© Л. В. Белова, А. С. Гульбинас, А. А. Ходюня, 2023

УДК 614.844.2/614.842.62

2.1.4 Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов
(технические науки)

ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ЗРЕЛИЩНОЙ ЧАСТИ КУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

Л. В. Белова, А. С. Гульбинас, А. А. Ходюня
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

PROJECT EXAMINATION OF THE AUTOMATIC WATER FIRE EXTINGUISHING SISTEM OF THE ENTERTAINMENT AREA IN THE CULTURE AND HEALTH CENTER

Larisa V. Belova, Alexandra S. Gulbinas, Arseniy A. Khodyunya
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. Здания с массовым пребыванием людей, в частности культурно-досуговые учреждения, относят к объектам высокого пожарного риска, связанного с поражением и гибелью людей при несоблюдении требований пожарной безопасности. В статье представлены результаты исследований по установлению соответствия принятых проектных решений системы автоматического водяного пожаротушения зрелищной части культурно-оздоровительного центра действующим стандартам и правилам пожарной безопасности. Выявлено, что при расчете пожарных рисков показатели эффективности автоматических установок пожаротушения зачастую завышаются и учитывается только их наличие или отсутствие без учета надежности. Назрела необходимость разработки методики оценки надежности и эффективности автоматических уста-

Abstract. Buildings with a large number of people, in particular cultural and leisure centers are objects of high fire risk associated with injury and loss of life due to non-compliance with fire safety requirements. The article presents the results of studies to establish the compliance of the adopted design solutions of the automatic water fire suppression system in the entertainment area of the cultural and health center to the current standards and rules of fire safety. It was found that during the calculation of fire risks often overestimates the effectiveness indicator of automatic fire suppression systems and takes into account only their presence or absence, without regard to reliability. There is a need to develop a methodology for assessing the reliability and efficiency of automatic fire suppression systems at the design stage and the automation of this process within the framework of digitalization of

DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-45-57

новок пожаротушения на стадии проектирования и автоматизации данного процесса в рамках цифровизации строительства. На конкретном примере системы автоматического спринклерного водяного пожаротушения сцены показан расчет оценки возможности применения спринклерных автоматических установок пожаротушения, при этом установлено, что при значительных высотах расположения спринклеров часто возникает необходимость использования устройств принудительного пуска спринклеров для повышения надежности работы установок.

construction. On the example of an automatic water fire sprinkler system for extinguishing the stage, the authors show the calculation of assessing the possibility of using automatic fire suppression sprinkler systems.

It is found that at considerable heights of sprinkler locations, it is often necessary to use devices of forced start-up of sprinklers to increase the reliability of the systems.

Ключевые слова: пожаротушение, система автоматического водяного пожаротушения сценической коробки, оценка возможности применения спринклерной АУП, спринклер с принудительным пуском, соответствие требованиям нормативных документов

Key words: fire extinguishing, automatic water fire suppression system of the stage box, assessment of the possibility of using a sprinkler automatic fire suppression system, sprinkler with forced start, compliance with standards

Для цитирования: Белова, Л. В. Экспертиза системы автоматического водяного пожаротушения зрелищной части культурно-оздоровительного центра / Л. В. Белова, А. С. Гульбинас, А. А. Ходюня. – DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-45-57. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2023. – № 1 (103). – С. 45–57.

For citation: Belova, L. V., Gulbinas, A. S., & Khodyunya, A. A. (2023). Project examination of the automatic water fire extinguishing sistem of the entertainment area in the culture and health center. Architecture, Construction, Transport, (1(103)), pp. 45-57. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-45-57.

Введение

Вопросы пожарной безопасности являются актуальными на протяжении всего жизненного цикла объекта капитального строительства независимо от его функционального назначения. В зоне особого внимания находятся объекты с массовым пребыванием людей: гостиницы, образовательные и культурно-досуговые учреждения, многофункциональные здания.

Особенностью культурно-зрелищных учреждений является наличие зрительного зала со сценической коробкой[1] (рис. 1, 2), на которой могут быть размещены легковоспламеняющиеся объекты (декорации и бутафория, выполненные из горючих материалов; сложное электротехническое и осветительное оборудование), использованы спецэффекты с применением открытого огня и др. [1, 2].

[1] Методическое пособие по проектированию театрально-зрелищных зданий : методическое пособие к СП 309.1325800.2017 Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования / утверждено Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2019. – 107 с. – Текст : непосредственный.

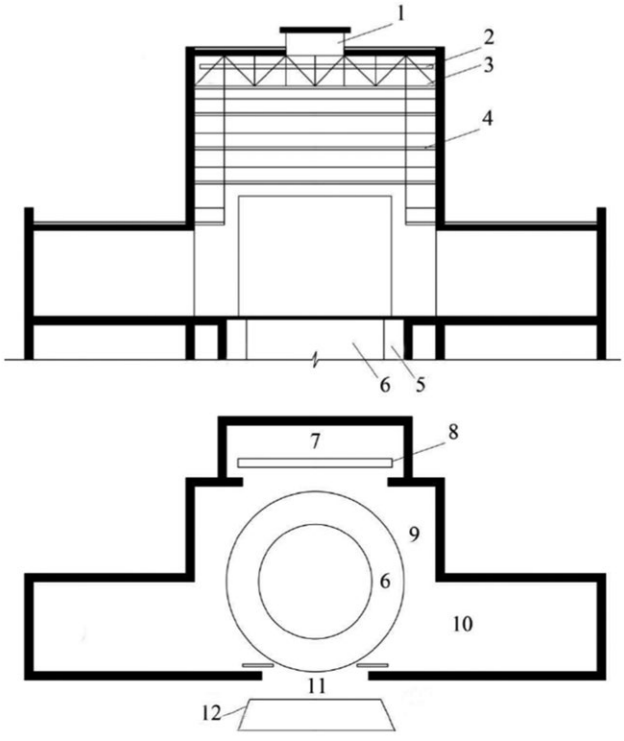

Рис. 1. Взаимное расположение элементов глубинной сцены: 1 – люк дымоудаления; 2 – штанкетная площадка; 3 – колосниковый настил; 4 – рабочие галереи; 5 – трюм; 6 – барабанный круг; 7 – арьерсцена; 8 – сейф; 9 – сцена; 10 – карман; 11 – авансцена; 12 – оркестровая яма

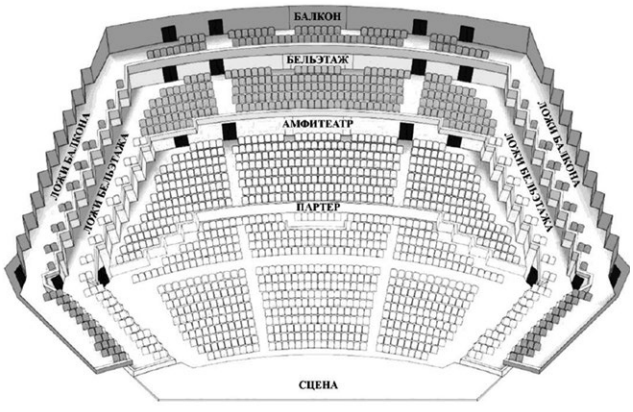

Рис. 2. Расположение мест в зрительных залах культурно-зрелищных учреждений

Наиболее опасным является возникновение пожара на сцене (60–70 % всех пожаров) [1], который характеризуется:

1) высокими скоростями распространения огня (3 м/мин – по планшету сцены, 6 м/мин – по декорациям);

2) задымлением вследствие применения необходимых для технологического процесса материалов, выделяющих большое количество теплоты и ядовитых продуктов при сгорании;

3) затруднением эвакуации большого числа людей, сопровождающейся паникой;

4) наличием электротехнического оборудования под напряжением;

5) вероятностью обрушения переходных и рабочих галерей, осветительных приборов над зрительным залом;

6) блокировкой дверей из-за повышающегося давления во время пожара в сценической коробке.

При определении расчетных величин пожарных рисков, согласно Методике[2], учитывается наличие систем обеспечения пожарной безопасности зданий, к которым относят автоматические установки пожаротушения (далее АУП). Надежность работы систем автоматического пожаротушения и других систем защиты зданий до прибытия пожарных подразделений обеспечивается быстротой реагирования и исключением ошибок, связанных с человеческим фактором. В связи с этим повышается актуальность экспертизы проектных решений по установлению их соответствия действующим нормативно-техническим и правовым документам.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является система противопожарной защиты с использованием автоматических установок водяного пожаротушения культурно-оздоровительного центра, а

[2] Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности : утверждена приказом Министерства МЧС России от 30 июня 2009 года № 382. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902167776?marker=6500IL (дата обращения: 02.02.2023).

именно – зрелищной части культурно-досугового блока. Предмет исследования – проверка соответствия принятых проектных решений системы автоматического пожаротушения сценической части требованиям технических регламентов и нормативных документов. В исследовании использовались общенаучные методы сравнения, анализа и синтеза, математической обработки.

Методика определения расчетных величин пожарных рисков учитывает наличие систем обеспечения пожарной безопасности зданий, к которым относят установки автоматического пожаротушения, системы противодымной защиты, пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией людей. Согласно п. 8 Методики, при определении величины пожарного риска конкретного сценария пожара необходимо принять величину коэффициента, учитывающего соответствие установок автоматического пожаротушения требованиям нормативных документов по пожарной безопасности – $K_{an,i}$. Рекомендуется принимать значение параметра равным $K_{an,i} = 0,9$, если: 1) здание оборудовано АУП и система соответствует требованиям нормативно-правовых документов по пожарной безопасности; 2) здание оборудовано АУП несмотря на отсутствие требования в нормативно-правовых документах о необходимости ее наличия. В остальных случаях, согласно Методике, данный коэффициент принимается равным $K_{an,i} = 0$.

Таким образом, в настоящее время соответствие системы АУП требованиям действующих нормативно-правовых документов по пожарной безопасности оценивается только исходя из требований СП 486.1311500.2020[3]. Отсутствует способ оценки правильности принятых проектных решений в диапазоне от 0 до 0,9, хотя это особенно важно, так как при проектировании одного и того же объекта (или аналогичных) разными проектировщиками их проектные решения могут отличаться значительно.

Японские ученые проанализировали статистику надежности и работоспособности систем автоматического спринклерного пожаротушения при пожарах в торговых и офисных зданиях Японии [3]. Согласно действующим японским методам проверки безопасной эвакуации, надежность системы противопожарной защиты при расчетах принимается либо за 0, либо за 100 %. Исследователи выявили, что при площади горения менее 4 м^2 надежность эффективного срабатывания спринклерной АУП оказалась равной 83 % (исследованиями других авторов подтверждается диапазон эффективного срабатывания от 81,3 до 99,5 % [4]). Такой подход к надежности систем противопожарной защиты, когда риск отказа в работе не принимается во внимание, по мнению авторов исследования, приводит к ошибкам в проекте безопасности эвакуации и может привести к пагубным последствиям.

Для оценки надежности технических систем, в том числе АУП, применяются такие показатели, как интенсивность отказов $\lambda(t)$, вероятность безотказной работы $P(t)$ и время гарантированной работы, или время работы до отказа t [5].

Согласно отчету по оценке пожарного риска в Драматическом театре [6], для сценария пожара с неработающими АУП сценической коробки, противодымной защиты и управления пожарными насосами значение частоты возникновения пожара составило $4,111 \cdot 10^{-2}$ в сравнении со среднестатистическим годовым значением для зданий зрелищных и культурно-просветительных учреждений $6,90 \cdot 10^{-3}$ согласно Методике определения расчетных величин пожарного риска.

[3] Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности = The list of buildings, structures, premises and equipment, subject to protection by automatic extinguishing and fire alarm systems : СП 486.1311500.2020 : утвержден и введен в действие Приказом МЧС России от 20.07.2020 № 539 : введен впервые : дата введения 2021-03-01 / разработан ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/566348486 (дата обращения: 02.02.2023).

Таким образом, согласно расчету пожарного риска, при неисправном состоянии инженерных систем противопожарной защиты в случае пожара на сцене скорость распространения пожара по горизонтали составит 0,33–0,44 м/мин, а по вертикали – 18 м/мин; зрительный зал заполнится продуктами сгорания за 1-2 мин, а тепловой поток от горящих декораций и занавеса станет невыносимым для зрителей через 30 секунд, что неизбежно может привести к угрозе жизни людей [6]. Кроме того, согласно моделированию процесса эвакуации людей из разных зон, выявлена зона с вероятностью эвакуации равной 0,000 для людей, находящихся в демонстрационном комплексе театра. Данное значение прсвоено всему демонстрационному комплексу по минимальному расчетному значению 0,000, полученному для зрительного зала в месте перед выходом с балкона в фойе 3 этажа. В этом случае специалистом были предложены противопожарные мероприятия по обеспечению безопасной эвакуации – приведение в рабочее состояние системы дымоудаления и системы водяного пожаротушения защиты сценической коробки. При этом в итоговом расчете принималось значение вероятности эффективного срабатывания установки автоматического пожаротушения равное 0,9 без учета оценки надежности отремонтированной АУП.

В практике принятия проектных решений основное внимание уделяется разработке проектов, соответствующих требованиям нормативно-правовых документов в области технической и пожарной безопасности, однако вопросу оценки надежности системы на стадии проектирования не уделяется должного внимания. Принято проводить сравнительную технико-экономическую оценку проектных решений только с точки зрения денежной экономии за счет применения того или иного оборудования или материала [7], но не в разрезе анализа надежности системы в целом и повышения продолжительности безотказной работы системы, а именно – времени ее работы до отказа [5].

Объект исследования – культурно-досуговый блок здания культурно-оздоровительного центра – состоит из зрелищной части, клубной части и служебно-бытовых помещений. Вместимость зрительного зала составляет 695 мест (рис. 3), для артистов предусмотрены две групповые артистические уборные вблизи сцены; костюмерная для хранения сценических костюмов и подготовки их к спектаклю; склад декораций для хранения объемных декораций, мебели, бутафории.

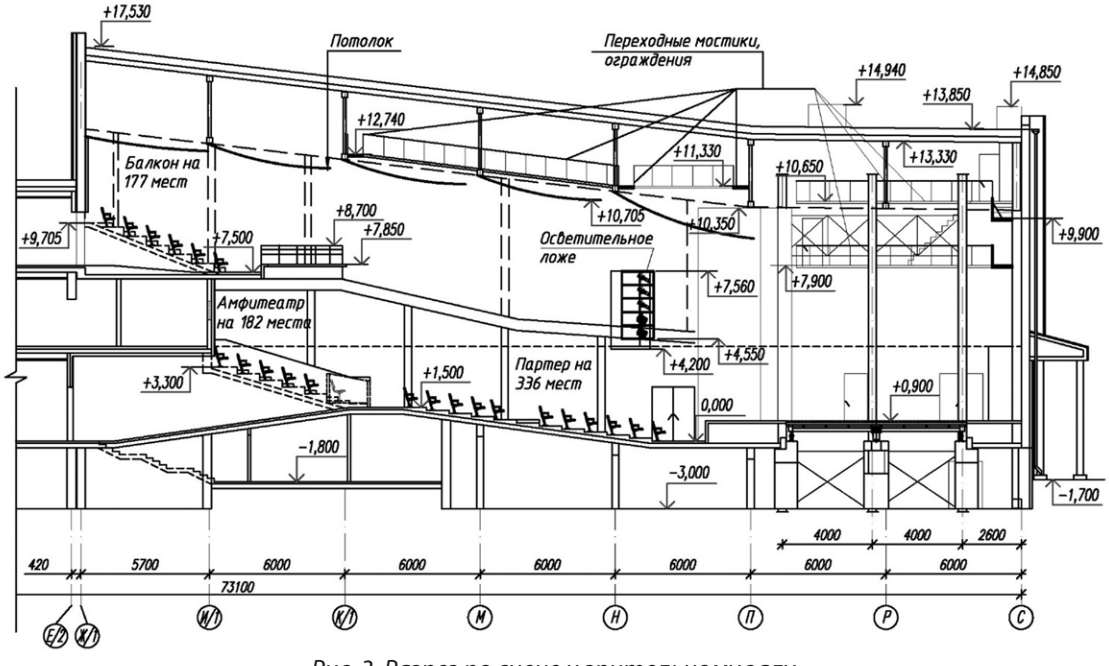

Рис. 3. Разрез по сцене и зрительному залу

Стены концертного зала облицованы акустическими панелями TAGinterio и звукопоглащающими панелями Heradesign Superfine, подвесной потолок – Rockfon Sonar Bas, пол зала – паркет, пол сцены – палубный брус.

Проект системы автоматического водяного пожаротушения сценической части был разработан до 2020 года. Сценическая часть защищена установками автоматического водяного пожаротушения, принципиальная схема системы АУП изображена на рис. 4. В таблице 1 приведены параметры 7 секций системы автоматического пожаротушения сцены, в том числе 4 дренчерных и 3 спринклерных.

Экспертиза проекта автоматического пожаротушения сценической части проводится в несколько этапов. На первом оформляется список действующих правовых и нормативно-технических документов с актуальными изменениями на текущую дату для объекта экспертизы. На втором этапе составляется перечень вопросов или пунктов документов, требования которых должны выполняться в обязательном порядке согласно Постановлению Правительства № 815[4] или в до-

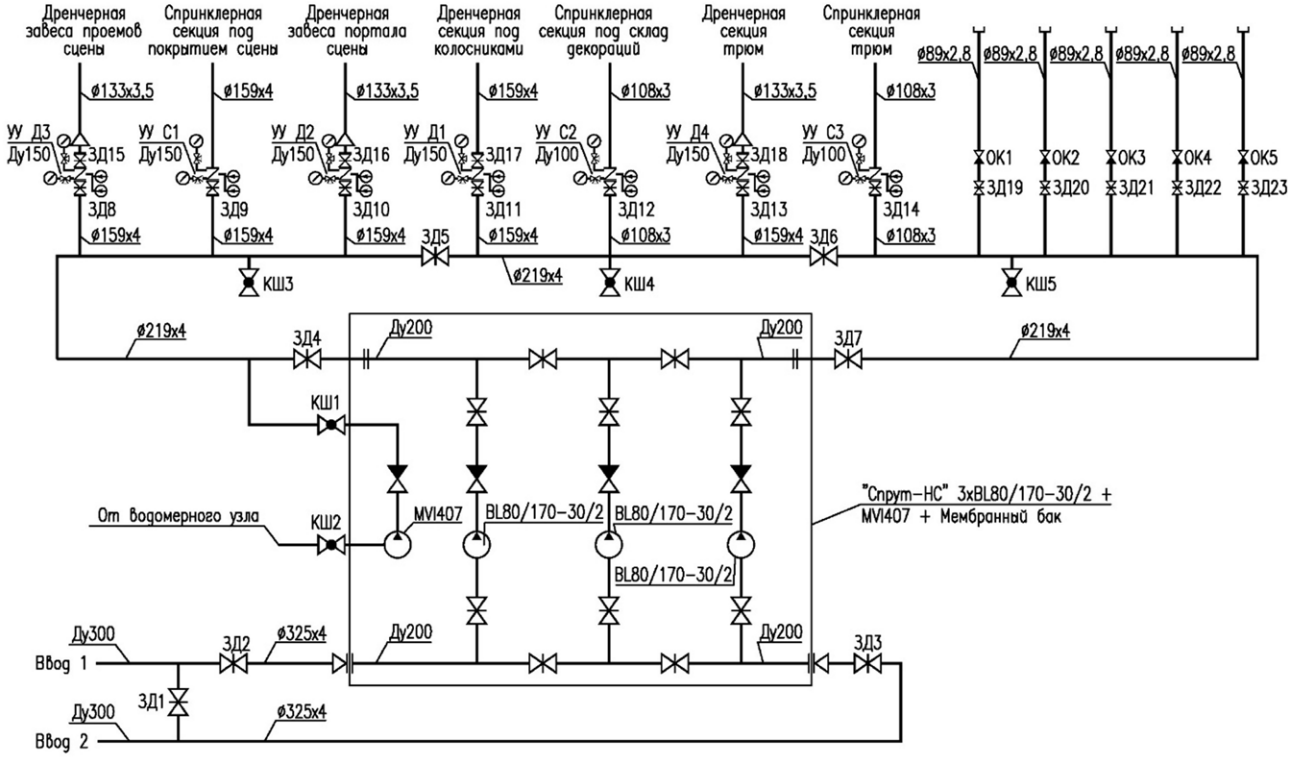

Рис. 4. Принципиальная схема системы автоматического водяного пожаротушения сцены:
УУ С – узел управления спринклерный водозаполненный;
УУ Д – узел управления дренчерный с электроприводом;
ЗД – затвор дисковый с блоком концевых выключателей; КШ – кран шаровый

[4] Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. № 985» (с изменениями и дополнениями) : Постановление Правительства РФ № 815 от 28 мая 2021 года. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/603700806 (дата обращения: 12.02.2023).

бровольном порядке в соответствии с Приказом Росстандарта № 1190[5].

На третьем этапе происходит ознакомление с проектом и проведение экспертизы, т. е. установление соответствия принятых проектных решений действующим нормам; на четвертом – оформление экспертного заключения по результатам проверки [8].

Таблица 1

Параметры секций системы автоматического пожаротушения сцены

Наименование секции АУП	Информация по оросителям							
	Отметка расположения	Количество рабочих/запас	Марка/диаметр отверстия оросителя, мм	Тип замка оросителя/диаметр колбы, мм	Коэффициент тепловой инерционности *K* спринклера, $(м \cdot с)^{1/2}$	Площадь орошения оросителя, $м^2$	Температура срабатывания теплового замка оросителя, °С	Расстояние между оросителями, *L*, м
Дренчерная завеса проемов сцены	+12,400 +10,100 +3,200	19/3	Ороситель дренчерный водяной горизонтальный ДВО1-РГо0,47-R1/2/В3-«ДВГ-12»/ $d_{отв.}$ = 12 мм	–	–	12	–	0,8–1,0
Дренчерная завеса портала сцены	+10,000	15/2	Ороситель дренчерный водяной горизонтальный ДВО1-РГо0,47-R1/2/В3-«ДВГ-12»/ $d_{отв.}$ = 12 мм	–	–	12	–	2,7
Дренчерная секция под колосниками и первой рабочей галереей	+9,900 +7,500	42/6	Ороситель дренчерный водяной розеткой вверх ДВО0-РВо0,60-R1/2/В3-«ДВВ-К115»/ $d_{отв.}$ = 13,3 мм	–	–	12	–	3,0
Дренчерная секция механизма поворотного круга в трюме сцены	–0,900	12/2	Ороситель дренчерный водяной и пенный горизонтальный ДУО1-РГо0,74-R1/2/В3-«ДВГ-15»/ $d_{отв.}$ = 15 мм	–	–	24	–	2,0
Спринклерная секция под покрытием сцены и второй рабочей галереей	+13,300 +10,400 +9,650	46/6	Ороситель спринклерный водяной розеткой вверх СВО0-РВо0,6-R1/2/Р57.В3-«СВВ-К115»/ $d_{отв.}$ = 13,3 мм	стеклянный/колба d=5 мм	80	12	57	3,0
Спринклерная секция склада декораций	+7,300	6/1	Ороситель спринклерный водяной розеткой вверх СВО0-РВо0,6-R1/2/Р57.В3-«СВВ-К115»/ $d_{отв.}$ = 13,3 мм	стеклянный/колба d=5 мм	80	12	57	2,7

[5] Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 8 сентября 2022 года) : Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 июля 2020 года № 1190. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/565314055 (дата обращения: 15.01.2023).

Продолжение таблицы 1

Наименование секции АУП	Информация по оросителям							
	Отметка расположения	Количество рабочих/запас	Марка/диаметр отверстия оросителя, мм	Тип замка оросителя/диаметр колбы, мм	Коэффициент тепловой инерционности *K* спринклера, $(м \cdot с)^{1/2}$	Площадь орошения оросителя, $м^2$	Температура срабатывания теплового замка оросителя, °С	Расстояние между оросителями, *L*, м
Спринклерная секция трюма	$\frac{+0{,}600}{-0{,}500}$ $-2{,}500$	62/8	Ороситель спринклерный водяной розеткой вверх СВО0-РВо0,6-R1/2/P57.B3-«СВВ-К115»/ $d_{отв.}$ = 13,3 мм	стеклянный/ колба d=5 мм	80	12	57	3,0

Результаты

В данной публикации освещены отдельные недочеты рассматриваемого проекта, связанные в основном с изменением нормативной базы после 2020 года. В первую очередь была выполнена проверка необходимости защиты культурно-досугового блока со сценой установками автоматического пожаротушения согласно СП 486.1311500.2020.

Вместимость зала в рассматриваемом объекте более 400 (695 мест), площадь сцены более 100 м^2 (287,12 м^2), что требует устройства противопожарной защиты автоматическими установками пожаротушения независимо от площади (п. 33.2 таблицы 3 СП 486.1311500.2020).

Таким образом, при расчете пожарных рисков и эвакуации людей была принята вероятность эффективного срабатывания АУП 90 %. Однако дальнейший анализ показал, что выявленные в проекте проблемы в значительной степени снижают вероятность эффективного срабатывания.

С 2021 года впервые в СП 485.1311500.2020[6] появилась методика оценки возможности применения спринклерной АУП, согласно которой проводится проверка соблюдения следующих требований [9]:

1) площадь пожара $S_п$ к моменту активации первого спринклерного оросителя не должна превышать площадь $S_{лик}$, защищаемую одним оросителем, $S_п < S_{лик}$;

2) значение температуры колбы $T_{кол}$, при которой происходит разрушение ее теплового замка и активация оросителя, должна быть не менее паспортного значения номинальной температуры срабатывания оросителя $T_{пасп}$, т. е. $T_{кол} \geq T_{пасп}$ на момент достижения пожаром площади пожара $S_п$, не превышающей площади, защищаемой одним спринклерным оросителем $S_{лик}$;

3) время активации спринклерного оросителя $t_{акт.орос}$ должно быть меньше времени $t_{лик}$, соответствующего развитию пожара на площади $S_{лик}$;

4) высота помещения *H* должна быть меньше $H_{кр}$, если условие не выполняется, то на высоте *H* не будет достигнута температура $T_{пасп}$ и ороситель не сработает.

Если условия данных пунктов не выполняются, то спринклерная АУП неэффективна и требуется предусмотреть другие способы противопо-

[6] Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования = Automatic fire-extinguishing systems. Designing and regulations rules : СП 485.1311500.2020 : утвержден и введен в действие приказом МЧС России от 31.08.2020 № 628 : введен взамен СП 5.13130.2009 в части требований к установкам пожаротушения автоматическим : дата введения 2021-03-01 / разработан и внесен ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573004280 (дата обращения: 03.02.2023).

Таблица 2

Показатели оценки возможности применения спринклерной АУП для сценической части культурно-досугового блока

Спринклерная секция:	Исходные данные						Расчетные данные СП 485.1311500.2020				
	Тип оросителя	K, (м·с)$^{1/2}$	L, м	H, м	λ	T_0, °С	$H_{кр}$, м	$T_{кол}$, °С	$t_{акт.орос}$, с	$t_{лик}$, с	$S_п$, м^2
под покрытием сцены и второй рабочей галереей	«СВВ-К115»	80 колба диаметром 5 мм	3,0	12,4	0,707	25	10,65	57,08	115	105,7	14,21
						24	10,28	57,16	117	105,7	14,71
						23	9,94	57,26	119	105,7	15,22
						22	9,61	57,38	121	105,7	15,73
						21	9,31	57,50	123	105,7	16,26
						20	9,02	57,07	124	105,7	16,52
						19	8,74	57,21	126	105,7	17,06
						18	8,49	57,36	128	105,7	17,61
	Ороситель с меньшим коэффициентом тепловой инерционности	50 колба диаметром 3 мм	3,0	12,4	0,707	25	11,97	57,31	105	105,7	11,85
						24	11,82	57,42	107	105,7	12,30
						23	11,83	57,53	109	105,7	12,77
						22	11,82	57,10	110	105,7	13,00
						21	11,54	57,23	112	105,7	13,48
						20	11,20	57,37	114	105,7	13,97
						19	10,87	57,52	116	105,7	14,46
						18	10,57	57,10	117	105,7	14,71
	Принудительный пуск для оросителей «СВВ-К115»	пиротехнический привод для разрушения колбы диаметром 5 мм	3,0	12,4	0,707	18–25	–	–	62,33	105,7	4,18
склада декораций	«СВВ-К115»	80 колба диаметром 5 мм	2,7	7,3	0,707	25	10,75	57,57	87	105,7	8,13
						18	9,44	57,22	95	105,7	9,70
трюма	«СВВ-К115»	80 колба диаметром 5 мм	3,0	3,6	0,707	25	10,65	57,71	70	105,7	5,27
						18	8,49	57,50	76	105,7	6,21

жарной защиты, а именно – дренчерную АУП или спринклеры с принудительным пуском.

Результаты проверки эффективности применения спринклерной АУП приведены в табличной форме (таблица 2). Для зрительного зала проектом предусмотрены две системы приточной вентиляции, работающие для воздухоохлаждения с температурой охлаждения от +25 до +18 и +20 °С, данный температурный диапазон принят за температуру в помещении до пожара T_0.

Согласно полученным расчетам видно, что оросители, расположенные под покрытием сцены и второй рабочей галереей на отметке +13,300 при диаметре стеклянной колбы 5 мм и 3 мм, не вскроются при $S_п < S_{лик}$ с учетом различных температур в помещении до пожара.

Запроектированная система спринклерного автоматического пожаротушения в таком виде не является эффективной, предложено оснастить существующие спринклеры устройством

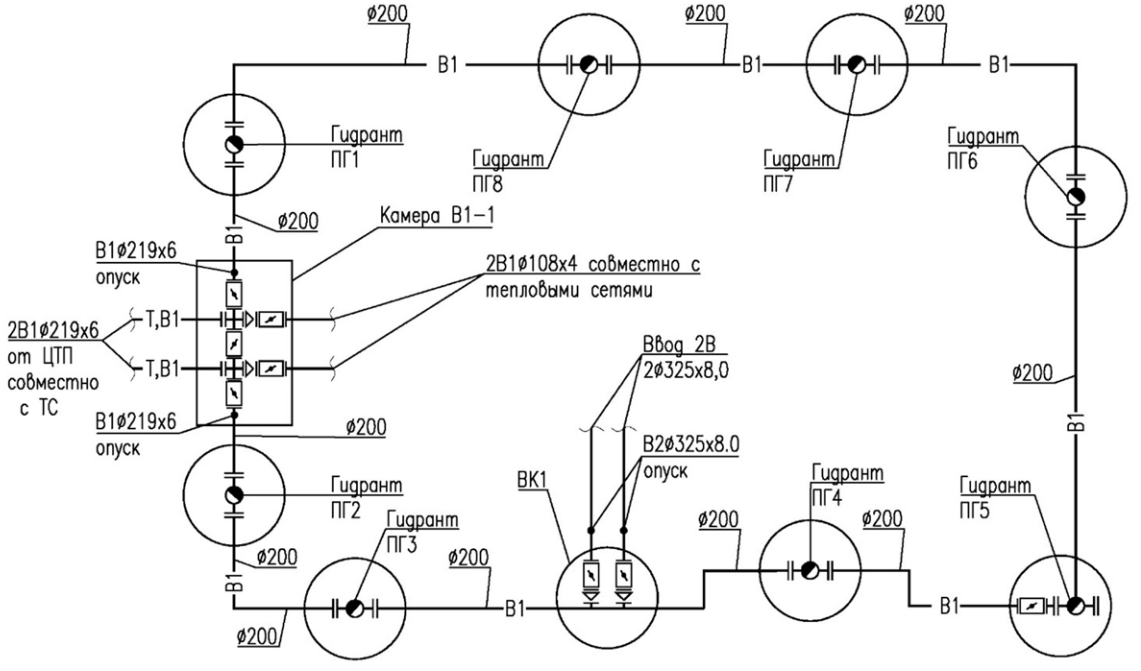

Рис. 5. Принципиальная схема наружных сетей водопровода проектируемого объекта

принудительного пуска, при котором все параметры будут выполнены (таблица 2). Спринклерные секции склада декораций и трюма являются эффективными и не требуют изменений. При проверке наружных сетей водопровода, транспортирующих воду на нужды хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, выявлено нарушение в значении диаметра наружной кольцевой сети (рис. 5), диаметр кольцевой сети должен быть не менее требуемых диаметров ввода водопровода в здание. Сети кольцевой сети выполнены диаметрами Ду200, вводы на нужды пожаротушения сценической части выполнены двумя трубами Ду300.

Согласно техническим условиям на подключение, напор хозяйственно-питьевого водопровода в точке врезки в ЦТП составляет 30–25 м вод. ст. В расчетах выполнена проверка работы сети при пожаре в час максимального водопотребления и при аварии на сети в этом же режиме. Расчетные расходы воды в случае пожара составили 112,4 л/с, в т. ч.: 1) внутреннее пожаротушение – 2 струи по 5,0 л/с; 2) автоматическое пожаротушение – 63,1 л/с; 3) хозяйственно-питьевой водопровод – 9,3 л/с; 4) наружное пожаротушение – 30,0 л/с.

Гидравлический расчет водопроводных сетей, питаемых двумя вводами, проводился с учетом выключения одного из них и пропуска по нему 100%-го расхода воды с целью проверки обеспечения в диктующей точке наружных сетей минимального свободного напора во время пожара не менее 10,0 м вод. ст. Расчет приведен в табличной форме (таблица 3).

По расчету видно, что при подаче воды в здание по двум трубам давление у ПГ4 будет не менее 12,68 м, однако при аварии на сети во время пожара и подаче 100%-го расхода воды по одному трубопроводу давление в сети будет менее 10,0 м. В данном случае, при прибытии пожарных подразделений к месту тушения пожара и отсутствии воды в наружных сетях, пожарные вынуждены отключать установки автоматического пожаротушения, что, соответственно, снижает эффективность их применения.

Предложено увеличить диаметры кольцевой сети и трубопроводов от ЦТП до камеры В1-1 с 219 × 6,0 до 325 × 8,0 мм или проложить самостоятельный ввод на нужды автоматического водяного пожаротушения двумя трубами диаметром Ду300 мм с подключением к существующему городскому водопроводу диаметром Ду300 мм.

Таблица 3

Проверка остаточного напора в наружной сети водопровода при режиме «пожар» в час максимального водопотребления

Режим работы сети	Расчетное направление	Расход, л/с	Диаметр, мм	Скорость, м/с	Гидравлический уклон, м/м	Потери напора с учетом местных 20 %, м вод. ст.	Напор в точке, м вод. ст. (согласно ТУ давление в точке меняется от 30 до 25 м вод. ст.)
Пожар в час максимального водопотребления	ЦТП–В1-1	112,4/2 = 56,2	219 × 6	1,64	0,022	5,23	ЦТП 30/25
							В1-1 24,77/19,77
	В1-1–ПГ4	(30+63,1)/2 = 46,6	219 × 6	1,35	0,015	7,04	В1-1 24,77/19,77
							ПГ-4 17,73/12,68
Авария на сети при существующих проектных решениях	ЦТП–В1-1	103,1	219 × 6	3,0	0,074	17,62	ЦТП 30/25
							В1-1 12,38/7,38
	В1-1–ПГ4	30+63,1= 93,1	219 × 6	2,71	0,060	10,61	В1-1 12,38/7,38
							ПГ-4 1,77/ –
Авария на сети при замене диаметра кольцевой внутриплощадочной сети В1	ЦТП–В1-1	103,1	325 × 8	1,36	0,009	2,14	ЦТП 30/25
							В1-1 27,86/22,86
	В1-1–ПГ4	30+63,1= 93,1	325 × 8	1,22	0,007	1,29	В1-1 27,86/22,86
							ПГ-4 26,57/21,57

Проведенная экспертиза проекта системы автоматического водяного пожаротушения зрительного зала со сценой выявила существенные недоработки, значительно снижающие эффективность спринклерных АУП, наглядно подтвердила факт того, что нельзя учитывать только наличие или отсутствие системы инженерной пожарной защиты здания АУП, необходимо учитывать параметры ее надежности и эффективности.

Выводы

Объекты с массовым пребыванием людей наиболее сложны с точки зрения пожарной защиты и эвакуации людей. Пожарные риски значительно снижаются при наличии систем обеспечения пожарной безопасности зданий, к которым относятся установки автоматического пожаротушения, системы противодымной защиты, пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей. Исследователи говорят о том, что при расчете пожарных рисков нельзя учитывать просто наличие или отсутствие систем АУП, требуется учитывать надежность и эффективность данных систем на разных этапах жизненного цикла и в первую очередь на этапе проектирования. Проведенная экспертиза показала, что, на первый взгляд, достаточно обоснованно запроектированный раздел имеет ряд значительных недочетов, снижающих до минимума эффективность и надежность АУП, что неприемлемо с учетом их высокой стоимости и высокого риска гибели людей.

Результаты исследований рекомендуется принимать в первую очередь для культурно-досуговых учреждений, но данный алгоритм проверки может быть применен для всех объектов, защищенных спринклерными автоматическими установками пожаротушения. Алгоритм предварительной проверки проектных решений включает: 1) проверку необходимости защиты проектируемого объекта АУП; 2) оценку возможности применения спринклерной АУП; 3) проверку источников наружного и внутреннего противопожарного водопровода на достаточность водоснабжения. После предварительной проверки проводится подробная проверка проектных решений на соответствие требованиям нормативно-правовых документов.

В условиях цифровизации строительства возрастает необходимость разработки программных комплексов для обеспечения эффективности проектных решений [10] и оценки надежности систем противопожарной защиты зданий на стадии проектирования и эксплуатации.

Библиографический список

1. Повышение противопожарной защиты в культурно-зрелищных учреждениях / А. М. Газизов, Э. Г. Самосенко, Р. Р. Насыров, Г. Л. Шидловский. – DOI 10.17122/ogbus-2021-2-48-61. – Текст : непосредственный // Oil and Gas Business. – 2021. – № 2. – С. 48–61.
2. Коршунов, И. В. Моделирование динамики начальной стадии пожара в театрах для обоснования их объемно-планировочных решений с целью обеспечения безопасной эвакуации : специальность 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Коршунов Игорь Васильевич. – Москва, 2007. – 24 с. – Текст : непосредственный.
3. Ikehata, Y. Statistical analysis on the reliability of sprinkler systems: study on a risk-based evacuation safety design method / Y. Ikehata, Ji. Yamaguchi, Y. Deguchi, T. Tanaka. – DOI 10.1007/978-981-10-0376-9_33. – Текст : непосредственный // Fire Science and Technology 2015; eds. K. Harada, K. Matsuyama, K. Himoto, Y. Nakamura, K. Wakatsuki. – 2017, P. 331–339.
4. Frank, K. Uncertainty in estimating the fire control effectiveness of sprinklers from New Zealand fire incident reports / K. Frank, M. Spearpoint, N. Challands. – DOI 10.1007/s10694-012-0297-2. – Текст : непосредственный // Fire Technology. – 2014. – P. 611–632.
5. Белова, Л. В. Повышение надежности системы внутреннего пожаротушения методом резервирования / Л. В. Белова, В. А. Клецин. – Текст : непосредственный // Современные проблемы земельно-имущественных отношений, урбанизации территории и формирования комфортной городской среды : сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 08–09 октября 2020 года. Том II. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 469–473.
6. Расчет по оценке пожарного риска в Драматическом театре. – Текст : электронный // Блог консультанта по пожарной безопасности : сайт. – URL: http://fire-consult.ru/catalog/90/90-1/raschet-po-ocenke-pozharnogo-riska-v-dramaticheskom-teatre.html (дата обращения: 22.02.2023).
7. Жилина, Т. С. Опыт проектирования приточно-вытяжных систем вентиляции на примере помещений офисного центра в г. Тобольске / Т. С. Жилина, С. Д. Вяткина, Ю. С. Ульянова. – DOI 10.31660/2782-232X-4-60-72. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 60–72.
8. Качалов, А. А. Противопожарное водоснабжение : учебник для пожарно-технических учебных заведений / А. А. Качалов, Ю. П. Воротынцев, А. В. Власов. – Москва : Стройиздат, 1985. – 286 с. – Текст : непосредственный.
9. Ходюня, А. А. Эффективность спринклерной автоматической установки пожаротушения для паркинга / А. А. Ходюня, Л. В. Белова. – Текст : непосредственный // Новые технологии – нефтегазовому региону : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В IV томах, Тюмень, 30 мая 2022 года. Том III. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 252–255.
10. Ашихмин, О. В. Цифровизация процессов принятия технологических и проектных решений в современном строительстве / О. В. Ашихмин, А. П. Шестакова. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-2-95-103. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 2 (100). – С. 95–103.

References

1. Gazizov, A. M., Samosenko, E. G., Nasyrov, R. R., & Szydlowski, G. L. (2021). Increased fire protection in cultural and entertainment institutions. Oil and Gas Business, (2), pp. 48-61. (In Russian). DOI 10.17122/ogbus-2021-2-48-61.

2. Korshunov, I. V. (2007). Modelirovanie dinamiki nachal'noy stadii pozhara v teatrakh dlya obosnovaniya ikh ob"emno-planirovochnykh resheniy s tsel'yu obespecheniya bezopasnoy evakuatsii. Avtoref. diss. … kand. tekhn. nauk. Moscow, 24 p. (In Russian).
3. Ikehata, Y., Yamaguchi, Ji., Deguchi, Y., & Tanaka, T. (2017). Statistical analysis on the reliability of sprinkler systems: study on a risk-based evacuation safety design method. Fire Science and Technology 2015, pp. 331-339. (In English). DOI 10.1007/978-981-10-0376-9_33.
4. Frank, K., Spearpoint, M. & Challands, N. (2014). Uncertainty in estimating the fire control effectiveness of sprinklers from New Zealand fire incident reports. Fire Technology, pp. 611-632. (In English). DOI 10.1007/s10694-012-0297-2.
5. Belova, L. V., & Kletsin, V. A. (2021). Povyshenie nadezhnosti sistemy vnutrennego pozharotusheniya metodom rezervirovaniya. Sovremennye problemy zemel'no-imushchestvennykh otnosheniy, urbanizatsii territorii i formirovaniya komfortnoy gorodskoy sredy: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, October, 08–09. Tyumen, Industrial University of Tyumen, (II), pp. 469-473. (In Russian).
6. Raschet po otsenke pozharnogo riska v Dramaticheskom teatre. Blog konsul'tanta po pozharnoy bezopasnosti. (In Russian). Available at: http://fire-consult.ru/catalog/90/90-1/rascheta-po-ocenke-pozharnogo-riska-v-dramaticheskom-teatre.html (accessed 22.02.2023).
7. Zhilina, T. S., Viatkina, S. D., & Ulyanova, Yu. S. (2022). Experience in designing the supplyand-exhaust ventilation systems on the example of the premises of the office center in Tobolsk. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 60-72. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-4-60-72.
8. Kachalov, A. A., Vorotyntsev, Yu. P. & Vlasov, A. V. (1985). Protivopozharnoe vodosnabzhenie. Moscow, Stroyizdat Publ., 286 p. (In Russian).
9. Khodyunya, A. A., & Belova, L. V. (2022). Effektivnost' sprinklernoy avtomaticheskoy ustanovki pozharotusheniya dlya parkinga. Novye tekhnologii – neftegazovomu regionu: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, May, 30. Tyumen, Industrial University of Tyumen, (III), pp. 252–255. (In Russian).
10. Ashikhmin, O. V., & Shestakova, A. P. (2022). Digitalization of technological and design decision-making processes in modern construction. Architecture, Construction, Transport, (2(100)), pp. 95-103. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-2-95-103.

Сведения об авторах

Белова Лариса Владимировна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры инженерных систем и сооружений, заведующая кафедрой начертательной геометрии и графики, Тюменский индустриальный университет, e-mail: belovalv@tyuiu.ru

Гульбинас Александра Сергеевна, старший преподаватель кафедры начертательной геометрии и графики, Тюменский индустриальный университет, e-mail: gulbinasas@tyuiu.ru

Ходюня Арсений Андреевич, магистрант кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет

Information about the authors

Larisa V. Belova, Candidate in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Head at the Department of Descriptive Geometry and Graphics, Industrial University of Tyumen, e-mail: belovalv@tyuiu.ru

Alexandra S. Gulbinas, Senior Lecturer at the Department of Descriptive Geometry and Graphics, Industrial University of Tyumen, e-mail: gulbinasas@tyuiu.ru

Arseniy A. Khodyunya, Graduate Student at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen