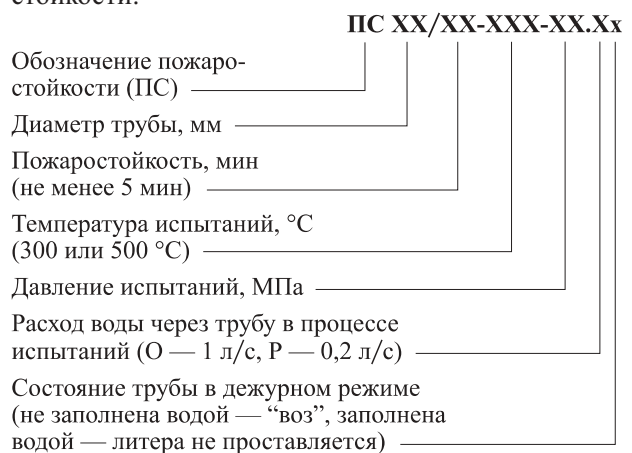
где t — продолжительность испытания (представляет собой время испытания до разгерметизации трубы $\tau_{\text{раз}}$, но не менее фиксированного, достаточно продолжительного времени τ);

ψ — параметр рабочего тела трубы (заполнена водой или воздухом);

T — заданная температура при квазиустановившемся режиме испытаний;

P — давление в трубе.

Поскольку принятые в настоящее время оценки пожаростойкости не позволяют выявить преимущество одних труб перед другими, для их сравнительной оценки предлагается использовать комплекс показателей, представленный в обозначении пожаростойкости:



Например: ПС 25/5,5-500-1,6.О;
ПС 63/6-300-1,0.Рвоз.

Таким образом, пожаростойкость одной и той же трубы одного и того же типоразмера может быть различной в зависимости от режимов испытаний и ее диаметра. Подобная информация, приведенная в паспорте на трубу, позволит проектировщику сделать обоснованный выбор конкретного типа трубы для конкретных условий производства из широкого ассортимента труб различных производителей.

Испытываемая трубопроводная сборка может иметь несколько модификаций, предлагаемых производителем труб и согласованных с органом по сертификации (рис. 17):

- с торцевыми технологическими фитингами;

- с торцевыми технологическими фитингами и несколькими фитингами вдоль трубы;
- с одним торцевым технологическим фитингом и с тройником на противоположном конце трубы, в котором монтируется ороситель, герметизированный от испытываемой трубы шайбой.

Трубопроводная сборка, показанная на рис. 17,а, предназначена для тестирования пожаростойкости собственно трубы, на рис. 17,б — для тестирования пожаростойкости фитингов различной конструкции (гильза, тройники с наружной и внутренней резьбой, кран, сварное седло, заглушка и т. п.), на рис. 17,в — для тестирования изменения степени ориентации оросителя относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей. В качестве оросителя используют дренчерный ороситель, конструкция которого соответствует дренчерным или спринклерным оросителям максимальной массы, которые предполагается использовать в составе распределительной сети АУП, выполненной на базе испытываемых труб. Монтаж дренчерного оросителя осуществляется в уголок с внутренней резьбой (см. рис. 17,в). Для герметизации места соединения оросителя с уголком трубопроводной сборки используется шайба (на рис. 17 не показана).

По предложению производителя и при согласовании с органом по сертификации при испытаниях на пожаростойкость могут быть предложены и иные трубопроводные сборки.

В проекте методики испытаний на пожаростойкость “ГОСТ Р. Автоматические установки пожаротушения. Трубы и фитинги из неметаллических материалов. Методы испытаний” (далее — Проект

ГОСТ Р) предлагается тестирование труб проводить в два этапа, причем второй этап — на новых аналогичных трубах и только в том случае, если предыдущие трубы выдержали испытания на пожаростойкость на первом этапе:

- *этап 1:* режимы испытаний на всем протяжении тестирования соответствуют предполагаемым режимам эксплуатации труб в дежурном режиме без расхода воды; положительный критерий испытаний — $ПС \geq 5$ мин; испытание продолжается до разгерметизации трубы — $ПС \leq 30$ мин;
- *этап 2:* режимы испытаний, проводимых в течение $(5,0 \pm 0,1)$ мин, соответствуют предполагаемым режимам эксплуатации труб в дежурном режиме без расхода воды, а затем — режимам эксплуатации труб в рабочем режиме с расходом воды $(1,0 \pm 0,1)$ л/с, если на трубе будут монтироваться оросители, или $(0,20 \pm 0,02)$ л/с, если на трубе будут монтироваться распылители; положительный критерий испытаний — сохранение целостности трубы не менее 10 мин; испытание продолжается до разгерметизации трубы, но не более 35 мин с начала испытания.

За численное значение пожаростойкости принимается время с начала испытания до разгерметизации трубы, зафиксированное в испытаниях на первом этапе. Второй этап испытаний необходим только для проверки герметичности трубы при подаче в нее воды под давлением, поэтому им подвергаются исключительно трубы всех видов спринклерных воздушных и дренчерных АУП и не подвергаются трубы спринклерных водозаполненных АУП. Количество испытываемых труб одного типоразмера на каждом режиме испытаний — не менее двух.

5. Стенд для испытаний труб на пожаростойкость

Структурная схема стенда, предназначенного для проведения испытаний труб на пожаростойкость по методам Проекта ГОСТ Р, представлена на рис. 18.

Перед проведением огневых испытаний трубопроводные сборки следует подвергнуть испытаниям на прочность и герметичность под гидравлическим давлением $P_{исп} = 1,5P_{раб}$, где $P_{исп}$, $P_{раб}$ — соответственно испытательное и рабочее давление.

При проведении первого этапа испытаний предусмотрено четыре режима функционирования:

- с заполненной водой трубой при отсутствии давления;
- с заполненной водой трубой при наличии давления;
- с не заполненной водой трубой при практическом отсутствии пневматического давления;
- с не заполненной водой трубой при наличии пневматического давления.

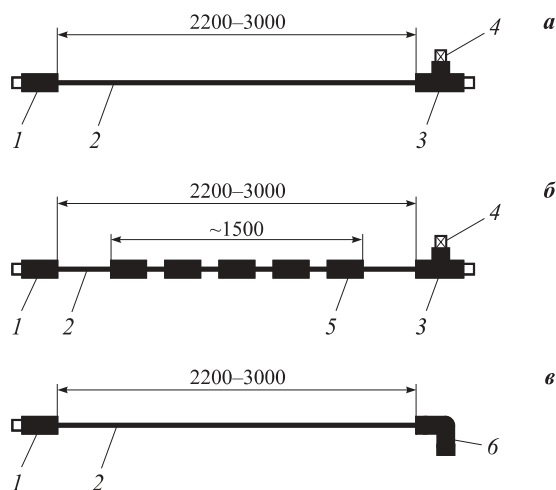


Рис. 17. Модификации испытываемых трубопроводных сборок: а — с торцевыми технологическими фитингами; б — с торцевыми технологическими фитингами и несколькими фитингами вдоль трубы; в — с одним торцевым технологическим фитингом и тройником; 1 — муфта с наружной резьбой; 2 — испытываемая труба; 3 — тройник; 4 — резьбовая заглушка; 5 — фитинги различной конструкции; 6 — уголок с внутренней резьбой

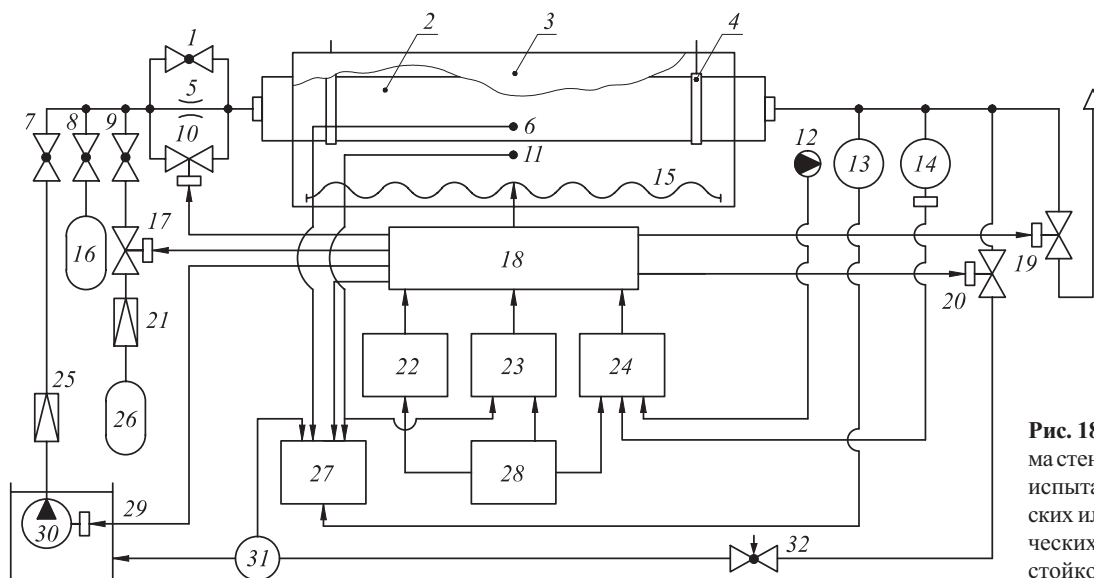


Рис. 18. Структурная схема стенда для проведения испытаний неметаллических или гибких металлических труб на пожаростойкость

На втором этапе испытаний тестирование аналогичных труб проводят с расходом воды $(0,20 \pm 0,02)$ или $(1,0 \pm 0,1)$ л/с.

Стенд для испытаний на пожаростойкость неметаллических и гибких металлических труб состоит из следующих комплексов (причем некоторые технические средства входят в состав сразу нескольких комплексов):

- нагревательного;
- гидравлического и пневматического давления;
- измерительного;
- контроля герметичности испытываемой трубы;
- автоматизации процесса испытаний.

В состав *нагревательного комплекса* входят блок режима нагрева 23, электрический или газовый нагреватель 15 и термодатчик 11, контролирующий температуру окружающей среды вокруг испытываемой трубы 2.

В качестве *источника гидравлического давления* может использоваться ручной гидропресс или любой водопровод, способный обеспечить требуемое давление (на рисунке не показаны), либо насосная установка. В автоматическом режиме испытаний должна применяться насосная установка, которая состоит из насосного агрегата 30, резервуара 29, редуктора давления 25 и запорного крана 7. В качестве *источника пневматического давления* может использоваться компрессор либо ручной пневмонасос (на рисунке не показаны) или воздушный баллон 26 в комплекте с редуктором давления 21, клапаном 17 и краном 9.

В состав *измерительного комплекса* входят персональный компьютер 27, термодатчик 11, измеритель температуры 6 внутри трубы 2, измеритель давления 13, измеритель расхода 31 и регулировочный кран 32. На персональном компьютере 27 записывается также время разгерметизации, регистрируемое одним или несколькими сигнализаторами

протечки 12 различного принципа действия, датчиком 13 или сигнализатором давления 14 (сигналы поступают на персональный компьютер 27 через блок протечки 24 и блок управления 18).

В состав *комплекса контроля герметичности* испытываемой трубы 2 входят блок регистрации протечки 24, сигнализаторы протечки 12 различного принципа действия, датчик 13 и сигнализатор давления 14, сосуд 16 с ароматизирующим веществом и кран 8.

В состав *комплекса автоматизации процесса испытаний* входят блок управления 18, блок режима нагрева 23, клапаны 10 и 17 подачи рабочего тела в трубу 2, клапан 20 сброса рабочего тела в резервуар 29, сигнализатор давления 14 и термодатчик 11.

Для обеспечения в процессе испытаний квазипостоянной температуры вокруг трубы 2 ее накрывают теплоизолирующим колпаком 3.

Испытываемая трубопроводная сборка 2 крепится к стенду при помощи жестких кронштейнов-подвесок 4, рекомендованных производителем труб. Расстояние между подвесками 4 принимается согласно технической документации на испытываемую трубу 2.

Подготовка стенда к испытаниям осуществляется следующим образом. Если труба 2 должна находиться под пневматическим давлением, то в нее при открытом кране 8 подмешивают из сосуда 16 ароматизирующее вещество, после чего кран 8 закрывают. При помощи источника гидравлического давления (30, 25, 7) или пневматического давления (26, 21, 17, 9) и крана 1 в полости испытываемой трубы 2 создают требуемое по условиям проведения испытания давление, которое контролируют с помощью измерителя давления 13. Если предполагается проводить испытания при отсутствии избыточного давления, то поддерживают, соответствен-

но, гидравлическое или пневматическое давление в пределах 0,01–0,10 МПа, что необходимо для осуществления контроля протечки из трубы 2.

Перед включением нагревателя 15 кран 1 перекрывают. Гидравлическая связь внутренней полости испытываемой трубы 2 с источником гидравлического давления 30 (или с источником пневматического давления 26) осуществляется через диафрагму 5. С пульта 28 формируют алгоритм испытаний и режим нагрева. С блока управления 18 на нагреватель 15 подается соответствующая команда для создания вокруг испытываемой трубы 2 требуемого температурного поля (если нагреватель электрический — путем установления тока необходимой величины; если нагреватель газовый — путем установления соответствующего расхода горючего газа). Требуемое значение температуры поддерживается автоматически благодаря взаимосвязанному комплексу “термодатчик 11 — блок режима нагрева 23 — блок управления 18 — нагреватель 15”.

В режиме испытаний с заполненной водой трубой при наличии давления и с расходом воды из испытываемой трубы предварительно при помощи крана 32 и по показаниям измерителя расхода 31 производят тарировку на требуемый расход. В этом режиме на начальном этапе устройство работает аналогично режиму испытаний с заполненной водой испытываемой трубой 7 при наличии давления, но без расхода воды через нее. На втором этапе в процессе нагрева трубы через заданный промежуток времени, определяемый программой испытаний, включаются клапаны 10 и 20, и через испытываемую трубу 2, клапан 20, кран 32 и измеритель расхода 31 начинается движение воды с заданным программой испытания расходом.

Диафрагма 5 предназначена для поддержания постоянного давления в испытываемой трубе 2 при возможном увеличении ее вместимости из-за теплового расширения, обусловленного интенсивным прогревом: скорость увеличения вместимости невысокая, поэтому давление может быть уравновешено через небольшое отверстие диафрагмы.

По окончании испытаний на пожаростойкость при гидравлическом или пневматическом давлении блок управления 18 выдает команду на отключение источника гидравлического давления 30 или пневматического давления 26 и клапана 17. В последнем случае вода из трубы по гидравлическому контуру “клапан 20 — кран 32 — измеритель расхода 31” попадает в резервуар 29, а сброс пневматического давления осуществляется в атмосферу через клапан 19.

Отсчет времени пожаростойкости на всех режимах испытаний начинается с момента подачи

команды на включение нагревателя 15 и заканчивается согласно программе испытаний, реализуемой с помощью блока формирования алгоритма испытаний 22 через определенное фиксированное время t или до нарушения герметичности трубы $\tau_{\text{раз}}$.

При нарушении герметичности давление в испытываемой трубе 2 понижается, и сигнализатор давления 14 выдает управляющий сигнал на один из входов блока протечки 24 и далее — на блок управления 18. В блоке управления 18 фиксируется время нарушения герметичности испытываемой трубы 2 и формируются команды на отключение источника гидравлического 30 или пневматического 26 давления, клапана 10 и нагревателя 15, а также на включение клапана 20. При включении последнего в трубе 2 моментально сбрасывается давление, и начинается слив воды, находящейся в трубе, в резервуар 29.

Регистрация протечки может также осуществляться по записи изменения давления, по срабатыванию сигнализатора давления 14 либо сигнализаторов 12, реагирующих на появление звука, характерного для истечения газа через отверстие, или на наличие запаха ароматизирующего вещества, или на образование пара, характерного для процесса взаимодействия каплей либо струйки воды с нагревателем 15 или с высокотемпературной зоной окружающего трубу воздуха.

При визуальном обнаружении протечки (по появлению каплей, струйки воды либо пара, и/или по характерному звуку истекающего газа, и/или по запаху ароматизирующего вещества) оператор может прервать испытание путем подачи соответствующей команды с пульта 28.

Критериями положительных результатов на всех режимах испытаний являются:

- пожаростойкость труб с заявленными производителем параметрами (температура и давление испытания, рабочее тело (вода или воздух) в трубе и ее диаметр) — не менее 5 мин;
- изменение ориентации оси оросителя не превышает допустимого угла отклонения.

Выводы

Разрабатываемый проект национального стандарта по методам испытаний на пожаростойкость неметаллических труб и фитингов и гибких металлических труб позволит проводить сравнительную оценку стойкости различных видов трубопроводных сборок к огневому воздействию и осуществлять проектирование трубопроводных сетей АУП и внутреннего противопожарного водопровода применительно к конкретным производственным условиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенштейн М. М., Бородин Э. С., Гвоздев И. В., Белоглазова Т. А., Афанасьева Н. Б., Шапиро Г. И., Ехлаков С. В. Теплостойкие пластмассовые трубы // Водоснабжение и санитарная техника. — 1987. — № 5. — С. 15–17.
2. Karen F. Lindsay. FRP pipe finds its niche in specialty applications. — Composites Institute, 1996.
3. Joie L. Folkers. Development of fire resistant fiberglass pipe. — Houston : Ameron Fiberglass Pipe Division, February 1996.
4. Fire sprinkler systems and the use of CPVC plastic piping // Information File of BAFSA. — October 2007. — Issue 1. — BIF No. 8D. — 4 p.
5. Sullivan (Sully) D. Curran P. E. Fire resistant fiberglass pipe. — Heatherfield, Houston : Fiberglass Tank & Pipe Institute, July 2013. — 3 p.
6. Time-tested fiberglass piping systems for water applications // From Smith Fibercast. Bulletin No. C3320. — November 1, 2005. — 11 p. URL: <http://www.designplasticsystems.com/prodcat/Smith/Smith-Water.pdf> (дата обращения: 01.03.2016).
7. Kevin Schmit. Fiberglass reinforced plastic (FRP) piping systems. Column pipe applications on off-shore structures. Engineering Series ES-030. URL: <http://www.fiberbond.com/docs/ColumnPipe-Applications.pdf> (дата обращения: 01.03.2016).
8. НПБ 88–2001*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования. — Введ. 01.01.2002. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2001.
9. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. — Введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
11. Проектирование, монтаж и эксплуатация трубопроводов “Акватерм Firestop” в водозаполненных спринклерных установках пожаротушения. Технические условия. — М. : ВНИИПО, 2008. — 88 с.
12. ГОСТ 30402–96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость. — Введ. 01.07.1996. — М. : ГУП ЦПП, 1996.
13. ГОСТ Р 50695–94 (МЭК 707–81). Методы определения воспламеняемости твердых электроизоляционных материалов под воздействием источника зажигания. — Введ. 01.01.1995. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1994.
14. ГОСТ Р 51032–97. Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени. — Введ. 01.01.1997. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1996.
15. ГОСТ 30244–94. Материалы строительные. Метод испытания на горючесть. — Введ. 01.01.1996. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1995.
16. ISO 13943:2008. Fire safety — Vocabulary. — Geneva : International Standardization Organization, 2008.
17. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. — Введ. 01.12.2012. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2012.
18. ГОСТ 27484–87 (МЭК 695-2-2–80). Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания горелкой с игольчатым пламенем. — Введ. 01.01.1989. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1988.
19. ГОСТ 30247.1–94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. — Введ. 01.01.1996. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1995.
20. ГОСТ Р 53299–2009. Воздуховоды. Метод испытаний на огнестойкость. — Введ. 01.01.2010. — М. : Стандартиформ, 2009.
21. ГОСТ Р 53304–2009. Стволы мусоропроводов. Метод испытания на огнестойкость. — Введ. 01.01.2010. — М. : Стандартиформ, 2009.
22. Авт. свид. 662852 А1 СССР. МПК G01N 25/52. Нагревательная печь для испытаний кабелей на огнестойкость / Смелков Г. И., Поединцев И. Ф., Кашолкин Б. И. — № 2424818; заявл. 30.11.1977; опубл. 15.05.1979.
23. Пат. 2021326 С1 Российская Федерация. МПК C10G 9/20. Трубчатая печь / Бахшиян Ц. А., Казеннов А. А., Каждан А. З. и др. — № 5025775/05; заявл. 04.02.1991; опубл. 15.10.1994.
24. Авт. свид. 609082 А1 СССР. МПК G10N 25/50. Устройство для испытания материалов на горючесть / Артеменко А. И., Голдобин Г. Д., Ягунов И. Н. — № 2387538; заявл. 23.07.1976; опубл. 30.05.1978.
25. Пат. 2475286 С1 Российская Федерация. МПК A62C 99/00, G01N 25/50. Способ испытания строительных материалов на горючесть и установка по оценке горючести строительных материалов / Лашкин С. М., Баженов С. В., Семёнов Ю. Г., Забегаев В. И. — № 2011128110/12; заявл. 07.07.2011; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5.

26. UL 94. Test for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances. — USA, Northbrook : Underwriters Laboratories Inc., 2006.
27. ГОСТ 28779–90. Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения воспламеняемости под воздействием источника зажигания. — Введ. 01.01.1992. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1991.
28. ГОСТ Р ИСО 1182–2014. Испытания строительных материалов и изделий на пожарную опасность. Метод испытания на негорючесть. — Введ. 01.10.2014. — М. : Стандартиформ, 2014.
29. ГОСТ Р 53272–2009. Техника пожарная. Устройства канатно-спускные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 01.01.2010. — М. : Стандартиформ, 2009.
30. ISO 6182-12:2014. Fire protection — Automatic sprinkler systems — Part 12: Requirements and test methods for grooved-end components for steel pipe systems. — Geneva : International Standardization Organization, 2014.
31. ГОСТ 30247.0–94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. — Введ. 01.01.1996. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1996.
32. НПБ 244–97. Материалы строительные. Декоративно-отделочные и облицовочные материалы. Материалы для покрытия полов. Кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы. Показатели пожарной опасности. — Введ. 01.12.1997. — М. : ФГУ ВНИИПО МВД России, 1997.
33. UL 1821. Standard for thermoplastic sprinkler pipe and fittings for fire protection service. — USA, Northbrook : Underwriters Laboratories Inc., 2015.
34. LPS 1260: Issue 3. Plastic pipe and fittings for use in automatic sprinkler systems. Requirements for testing and approval plastic pipes and fittings. — UK, Watford : BRE Global Ltd., 2008.
35. ASTM F1173–01. Standard specification for thermosetting resin fiberglass pipe systems to be used for marine applications. — USA, West Conshohocken : ASTM International, 2012.
36. IMO Resolution A. 753(18) Level 3. Guidelines for the application of plastic pipes on ships. — London : International Maritime Organization Publishing, 1993.
37. Assaee H. Использование труб из композитных материалов на нефтяных, газовых и нефтеперерабатывающих предприятиях // Proceedings of the JEC 2nd I.C.S. (International Composites Summit), Asia 2011. 18–20 October 2011. — Singapore, 2011.
38. Гусев В. Б., Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Барановский А. С. Пластмассовые трубы “Aquatherm Firestop” — альтернатива стальным трубам автоматических установок пожаротушения и внутреннего противопожарного водопровода // Пожарная безопасность. — 2005. — № 5. — С. 103–109.
39. Бастриков Д. Л., Битуев Б. Ж., Молчанов В. П. Применение гибких трубопроводов в системах противопожарной защиты объектов нефтегазодобывающего комплекса // Технологии техно-сферной безопасности : Интернет-журнал. — 2014. — Вып. 6(58). — 5 с.
40. Романова Е. Ю., Былинкин В. А., Копылов С. Н., Губин Р. Ю. Трубы из неметаллических материалов и методы их испытаний для оценки возможности их применения в АУП // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России. — М. : ВНИИПО, 2015. — Ч. 3. — С. 239–248.
41. Шнипов А. В., Егоров П. Л. Пластиковые трубопроводы для спринклерных систем пожаротушения — экономические и эксплуатационные преимущества. URL: <http://www.stroybest.ru/info/view/2376> (дата обращения: 01.03.2016).
42. Мешман Л. М., Снегирев А. Ю., Танклевский Л. Т., Таранцев А. А. О возможности использования пластиковых труб в спринклерных установках автоматического пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 10. — С. 73–78.
43. Заявка на изобретение 2013131130 А Российская Федерация. МПК В05В 12/00. Способ управления и устройство спринклерной воздушной установки пожаротушения / Танклевский Л. Т., Васильев М. А., Былинкин В. А. и др. — № 2013131130/05; заявл. 05.07.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1.
44. Веселов А. И., Мешман Л. М. Автоматическая пожаро- и взрывозащита предприятий химической и нефтехимической промышленности. — М. : Химия, 1975. — 280 с.
45. ГОСТ 26349–84. Соединения трубопроводов и арматура. Давления номинальные (условные). Ряды. — Введ. 01.01.1986. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1984.

Материал поступил в редакцию 12 марта 2016 г.

Для цитирования: Мешман Л. М., Романова Е. Ю. Проблемы разработки методики испытаний неметаллических труб и фитингов и гибких металлических труб на пожаростойкость // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 4. — С. 5–29. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.5-29.

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF TEST PROCEDURE FOR NON-METALLIC PIPES AND FITTINGS AS WELL AS FLEXIBLE METAL PIPES FOR FIRE ENDURANCE

MESHMAN L. M., Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; e-mail address: fire404@mail.ru)

ROMANOVA E. Yu., Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; e-mail address: fire404@mail.ru)

ABSTRACT

Advantages of use of nonmetallic pipes as pipeline systems for drencher and sprinkler wet and dry pipe automatic fire extinguishing installations (AUP) are considered. The analysis of advantage of use of nonmetallic pipes and flexible metal pipes in drencher and sprinkler wet and dry AUP is performed. Regulations for design of pipeline networks consisting of these pipes are provided. Distinctions in methods of fire testing of substances, materials and products for flammability, flame distribution, combustibility, fire resistance and fire endurance are shown. The domestic and foreign stands and methods connected with direct pipe testing for fire endurance are considered in detail. It is noted that the bench equipment, test methods and modes stated in domestic and foreign standards and patents for invention do not answer fully assigned purposes. The dependence of change of sprinkler angular attitude on its weight and console length is considered.

It is shown that fire endurance as an integral characteristic allows carrying out an engineering choice of specific pipes and fittings for real fire-hazardous objects. There is reasoned the inter-connection of test parameters and wet AUP functioning both in operating and standby conditions (wet or dry) with the pipe condition in the course of their operation (with or without water discharge). Nomenclature and the values of the set of parameters characterizing fire endurance are proved. As a set of parameters characterizing fire endurance, there are proposed the test duration before the depressurization of the pipe, temperature of tests, hydraulic or pneumatic pressure and water discharge through the pipe carried out automatically in fixed time after the beginning of the test. Test validation of the nature of the orientation angle change of the sprinkler axis (or a spray) must be given depending on its weight, console length and manner of pipe fastening (sliding or rigid).

The criterion for the positive assessment of each test is lack of integrity loss of the test pipes and fittings, and also orientation stability of the sprinkler (or spray) in space (within the possible deflection angle).

The special design of the test pipe is offered for the orientation check of sprinkler axis concerning the initial position. The stand is developed for the fire endurance definition of nonmetallic pipes (with and without fittings) and the sequence of performing operations is formulated. For control automation of depressurization there were used various technical means responding to pressure drop, to appearance of water streams or smell (at control by a dry pipe).

Keywords: flammability; tightness; hydraulic and pneumatic pressure; combustibility; test; fire resistance; fire endurance; test duration; depressurization; flame distribution; test mode; water discharge; temperature.

REFERENCES

1. Ayzenshteyn M. M., Borodin E. S., Gvozdev I. V., Beloglazova T. A., Afanasyeva N. B., Shapiro G. I., Yekhlakov S. V. Teplostoykiye plastmassovyye truby [Heat-resistant plastic pipes]. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika — Water Supply and Sanitary Technique*, 1987, no. 5, pp. 15–17.
2. Karen F. Lindsay. *FRP pipe finds its niche in specialty applications*. Composites Institute, 1996.
3. Joie L. Folkers. *Development of fire resistant fiberglass pipe*. Houston, Ameron Fiberglass Pipe Division, February 1996.
4. Fire sprinkler systems and the use of CPVC plastic piping. *Information File of BAFSA*, October 2007, issue 1, BIF no. 8D. 4 p.
5. Sullivan (Sully) D. Curran P. E. *Fire resistant fiberglass pipe*. Heatherfield, Houston, Fiberglass Tank & Pipe Institute, July 2013. 3 p.

6. *Time-tested fiberglass piping systems for water applications. From Smith Fibercast*. Bulletin no. C3320, November 1, 2005. 11 p. Available at: <http://www.designplasticsystems.com/prodcat/Smith/Smith-Water.pdf> (Accessed 1 March 2016).
7. Kevin Schmit. Fiberglass reinforced plastic (FRP) piping systems. Column pipe applications on off-shore structures. *Engineering Series ES-030*. Available at: <http://www.fiberbond.com/docs/Column-PipeApplications.pdf> (Accessed 1 March 2016).
8. *Fire protection standards 88–2001. Fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations norms*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2001 (in Russian).
9. *Set of rules 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
10. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
11. *Proyektirovaniye, montazh i ekspluatatsiya truboprovodov “Akvaterm Firestop” v vodozapolnennykh sprinklernykh ustanovkakh pozharotusheniya. Tekhnicheskiye usloviya* [Design, installation and operation of pipelines “Aquaterm Firestop” in sprinkler wet pipe fire extinguishing installations. Specifications]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2008. 88 p. (in Russian).
12. *Interstate Standard 30402–96. Building materials. Ignitability test method*. Moscow, Center of Design Production in Construction Publ., 1996 (in Russian).
13. *National standard of the Russian Federation 50695–94. Methods of test for the determination of the flammability of solid electrical insulating materials when exposed to an igniting source*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1994 (in Russian).
14. *National standard of the Russian Federation 51032–97. Building materials. Spread flame test method*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1996 (in Russian).
15. *Interstate Standard 30244–94. Building materials. Methods for combustibility test*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1995 (in Russian).
16. *ISO 13943:2008. Fire safety — Vocabulary*. Geneva, International Standardization Organization, 2008.
17. *Set of rules 2.13130.2012. Systems of fire protection. Fire-resistance security of protecting units*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2012 (in Russian).
18. *National standard of the USSR 27484–87. Fire hazard testing. Test methods. Needle-flame test*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1988 (in Russian).
19. *Interstate standard 30247.1–94. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. Load-bearing and separating constructions*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1995 (in Russian).
20. *National standard of the Russian Federation 53299–2009. The test method for the fire resistance. Ventilation ducts*. Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
21. *National standard of the Russian Federation 53304–2009. Trunks of refuse chutes. The test method on fire resistance*. Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
22. Smelkov G. I., Poedintsev I. F., Kasholkin B. I. *Nagrevatel'naya pech dlya ispytaniy kabeley na ognestoykost* [Reheating furnace for fire resistance cable testing]. Patent SU, no. 662852, 15.05.1979.
23. Bakhshiyev Ts. A., Kazennov A. A., Kazhdan A. Z. et. al. *Trubchataya pech* [Tube furnace]. Patent RU, no. 2021326, 15.10.1994.
24. Artemenko A. I., Goldobin G. D., Yagupov I. N. *Ustroystvo dlya ispytaniya materialov na goryuchest* [Material test device for combustibility]. Patent SU, no. 609082, 30.05.1978.
25. Lashkin S. M., Bazhenov S. V., Semenov Yu. G., Zabegaev V. I. *Sposob ispytaniya stroitelnykh materialov na goryuchest i ustanovka po otsenke goryuchesti stroitelnykh materialov* [Flammability testing method of construction materials, and evaluation plant of construction materials flammability]. Patent RU, no. 2475286, 20.02.2011.
26. *UL 94. Test for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances*. USA, Northbrook, Underwriters Laboratories Inc., 2006.
27. *National standard of the USSR 28779–90. Solid electrical insulating materials. Test methods for determination of flammability when exposed to an igniting source*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1991 (in Russian).
28. *National standard of the Russian Federation 1182–2011. Fire tests for construction materials and products. Non-combustibility test method*. Moscow, Standartinform Publ., 2014. (in Russian).

29. *National standard of the Russian Federation 53272–2009. Fire equipment. Fire rope descenders. General technical requirements. Test methods.* Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
30. *ISO 6182-12:2014. Fire protection — Automatic sprinkler systems — Part 12: Requirements and test methods for grooved-end components for steel pipe systems.* Geneva, International Standardization Organization, 2014.
31. *Interstate standard 30247–94. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. General requirements.* Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1996 (in Russian).
32. *Fire protection standards 244–97. Building materials. Decorative-finishing and facing materials. Materials for cover of floor. Roofing, hydro- and heat-insulating materials. Parameters of fire danger.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of the Interior of Russia Publ., 1997.
33. *UL 1821. Standard for thermoplastic sprinkler pipe and fittings for fire protection service.* USA, Northbrook, Underwriters Laboratories Inc., 2015.
34. *LPS 1260: Issue 3. Plastic pipe and fittings for use in automatic sprinkler systems. Requirements for testing and approval plastic pipes and fittings.* UK, Watford, BRE Global Ltd., 2008.
35. *ASTM F1173–01. Standard specification for thermosetting resin fiberglass pipe systems to be used for marine applications.* USA, West Conshohocken, ASTM International, 2012.
36. *IMO Resolution A. 753(18) Level 3. Guidelines for the application of plastic pipes on ships.* London, International Maritime Organization Publishing, 1993.
37. Assae H. Using of composite pipes at oil, gas and oil processing enterprises. *Proceedings of the JEC 2nd I. C. S. (International Composites Summit).* Asia 2011. 18–20 October 2011, Singapore.
38. Gusev V. B., Meshman L. M., Bylinkin V. A., Gubin R. Yu., Baranovskiy A. S. Plastmassovyye trubyy “Aquatherm Firestop” — alternativa stalnym trubam avtomaticheskikh ustanovok pozharotusheniya i vnutrennego protivopozharnogo vodoprovoda [Polymer tubes “Aquatherm Firestop” — alternative of steel tubes of automatic fire-extinguishing installations and internal fire water pipeline]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2005, no. 5, pp. 103–109.
39. Bastrikov D. L., Bituev B. Zh., Molchanov V. P. Primeneniye gibkikh truboprovodov v sistemakh protivopozharnoy zashchity ob'ektov neftegazodobyvayushchego kompleksa [Use of flexible piping in systems of fire protection facilities of oil and gas producing complex]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal — Technologies of Technosphere Safety. Internet-Journal*, 2014, issue 6(58). 5 p.
40. Romanova E. Yu., Bylinkin V. A., Kopylov S. N., Gubin R. Yu. Truby iz nemetallicheskih materialov i metody ikh ispytaniy dlya otsenki vozmozhnosti ikh primeneniya v AUP [Non-metallic pipes and testing methods for assessment of possibility of their application in AUP]. *Aktualnyye problemy pozharnoy bezopasnosti: materialy XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu MChS Rossii* [Actual problems of fire safety: materials of XXVII International Theoretical and Practical Conference Devoted to the 25th Anniversary of Emercom of Russia]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2015, part 3, pp. 239–248.
41. Shnipov A. V., Egorov P. L. *Plastikovyye truboprovody dlya sprinklernykh sistem pozharotusheniya — ekonomicheskiye i ekspluatatsionnyye preimushchestva* [Plastic pipe lines for sprinkler fire extinguishing installations — economic and operational advantages]. Available at: <http://www.stroybest.ru/info/view/2376> (Accessed 1 March 2016).
42. Meshman L. M., Snegirev A. Yu., Tanklevskiy L. T., Tarantsev A. A. O vozmozhnosti ispolzovaniya plastikovykh trub v sprinklernykh ustanovkakh avtomaticheskogo pozharotusheniya [On the possibility of the use of plastic pipes sprinkler automatic fire extinguishing installations]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 10, pp. 73–78.
43. Tanklevskiy L. T., Vasilyev M. A., Bylinkin V. A. et. al. *Sposob upravleniya i ustroystvo sprinklernoy vozduшной ustanovki pozharotusheniya* [Control mode and design of dry pipe fire extinguishing installation]. Patent application RU, no. 2013131130, 10.01.2015.
44. Veselov A. I., Meshman L. M. *Avtomaticheskaya pozharo- i vzryvozashchita predpriyatiy khimicheskoy i neftekhimicheskoy promyshlennosti* [Automatic fire-and explosion protection of enterprises of chemical and petrochemical industry]. Moscow, Khimiya Publ., 1975. 280 p.
45. *National standard of the USSR 26349–84. Tube connections and fittings. Nominal (conditional) pressures. Series.* Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1984 (in Russian).

For citation: Meshman L. M., Romanova E. Yu. Problemy razrabotki metodiki ispytaniy nemetallicheskih trub i fittingov i gibkikh metallicheskih trub na pozharostoykost [Problems of development of test procedure for non-metallic pipes and fittings as well as flexible metal pipes for fire endurance]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 4, pp. 5–29. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.04.5-29.