

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Управление пожарными рисками на объекте

Студент

Д.Ю. Сорвачёв

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., И.И. Рашоян

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений	9
1 Особенности управления пожарными рисками на объекте с пребыванием людей	8
1.1 Виды пожарных рисков.....	8
1.2 Пожарные риски как объект управления	11
1.3 Анализ существующих методов управления пожарными рисками	12
2 Оценка пожарного риска на примере 33 пожарно-спасательной части	
3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.....	17
2.1 Анализ существующей системы пожарной безопасности для 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.....	17
2.2 Оценка пожарного риска.....	22
3 Управление пожарным риском в 33 пожарно-спасательной части	
3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.....	68
3.1 Разработка инженерно-технических решений для управления пожарным риском в 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.....	68
3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения предлагаемых методов управления рисками.....	81
Заключение.....	87
Список используемых источников.....	92

Введение

В связи с принятием в 2008 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» особую актуальность приобретают выработка и внедрение в отечественную практику научно обоснованных методик количественной оценки пожарного риска, позволяющих устанавливать соответствие реально существующего уровня риска законодательно установленному предельному значению.

В последние десятилетия в большинстве промышленно развитых стран происходит переход от жесткого нормирования требований пожарной безопасности при проектировании зданий и сооружений к гибкому или объектно-ориентированному нормированию.

Актуальность использования средств экстренной эвакуации в случае пожара среди большого количества людей обусловлена тем, что при регулярной эвакуации из этих зданий из-за длительного времени эвакуации и возникающих опасных последствий пожара действует на людей множество факторов. Пожары в местах с пребыванием большого количества людей наносят наибольший социальный и материальный ущерб.

Объект исследования: система управления пожарными рисками

Предмет исследования: методы управления пожарными рисками

Цель исследования: повышение эффективности мероприятий по снижению пожарных рисков на объекте защиты.

Гипотеза исследования состоит в том, что можно снизить величину пожарного риска, если увеличить эффективность инженерно-технических решений по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать методы и особенности управления пожарными рисками на объекте с пребыванием людей;

- исследовать принципы и методы оценки пожарных рисков на примере 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми;
- разработать эффективные инженерно-технические решения и методические рекомендации для управления пожарным риском в 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: научная литература отечественных и зарубежных ученых по теме организации пожарной безопасности, систем пожарной безопасности и теории обследований объектов, направленных на выполнение требований пожарной безопасности.

Базовыми для настоящего исследования явились также: нормативно-методические и правовые документы в области пожарной безопасности.

Методы исследования: базировались на результатах статистического анализа причин возникновения пожаров на производственных предприятиях в целом, оценке уровня пожарной безопасности данного предприятия в частности.

Опытно-экспериментальная база исследования «3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми» 33 пожарно-спасательная часть. г.Инта РК ул.Лунина,5.

Научная новизна исследования заключается в разработке рекомендаций по использованию огнезащитных автоматических противопожарных завес как эффективного инженерно-технического мероприятия по снижению пожарного риска.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- составлении информационной базы исследований вероятности возникновения пожарных рисков предприятия;
- предложению конструктивного решения по увеличению уровня пожарной безопасности производственного объекта;

- проведению оценки практической и экономической выгоды данного решения проблемы.

Практическая значимость исследования: результаты исследования будут применяться в ходе управления противопожарным состоянием 33 пожарно-спасательная часть. г.Инта РК ул.Лунина,5.

Достоверность и обоснованность результатов: выполнен расчёт индивидуального пожарного риска на объекте исследования.

Личное участие автора в организации и проведении исследований ложных срабатываний системы пожарной сигнализации в помещениях производственного здания.

Апробация результатов работы велись в течение всего исследования, результаты докладывались на конференции проводимой Федеральным государственным пожарным надзором: «Совершенствование оценки пожарных рисков».

На защиту выносятся:

- результаты оценки пожарного риска на примере 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми;
- результаты анализа существующей системы пожарной безопасности для 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми;
- результаты исследования принципов и методов оценки пожарных рисков;
- рекомендации для управления пожарным риском в 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.

Структура магистерской диссертации работа обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 71 рисунок, список используемых источников (30 источников). Основной текст работы изложен на 95 страницах.

Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

«Допустимый пожарный риск – один из подвидов пожарного риска, уровень которого является допустимым и обоснован имеющимися социально-экономическими условиями» [5].

«Индивидуальный пожарный риск – просчитывают для того чтобы определить вероятную опасность для здоровья и жизни человека в результате воздействия опасных факторов пожара» [5].

«Пожар – это неуправляемый процесс горения, который приносит вред обществу и окружающей среде» [5].

«Пожарный риск – подразумевается мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для находящихся внутри людей и всевозможных материальных ценностей» [5].

«Управление пожарным риском – разработка и реализация комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих уменьшить значение данного пожарного риска до допустимого (приемлемого) уровня» [5].

Пожарная безопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара [9].

Система пожарной безопасности – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него [7].

Система предотвращения пожара – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключения условий возникновения пожара.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения и обозначения:

АПС – автоматическая пожарная сигнализация.

АПТ – автоматика пожаротушения.

АУГПТ – автоматическая установка газового пожаротушения.

АУП – автоматическая установка пожаротушения.

ВНИИПО – Всероссийский институт противопожарной обороны.

ГОС – газовое огнетушащее средство.

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество.

ГУ – главное управление.

ГПС – государственная противопожарная служба.

ЗПУ – запорно-пломбировочное устройство.

МГН – маломобильные группы населения.

ОФП – опасные факторы пожара.

ПДЗ – противодымная защита.

ППКиУП – прибор приемно-контрольный и управления пожарный.

ПСО – пожарно-спасательный отряд.

СМК – охранный магнитоконтактный извещатель.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией людей.

УЗО – устройство защитного отключения.

ФПС – федеральная противопожарная служба.

FDS – Fire Dynamic Simulation.

1 Особенности управления пожарными рисками на объекте с пребыванием людей

1.1 Виды пожарных рисков

Определение понятия «пожарного риска» и его видов приведено в статье 2 Федерального закона от 22.07.2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [16].

Как видно из определений, «пожарный риск» рассматривается как некая величина, которую можно измерить и получить конкретные значения.

Они также установлены в №123-ФЗ: «Индивидуальный пожарный риск в зданиях и сооружениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания и сооружения точке» [16].

«Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год» [16].

«Для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной миллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год. При этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска» [16].

«Величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, не должна превышать одну стомиллионную в год» [16].

«Величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, не должна превышать одну десятиmillionную в год» [16].

«Для производственных объектов, на которых для людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной стомillionной в год и (или) величины социального пожарного риска одной десятиmillionной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной миллионной в год и (или) социального пожарного риска до одной стотысячной в год соответственно. При этом должны быть предусмотрены средства оповещения людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения, о пожаре на производственном объекте, а также дополнительные инженерно-технические и организационные мероприятия по обеспечению их пожарной безопасности и социальной защите» [16].

Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара на человека, находящегося в здании. При этом она определяется для пожароопасной ситуации, характеризующейся наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, пребывающих в здании.

«Если полученное в результате вычислений значение превышает установленный уровень (10^{-6} в год), то пожарная безопасность объекта не обеспечена и необходимо разрабатывать дополнительные мероприятия по её повышению» [16].

«Если вычисленное значение не превышает установленного уровня, то считается, что пожарная безопасность объекта может быть обеспеченной» [16].

То есть, допустимый пожарный риск «означает, что для конкретного объекта вероятность гибели в результате воздействия опасных факторов пожара не должна превышать 1 человека из миллиона побывавших на нём в течение года посетителей (работников, клиентов, жильцов, пациентов)» [16].

«Именно это значение вычисляется в ходе расчётов пожарного риска. Если полученное в результате вычислений число превышает установленный уровень (10^{-6} в год), то пожарная безопасность объекта не обеспечена и необходимо разрабатывать дополнительные мероприятия по её повышению. Если вычисленное значение не превышает установленного уровня, то пожарная безопасность объекта считается обеспеченной» [16].

В соответствии с действующим законодательством расчёты пожарного риска могут являться составной частью декларации пожарной безопасности.

1.2 Пожарные риски как объект управления

Понятие «пожарный риск» в обиходе профессионалов находится достаточно давно, его значение указывает на степень опасности возгорания для конкретного объекта – здания, производственного помещения, сооружения общественного назначения. Каждая компания, специализирующаяся в данной сфере, производит такую работу, как расчет пожарного риска, ее целью является оценка факторов способных привести к возгоранию и его возможных последствий.

Между тем, пожарные риски можно не только анализировать, ими можно управлять, и этому посвящена большая часть действий по соблюдению мер пожарной безопасности, научно-технические разработки и исследования, техническое оснащение объектов специальными средствами. Все факторы, влияющие на величину пожарных рисков, можно разделить на три группы: природные, техногенные и социальные.

Несмотря на то, что управление погодными явлениями пока не входит в компетенцию человека, последствия природных катаклизмов вполне можно

смягчить, приняв для этого соответствующие меры. Применительно к пожарам, отличными примерами является установка молниезащиты на зданиях или устройство препятствующих распространению огня просек в лесу. Анализируя статистику возгораний по погодным причинам, можно заметить, что количество подобных случаев снизилось, и развитие этой тенденции является очень перспективным.

«Технический прогресс, с одной стороны стимулирует количественное увеличение пожаров, так как число промышленных объектов постоянно растет, а с ним и число возгораний» [15].

Встречная тенденция – разрабатываются новые средства пожаротушения, совершенствуются противопожарные мероприятия, создаются комплексы методов и устройств, предназначенных как для предотвращения возгорания, так и для снижения тяжести его последствий. К ним относятся различные УЗО и предохранители, сводящие к минимуму риск коротких замыканий, а именно они являются наиболее частой причиной возникновения пожара, современные системы дымоудаления и прочие приспособления. Эффект от их разработки и введения весьма ощутим, что наглядно иллюстрирует статистика.

Еще одним компонентом снижения рисков техногенного характера является введение более строгих противопожарных требований и регламентов. Сегодня производство или объект, которые им не соответствуют, не ввести в эксплуатацию до выполнения обозначенных нормативов. Дальнейшая работа в этом направлении позволяет значительно повлиять на снижение техногенных рисков, оно считается наиболее эффективным и результативным.

Немалая часть пожаров происходит по вине человека: поджоги, неосторожное обращение с огнем, несвоевременный вызов аварийных служб, халатность при монтаже технических устройств с последствиями в виде его возгорания – все это лишь часть причин возникновения пламени. Управлять этой группой рисков весьма сложно, для этого требуется как работа на

каждом предприятии или объекте, так и более масштабные действия, направленные на возникновение культуры безопасной жизни.

1.3 Анализ существующих методов управления пожарными рисками

В последние десятилетия в большинстве промышленно развитых стран происходит переход от жесткого нормирования требований пожарной безопасности при проектировании зданий и сооружений к гибкому или объектно-ориентированному нормированию [25]. «Сущность этого подхода состоит в том, что устанавливаются цели, которым должна соответствовать система пожарной безопасности объекта (это отражается и в принятой в англоязычной литературе терминологии – performance-based codes в дословном переводе означает нормирование, основанное на выполнении задачи), но не регламентируются проектные решения для их достижения. Тем самым к минимуму сводятся ограничения в устройстве объекта, стимулируется использование новых подходов к обеспечению пожарной безопасности и в конечном итоге обеспечивается более высокая экономическая эффективность проектных решений» [6].

«Уоттс и Холл используют следующее определение риска, основанное на определении Общества анализа рисков: риск – это возможность реализации нежелательных, неблагоприятных последствий для жизни, здоровья, имущества или имущества человека окружающая обстановка» [24].

«Оценка риска (для события) обычно основана на ожидаемом значении условной вероятности наступления события, умноженной на последствие события, при условии, что оно произошло. Отсюда следует, что риск для здания, процесса или какого-либо другого объекта будет распределением вероятностей событий и связанных с ними последствий, относящихся к этому зданию, процессу или объекту» [25].

«В Meacham всестороннее определение пожарного риска дается следующим образом: пожарный риск может рассматриваться как возможность нежелательной пожарной опасности в неопределенной ситуации, когда ущерб или убытки могут быть причинены ценной, обычно жизни, собственности, непрерывность бизнеса, наследие и / или окружающая среда. Ключевые факторы включают нежелательные результаты или последствия, неопределенность, оценку и вероятность возникновения. Анализ риска пожара в здании можно рассматривать как процесс понимания и характеристики пожарной опасности в здании, нежелательных последствий, которые могут возникнуть в результате пожара, а также вероятности возникновения пожара и нежелательных последствий» [25].

«Перед количественной оценкой пожарного риска необходимо определить его меру» [28].

«Как отмечал Буковски, трудно выразить риск для жизни так, чтобы это могло быть понято общественностью. Это приводит к рассмотрению других показателей риска» [30].

«Финансовые убытки являются идеальным показателем риска, связанного с имуществом, однако в первую очередь нормы пожарной безопасности уделяют внимание безопасности жизни, которая требует, чтобы риск для жизни включал в себя меру ценности человеческой жизни» [26].

«Таким образом, риск для жизни обычно оценивается отдельно, чтобы избежать трудностей с определением денежной ценности человеческой жизни» [27].

Индивидуальный риск определяется как риск, которому подвергается какое-либо конкретное лицо, находящееся в зоне, определяемой сценарием, обычно выражается в виде вероятности в год подвергнуться нежелательному событию, то есть опасности. Социальный риск связан с риском множественных смертельных случаев, часто описываемым как кривая FN (кривая частоты-числа) или профиль риска. Кривая FN может использоваться

для определения допустимых уровней риска, а также может использоваться для выбора альтернативы конструкции.

Выводы по разделу.

Оценка риска обычно включает в себя выявление опасностей, присутствующих на любом предприятии (независимо от того, связаны ли они с производственной деятельностью или другими факторами, например, планировкой или содержанием помещения), а затем оценку степени вовлеченных рисков с учетом уже принятых мер предосторожности [30].

Опасностью является то, что с высокой степенью вероятности может причинить вред здоровью человека или нанести ущерб собственности. Это может включать в себя горючие вещества, методы работы и другие аспекты организации работы.

Степень риска охватывает население, которое может зависеть от риска, то есть – количество людей, которые могут подвергнуться воздействию, и последствия для них [2].

Таким образом, риск отражает как вероятность причинения вреда, так и его серьезность.

В подавляющем большинстве случаев это будет относительно несложная задача. На самом деле есть только три «правила», которые следует иметь в виду:

- не существует единственно правильного способа проведения оценки. Другими словами, первое правило оценки риска - никаких правил;
- применяемая методология должна быть практичной, структурированной и, прежде всего, основанной на здравом смысле;
- хотя юридическая ответственность за проведение оценки обычно возлагается на работодателя, на больших или сложных рабочих местах они могут обратиться за помощью к своим собственным

экспертам или, при необходимости, к помощи внешних консультантов [18].

На сегодняшний день существуют четыре возможных метода оценки риска:

- шестиступенчатый метод;
- метод матрицы стоимости риска;
- промышленный метод;
- алгоритмический метод.

В дополнение к перечисленным выше методам должностные лица должны быть знакомы с пятиступенчатым методом, содержащимся в серии руководств по оценке рисков пожарной безопасности, опубликованных в методиках [8].

В разделе определено, что для определения пожарного риска необходимо использовать пятиступенчатый метод, который описывается в современных руководствах МЧС России по оценке рисков пожарной безопасности. Управлять пожарным риском возможно только после его оценки.

2 Оценка пожарного риска на примере 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми

2.1 Анализ существующей системы пожарной безопасности для 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми

Объект исследования: здание 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.

«Основными задачами 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми являются:

- реализация государственной политики в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на территории Республики Коми в пределах установленных полномочий;
- осуществление управления в пределах своей компетенции в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах;
- осуществление в установленном порядке надзорных и контрольных функций в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на территории Республики Коми;
- осуществление деятельности в пределах своей компетенции по организации и ведению гражданской обороны, экстренному реагированию при чрезвычайных ситуациях, в том числе по чрезвычайному гуманитарному реагированию, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожаров, обеспечению

безопасности людей на водных объектах на территории Республики Коми» [4].

Штатная численность – 105 человек.

Данные о пожарной нагрузке представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Пожароопасность веществ и материалов

Показатель	Значение
Пожарная нагрузка в помещениях	30-50 кг/м ²
Взрывопожароопасное производство	Отсутствует
Сведения о веществах и материалах, обращающихся в производстве:	
Радиоактивные вещества и материалы	Отсутствует
Химические веществ	
Вещества вступающие в реакцию с водой	
Другое	

«Система противопожарной защиты организации» [12].

Телевизионное обнаружение – имеется. 4 камеры наружного наблюдения и сеть камер в коридорах, холлах и спортивных помещениях.

Автоматическое оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре состоит из указателей направления движения и сигнала тревоги [11].

Автоматическая система управления пожарной сигнализацией расположена на трёх шлейфах [1].

Автоматическая система управления пожарной сигнализацией Octagram реализуется на приборах А1FE1 (2), ППКиУП РС-100, наборах извещателей, релейных модулей. Один прибор А1 управляет четырьмя (двумя) зонами обнаружения в автоматической системе управления пожарной сигнализацией.

Характеристика электроснабжения. На вводе – 380 Вт, трансформатор находится за территорией предприятия. Рабочее напряжение в здании 220 Вт. Центральный щит находится в подвале, вспомогательные щиты (6 штук) по 2 на этаж. Отключение электричества на территории предприятия проводит

«Энергослужба» (дежурная смена), в здании – ответственный за пожарную безопасность.

Отопление в здании 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми водяное центральное.

Вентиляция – естественная и искусственная, приточно-вытяжная.

Исходя из анализа технической особенности объекта, при тушении пожара наиболее сложная обстановка может сложиться при пожаре в помещении склада на 1-ом этаже (Вариант № 1) и на 1-ом этаже в помещении сотрудников (столовая) (Вариант № 2).

«При первом варианте – продукты горения при пожаре будут распространяться в помещения первого и вышерасположенных этажей. В результате чего сильное задымление усложнит поиск и спасение людей» [10].

«При втором варианте – возможно быстрое распространение продуктов горения по помещениям 1-го этажа и вышерасположенных этажей. Блокируются пути эвакуации и эвакуационные выходы. При длительном горении возможно скрытое распространение пожара через деформированные швы перекрытия и перегородок» [10].

Рассмотрим возможные пути распространения пожара [17].

«При первом варианте – распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, мебели, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения, и на верхние этажи по пустотам конструкций перекрытий. Линейная скорость распространения огня составляет 0,6-1,0 м/мин» [9].

«При втором варианте – распространения пожара так же, как и первом варианте будет происходить по горючей облицовке стен, мебели, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения. Линейная скорость распространения огня составляет 0,6-1,0 м/мин» [9].

При затяжном пожаре возможно обрушение перекрытий в местах наиболее интенсивного горения.

Обследование окон и дверей перед входом в здание должно включать не только их местоположение для поиска дополнительных средств эвакуации, но и наличие других контрольных индикаторов, таких как двери или окна, вынутые из отвеса, которые могут указывать на структурную проблему. Войдя в здание, пожарные могут обнаружить, что внутренние двери застряли или заклинились из-за переезда здания. Лестницы, расположенные вне уровня, могут указывать на сдвиг здания. Если лестница сдвигается достаточно сильно, она может не выдержать вес пожарного. Пожарные, обнаружившие это состояние, должны держаться близко к стене при подъеме или спуске по лестнице [20].

Пожар может повредить опоры перекрытий. Наклоненная наружу стена может не поддерживать балку пола, установленную в стене. Необходимо проверить провисший деревянный пол, чтобы определить, безопасно ли на нем работать. Если возможно, визуальный осмотр опор, на которые опирается пол, поможет в определении.

Посредством проверки розеток в стене обычной конструкции или соединения деревянной стены в каркасном здании часто можно убедиться в устойчивости стены. Это можно сделать, открыв потолок под полом и проверив концы досок пола. Недавнее движение балки перекрытия может быть обозначено образцом чистой древесины в точке соединения, или может быть виден огневой разрез на конце балки, указывающий на то, что балка отходит от опоры стены. Балки пола следует проверять в каждой точке опоры, чтобы определить, могут ли пожарные безопасно работать наверху [14].

Чрезмерное количество снега или воды на крыше. Дождевая вода или вода от пожаротушения может скапливаться на плоских крышах с забитыми или замерзшими стоками. Хотя некоторое количество воды на крышах открытых зданий может быть полезно для предотвращения пожара от летящих углей, большое скопление может быть опасным. Накопление воды может достигать высоты стен парапета перед тем, как вылить через край.

Инструмент может быть в состоянии прочистить водостоки крыши от мусора, льда, или смещение или удаление водосточных труб может облегчить проблему.

Крыши рассчитаны на среднюю снеговую нагрузку для конкретного региона страны.

Когда огонь атакует компоненты здания, они могут сдвигаться. Это движение может вызывать звуки, которые могут слышать пожарные. Треск может указывать на то, что части здания выходят из строя. Услышав шум в здании, следует попытаться визуально проверить, не заметны ли какие-либо искажения или присутствуют ли дополнительные индикаторы. Громкие и повторяющиеся звуки должны служить предупреждением о необходимости немедленно покинуть территорию.

Одна из самых опасных ситуаций, с которыми можно столкнуться в здании, это задымление. Хотя сами пожары часто бывают разрушительными, больше всего травм может причинить дым [21].

Для защиты людей, находящихся в здании, а также мебели и оборудования, которые могут быть повреждены дымом, необходима система контроля дыма. Система контроля дыма контролирует поток дыма в здании в случае пожара. Он препятствует распространению дыма по всему зданию и дает жильцам четкий путь эвакуации, а также предотвращает дальнейшее повреждение внутренней части здания.

Системы дымоудаления в зданиях можно разделить на два основных типа: защита шахты и защита пола. Защита шахты состоит из систем наддува лестничных клеток и лифтовых шахт. Защита пола предполагает несколько вариантов зонального контроля дыма.

Использование конкретной системы или комбинации систем зависит от требований строительных норм и правил пожарной безопасности, а также от конкретных требований к занятости и безопасности жизни в рассматриваемой ситуации.

2.2 Оценка пожарного риска

Согласно статье 6 федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», пожарную безопасность объекта защиты можно считать обеспеченной, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений [19].

«Таким образом, для проверки обеспечения пожарной безопасности необходимо провести расчет и оценку пожарного риска. Если величина пожарного риска не превысит нормативное значение, то пожарная безопасность объекта считается обеспеченной. Если риск окажется сверхнормативным, необходимо будет разрабатывать дополнительные противопожарные мероприятия по снижению его величины» [19].

Наличие помещений, рассчитанных на пребывание 50 человек и более .

Параметры эвакуационных выходов с этажа и из здания представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры эвакуационных выходов с этажа и из здания

Название выхода	Расположение в осях	Ширина, м
Выход 1	Главный выход	1,2
Выход 2	Запасной выход	1,2

Параметры эвакуационных лестниц и лестничных клеток: лестничные клетки в модели отсутствуют

Параметры зон безопасности МГН: зоны безопасности в модели отсутствуют

«Здание оснащено следующими техническими системами противопожарной защиты:

- АПС;
- СОУЭ 1-го типа» [2].

«В кабинетах находятся люди из расчета 6 м²/человека» [2].

«Группа мобильности всех находящихся в здании людей – М1 (нахождение в здании МГН не предусмотрено проектом)» [2].

В расчете использовались следующие параметры движения людей согласно приложению 5 методики [3]: взрослые здоровые люди, площадь проекции 0,125 м²/человека, параметры движения в соответствии с группой мобильности М1.

Сценарии пожара выбирались в соответствии положений раздела II «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной опасности» [3], на основе данных об объемно-планировочных решениях, о размещении горючей нагрузки и людей на объекте. При расчете рассматриваются сценарии пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей. В качестве сценариев с наихудшими условиями пожара следует рассматривать сценарии, характеризующиеся наиболее затрудненными условиями эвакуации людей и (или) наиболее высокой динамикой нарастания ОФП, а именно пожары:

- в помещениях, рассчитанных на наибольшее количество людей;
- в системах помещений, в которых из-за распространения ОФП возможно быстрое блокирование путей эвакуации (коридоров, эвакуационных выходов и т.д.). При этом очаг пожара выбирается в помещении малого объема вблизи от одного из эвакуационных выходов, либо в помещении с большим количеством горючей нагрузки, характеризующейся высокой скоростью распространения пламени;
- в системах помещений, в которых из-за недостаточной пропускной способности путей эвакуации возможно возникновение продолжительных скоплений людских потоков [22].

«При выборе сценариев пожаров также учитывались требования по обоснованию принимаемых проектных решений расчетным путем, а также наличие одинаковых планировочных решений этажей» [22].

Сценарий №1 Пожар возле выхода 1.

Данный сценарий рассматривается для проверки возможности выполнения своевременной и беспрепятственной эвакуации при блокировании главного выхода.

Пожар возникает в кабинете возле выхода 1. Пожарная нагрузка «Административное помещение», максимальные размеры источника пожара – 1×2,5 метра.

«При возникновении пожара дым и другие опасные факторы выходят в коридор и распространяются под потолком, формируя дымовой слой, и опускаются, блокируя эвакуационные выходы» [22].

В расчетную область включены все помещения здания. Высота до потолка – 3 метра. Двери из коридора во все помещения считаются открытыми.

Системы АПТ и ПДЗ в здании отсутствуют.

«Люди из помещения пожара выходят из помещения через 6 секунд после начала пожара и идут к выходу 2, т.к. ближайший выход 1 заблокирован опасными факторами пожара» [22].

«Люди из остальных помещений начинают эвакуацию через 90 секунд после начала пожара, после получения сигнала системы оповещения, и двигаются к выходу 2» [22].

Пожарная нагрузка.

Название: административное помещение; мебель и бумага

Полная площадь пожарной нагрузки: 2,5 м².

Моделирование пожара произведём программой FDS (Fire Dynamic Simulation) с использованием графического интерфейса Pyrosim.

График мощности пожара по первому варианту представлен на рисунке 1.

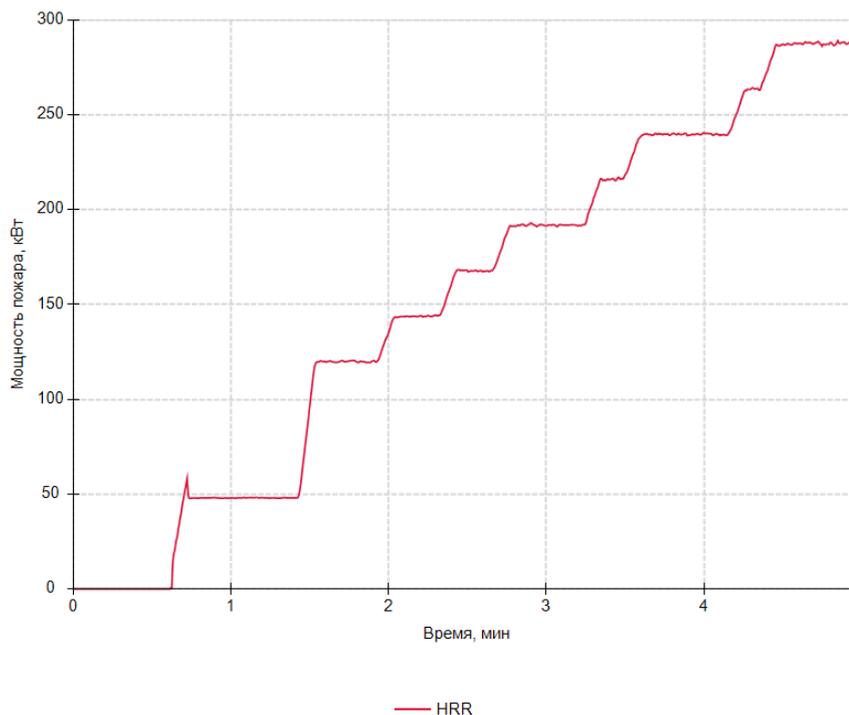


Рисунок 1 – График мощности пожара по первому варианту

Сценарий №2: Пожар возле выхода 2.

Данный сценарий рассматривается для проверки возможности выполнения своевременной и беспрепятственной эвакуации при блокировании запасного выхода.

Пожар возникает в кабинете возле выхода 2. Пожарная нагрузка «Административное помещение», максимальные размеры источника пожара – 1×2,5 метра, на объекте имеется АПТ.

«При возникновении пожара дым и другие опасные факторы выходят в коридор и распространяются под потолком, формируя дымовой слой, и опускаются, блокируя эвакуационные выходы» [22].

В расчетную область включены все помещения здания. Высота до потолка – 3 метра. Двери из коридора во все помещения считаются открытыми.

«Люди из помещения пожара выходят из помещения через 6 секунд после начала пожара и идут к выходу 1, т.к. ближайший выход 2 заблокирован опасными факторами пожара» [23].

«Люди из остальных помещений начинают эвакуацию через 90 секунд после начала пожара, после получения сигнала системы оповещения, и двигаются к выходу 2» [23]. График мощности пожара по второму варианту изображен на рисунке 2.

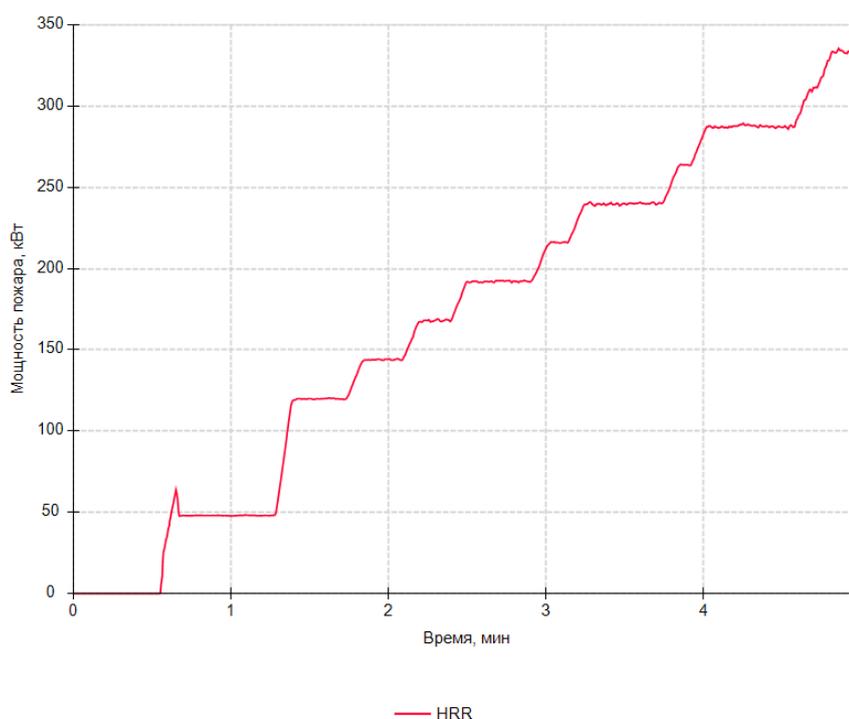


Рисунок 2 – График мощности пожара по второму варианту

Расчетная величина пожарного риска в здании, сооружении или строении определяется как максимальное значение пожарного риска из рассмотренных сценариев пожара:

$$Q_B = \max \{ Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N} \}, \quad (1)$$

где $Q_{в,i}$ – расчетная величина пожарного риска для i -го сценария пожара,

N – количество рассмотренных сценариев пожара.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_{в,i}$ для i -го сценария пожара рассчитывается по формуле:

$$Q_{в,i} = Q_{п,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{п.з,i}), \quad (2)$$

где $Q_{п,i}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении № 1 к настоящей Методике. При отсутствии статистической информации допускается принимать $Q_{п} = 4 \cdot 10^{-2}$ для каждого здания;

$K_{ап,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее – АУП) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

$P_{пр,i}$ – вероятность присутствия людей в здании;

$P_{э,i}$ – вероятность эвакуации людей;

$K_{п.з,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

$$P_{пр,i} = t_{функц,i} / 24, \quad (3)$$

где $t_{функц,i}$ – время нахождения людей в здании в часах.

Значение параметра $K_{ап,i}$ принимается равным $K_{ап,i} = 0,9$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудование здания системой АУП не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{ап,i}$ принимается равной нулю.

Вероятность эвакуации $P_э$ рассчитывают по формуле:

$$P_э = \begin{cases} 0,999 \times \frac{0,8 \times t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \times t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} > 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \times t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \times t_{бл} \text{ и } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases}, \quad (4)$$

где t_p – расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{нэ}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

Значение параметра K_i принимается равным $K_i = 0,8$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;
- оборудование здания системой не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях K_i принимается равной нулю [23].

Расчетные программы:

- модель эвакуации: Pathfinder 2021.2.0512;
- модель ОФП: FDS6.7.5;
- версия Pyrosim: 2021.2.0512;
- FireRisk 4.30.0.

Соответствие датчиков в PyroSim контрольным точкам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Соответствие датчиков в PyroSim контрольным точкам

Точка сравнения	T	O ₂	Видимость	HCl	CO ₂	CO	Тепловой поток	Предельная дальность видимости, м
Точка_01	1-T	1-O ₂	1-vis	1-hcl	1-CO ₂	1-co	1-AT	5,1
Точка_02	2-T	2-O ₂	2-vis	2-hcl	2-CO ₂	2-co	2-AT	20
Точка_03	3-T	3-O ₂	3-vis	3-hcl	3-CO ₂	3-co	3-AT	20

Время в контрольных точках представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Время в контрольных точках

Точка сравнения	T	O ₂	Видимость	HCl	CO ₂	CO	Тепловой поток	Т _{бл} , мин	0.8×Т _{бл} , мин
Точка_01	2,28	2,27	2,44	>5	>5	>5	>5	2,27	1,81
Точка_02	>5	>5	2,27	>5	>5	>5	>5	2,27	1,81
Точка_03	>5	>5	2,95	>5	>5	>5	>5	2,95	2,36

Время блокирования в контрольных точках представлено на рисунке 3.

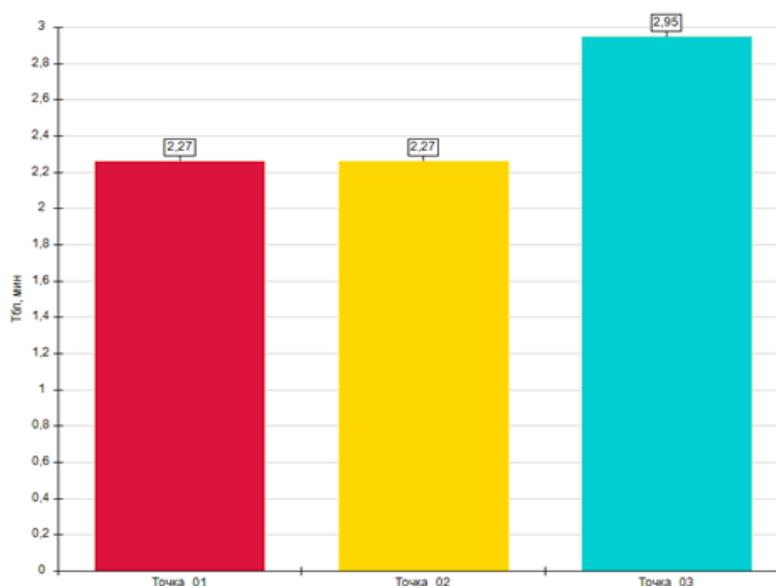


Рисунок 3 – Время блокирования в контрольных точках

Графики ОФП в контрольных точках изображены на рисунках 4-8.

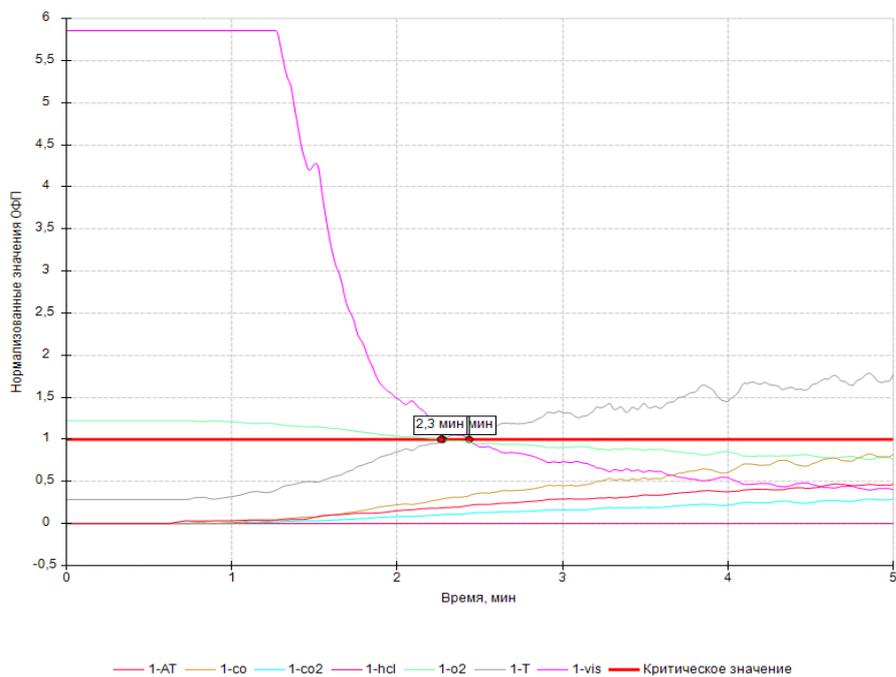


Рисунок 4 – ОФП в точке 1

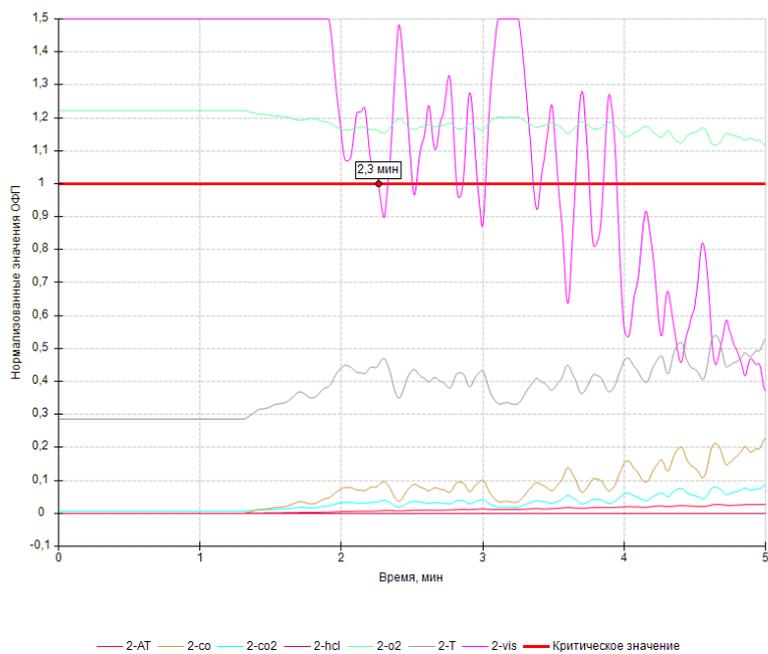


Рисунок 5 – ОФП в точке 2

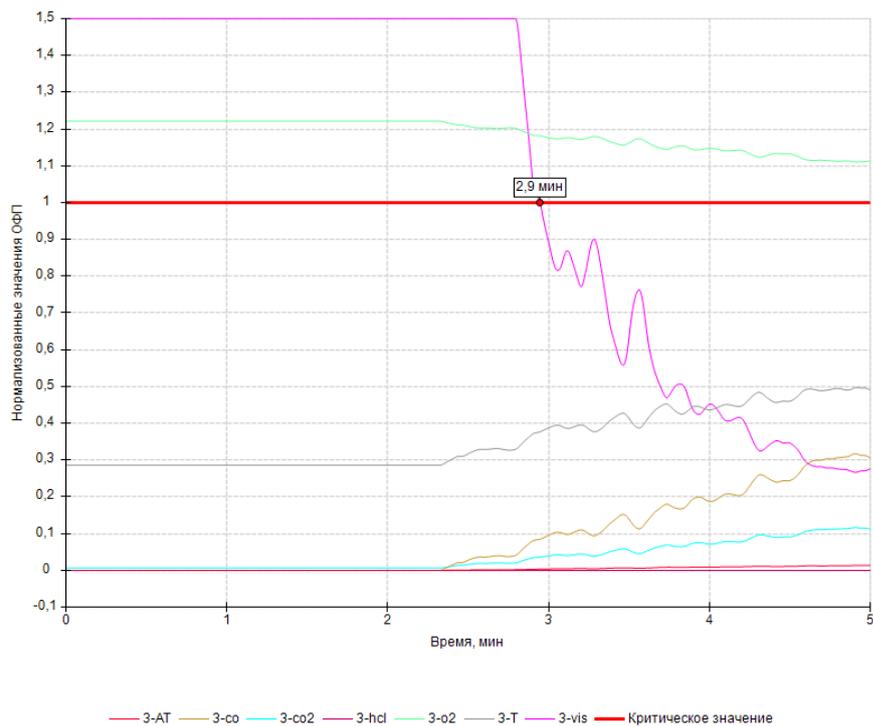


Рисунок 6 – ОФП в точке 3

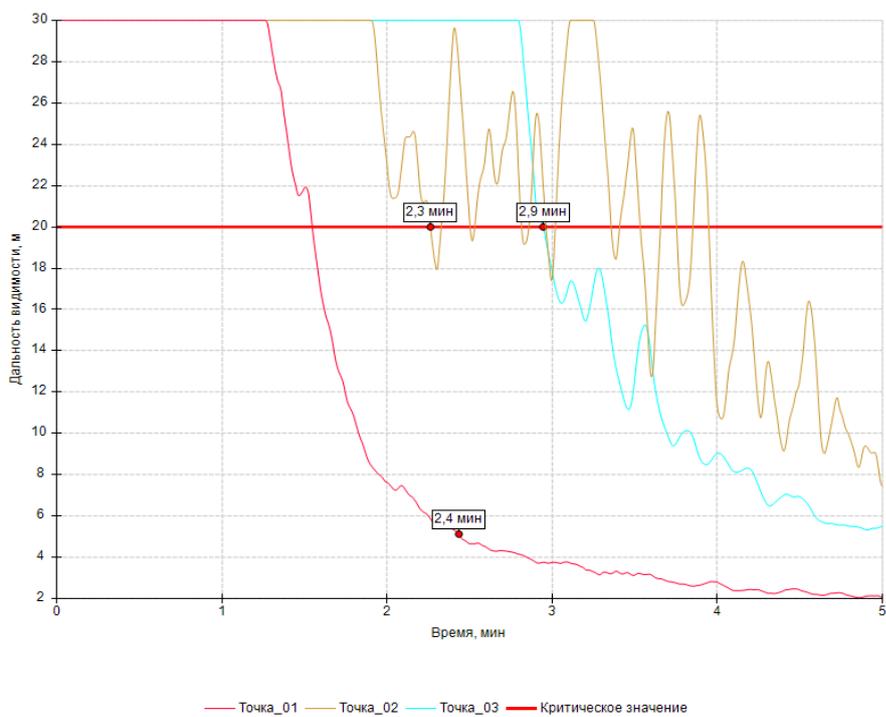


Рисунок 7 – Снижение видимости

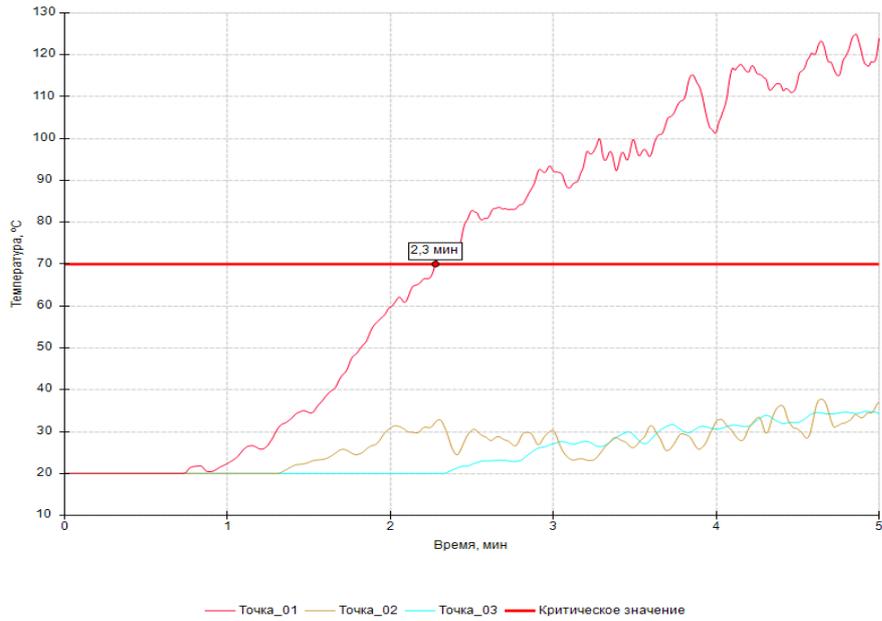


Рисунок 8 – Повышение температуры

Поля ОФП изображены на рисунках 9-36.

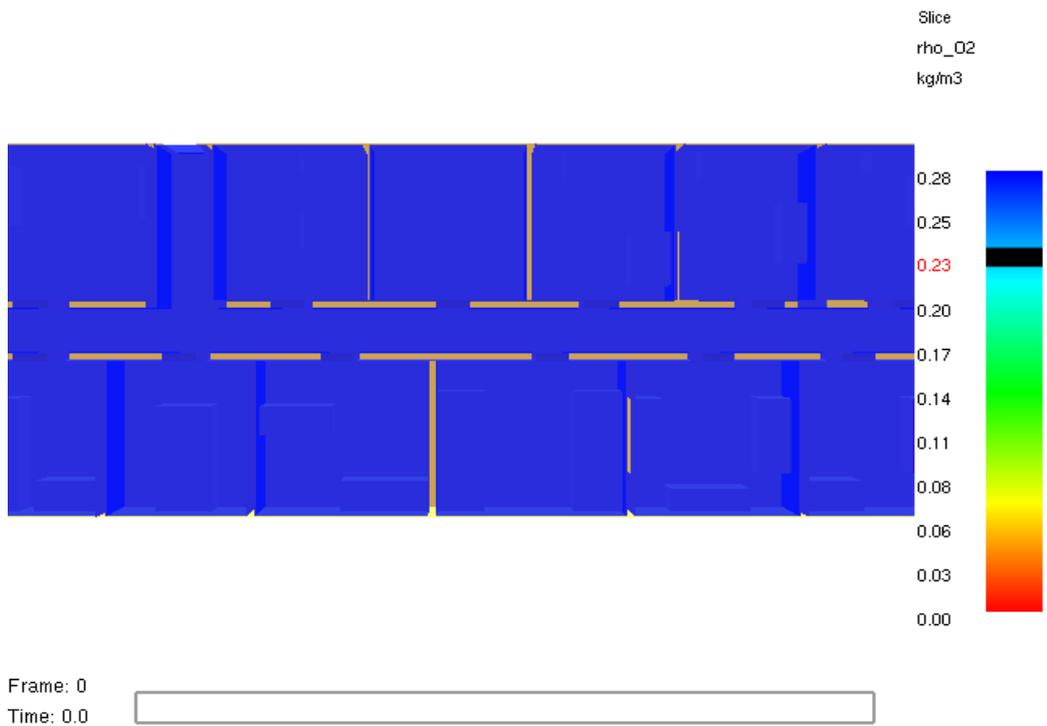


Рисунок 9 – Концентрация кислорода на высоте Z=1.7. Время 0 с

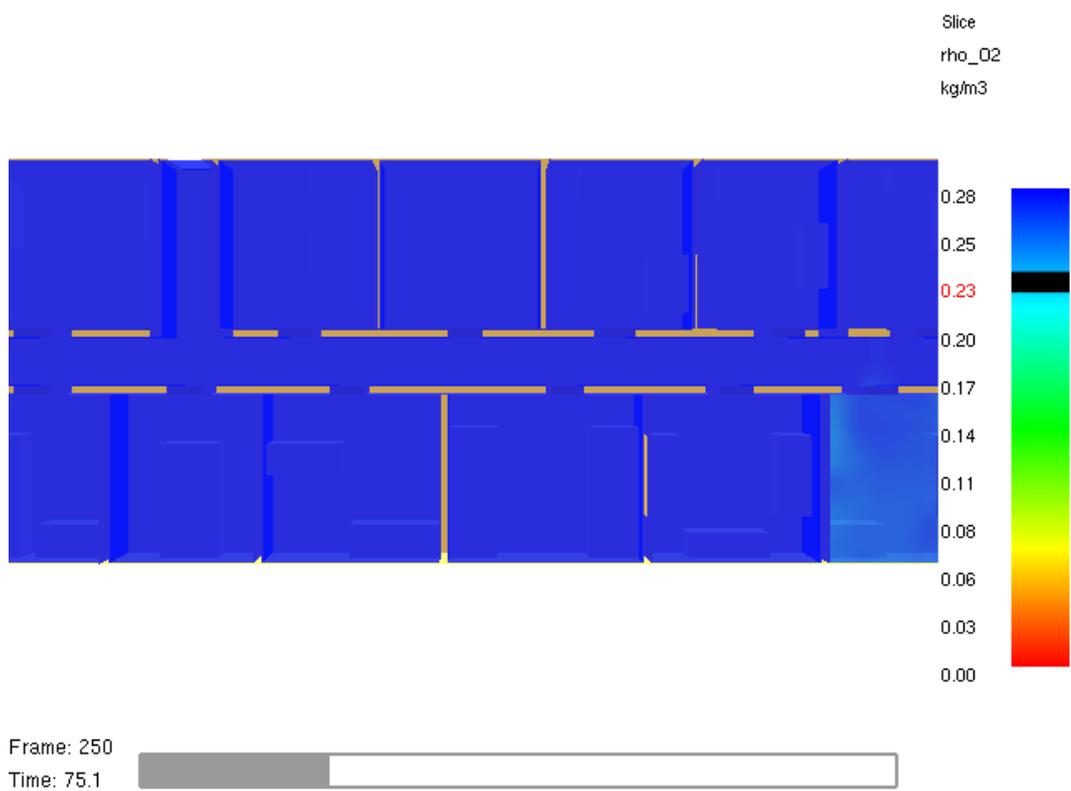


Рисунок 10 – Концентрация кислорода на высоте $Z=1.7$. Время 75 с

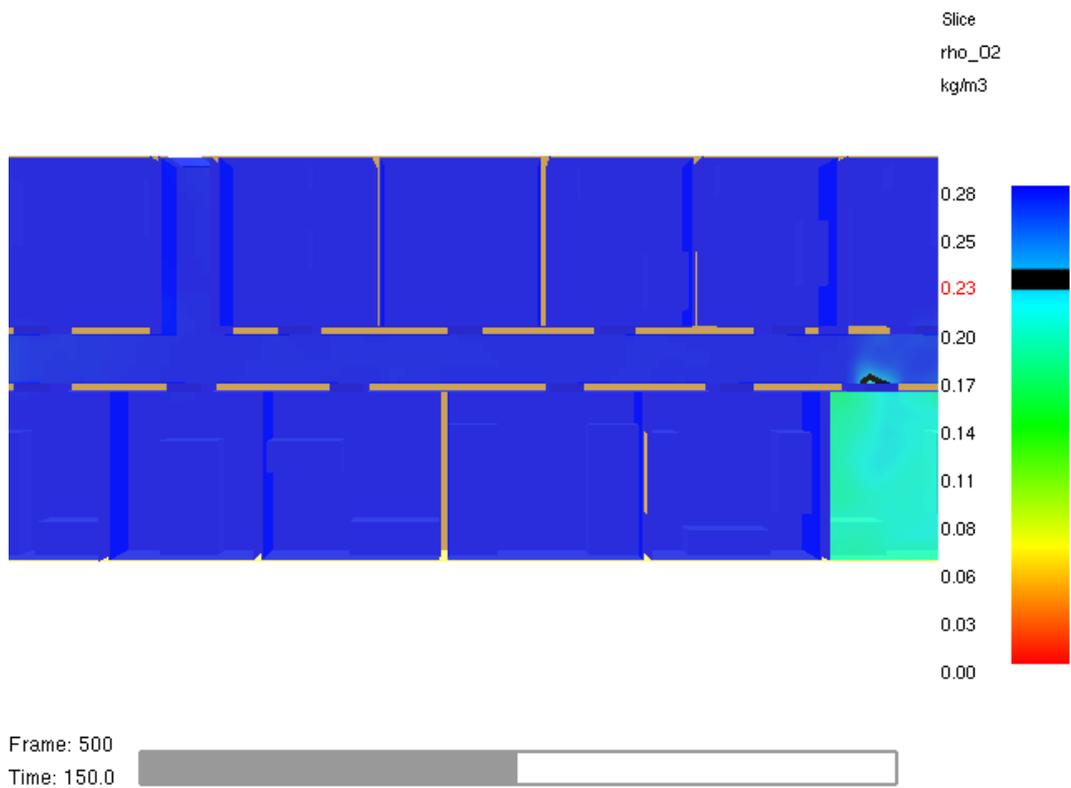


Рисунок 11 – Концентрация кислорода на высоте $Z=1.7$. Время 150 с

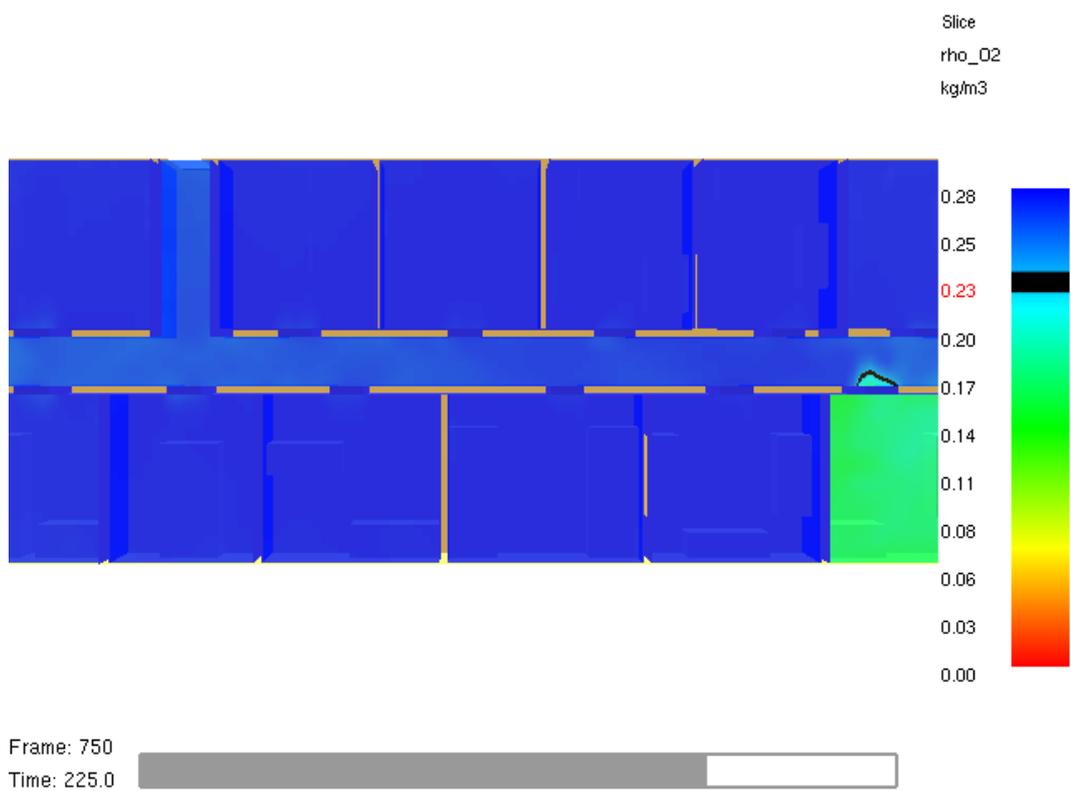


Рисунок 12 – Концентрация кислорода на высоте $Z=1.7$. Время 225 с

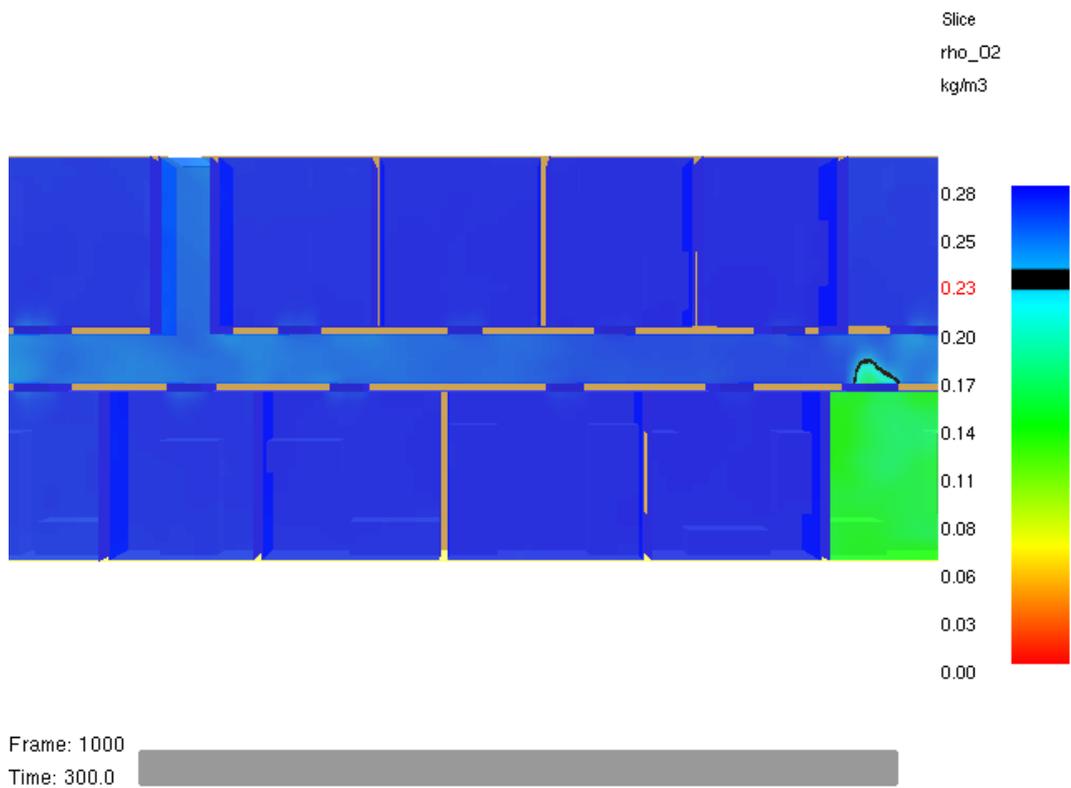


Рисунок 13 – Концентрация кислорода на высоте $Z=1.7$. Время 300 с

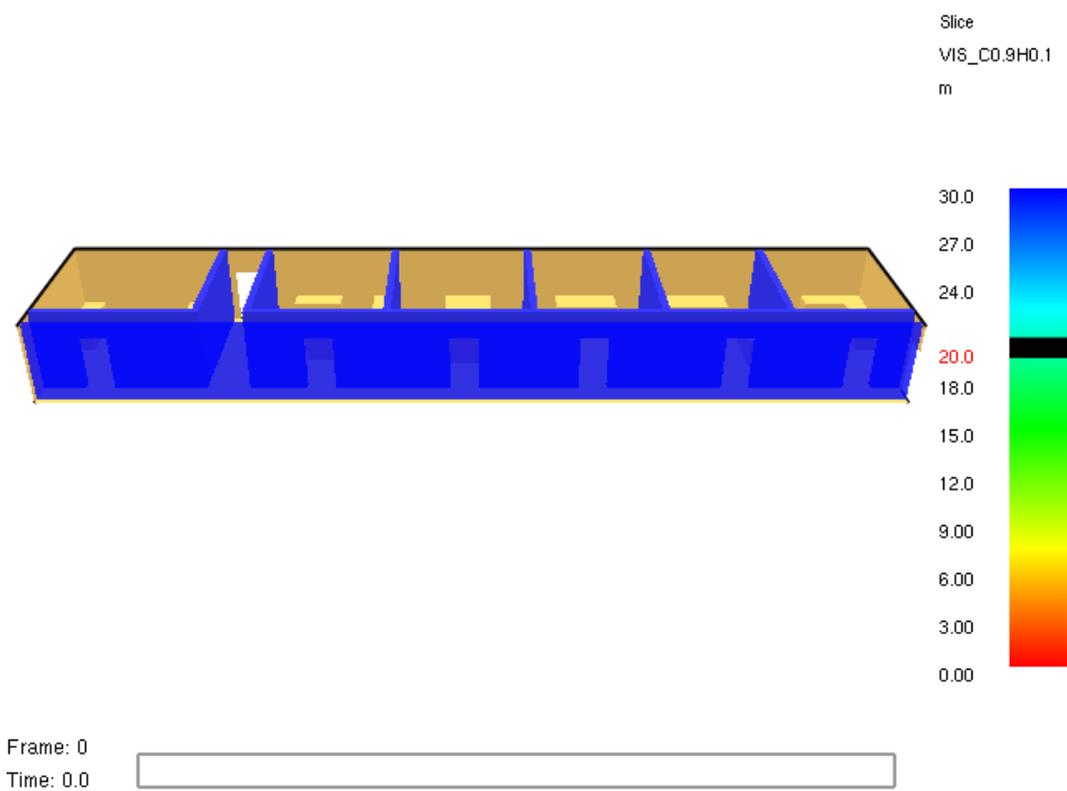


Рисунок 14 – Дальность видимости в вертикальном сечении $Y=6.0$. Время 0 с

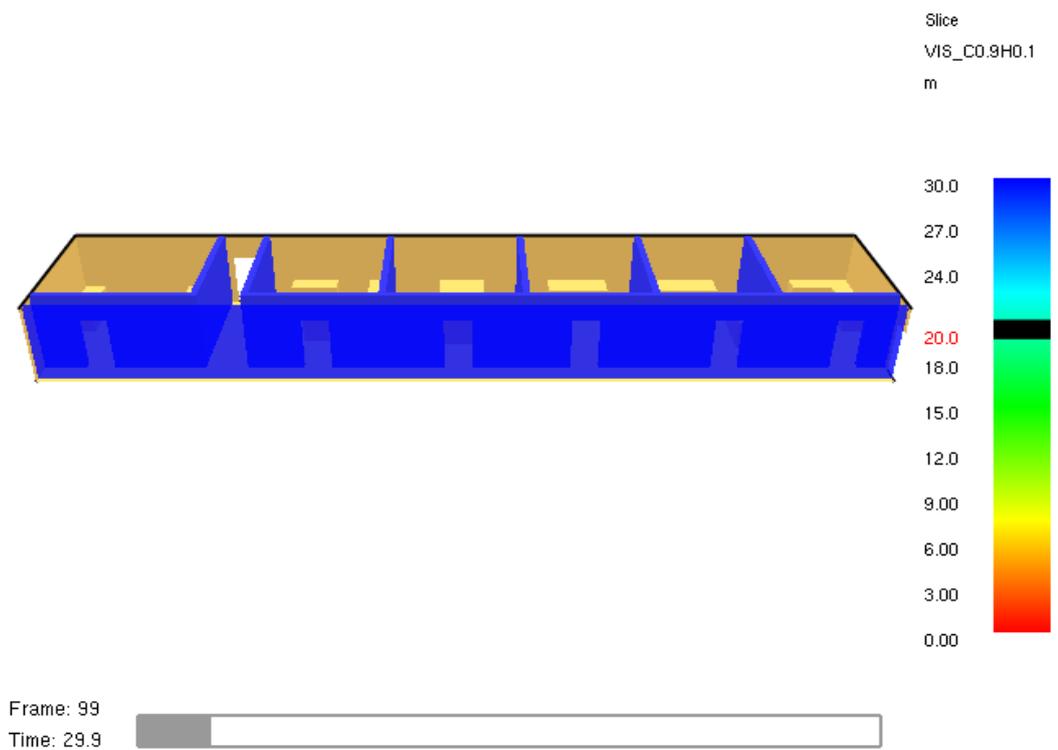


Рисунок 15 – Дальность видимости в вертикальном сечении $Y=6.0$. Время 30 с

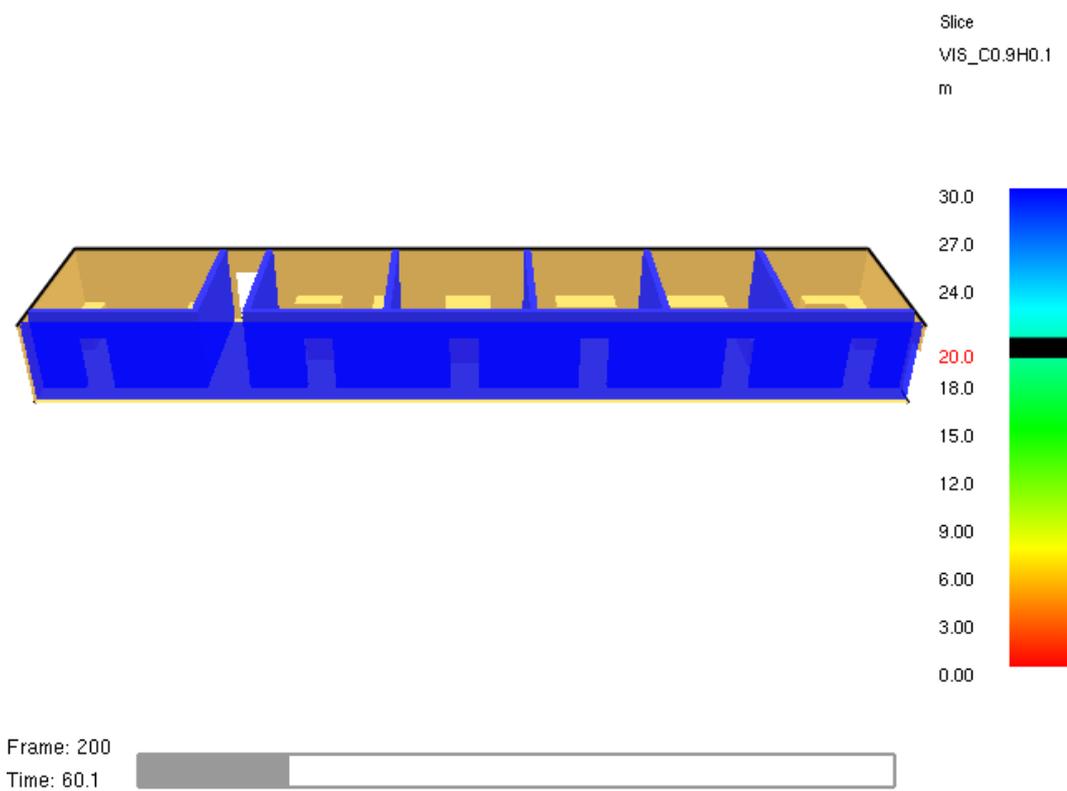


Рисунок 16 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 60 с

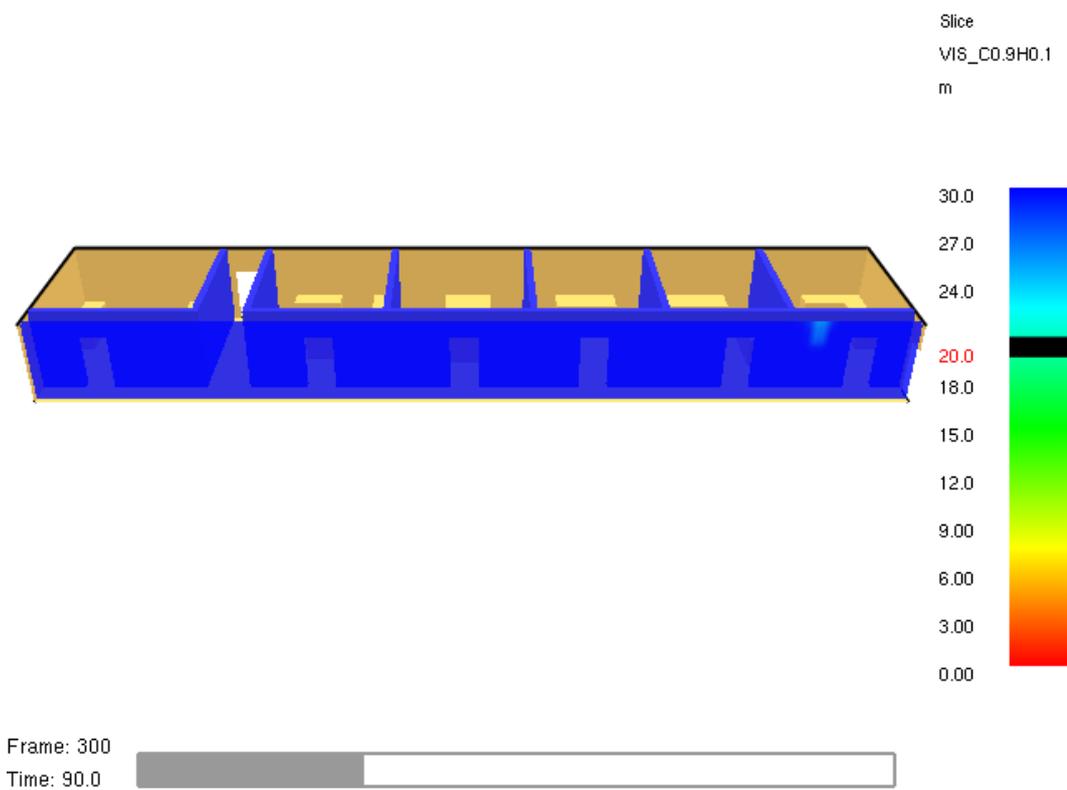


Рисунок 17 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 90 с

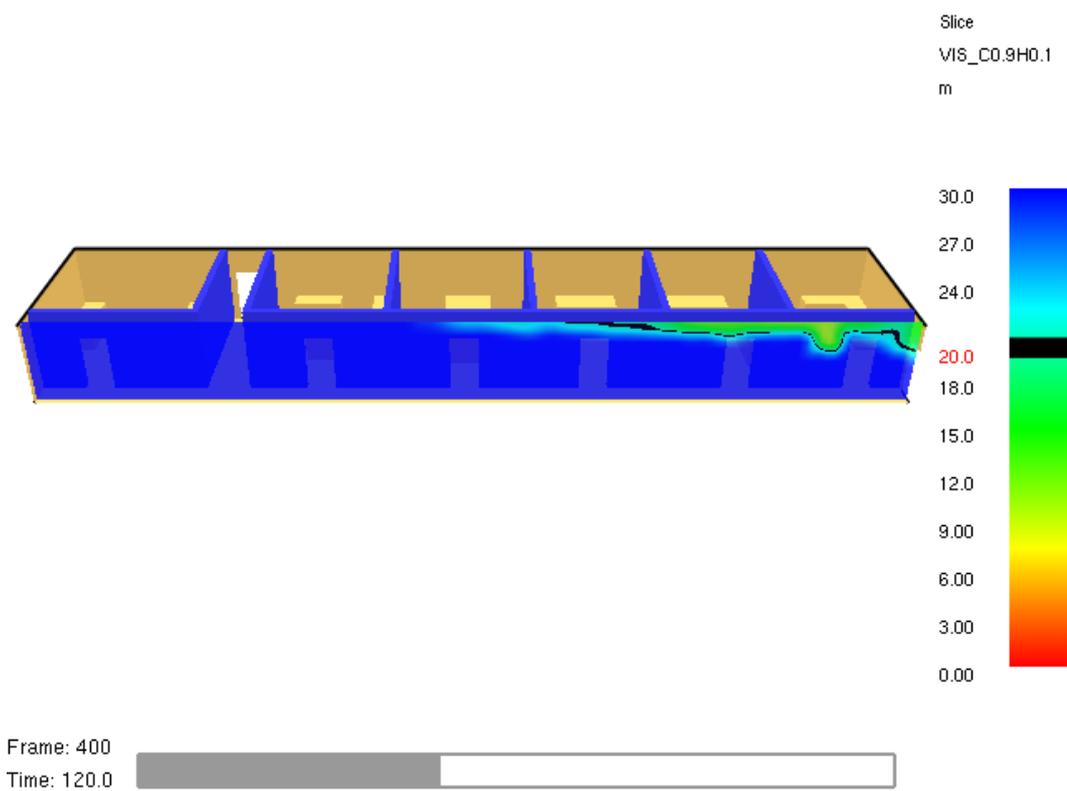


Рисунок 18 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 120 с

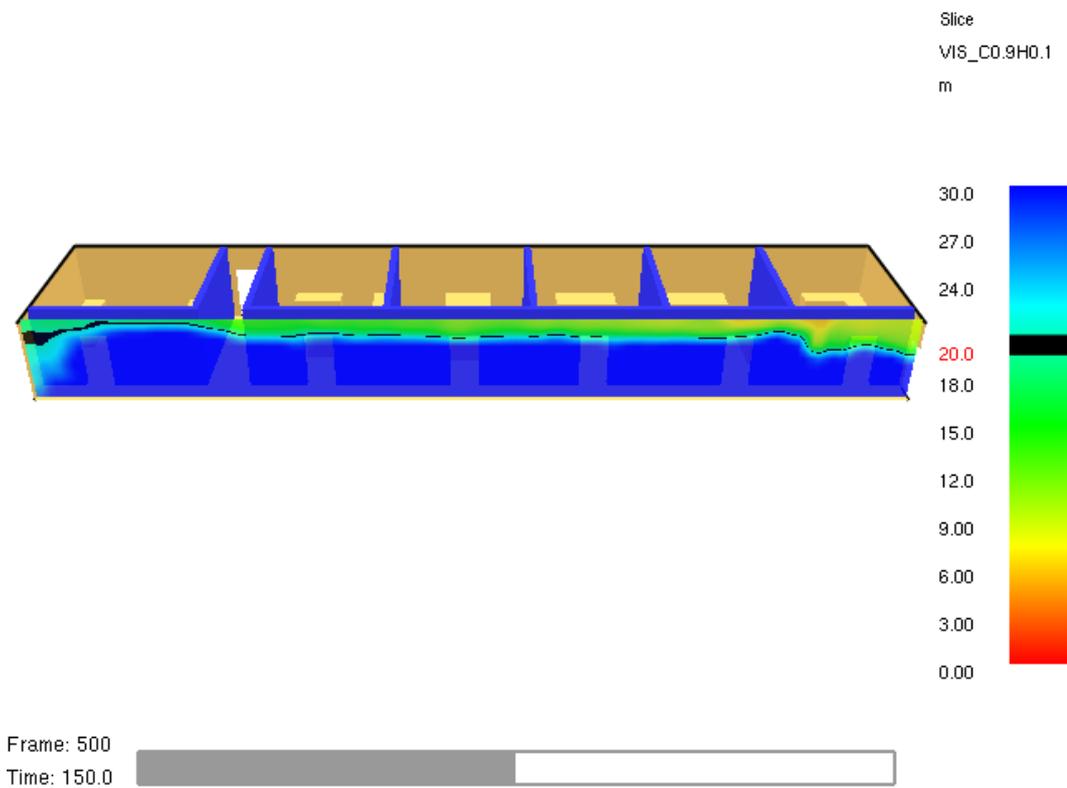


Рисунок 19 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 150 с

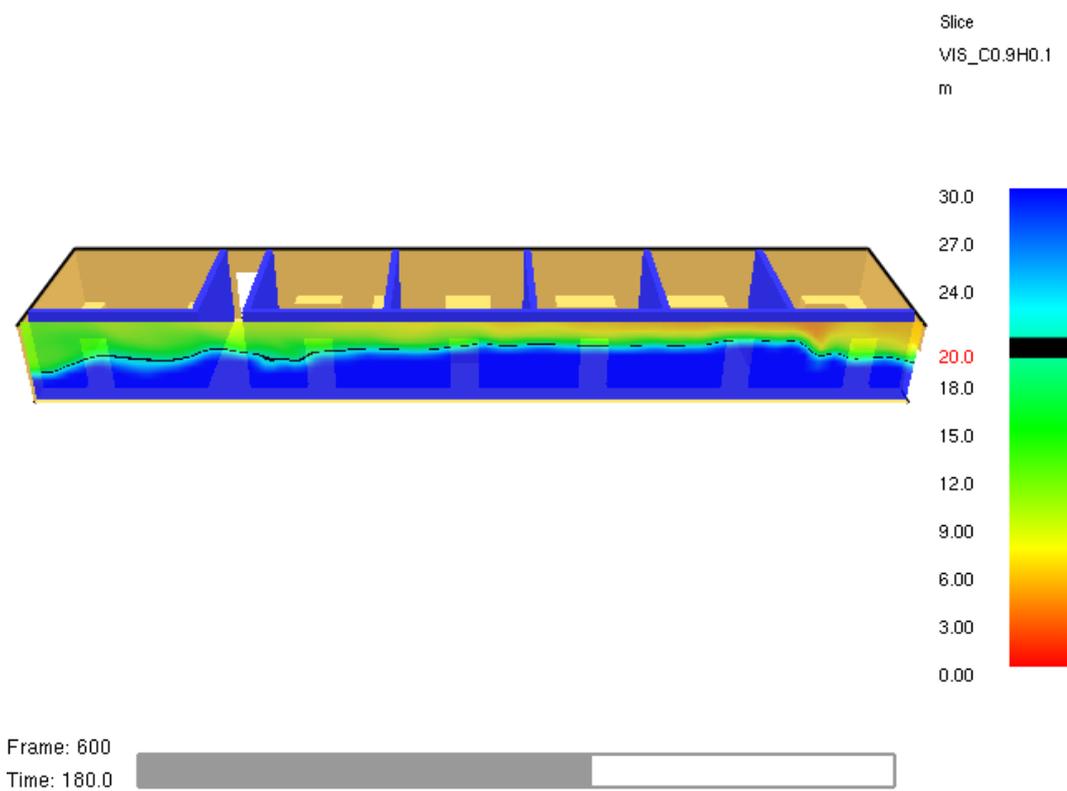


Рисунок 20 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 180 с

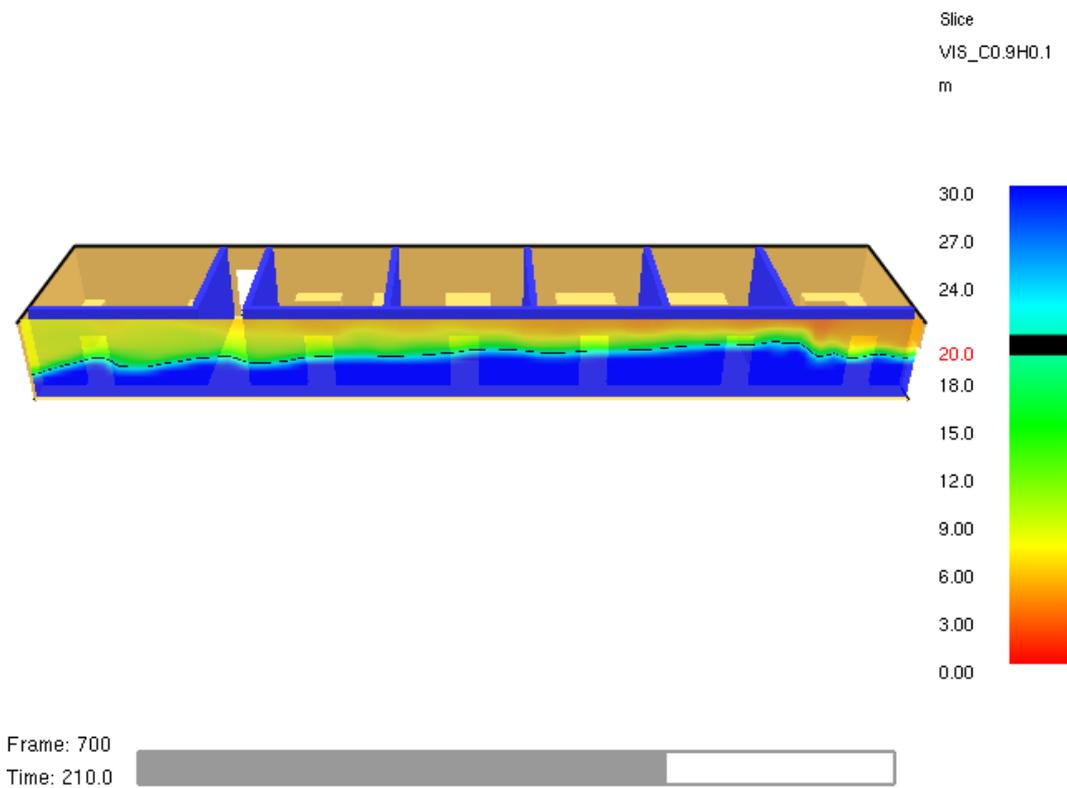


Рисунок 21 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 210 с

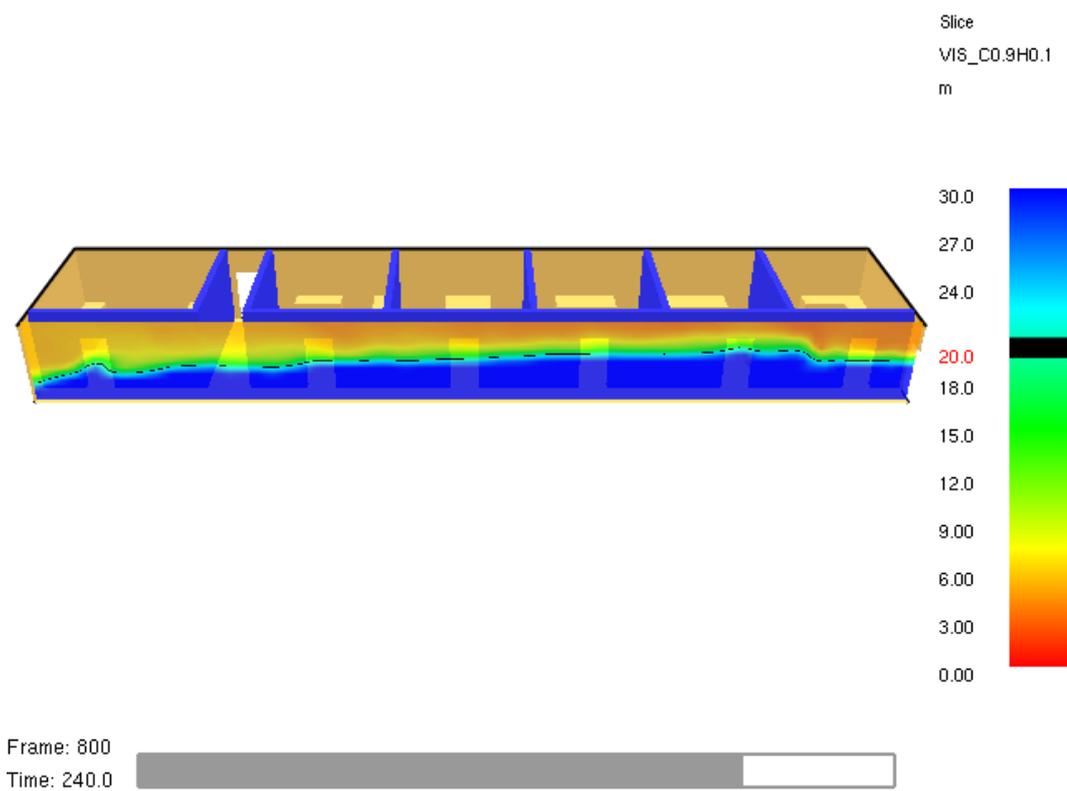


Рисунок 22 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 240 с

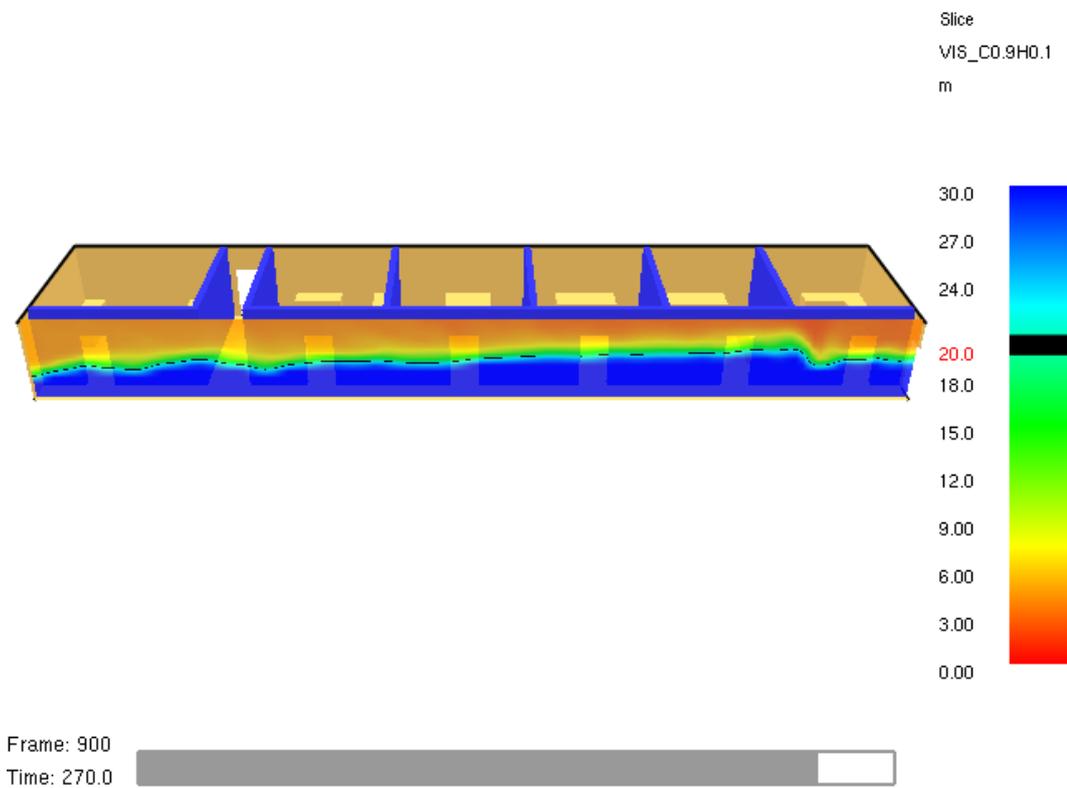


Рисунок 23 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 270 с

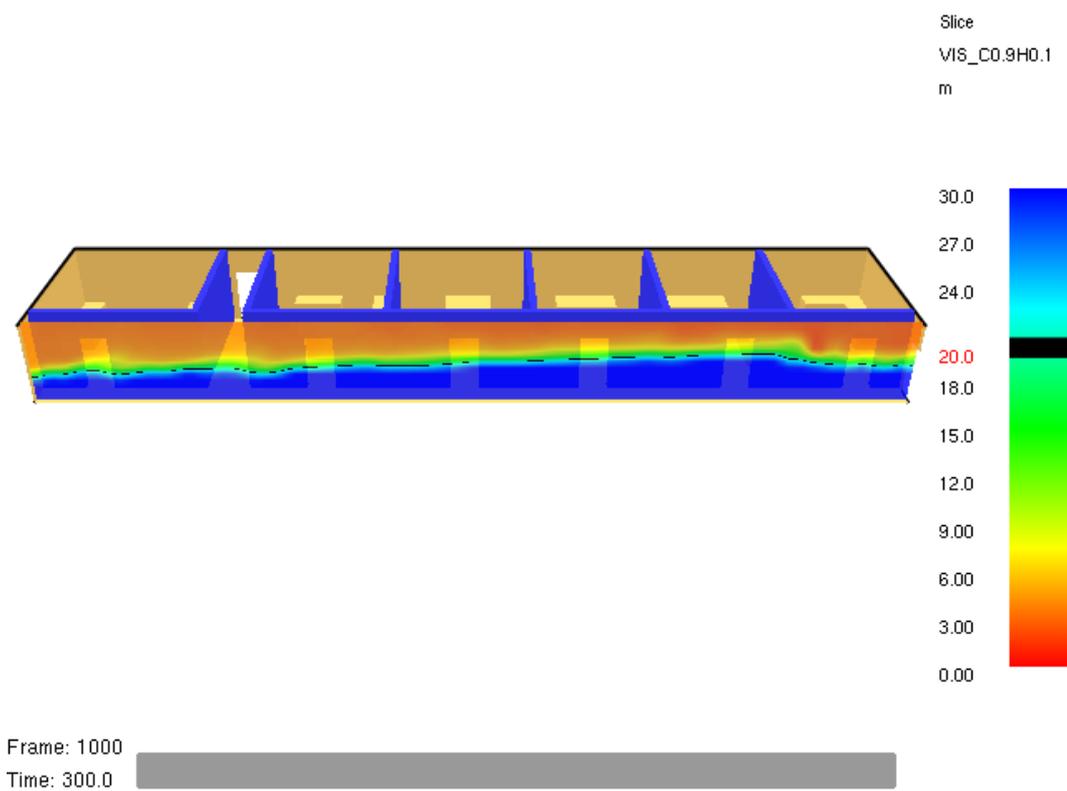


Рисунок 24 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 300 с

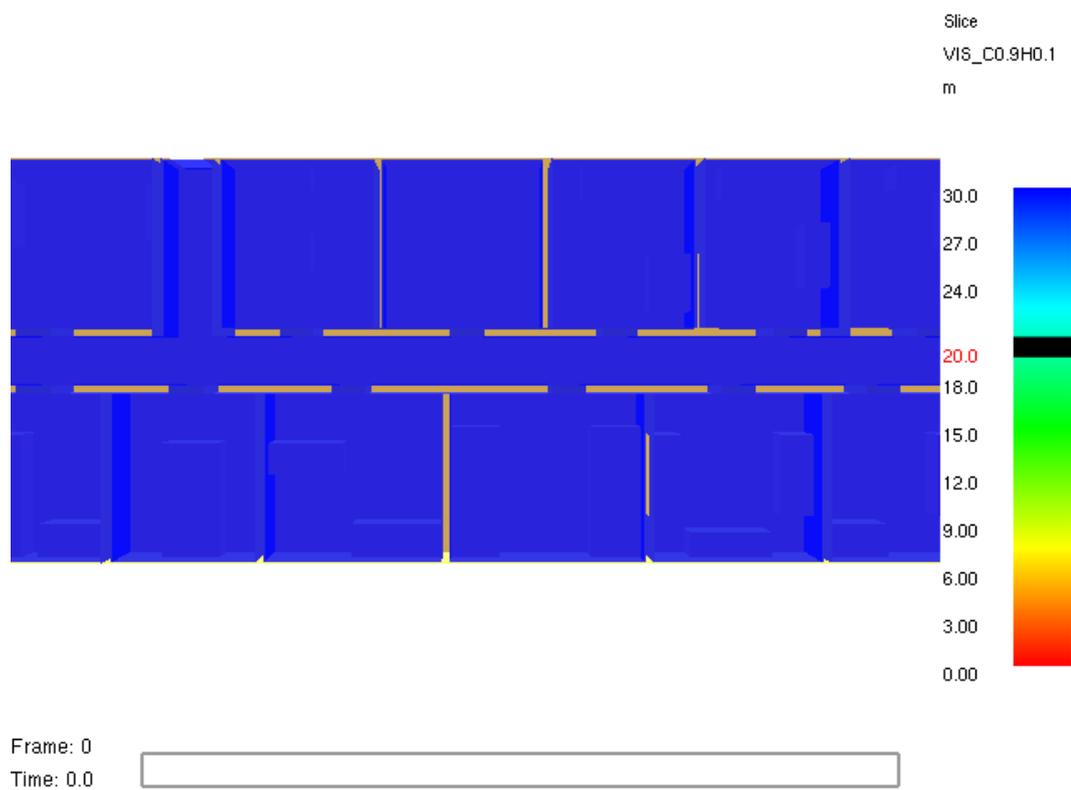


Рисунок 25 – Дальность видимости на высоте. Время 0 с

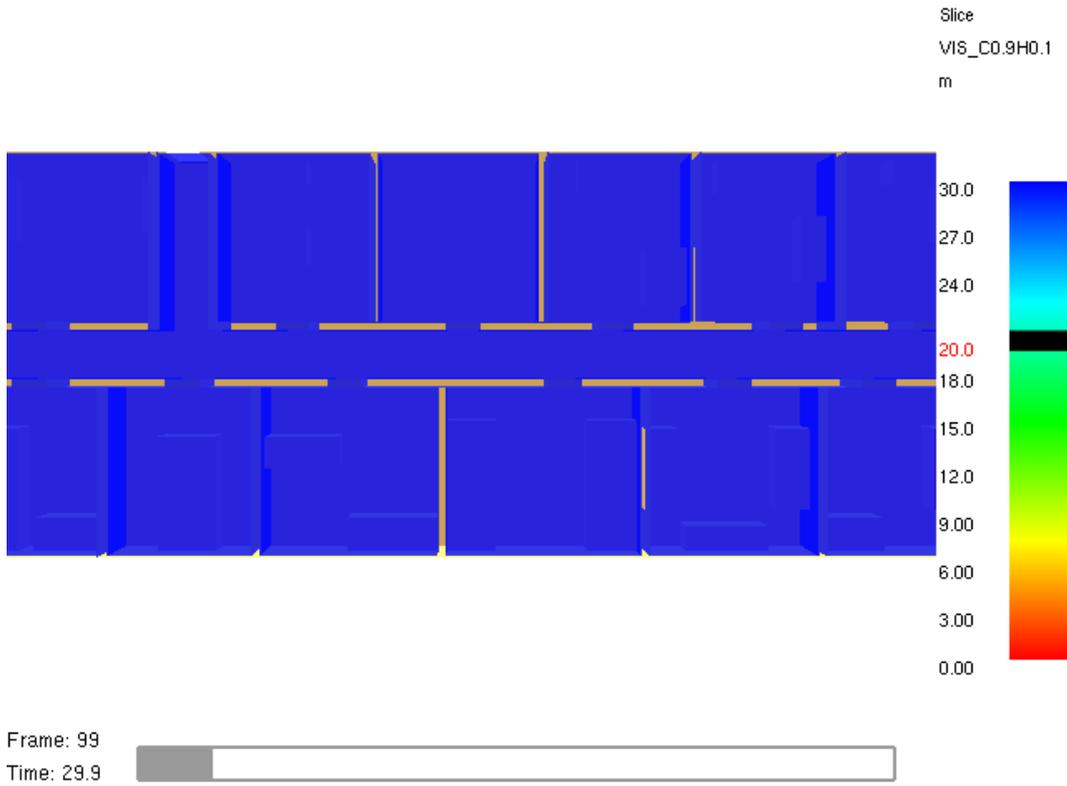


Рисунок 26 – Дальность видимости на высоте. Время 30 с

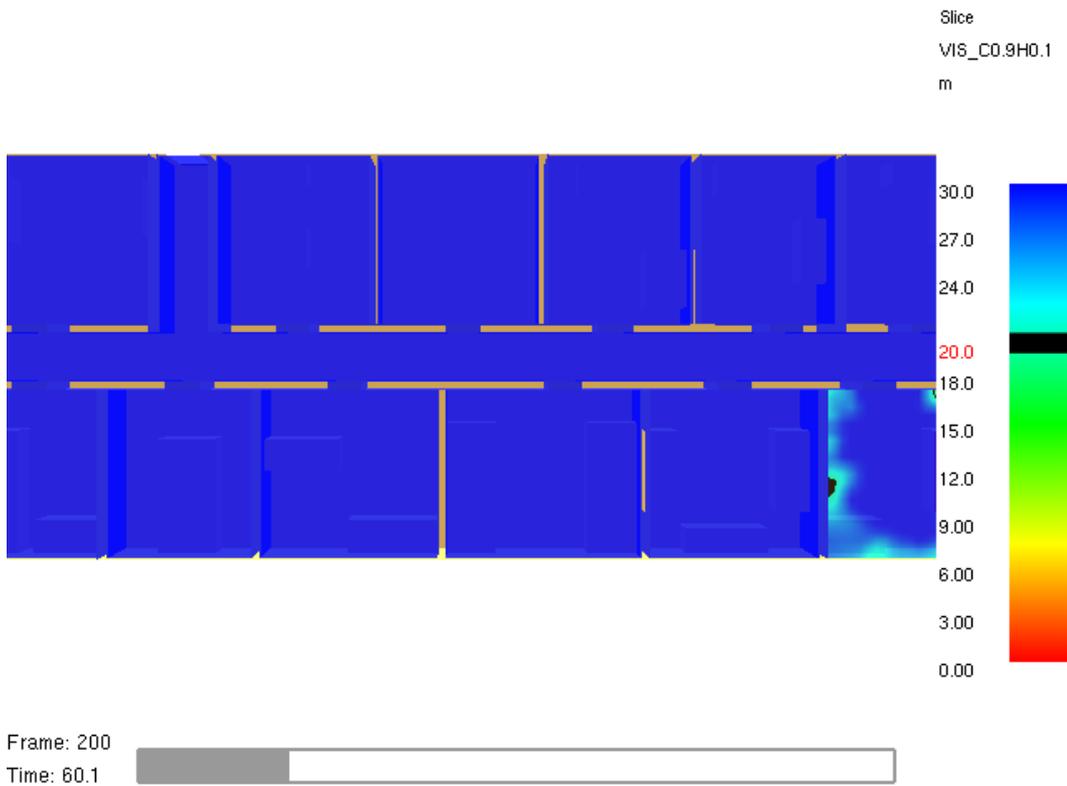


Рисунок 27 – Дальность видимости на высоте. Время 60 с

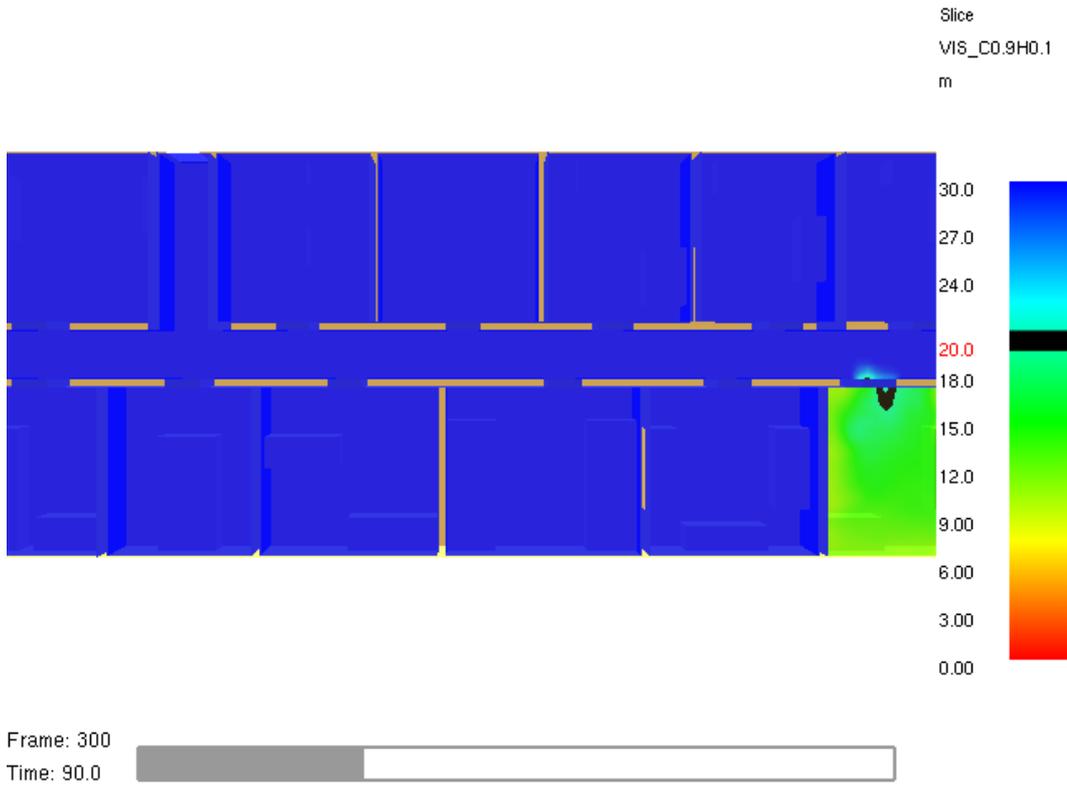


Рисунок 28 – Дальность видимости на высоте. Время 90 с

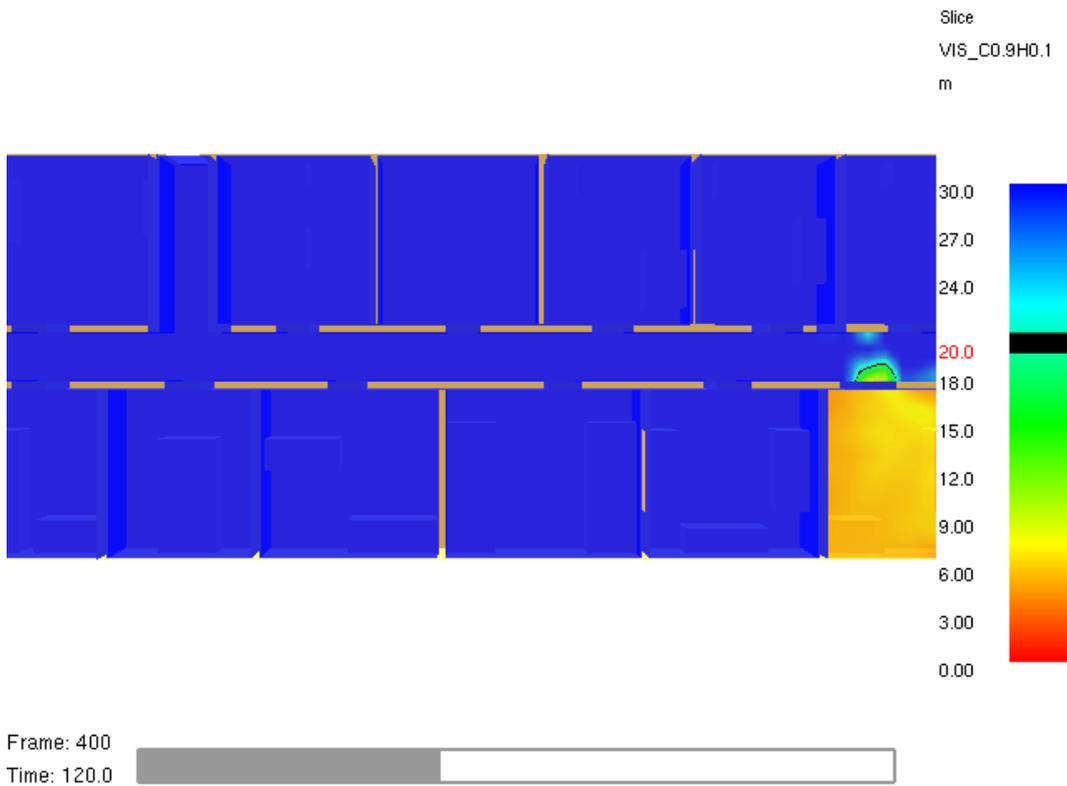


Рисунок 29 – Дальность видимости на высоте. Время 120 с

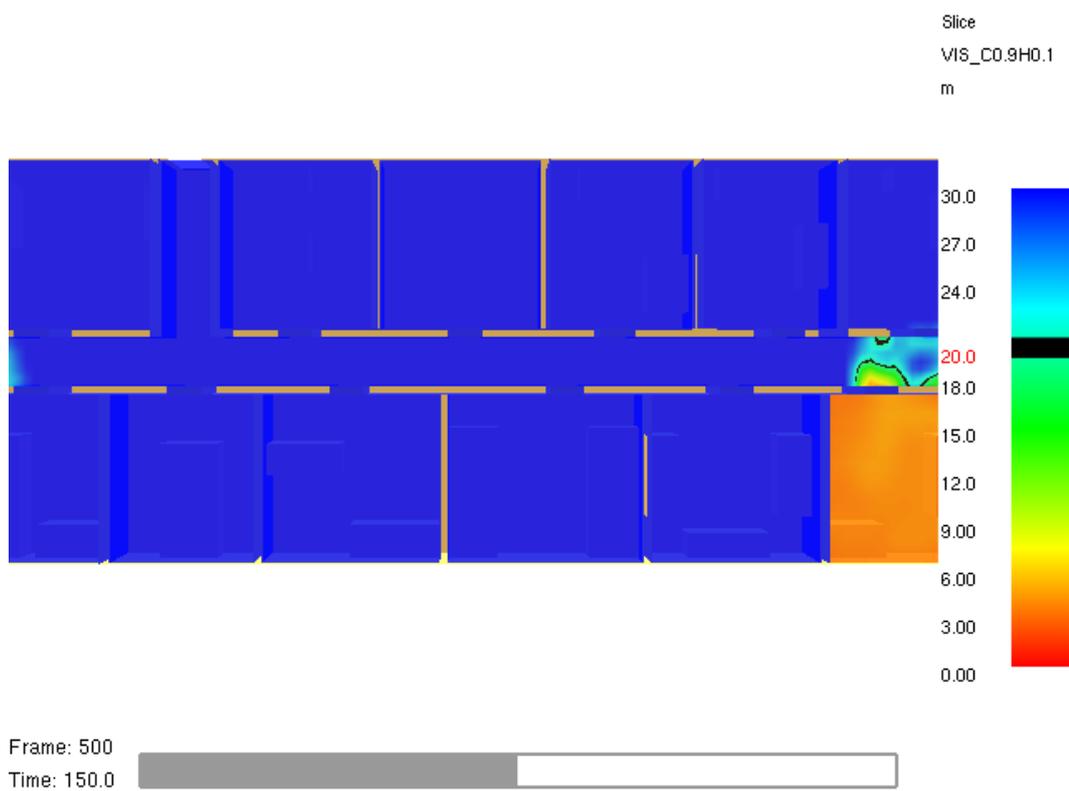


Рисунок 30 – Дальность видимости на высоте. Время 150 с

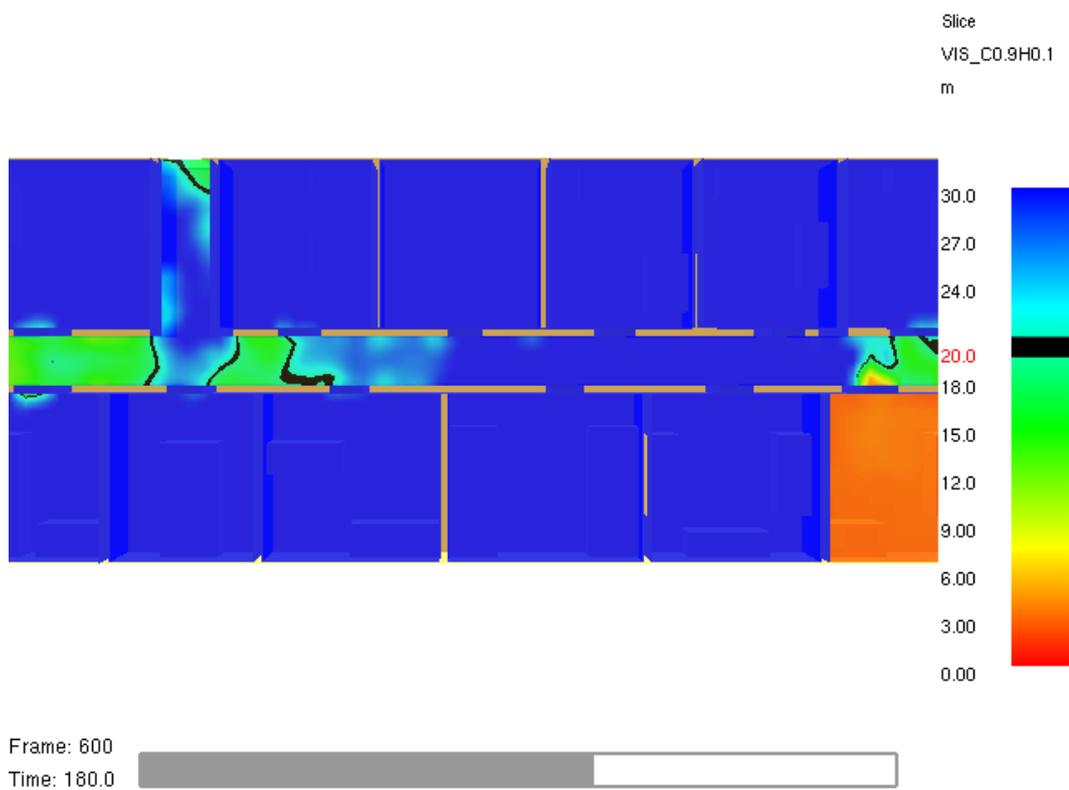


Рисунок 31 – Дальность видимости на высоте. Время 180 с

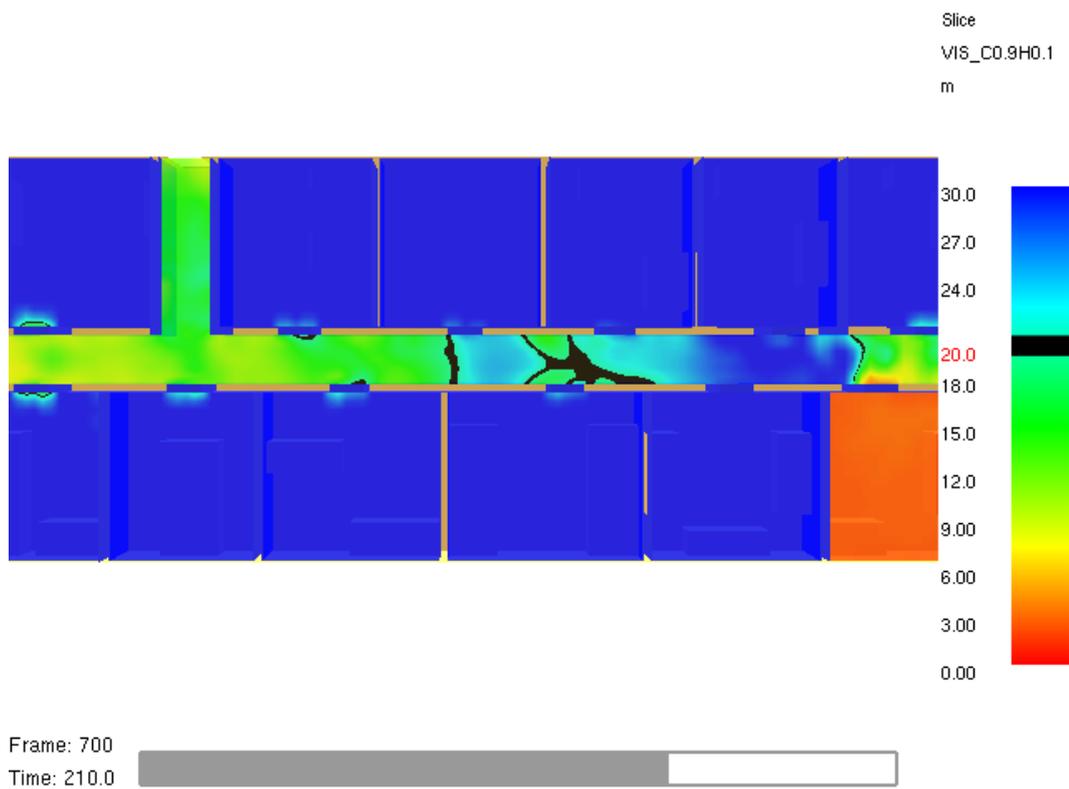


Рисунок 32 – Дальность видимости на высоте. Время 210 с

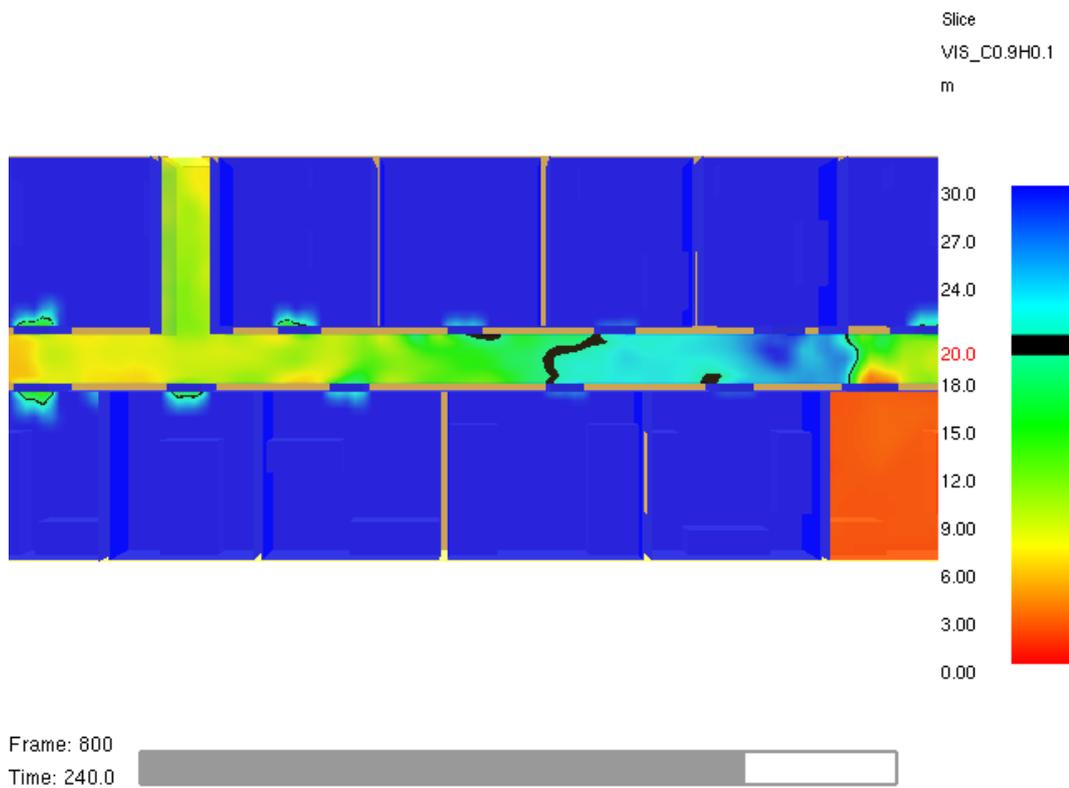


Рисунок 33 – Дальность видимости на высоте. Время 240 с

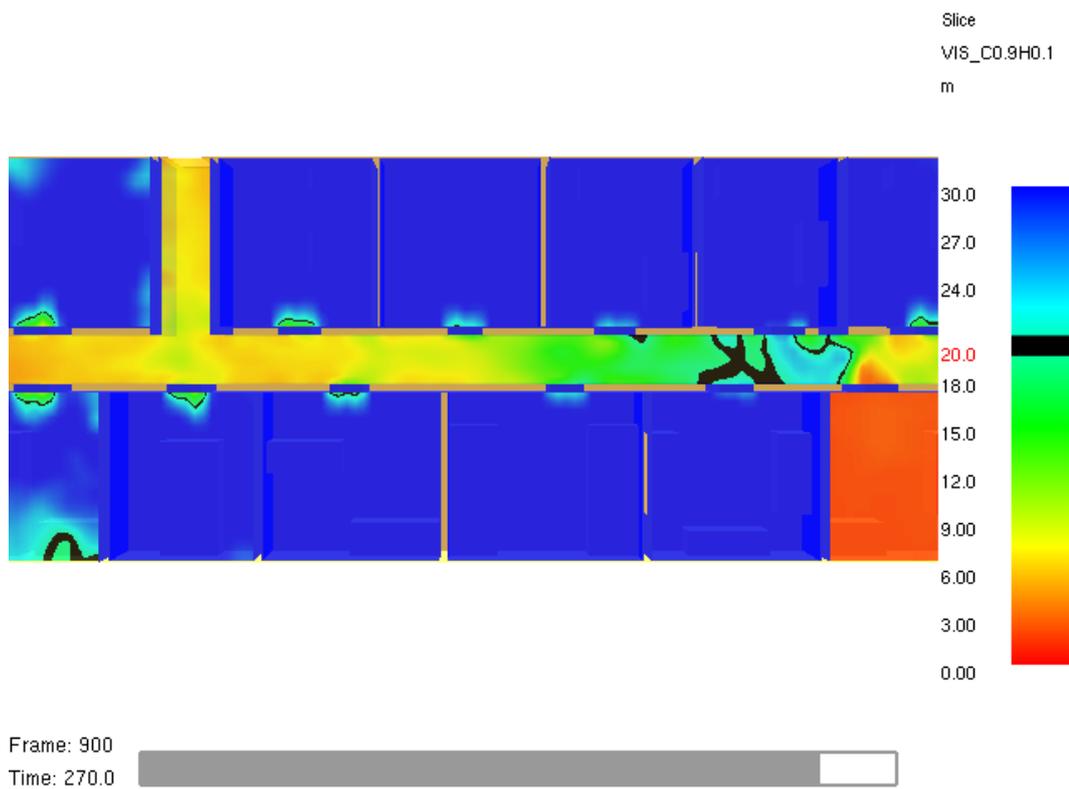


Рисунок 34 – Дальность видимости на высоте. Время 270 с

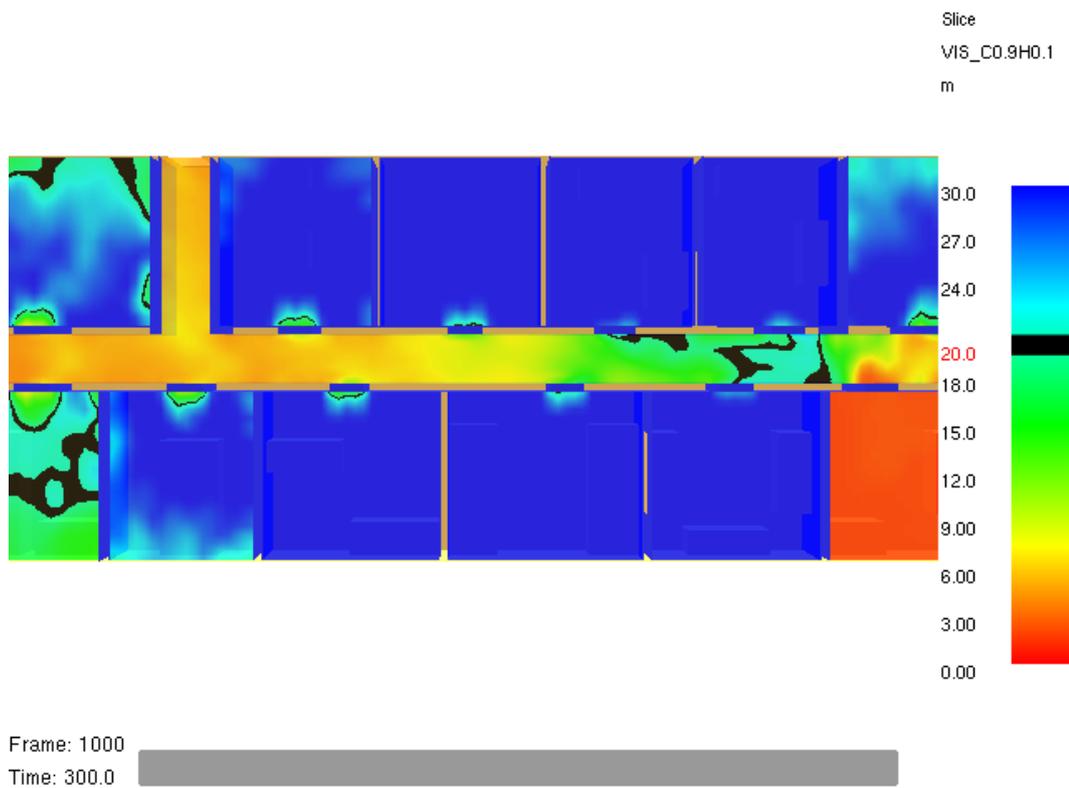


Рисунок 35 – Дальность видимости на высоте. Время 300 с

Сценарий №2 Пожар возле выхода 2.

Соответствие датчиков в PyroSim контрольным точкам представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Соответствие датчиков в PyroSim контрольным точкам

Точка сравнения	T	O ₂	Видимость	HCl	CO ₂	CO	Тепловой поток	Предельная дальность видимости, м
Точка_02	2-T	2-O ₂	2-vis	2-hcl	2-CO ₂	2-CO	2-AT	20
Точка_03	3-T	3-O ₂	3-vis	3-hcl	3-CO ₂	3-CO	3-AT	20
Точка_04	4-T	4-O ₂	4-vis	4-hcl	4-CO ₂	4-CO	4-AT	20

Время в контрольных точках представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Время в контрольных точках

Точка сравнения	T	O ₂	Видимость	HCl	CO ₂	CO	Тепловой поток	T _{бл} , мин	0.8*T _{бл} , мин
Точка_02	>5	>5	2,50	>5	>5	>5	>5	2,50	2,00
Точка_03	>5	>5	3,26	>5	>5	>5	>5	3,26	2,60
Точка_04	2,09	1,97	1,43	>5	>5	>5	>5	1,43	1,14

Время блокирования в контрольных точках представлено на рисунке 36.

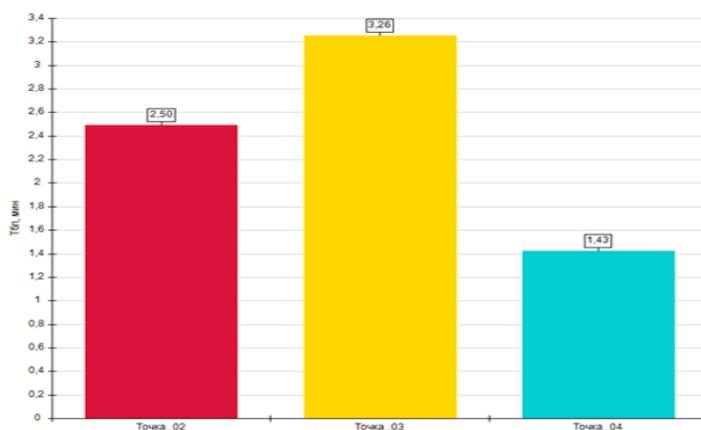


Рисунок 36 – Время блокирования в контрольных точках

Графики ОФП в контрольных точках изображены на рисунках 37-41.



Рисунок 37 – Повышение температуры

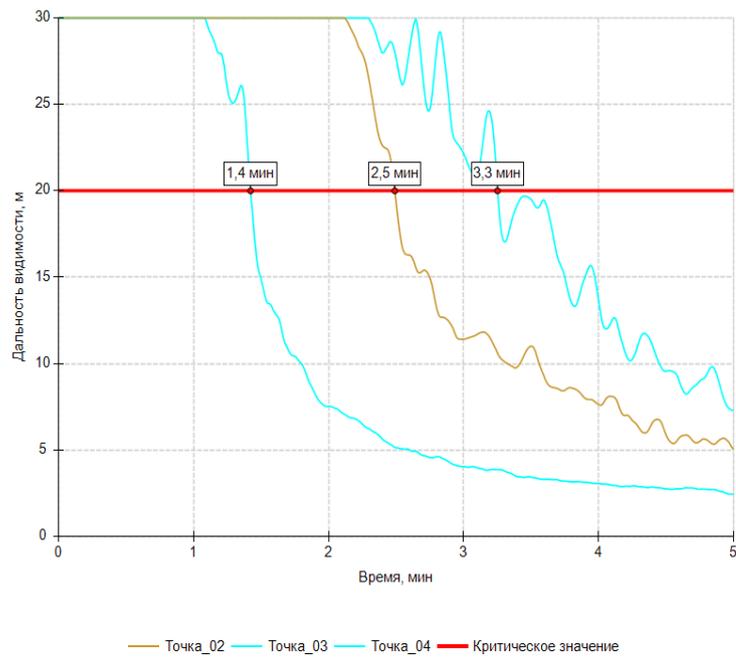


Рисунок 38 – Снижение видимости

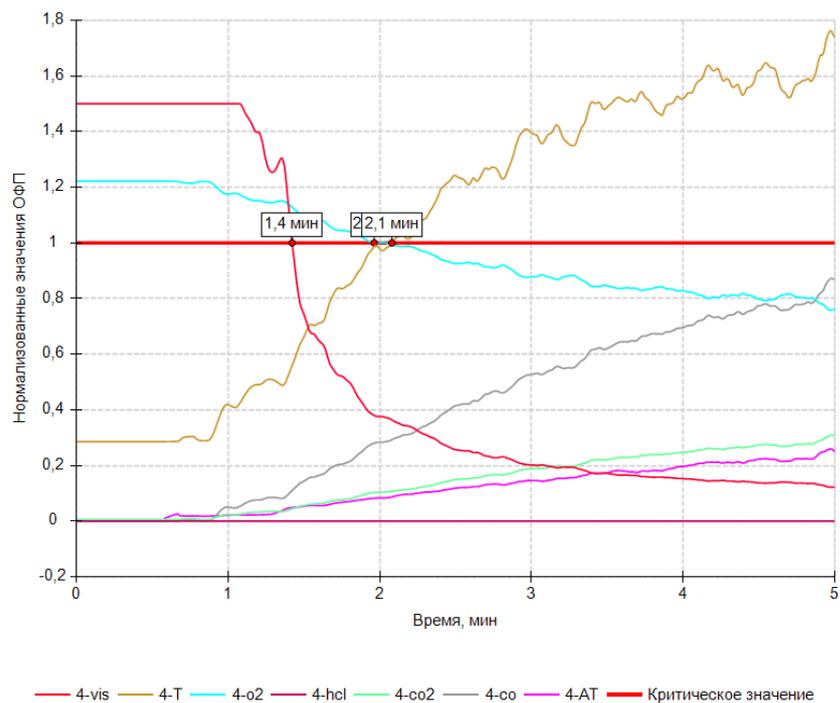


Рисунок 39 – ОФП в точке 4

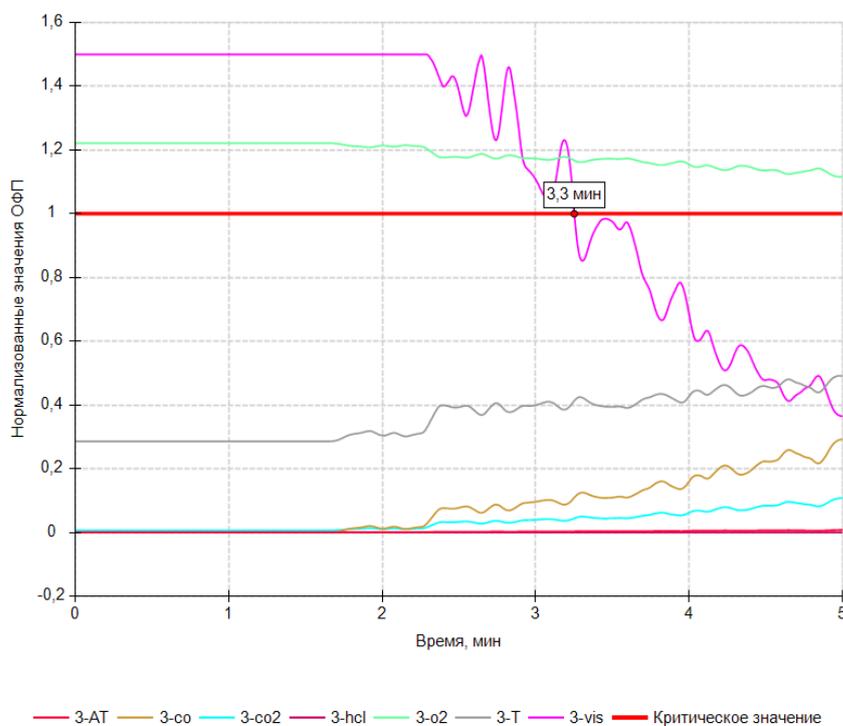


Рисунок 40 – ОФП в точке 4

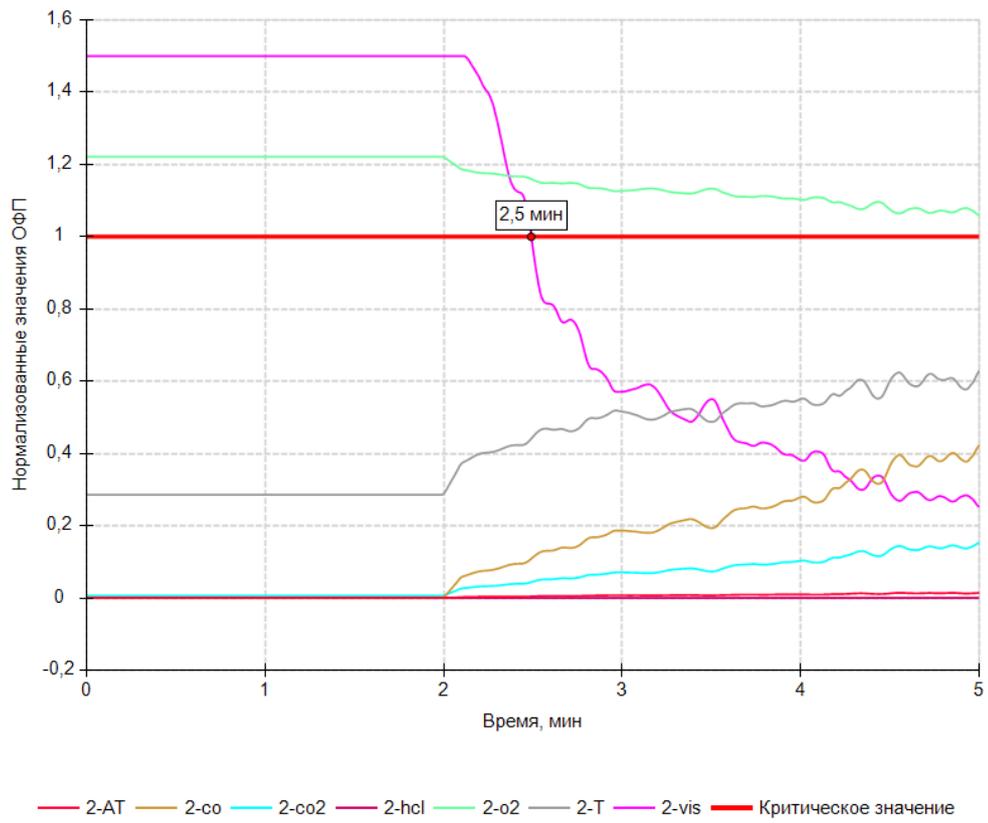


Рисунок 41 – ОФП в точке 2

Поля ОФП изображены на рисунках 42-63.

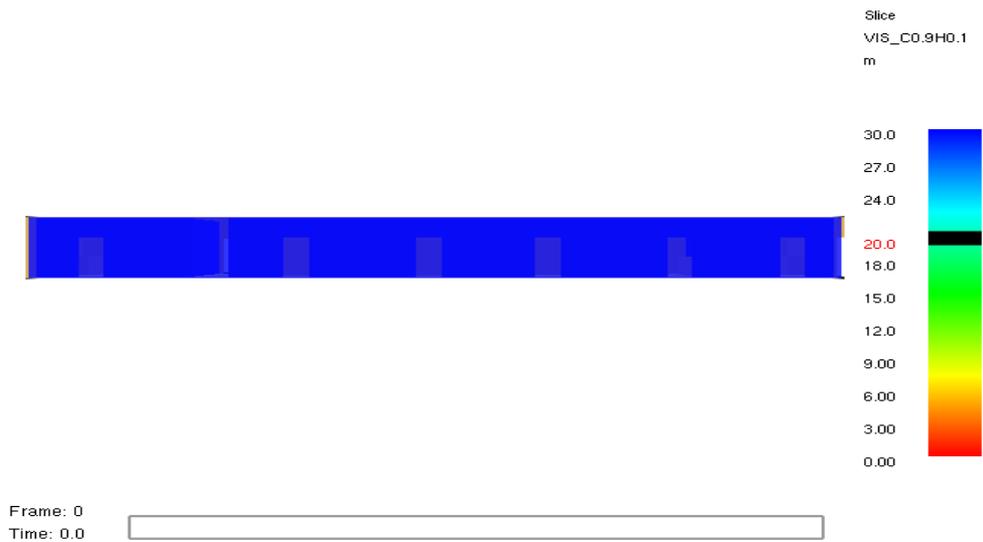


Рисунок 42 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 0 с

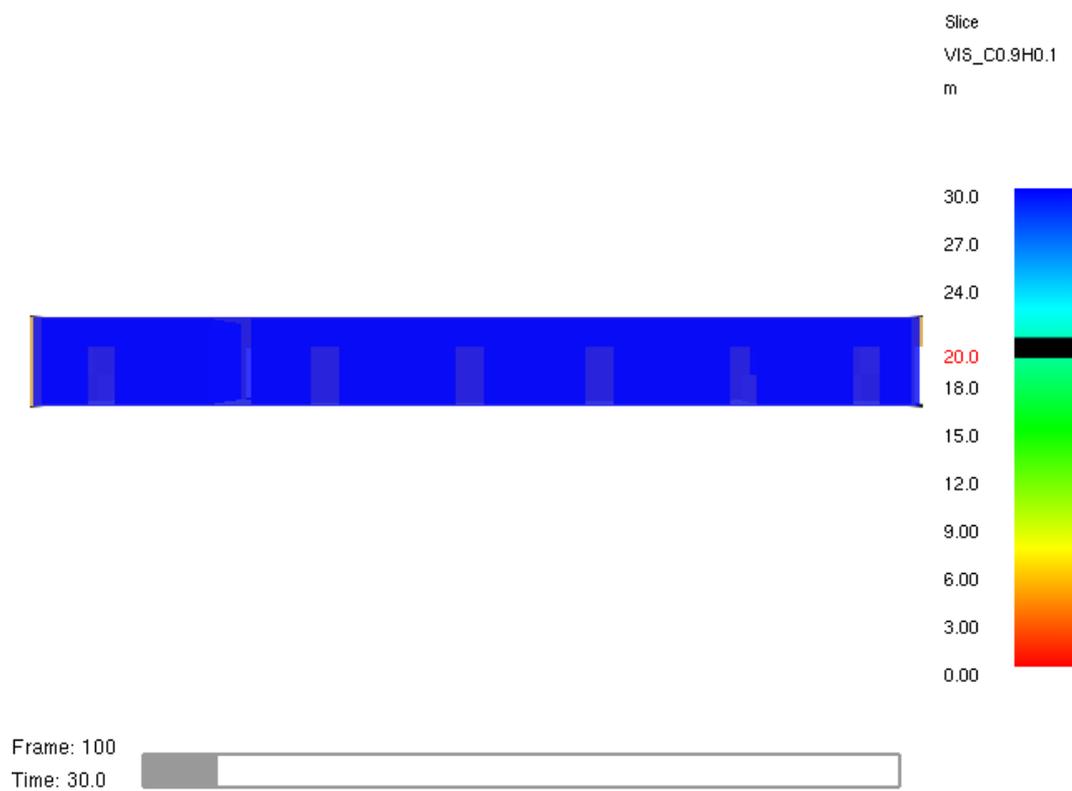


Рисунок 43 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 30 с

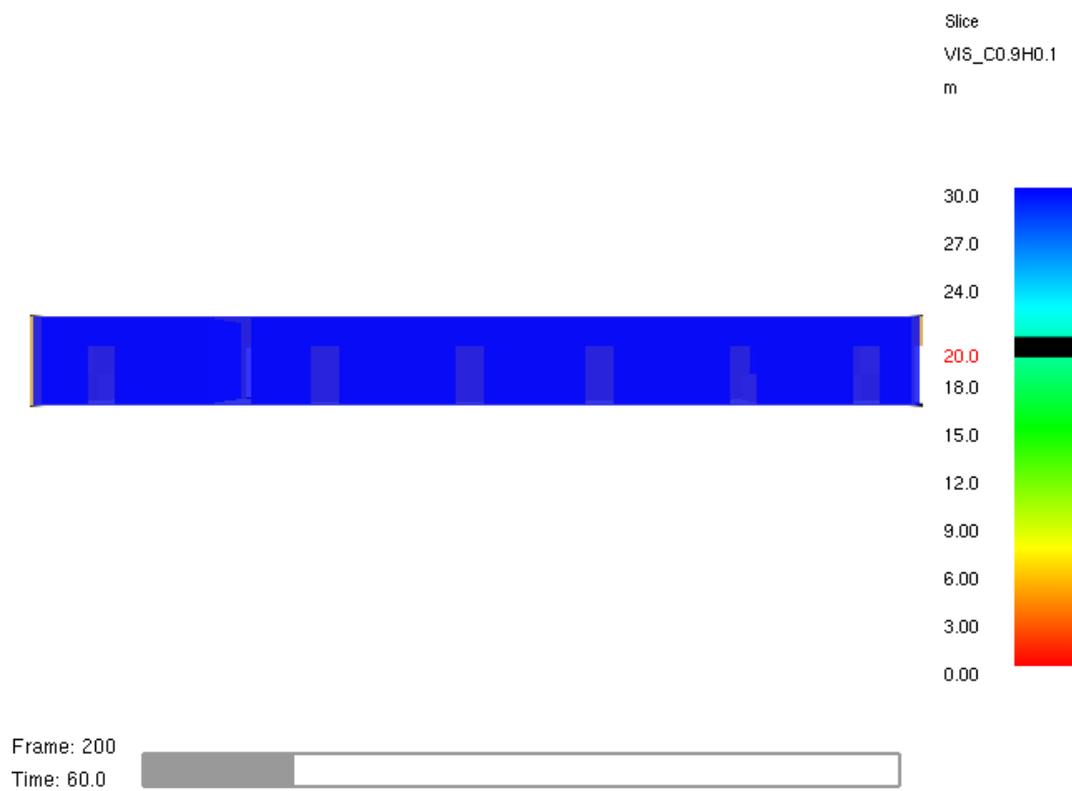


Рисунок 44 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 60 с

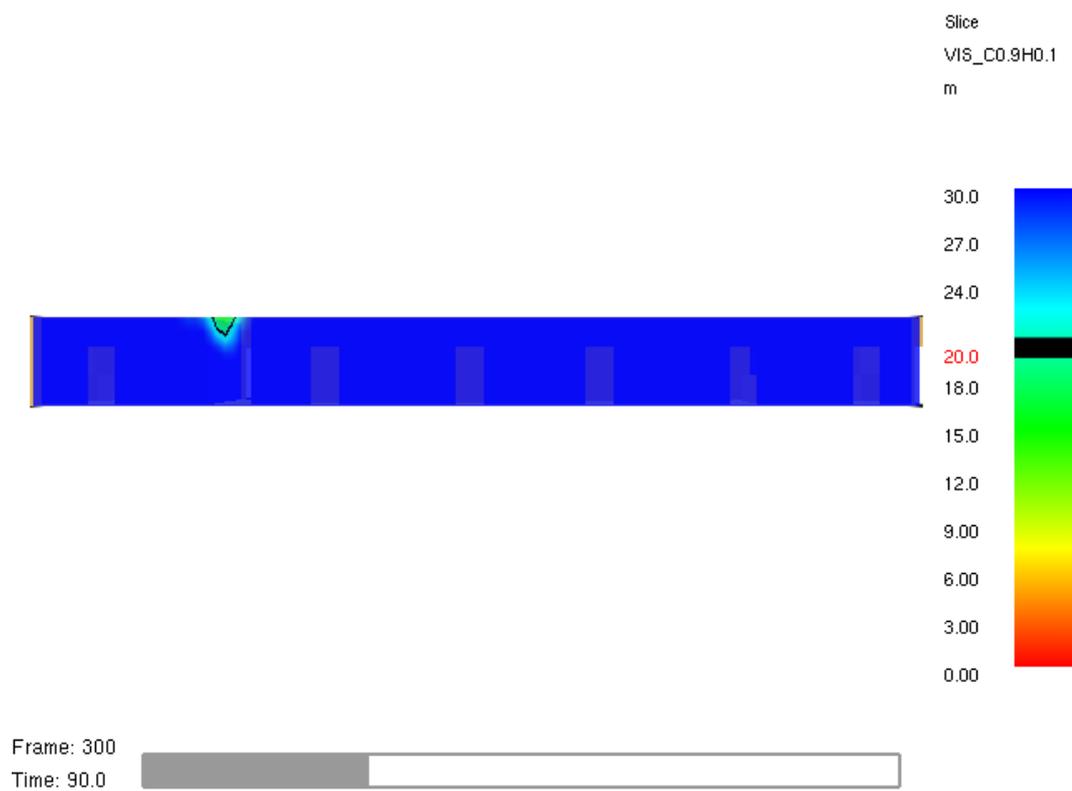


Рисунок 45 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 90 с

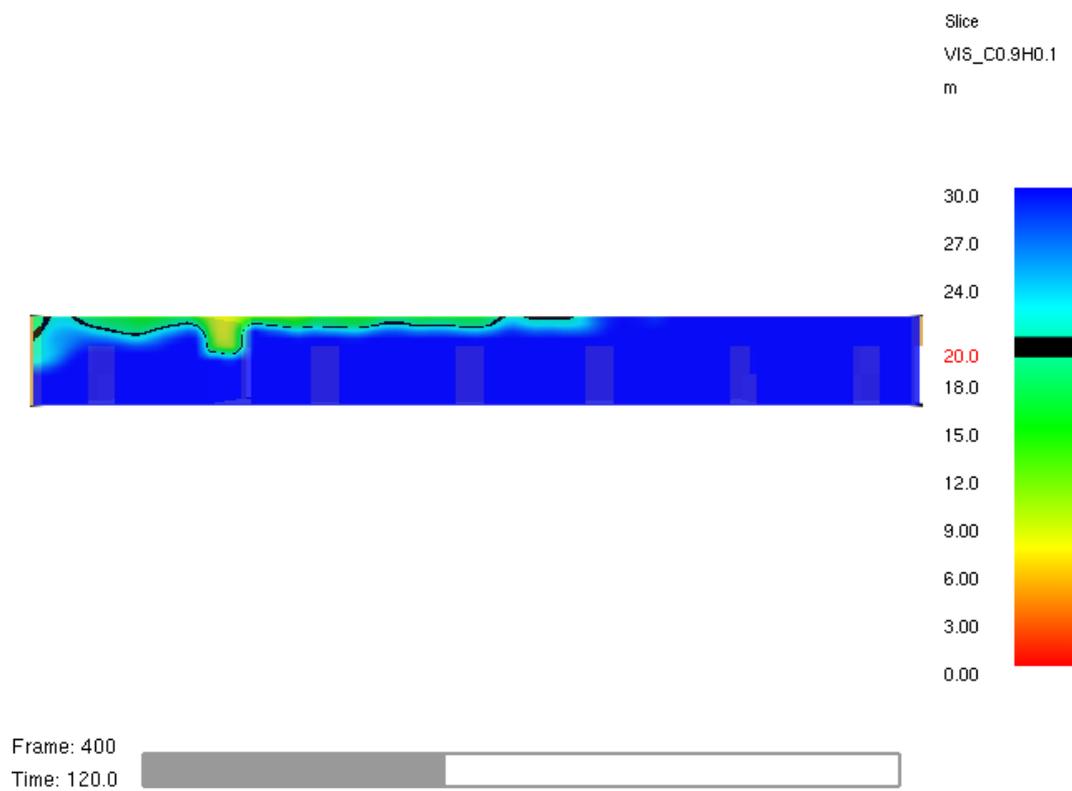


Рисунок 46 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 1200 с

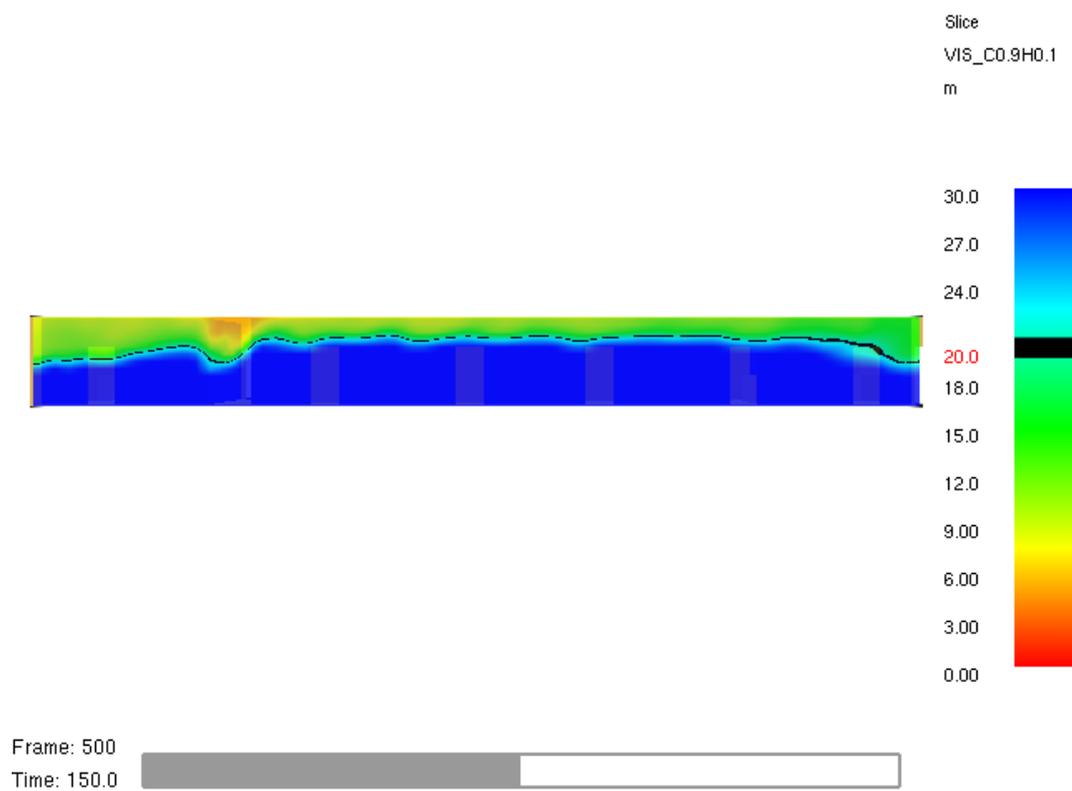


Рисунок 47 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 150 с

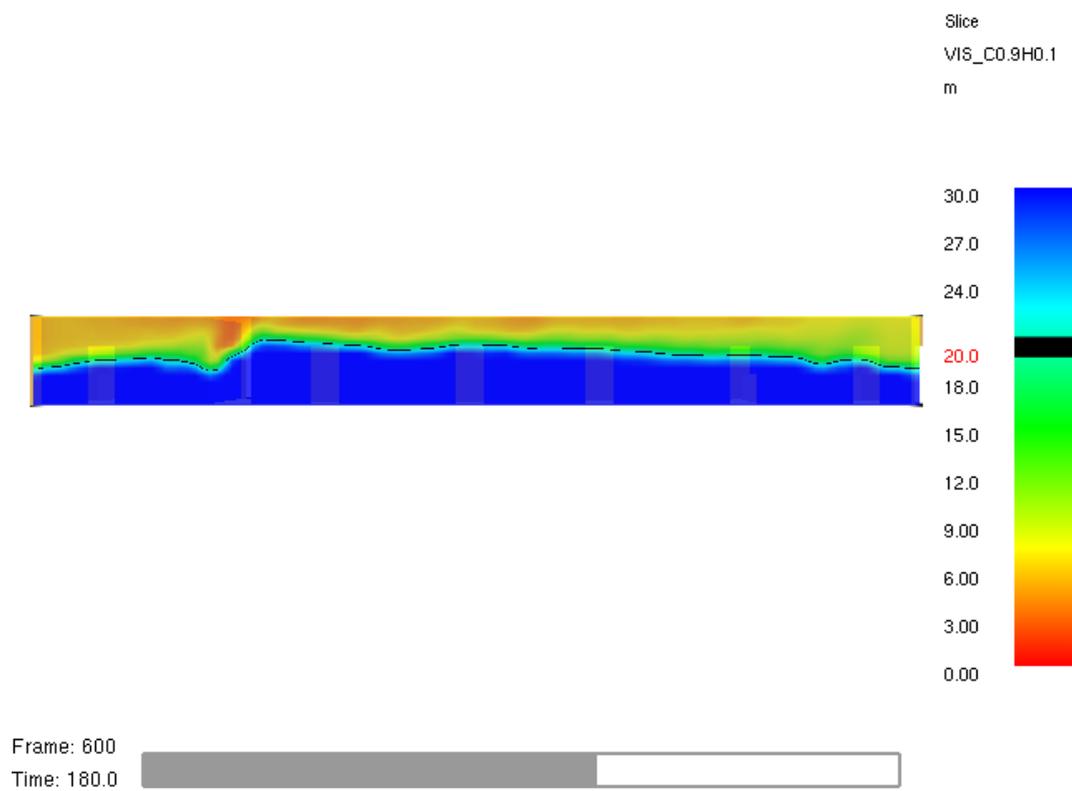


Рисунок 48 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 180 с

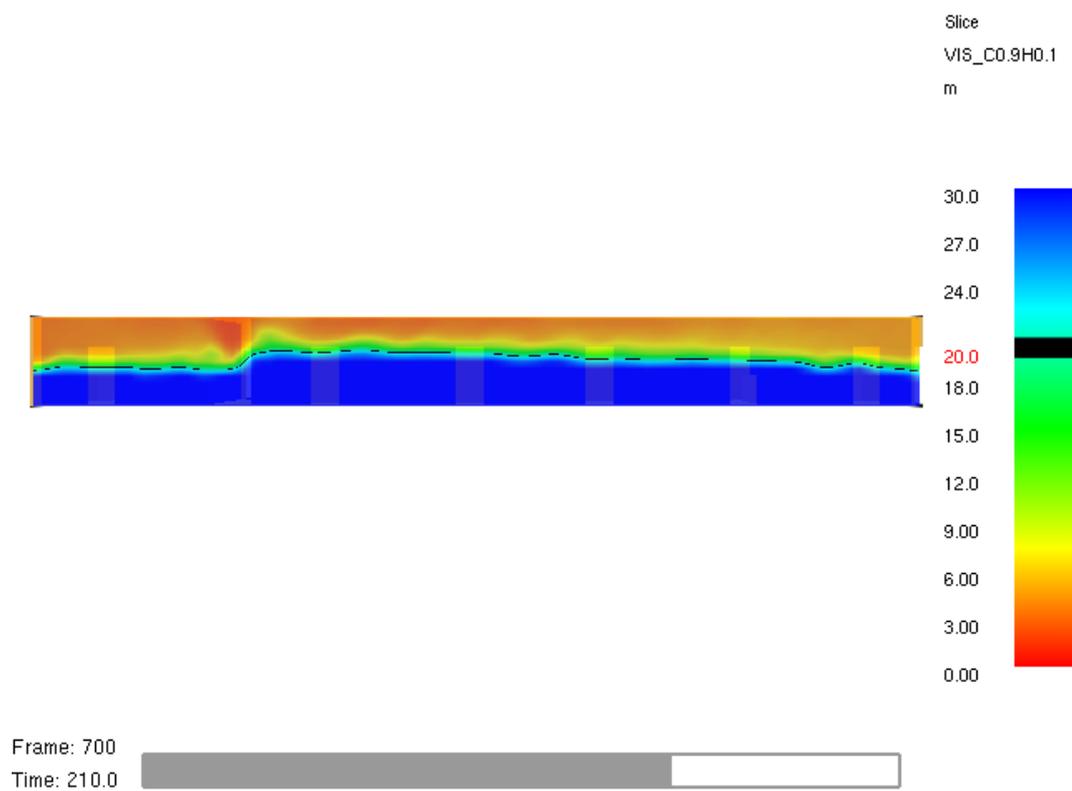


Рисунок 49 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 210 с

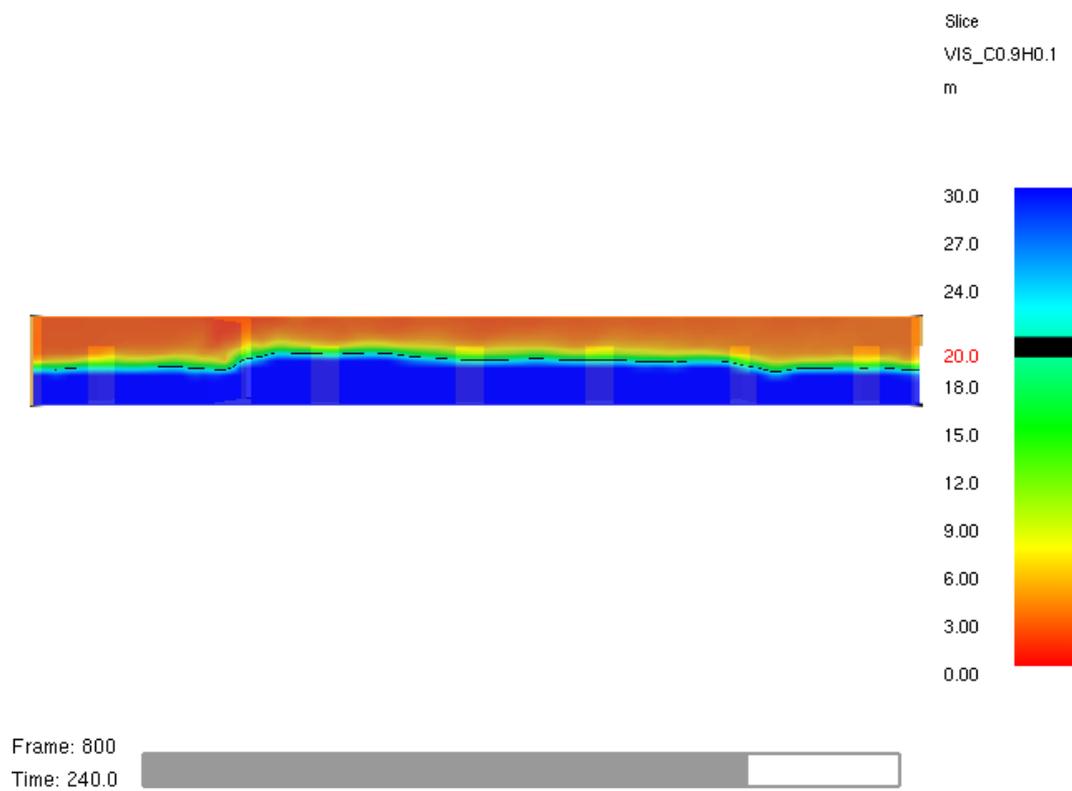


Рисунок 50 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 240 с

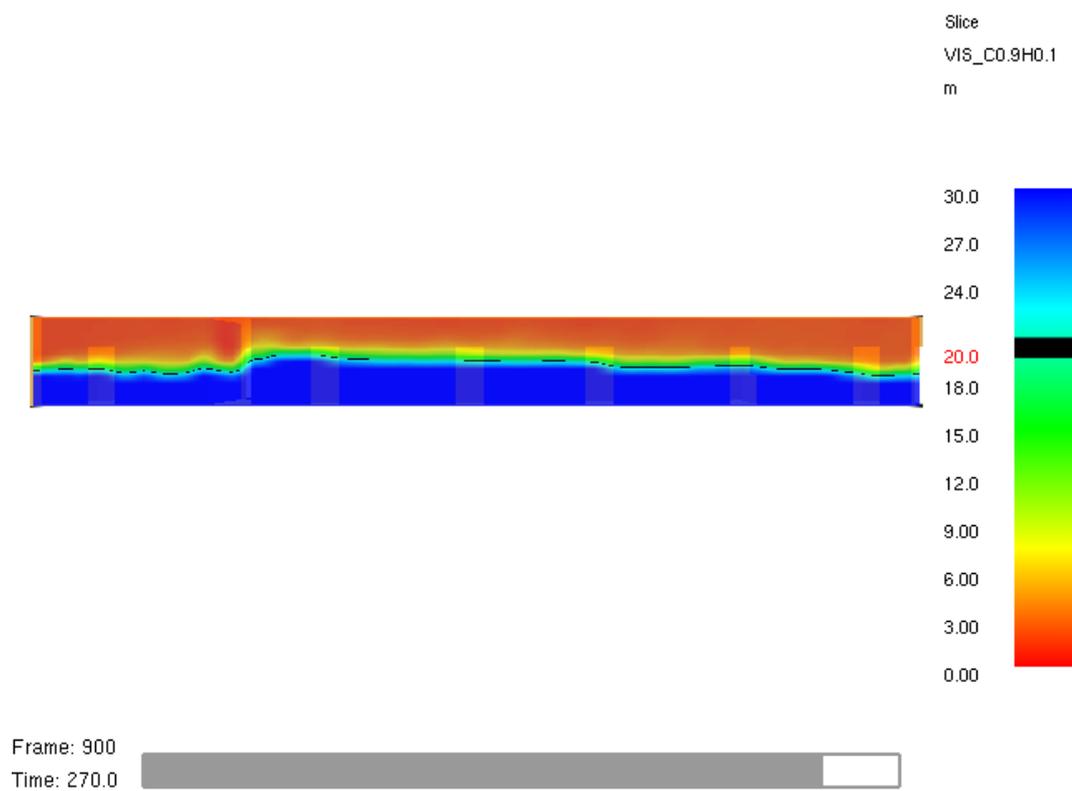


Рисунок 51 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 270 с

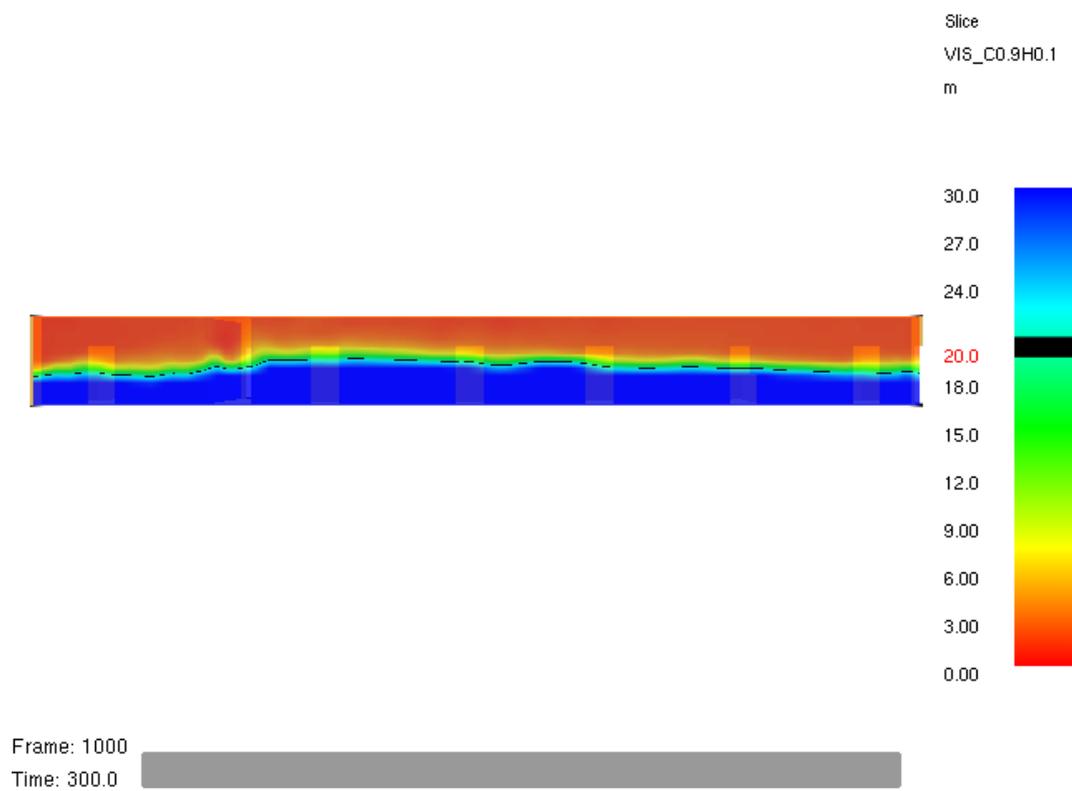


Рисунок 52 – Дальность видимости в вертикальном сечении. Время 300 с

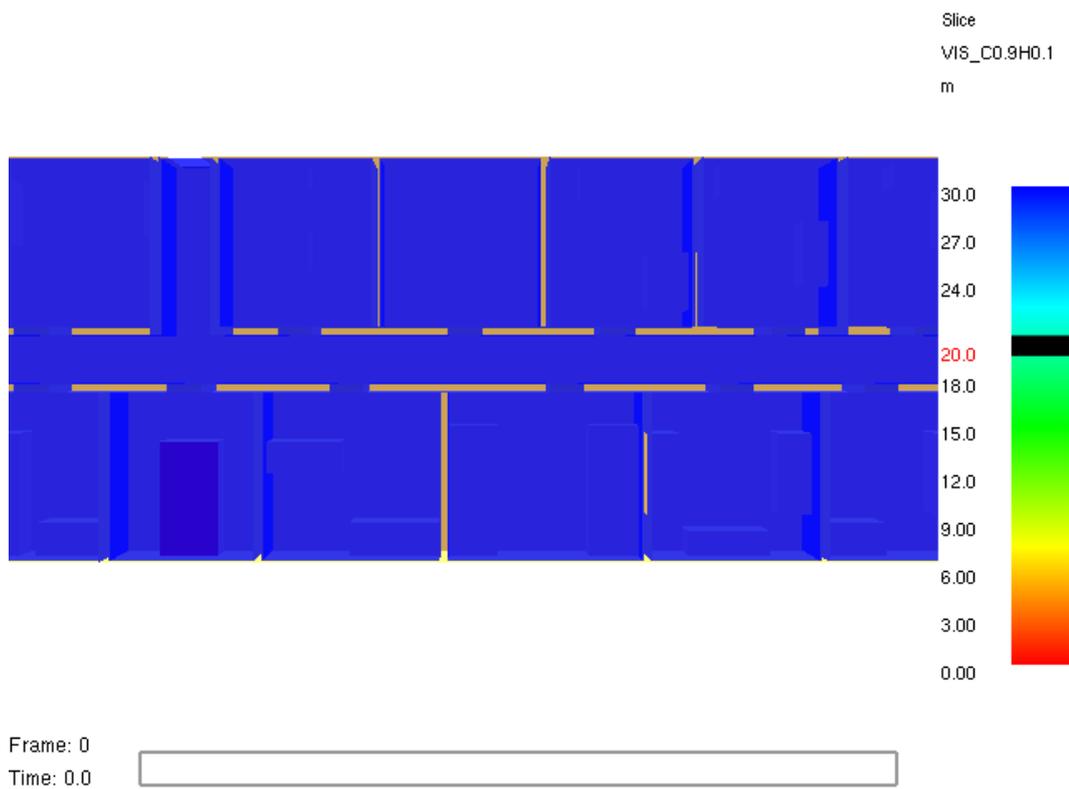


Рисунок 53 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 0 с

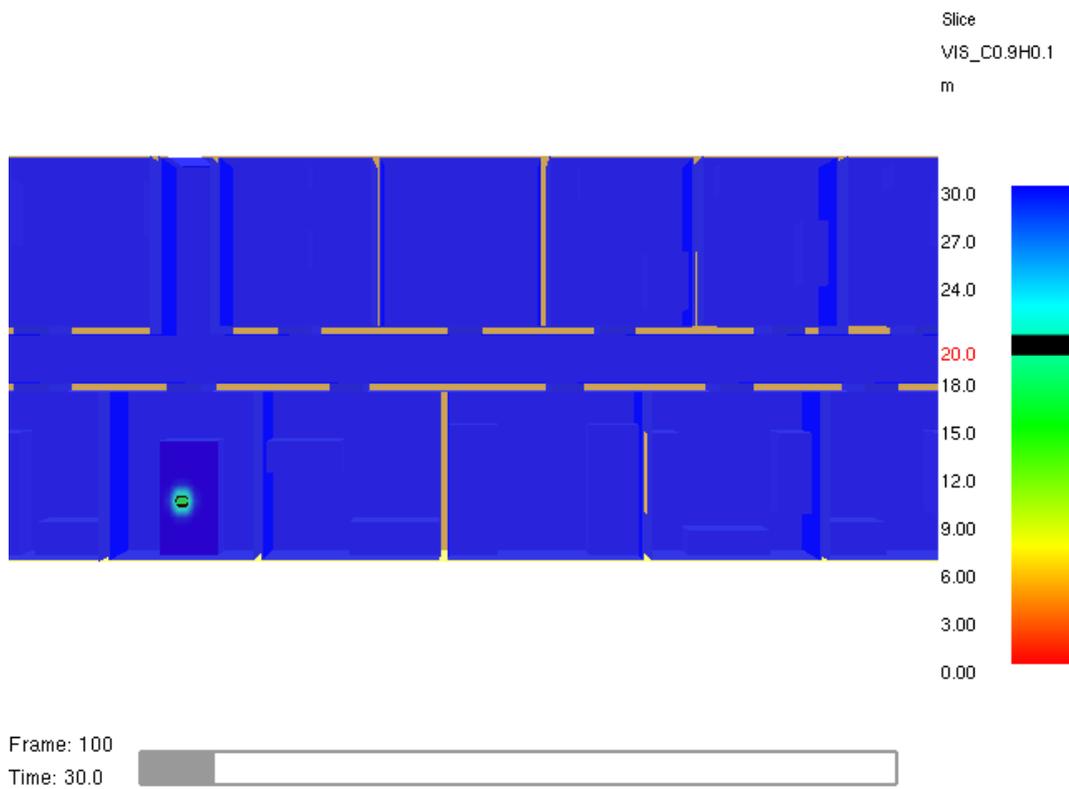


Рисунок 54 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 30 с

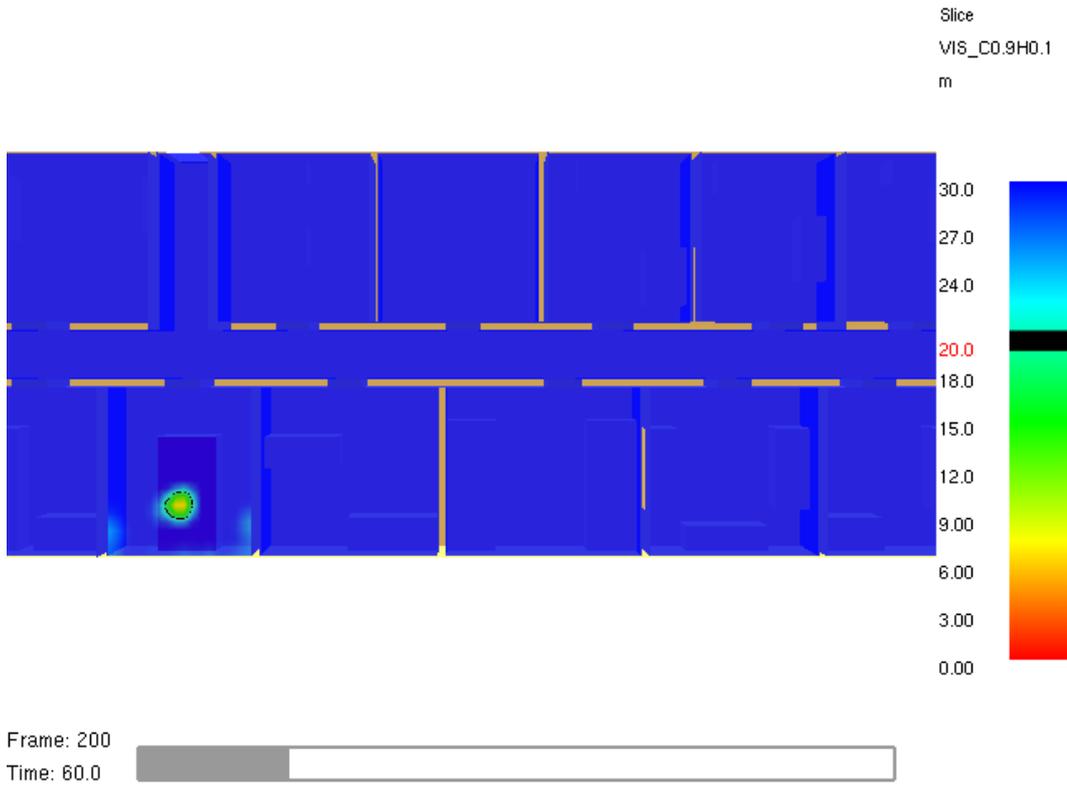


Рисунок 55 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 60 с

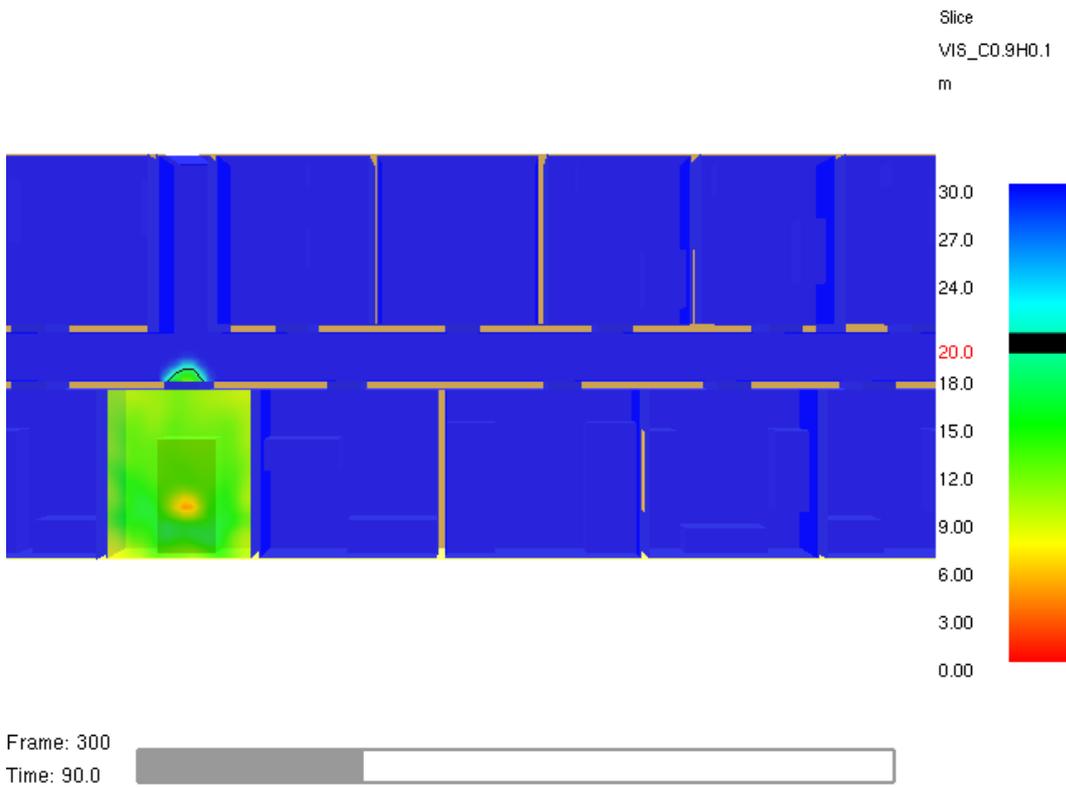


Рисунок 56 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 90 с

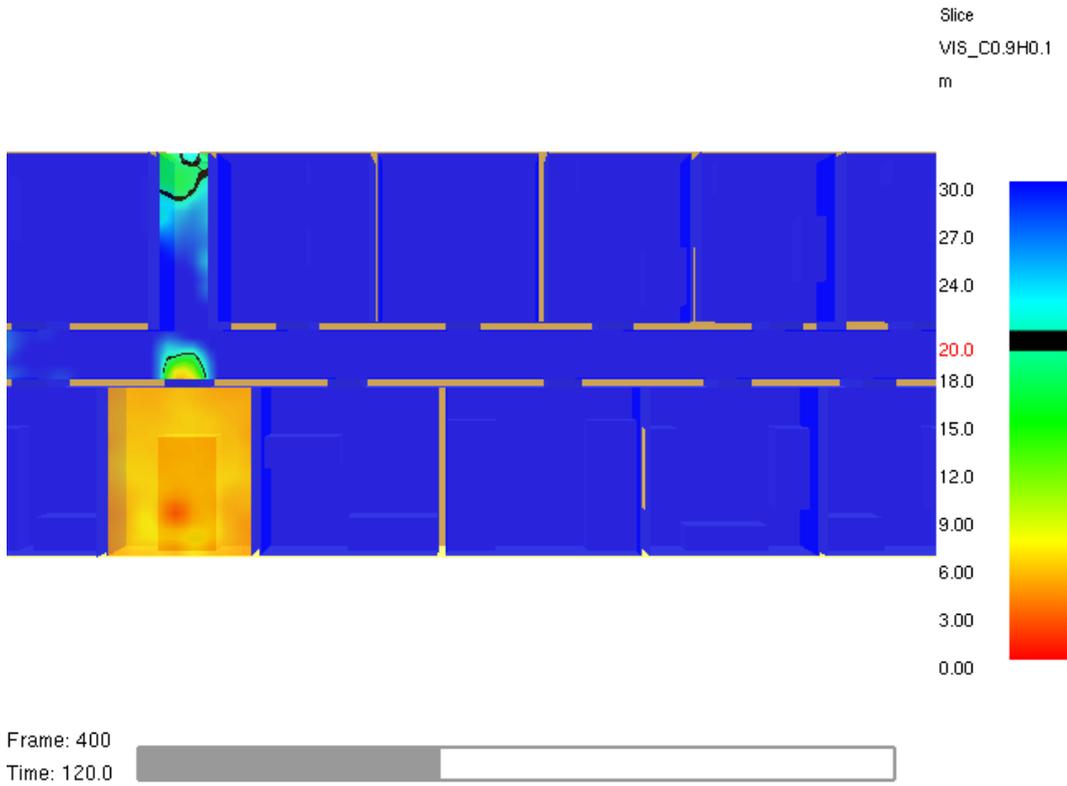


Рисунок 57 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 120 с

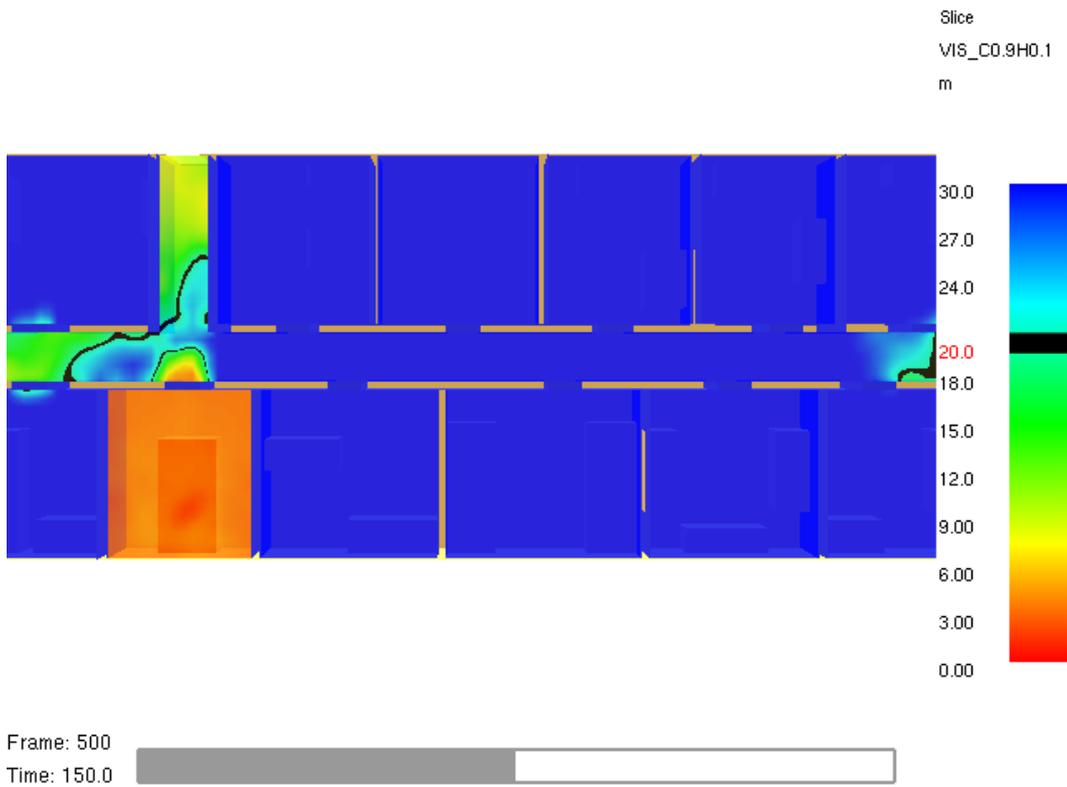


Рисунок 58 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 150 с

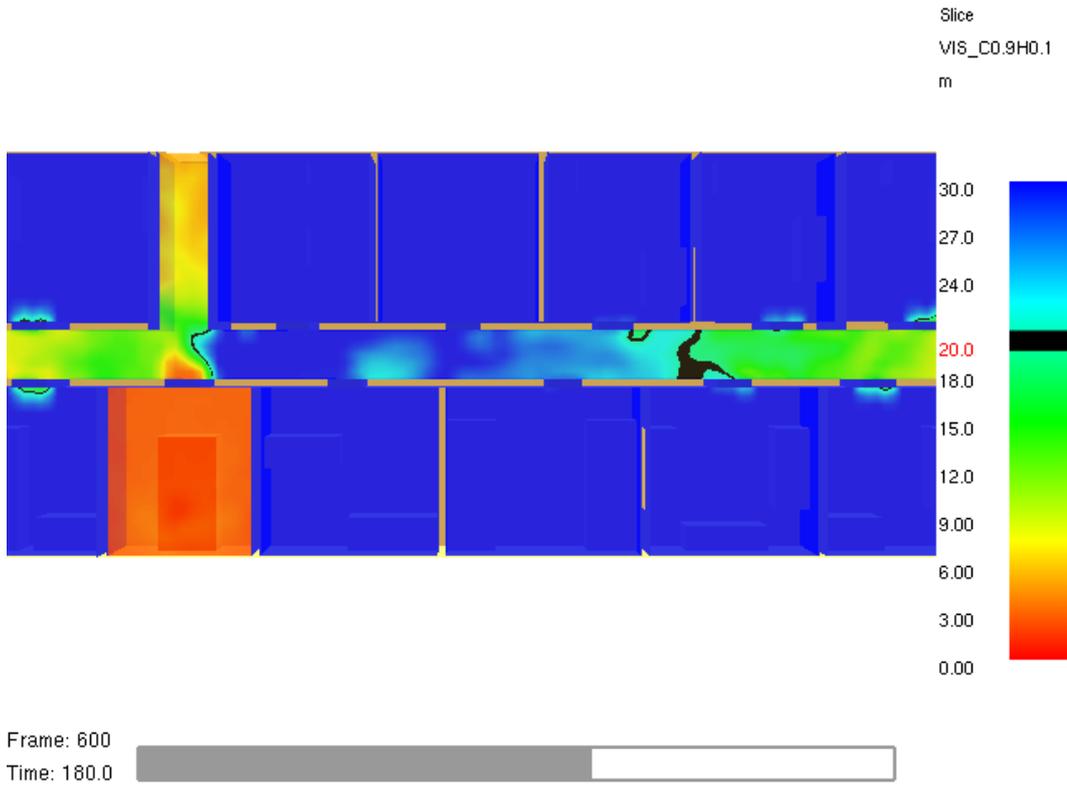


Рисунок 59 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 180 с

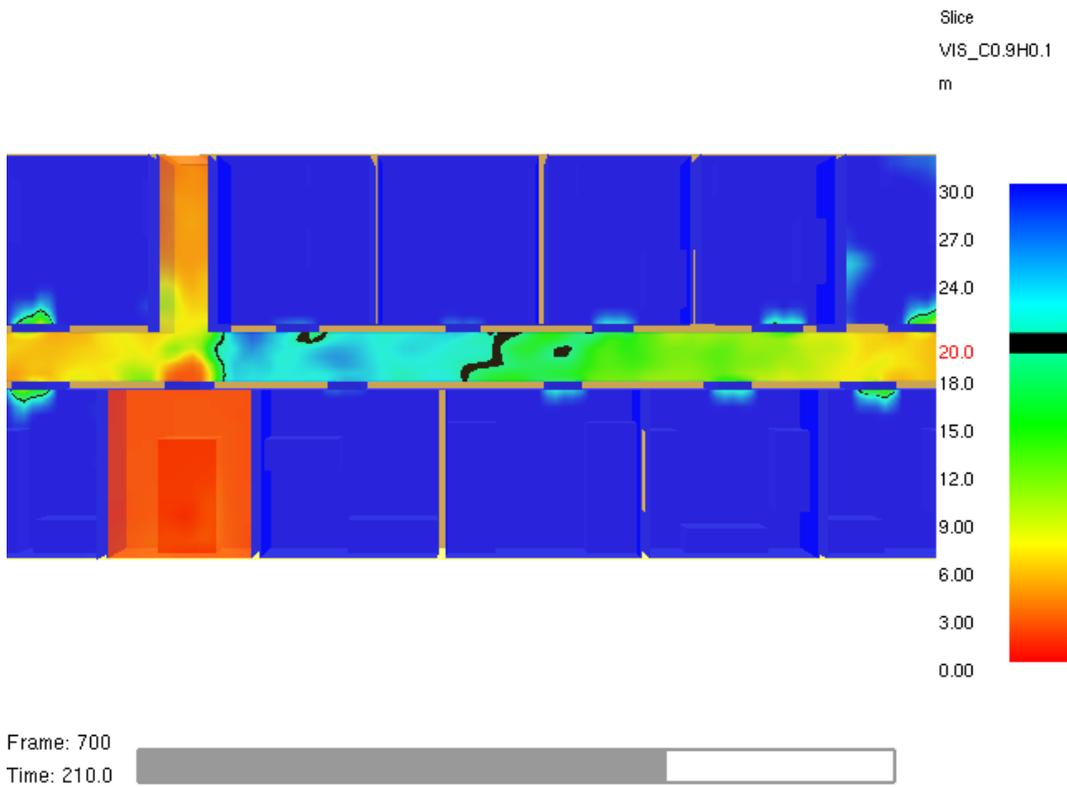


Рисунок 60 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 210 с

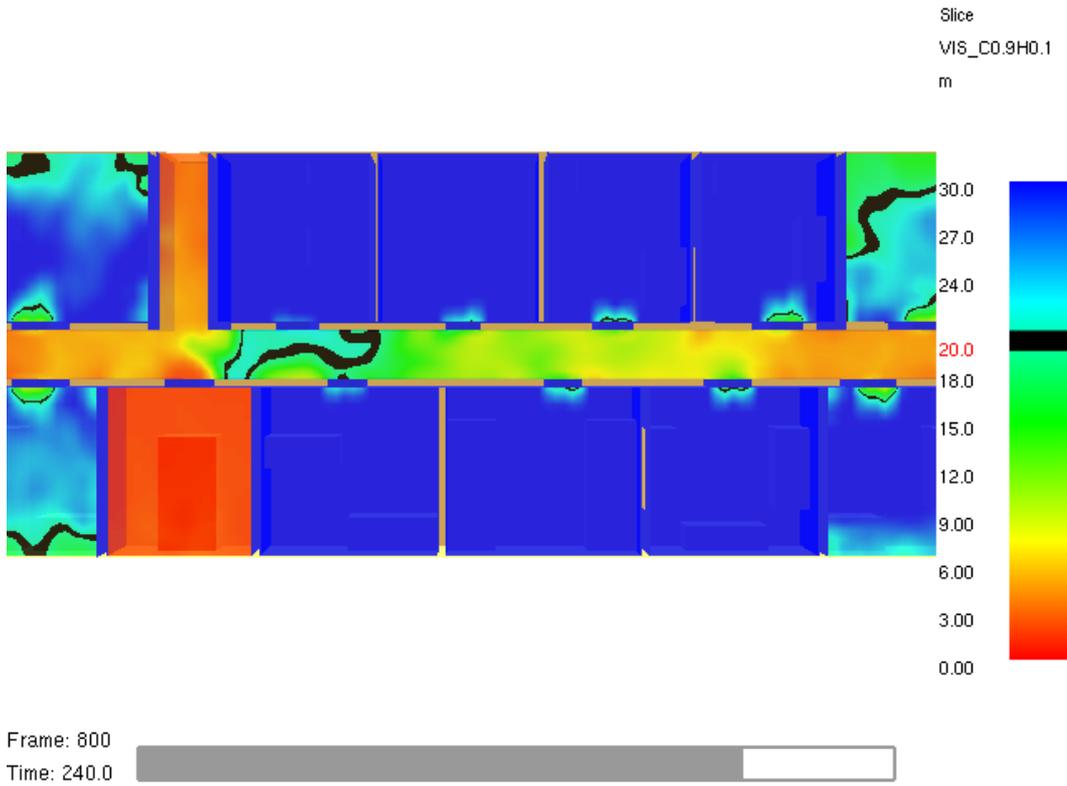


Рисунок 61 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 240 с

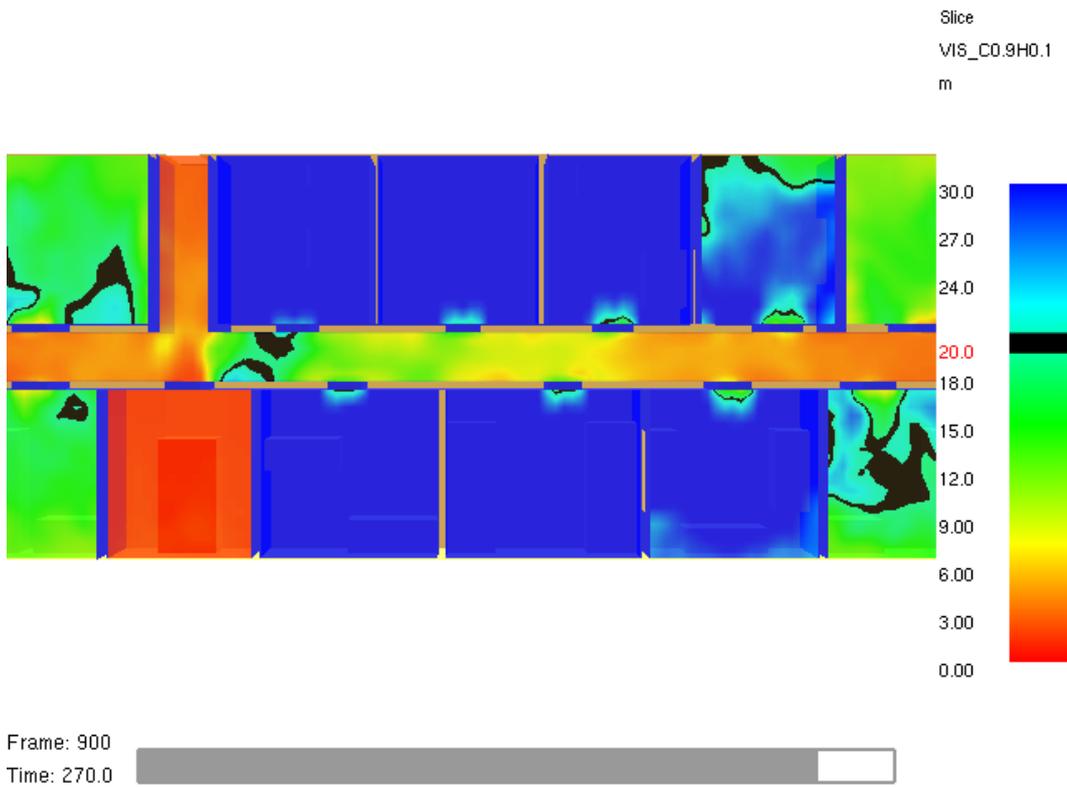


Рисунок 62 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 270 с

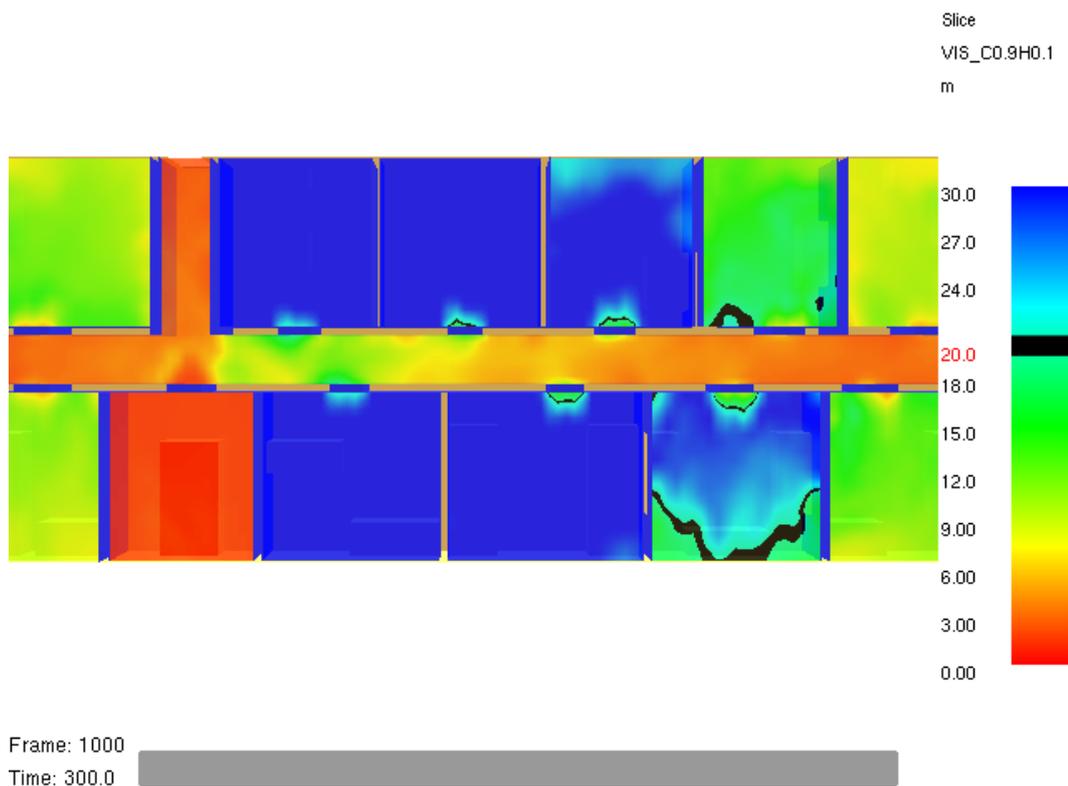


Рисунок 63 – Дальность видимости на высоте 1.7 м. Время 300 с

Значения расчетных величин пожарного риска. Определение расчетного времени эвакуации людей из здания

Сценарий №1 Пожар возле выхода 1.

Описание эвакуации для сценария: «люди из помещения пожара выходят из помещения через 6 секунд после начала пожара и идут к выходу 2, т.к. ближайший выход 1 заблокирован опасными факторами пожара» [22].

«Люди из остальных помещений начинают эвакуацию через 90 секунд после начала пожара, после получения сигнала системы оповещения, и двигаются к выходу 2» [22].

Метод расчета времени эвакуации – моделирование в программе Pathfinder.

«Программа Pathfinder реализует индивидуальную модель эвакуации людей. Данная модель принята для расчета исходя из следующих факторов:

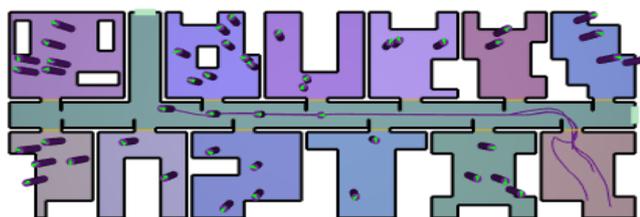
- люди индивидуально определяют путь движения;

– люди гибко выбирают, по каким путям осуществлять эвакуацию» [23].

Настройка параметров модели движения Pathfinder для соответствия приложению 3 методики описана в документе «Настройка параметров движения для людей различных групп мобильности».

Изображения процесса эвакуации представлено на рисунках 64-66.

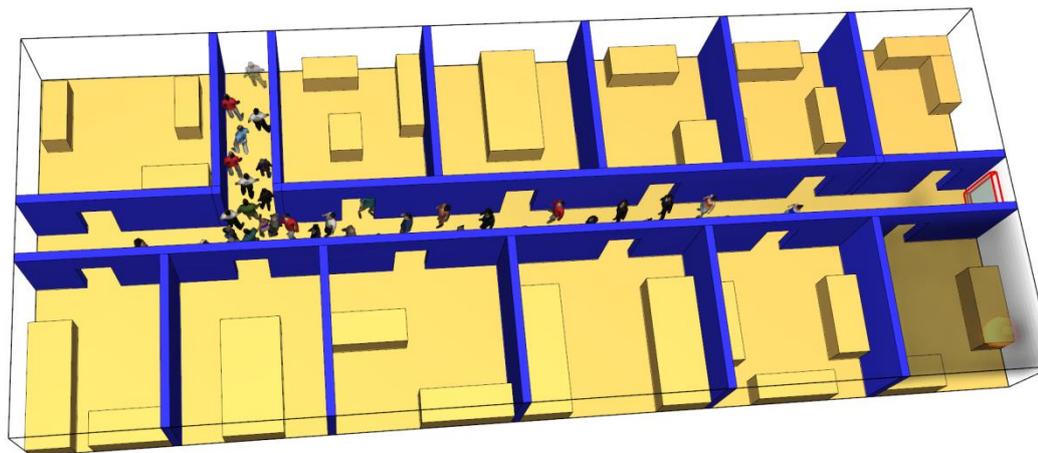
Вышло: 0 / 47



20,0

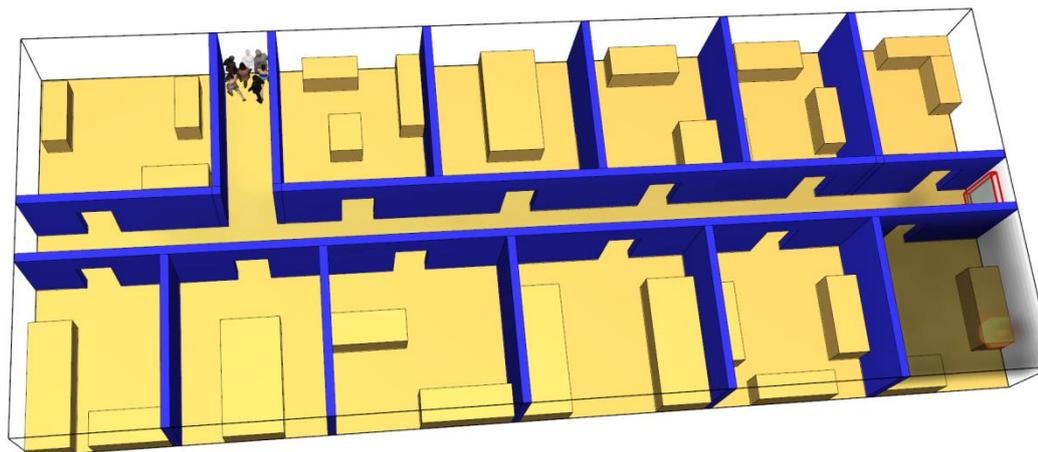
Рисунок 64 – Эвакуация. Время 20 с

Вышло: 9 / 49



100,0

Рисунок 65 – Эвакуация. Время 100 с



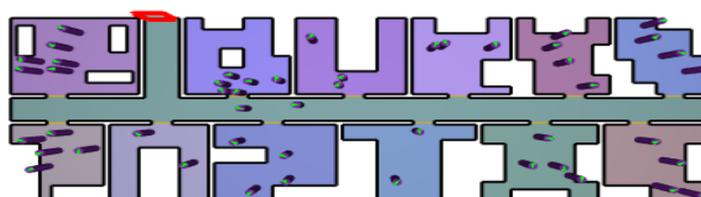
120,0

Рисунок 66 – Эвакуация. Время 120 с

Сценарий №2 Пожар возле выхода 2 (рисунки 67-71). «Люди из помещения пожара выходят из помещения через 6 секунд после начала пожара и идут к выходу 1, т.к. ближайший выход 2 заблокирован опасными факторами пожара» [22].

«Люди из остальных помещений начинают эвакуацию через 90 секунд после начала пожара, после получения сигнала системы оповещения, и двигаются к выходу 1» [22].

Вышло: 0 / 49



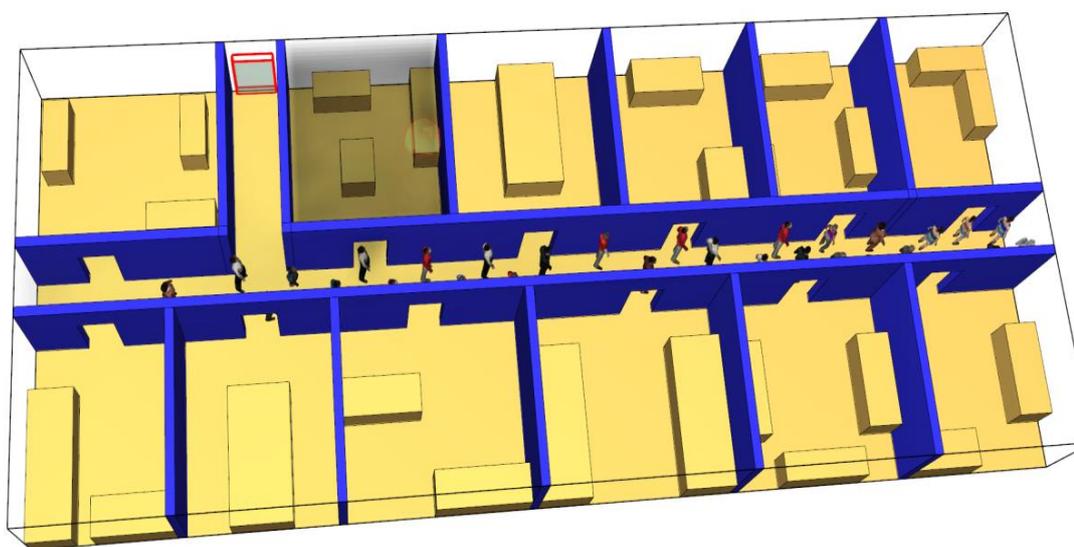
10,0

Рисунок 67 – Эвакуация. Время 10 с



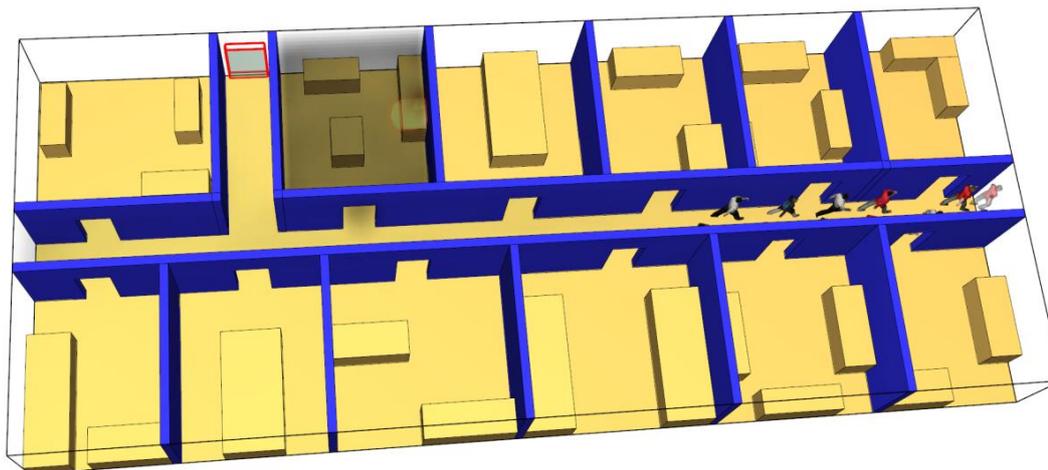
90,0

Рисунок 68 – Эвакуация. Время 90 с



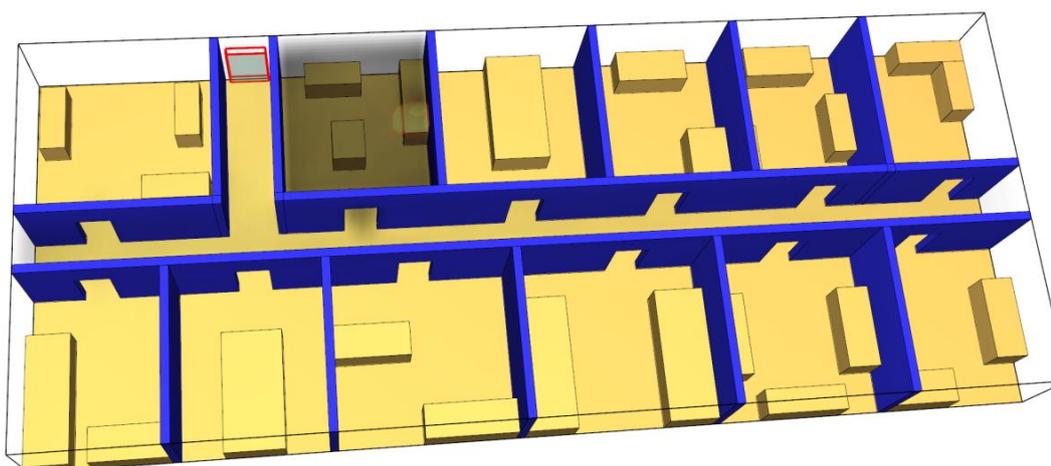
100,0

Рисунок 69 – Эвакуация. Время 100 с



110,0

Рисунок 70 – Эвакуация. Время 110 с



120,0

Рисунок 71 – Эвакуация. Время 120 с

Значения расчетных величин пожарного риска. Определение величины индивидуального пожарного риска.

Сценарий №1 Пожар возле выхода 1.

Значение параметра $K_{ап,i}$ принимается равным $K_{ап,i} = 0,9$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;
- оборудование здания системой АУП не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{ап,i}$ принимается равной нулю.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_{в,i}$ для i -го сценария пожара рассчитывается по формуле 2.

Значения для расчёта риска по первому варианту развития пожара представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Данные для расчёта пожарного риска 1 варианта развития пожара

Параметр	Описание	Значение
$Q_{п}$	Частота возникновения пожара в здании в течение года	0,04
-	Время присутствия людей в здании, часов	12
$P_{пр}$	Вероятность присутствия людей в здании	0,5
$K_{ап}$	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0
$K_{обн}$	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
$K_{соуэ}$	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
$K_{пдз}$	Здание не оборудовано системой, которая требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности	0
$K_{пз}$	-	0,64
$P_{э}$	Вероятность эвакуации	0,999

Таким образом, величина индивидуального пожарного риска для данного сценария составляет:

$$Q_{в,i} = Q_{п,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{пз,i}) = 0,04 \cdot (1 - 0) \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,64) = 0,72 \cdot 10^{-5}$$

Сценарий №2 Пожар возле выхода 2. Значения для расчёта пожарного риска по сценарию №2 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Данные для расчёта пожарного риска 2 варианта развития пожара

Параметр	Описание	Значение
$Q_{п}$	Частота возникновения пожара в здании в течение года	0,04
-	Время присутствия людей в здании, часов	12
$P_{пр}$	Вероятность присутствия людей в здании	0,5
$K_{ап}$	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,9
$K_{обн}$	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
$K_{соуэ}$	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
$K_{пз}$	Здание не оборудовано системой, которая требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности	0
$K_{пз}$	-	0,64
$P_{э}$	Вероятность эвакуации	0,999

Таким образом, величина индивидуального пожарного риска для данного сценария составляет:

$$Q_{в,i} = Q_{п,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{пз,i}) = 0,04 \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,64) = 0,72 \cdot 10^{-6}$$

Расчет индивидуального пожарного риска выполняется в соответствии с методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. №632.

Расчетная величина пожарного риска в здании, сооружении или строении определяется как максимальное значение пожарного риска из рассмотренных сценариев пожара:

$$Q_B = \max \{ Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N} \}, \quad (5)$$

где $Q_{B,i}$ – расчетная величина пожарного риска для i -го сценария пожара,

N – количество рассмотренных сценариев пожара.

В расчете рассмотрено 2 сценария. Величина индивидуального пожарного риска представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Величина индивидуального пожарного риска

Название сценария	Величина индивидуального пожарного риска
Сценарий №1 Пожар возле выхода 1 (автоматическая система пожаротушения на объекте отсутствует)	$0,72 \cdot 10^{-5}$
Сценарий №2 Пожар возле выхода 2 (автоматическая система пожаротушения на объекте имеется)	$0,72 \cdot 10^{-6}$

Таким образом, уровень безопасности людей в случае пожара при первом варианте (отсутствует система пожаротушения) не отвечает требуемому, так как индивидуальный пожарный риск превышает $1 \cdot 10^{-6}$, индивидуальный пожарный риск в случае пожара при втором варианте (имеется система пожаротушения) не превышает допустимое значение ($1 \cdot 10^{-6}$), установленное ФЗ №123 [15].

Соответственно, управлять пожарным риском возможно только путём выполнения обязательных требований в области обеспечения пожарной безопасности, установленных ФЗ №123.

Вывод по разделу.

В разделе произведена оценка пожарного риска 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.

Сценарии пожара выбирались в соответствии положений раздела II «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной опасности»

[3], на основе данных об объемно-планировочных решениях, о размещении горючей нагрузки и людей на объекте. При расчете рассматриваются сценарии пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей. В качестве сценариев с наихудшими условиями пожара следует рассматривать сценарии, характеризуемые наиболее затрудненными условиями эвакуации людей и (или) наиболее высокой динамикой нарастания ОФП.

Согласно статье 6 федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», пожарную безопасность объекта защиты можно считать обеспеченной, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений.

В расчете рассмотрено 2 сценария. Максимальный риск наблюдается в сценарии №1.

По результатам расчётов индивидуального пожарного риска определено, что уровень безопасности людей в случае пожара при первом варианте (отсутствует система пожаротушения) не отвечает требуемому, так как индивидуальный пожарный риск превышает $1 \cdot 10^{-6}$, индивидуальный пожарный риск в случае пожара при втором варианте (имеется система пожаротушения) не превышает допустимое значение ($1 \cdot 10^{-6}$), установленное ФЗ №123.

Соответственно, управлять пожарным риском возможно только путём выполнения обязательных требований в области обеспечения пожарной безопасности, установленных ФЗ №123.

3 Управление пожарным риском в 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми

3.1 Разработка инженерно-технических решений для управления пожарным риском в 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми

Основным видом пожарной нагрузки в защищаемых помещениях являются кабели и провода, пластмасса. Применяется серверное оборудование, компьютерная и офисная техника.

Класс пожара по ГОСТ 27331-87 – «А2».

Категория помещения – «В3».

Защищаемые помещения согласно ПУЭ относятся к зоне класса П-Па. Помещение отапливаемое.

Взрывоопасные зоны и агрессивные среды отсутствуют.

В качестве средства автоматического пожаротушения – модульная установка газового пожаротушения на основе хладона 125.

Установка обеспечивает газовое тушение фальшпола, основного объема серверной, фальшпотолочного пространства.

Автоматическая установка газового пожаротушения (АУГПТ) предназначена для обнаружения и тушения пожара, светозвукового оповещения о нём, выдачи управляющих сигналов на инженерные системы, а также выдачи сигналов пожарной тревоги (в том числе сигналов контроля работоспособности по СП 486.1311500.2020) в помещение с круглосуточным пребыванием дежурного персонала – на пост охраны (выдачу всех сигналов на станцию пожарной сигнализации XLS3000 фирмы Honeywell (США)).

Панель пожарной сигнализации XLS3000 предусмотрена в разделе «Система пожарной сигнализации». Кольцевая шлейфовая плата LCM-320 размещается в панели пожарной сигнализации XLS3000.

Установка пожаротушения (технологическая часть) включает в себя комплекс технических средств пожаротушения фирмы АРТСОК (Россия), состоящий из баллонов пожаротушения газовых, пусковой головки, клапанов, трубной разводки и насадков.

В качестве огнетушащего вещества принят хладон 125, который не наносит вред носителям информации, электронной аппаратуре, не проводит электричество, экологически безвреден и является эффективным средством тушения пожара.

«Для управления установкой, контроля хранения и выпуска хладона 227ea в защищаемые объемы принято оборудование фирмы Honeywell, серийно выпускаемое и имеющее сертификаты соответствия и сертификаты пожарной безопасности» [24].

«Включение автоматической установки газового пожаротушения осуществляется в автоматическом режиме – от системы пожарной сигнализации со станции XLS3000 и дистанционном режиме от кнопки запуска» [24].

«Установка обеспечивает выдачу звуковых и световых сигналов оповещения, сигналов на управление инженерными системами, а также сигналов пожарной тревоги (в т.ч. сигналов контроля работоспособности по СП 5.13130.2009) на станцию пожарной сигнализации XLS3000» [24].

«Для обнаружения пожара применяются адресно-аналоговые оптоэлектронные извещатели ТС806B1076 с розеткой 14506414-002 (European-style, 4" (10.16 cm) фирмы Honeywell, подключаемые в кольцевой адресный шлейф пожарной сигнализации платы LCM-320» [24].

«Подача импульса на выпуск газа в защищаемые объемы производится модулями управления ТС810N1013» [24].

На входе в серверную установлена кнопка местного запуска АУГПТ «ИОПР 513/101-1» |Пуск газа| желтого цвета и модуль выбора режима (МВР) ООО «Хомби».

«Для предотвращения утечки ГОТВ из помещения после срабатывания установки, на дверях устанавливаются дверные доводчики TS-73. Для контроля закрытия двери на ней устанавливается охранный извещатель СМК накладной для металлической двери и подключаются через модуль МВР. Сигналы с МВР подключаются в кольцевой шлейф LCM-320 через модуль контроля TC809D1004» [24].

«Отключение вентиляции в защищаемом помещении предусмотрено через модуль ХР6-R и УК/ВК-04 на программном уровне» [24].

«Шлейфы пожарной сигнализации и шлейфы контроля и управления АУГПТ выполняются негорючим экранированным проводом связи с медными жилами, в двойной изоляции, с диаметром сечения, соответствующим техническим условиям на извещатели и светозвуковые оповещатели, но не менее 0,5 мм. Принят кабель КПСЭнг(А)-FRHF. Прокладка шлейфов пожарной сигнализации в защищаемых помещениях и по трассам ведется отдельно от всех силовых, осветительных кабелей и проводов в гофротрубах ПВХ диаметром 20 мм и электротехнических коробах» [24].

«Задержка выпуска огнетушащего вещества после обнаружения загорания пожарной сигнализацией принимается равной 30 секундам и реализуется логикой панели XLS3000» [24].

«В дежурном режиме работы установки пожарная панель осуществляет постоянный контроль за появлением дыма в защищаемом пространстве и исправностью шлейфов пожарной сигнализации с пожарными извещателями, цепей контроля и управления, а также за исчезновением электроснабжения» [24].

«При пожаре, на модуль TC810N1013, выдается соответствующий сигнал от адресной пожарной станции XLS3000» [24].

«При срабатывании одного пожарного извещателя выдается сигнал «ВНИМАНИЕ» с включением индикации и звукового сигнала, при срабатывании второго пожарного извещателя выдается сигнал «ПОЖАР» с

включением свето-звуковых оповещателей «Газ – уходи!». Отключается общеобменная вентиляция (система кондиционирования), закрываются огнезадерживающие клапаны в защищаемой серверной» [24].

Через 30 секунд прибор осуществляет выдачу сигнала «Газ не входи!» при входе в помещение (световой оповещатель) и дает импульс на включение запорно-пускового устройства модуля установки пожаротушения соответствующего направления при условии, что все двери в аппаратную закрыты (подтверждающий сигнал от датчиков СМК).

Задержку осуществляет станция XLS3000.

Огнетушащее вещество через выпускную головку баллона, трубопроводы и насадки-распылители поступает в защищаемый объем. Время выпуска 95% нормативного количества хладона 125 не превышает 10 с.

Для оперативного удаления хладона 125 после тушения пожара предусматривается использование общеобменной вентиляции.

Все сигналы контроля и управления АУГПТ согласно СП 485.1311500.2020 отражаются на панели станции XLS3000. Вход в помещение после срабатывания установки осуществляется через 30 мин, в изолирующих масках.

Рабочее давление в баллоне газового пожаротушения составляет 5,0 МПа.

Расчет установки газового пожаротушения для защищаемого объекта состоит в определении необходимого для тушения пожара количества хладона 125 (C_2F_5H) и выполнен в соответствии с методикой изложенной в приложении Е СП 485.1311500.2020.

Предусмотренные типы оборудования могут заменяться в процессе строительства другим аналогичным (по пожарно-техническим характеристикам) оборудованием, имеющим сертификаты соответствия и пожарной безопасности Российской Федерации.

В таблице 10 приведены расчетные характеристики разработанного проекта.

Таблица 10 – Расчетные характеристики разработанного проекта

Наименование помещения	Защищаемый объем, м ³	Расчетная масса ГОТВ, М _р (кг)	Количество баллонов, шт/(емк. л)	Время подачи ГОТВ, сек
Серверная				
Фальшпольное пространство серверной	30,5	158,2	2 (100л) По 82 кг в баллоне	не более 10сек
Пространство серверной	176,9			
Фальшпотолочное пространство серверной	54,9			

Расчётная масса хладона М_з, которая должна храниться в баллонах, определялась по формулам:

$$M_z = K_1 (M_p + M_{mp} + M_b \cdot n), \quad (6)$$

$$M_p = K_4 (V_p \cdot \rho_1 \cdot (1 + K_2) \cdot C_H / (100 - C_H)), \quad (7)$$

где, М_р – масса ГОТВ, предназначенная для создания в защищаемом объеме огнетушащей концентрации при отсутствии искусственной вентиляции воздуха, кг;

К₁ – коэффициент, учитывающий утечки ГОС из баллонов через неплотности в запорной арматуре (К₁=1,05);

V_р – расчётный объем защищаемого пространства, м³;

ρ₁ – плотность ГОТВ с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря и минимальной температуры в помещении 5 °С, кг·м³;

К₂ – коэффициент, учитывающий потери ГОС через негерметичности помещения: $K_2 = \Pi \cdot \delta \cdot \tau_{\text{под}} \cdot \sqrt{H}$;

C_n – нормативная объёмная огнетушащая концентрация хладона 125 при тушении н-гептана (9,8 % об.);

M_{mp} - Масса остатка ГОТВ в трубопроводной разводке установки;

M_6 - Масса остатка ГОТВ в модуле (по ТД на модуль $M_6 = 0,6$ кг);

n – количество модулей.

K_4 – коэффициент, учитывающий вид горючего материала ($K_4 = 1$ для пожаров подкласса A_2).

Хранение баллонов запаса предусмотреть в организации, которая будет осуществлять техническое обслуживание.

Гидравлический расчет распределительной сети установки газового пожаротушения на основе хладона 125 выполняется в соответствии с «методикой гидравлического расчета трубопроводов установок газового пожаротушения на основе сжиженных газов» г. Балашиха, 2004 г. Рекомендации разработаны на основе научно-исследовательских работ, проведенных в различных организациях, а также во ВНИИПО МЧС России, в области установок газового пожаротушения. Нормы предназначены в качестве руководства при проведении гидравлических расчетов трубопроводной разводки автоматических установок газового пожаротушения (АУГПТ) на основе сжиженных газов. Расчет площади отверстий F в насадках С-Р-В-F-1/2"-А, С-Р-В-F-3/4"-А, С-Р-В-F-1"-А определяется на стадии РД.

К работе с модулями допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, обученные по соответствующей программе безопасным методам труда (в том числе с сосудами, работающими под давлением, и по работе с газовыми огнетушащими составами), внимательно изучившие документацию на установку и получившие допуск к самостоятельной работе в установленном порядке.

Рама батареи должна быть заземлена или соединена с нулевым проводом в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок.

При испытании баллонов на прочность и герметичность необходимо соблюдать требования Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Все работы, связанные с монтажом и демонтажом модулей и батареи должны производиться не менее, чем двумя рабочими при отключенном электрическом питании.

Обращение с деталями батареи должно быть бережным, исключаящее падение каких-либо частей, поскольку сильные удары могут привести изделие к неустранимым повреждениям.

Выпускной штуцер модуля, заправленного ГОТВ, должен быть закрыт защитной заглушкой, которая предохраняет обслуживающий персонал от воздействия струи газа в случае несанкционированного срабатывания ЗПУ в период хранения, транспортировки и монтажа модуля. При отворачивании заглушки не должно наблюдаться выхода газа.

Работы, связанные с ремонтом баллонов или ЗПУ должны производиться при полном отсутствии давления.

Оберегайте баллон высокого давления от повреждений, нагрева или ударов во время транспортировки, хранения на складе или при проведении монтажа.

Не допускается размещение батарей вблизи нагревательных приборов.

Не допускается эксплуатация батареи в случае, если истек срок очередного освидетельствования баллонов, а так же при выявлении дефектов, исключающих гарантию безопасной работы модуля.

Перемещать баллоны следует, отсоединив их от батареи и только после установки защитного колпачка.

При работе с ГОТВ должны соблюдаться требования безопасности и охраны окружающей среды, изложенные в технической документации на ГОТВ.

Так как в помещении, заполненном ГОТВ после срабатывания установки газового пожаротушения недостаточна концентрация кислорода для обеспечения жизнедеятельности человека, осмотр такого помещения следует производить только в изолирующих противогазах. Входить в защищаемое помещение после выпуска в него ГОТВ без противогаза разрешается только после его тщательного проветривания и анализа состава газовой среды помещения.

Перед монтажом батареи необходимо произвести внешний осмотр его составных частей, чтобы убедиться в отсутствии механических повреждений.

Операции, выполняемые каждые шесть месяцев:

- проверка уровня зарядки баллонов в зависимости от температуры окружающей среды; допускаются колебания веса ГОТВ до 5% или давления ниже 10%;
- проверка трубопроводов в соответствии с проектом;
- проверка диаметров насадков и трубопроводов в соответствии с проектом;
- проверка на устойчивость к вертикальной и горизонтальной нагрузке трубопроводов, насадков, крепежа и соединений;
- проверка трубопроводов, насадков и крепежа на их безопасность для персонала.

Операции, проводимые ежегодно:

- осуществление контроля всей защищаемой зоны, проверка того, что внешние воздействия не повлекли за собой изменений помещений. В случае существования документа, подтверждающего, что все осталось без изменений ежегодный контроль является не обязательным;
- проведение проверки всех шлангов на возможные повреждения.

Операции, проводимые раз в три года: проведение пневматического тестирования закрытого цикла в течении 10 минут при давлении 3 Бар. По окончании проверки не должно быть выявлено понижение давления свыше 20% от начального.

Операции, проводимые каждые пять лет: контроль опрессовкой шлангов.

Контроль опрессовкой шлангов (включая шланги и гибкие межсистемные соединения), производимый при давлении воды 75 Бар в течении 2-х минут, в течении которых не должны быть зафиксированы деформации и утечки.

На прошедших контроль шлангах, до осуществления их монтажа, должна проставляться дата проведения испытаний.

Операции, проводимые каждые десять лет: полный демонтаж баллонов и их повторное испытание.

Проект дымоудаления необходимо разработать в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 № 123-ФЗ;
- СП 7.31130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Расход продуктов горения, удаляемых вытяжной противодымной вентиляцией, определён по расчету в зависимости от мощности тепловыделения очага пожара, теплопотерь в ограждающие строительные конструкции помещений и вентиляционных каналов, температуры удаляемых продуктов горения, параметров наружного воздуха, состояния (положений) дверных и оконных проемов, геометрических размеров:

- в коридорах – для каждого коридора длиной не более 60 м;
- в помещениях – для каждой дымовой зоны площадью не более 3000 м² (при конструктивном или условном делении на дымовые зоны).

Площадь помещения, обслуживаемую одним дымоприемным устройством, принята не более 1000 м².

Длина коридора, обслуживаемого одним дымоприемным устройством, должна быть не более 45 м.

Для систем вытяжной противодымной вентиляции предусмотрены:

- а) вентиляторы с пределами огнестойкости 2,0 ч/400°С;
- б) воздуховоды и каналы из негорючих материалов класса П с пределами огнестойкости не менее:
 - 1) EI 45 – для вертикальных воздуховодов и шахт при удалении продуктов горения непосредственно из помещений;
 - 2) EI 30 – для коридоров;
- в) нормально закрытые противопожарные клапаны с пределом огнестойкости не менее:
 - 1) EI 45 – при удалении продуктов горения из помещений;
 - 2) EI 30 – для коридоров и холлов при установке клапанов на ответвлениях воздуховодов от дымовых вытяжных шахт;
 - 3) E 30 – для коридоров и холлов при установке дымовых клапанов непосредственно в проемах шахт;
- г) выброс продуктов горения на расстоянии не менее 5 м от воздухозаборных устройств систем приточной противодымной вентиляции; через решетки на наружной стене на фасаде без оконных проемов или на фасаде с окнами на расстоянии не менее 5 м по горизонтали и по вертикали от окон и не менее 2 м по высоте от уровня земли или при меньшем расстоянии от окон при обеспечении скорости выброса не менее 20 м/с;
- д) установку обратных клапанов у вентиляторов.

Вентиляторы для удаления продуктов горения размещаются в венткамерах или непосредственно в защищаемых помещениях при специальном исполнении вентиляторов, а также непосредственно в каналах с обеспечением соответствующих пределов огнестойкости вентиляторов и каналов.

Подача наружного воздуха при пожаре приточной противодымной вентиляцией предусмотрена в шахты лифтов, зоны безопасности для МГН, в лестничные клетки типа Н2.

В нижние части помещений, защищаемых системами вытяжной противодымной вентиляции, для возмещения объемов удаляемых из них продуктов горения предусматривается естественная подача воздуха.

Управление исполнительными элементами оборудования противодымной вентиляции должно осуществляться в автоматическом (от автоматической пожарной сигнализации и (или) автоматических установок пожаротушения) и дистанционном (из помещения поста охраны и от ручных пожарных извещателей) режимах. Управляемое совместное действие систем регламентируется в зависимости от реальных пожароопасных ситуаций, определяемых местом возникновения пожара в здании - расположением горящего помещения на любом из его этажей. Заданная последовательность действия систем должна обеспечивать опережающее включение вытяжной противодымной вентиляции от 20 до 30 с относительно момента запуска приточной противодымной вентиляции. Во всех вариантах требуется отключение систем общеобменной вентиляции и кондиционирования.

Для выполнения перечисленных выше функций на основании анализа исходных данных (архитектурные решения объекта, функциональное назначение помещений, возможность распространения пожара в защищаемых помещениях) и требований нормативно-технических документов предусматриваются следующие вентиляционные системы, обеспечивающие:

- удаление выделившегося при пожаре дыма;
- механическую подачу воздуха (создание избыточного давления);
- естественную подачу воздуха в нижние части помещений, защищаемых системами вытяжной противодымной вентиляции, для возмещения объемов удаляемых из них продуктов горения предусматриваются системы КДУ-1– КДУ-43.

Нормально-закрытые (дымовые) противопожарные клапана дымоудаления располагаются в верхней части защищаемых объемов, подключаются к вертикальному (и/или горизонтальному) дымовому каналу и далее к вентагрегату.

Нормально-закрытые противопожарные клапаны систем подпора воздуха устанавливаются в ограждающих конструкциях защищаемых объёмов.

Нормально-закрытые противопожарные клапаны систем компенсационного притока воздуха устанавливаются в нижней части ограждающих конструкций обслуживаемых объёмов.

Решетки на дымоприемных отверстиях систем ДУ предусмотрены из негорючих материалов, они не уменьшают площадь проходного сечения более чем на 15%.

Допускается применение отечественного или импортного оборудования при наличии сертификатов пожарной безопасности РФ.

Вентиляторы систем дымоудаления располагаются обособленно от систем приточной противодымной вентиляции и систем общеобменной вентиляции в выгороженных помещениях с нормируемым пределом огнестойкости или на покрытии здания.

Предусмотренные типы оборудования могут заменяться в процессе строительства другим аналогичным (по пожарно-техническим характеристикам) оборудованием, имеющим сертификаты соответствия и пожарной безопасности Российской Федерации.

Для обслуживания инженерных систем противопожарной защиты здания предусмотрена отдельная служба организации.

В целях сохранения запроектированной единой системы безопасности зданий при отделке арендуемых помещений предусматривается:

- разработка специальных правил пожарной безопасности до ввода здания в эксплуатацию;
- разработка оперативного плана пожаротушения до ввода здания в

эксплуатацию;

- разработка и подача в установленном порядке декларации о пожарной безопасности до ввода здания в эксплуатацию.

В соответствии с методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382) на исследуемом объекте управлять пожарным риском возможно только путём выполнения обязательных требований в области обеспечения пожарной безопасности, установленных ФЗ №123.

Согласно требованиям СП 486.1311500.2020 в серверной ЦКУ на отм. +4,800 должна быть предусмотрена установка автоматического газового пожаротушения.

Так как в серверной ЦКУ на отм. +4,800 система автоматического пожаротушения отсутствует, то при расчётах $K_{ап}$ принимается равной 0,9, что повышает пожарный риск в 10 раз. Соответственно присутствие АУПТ в серверной снижает величину риска.

3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения предлагаемых методов управления рисками

Данные для расчётов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Первый вариант	Второй вариант
Время свободного горения	мин.	5	0,2
Площадь здания	м ²	1000	
Стоимость оборудования	руб./м ²	50000	50000
Стоимость частей зданий и строений	руб./м ²	20000	20000
Вероятность возникновения загорания на исследуемом объекте	1/м ² в год	$0,72 \cdot 10^{-5}$	$0,72 \cdot 10^{-6}$

Продолжение таблицы 11

Показатель	Измерение	Первый вариант	Второй вариант
«Вероятность тушения пожара привозными средствами пожаротушения» [13]	P ₂	0,86	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [13]	P ₁	0,79	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [13]	P ₃	0,95	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [13]	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [13]	к	1,63	

Установка пожаротушения предполагает два направления пожаротушения:

- направление (зона 1) – помещение «ГРЦ»;
- направление (зона 2) – помещение «серверная».

Расчёт ожидаемых потерь будет производиться по двум вариантам:

- вариант 1 – помещения серверной и ГРЦ не оборудованы системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества;
- вариант 2 – помещения серверной и ГРЦ оборудованы системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества.

Рассчитаем площадь пожара в помещении серверной по формуле 8:

$$F''_{\text{пож}} = \pi(v_{\text{л}} B_{\text{св.г}})^2 2 \text{ м}^2, \quad (8)$$

«где $v_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св.г}}$ – время свободного горения, мин.» [13]

Для первого варианта:

$$F''_{\text{пож}} = 3,14(1 \times 10,5)^2 = 353 \text{ м}^2,$$

Для второго варианта:

$$F''_{\text{пож}} = 3,14(1 \times 1)^2 = 3,14 \text{ м}^2,$$

Расчёт ожидаемых потерь торгового от пожаров в помещении серверной и ГРЩ будет производиться по формуле 9.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2), \quad (9)$$

«где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;

$M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [13]:

$$M(\Pi_1) = JFC_m F_{\text{пож}} (1 + k)p_1; \quad (10)$$

«где J – вероятность возникновения пожара, $1/\text{м}^2$ в год;

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ м^2 ;

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [13].

$$M(\Pi_2) = JF(C_m F'_{\text{пож}} + C_k) 0,52(1 + k)(1 - p_1)p_2; \quad (11)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_k – стоимость поврежденных частей здания, руб./ м^2 ;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами»
[13].

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 0,72 \times 10^{-5} \times 1000 \times 50000 \times 353 \times (1+1,63) \times 0,86 = 287429,55 \text{ руб./год};$$
$$M(\Pi_2) = 0,72 \times 10^{-5} \times 1000 \times (50000 \times 353 + 20000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 =$$
$$= 31422,87 \text{ руб./год.}$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 0,72 \times 10^{-6} \times 1000 \times 50000 \times 3,14 \times (1+1,63) \times 0,86 = 2874,30 \text{ руб./год};$$
$$M(\Pi_2) = 0,72 \times 10^{-6} \times 1000 \times (50000 \times 3,14 + 20000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 =$$
$$= 349,44 \text{ руб./год};$$

Общие ожидаемые потери от пожаров:

- вариант 1 – помещения серверной и ГРЩ не оборудованы системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества:

$$M(\Pi)_1 = 287429,55 + 31422,87 = 318852,42 \text{ руб./год};$$

- вариант 2 – помещения серверной и ГРЩ оборудованы системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества:

$$M(\Pi)_2 = 2874,30 + 349,44 = 3223,73 \text{ руб./год.}$$

Стоимость оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Стоимость работ

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества	50000
Монтаж системы газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества	100000
Стоимость оборудования	500000
Пуско-наладочные работы	50000
Итого:	700000

Эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем пожаротушения при обоих вариантах будут одинаковыми.

Экономический эффект от оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2) - [P_2 - P_1]] \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1)) \quad (12)$$

«где T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

НД – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

M(Π1), M(Π2) – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

K1, K2 – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P1, P2– эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t-м году, руб./год» [13].

Расчёт денежных потоков от оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчёт денежных потоков

Год проекта	M(П)1-M(П)2	Д	[M(П1)-M(П2)]Д	K ₂ -K ₁	Денежные потоки
1	315628,69	0,91	287222,10	700000	-412777,9
2	315628,69	0,83	261971,81	-	261971,81
3	315628,69	0,75	236721,51	-	236721,51
4	315628,69	0,68	214627,51	-	214627,51
5	315628,69	0,62	195689,78	-	195689,78
6	315628,69	0,56	176752,06	-	176752,06
7	315628,69	0,51	160970,63	-	160970,63
8	315628,69	0,47	148345,48	-	148345,48
9	315628,69	0,42	132564,05	-	132564,05
10	315628,69	0,39	123095,19	-	123095,19

Интегральный экономический эффект от оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества за десять лет составит 1237960,12 рублей.

Вывод по разделу.

В серверной ЦКУ на отметке +4,800 необходимо установить автоматическое газовое пожаротушение.

Основным видом пожарной нагрузки в защищаемых помещениях являются кабели и провода, пластмасса. Применяется серверное оборудование, компьютерная и офисная техника.

Автоматическая установка газового пожаротушения (АУГПТ) предназначена для обнаружения и тушения пожара, светозвукового оповещения о нём, выдачи управляющих сигналов на инженерные системы, а также выдачи сигналов пожарной тревоги.

Установка пожаротушения (технологическая часть) включает в себя комплекс технических средств пожаротушения фирмы АРТСОК (Россия),

состоящий из баллонов пожаротушения газовых, пусковой головки, клапанов, трубной разводки и насадков.

В качестве огнетушащего вещества принят хладон 125, который не наносит вред носителям информации, электронной аппаратуре, не проводит электричество, экологически безвреден и является эффективным средством тушения пожара.

Для защиты людей, находящихся в здании, а также мебели и оборудования, которые могут быть повреждены дымом, необходима система контроля дыма. Система контроля дыма контролирует поток дыма в здании в случае пожара. Он препятствует распространению дыма по всему зданию и дает жильцам четкий путь эвакуации, а также предотвращает дальнейшее повреждение внутренней части здания.

Проект дымоудаления должен разрабатываться в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 № 123-ФЗ;
- СП 7.31130.2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества снизит значение индивидуального пожарного риска с $0,72 \cdot 10^{-5}$ до $0,72 \cdot 10^{-6}$, то есть в 10 раз.

Интегральный экономический эффект от оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества за десять лет составит 1237960,12 рублей.

Заключение

В первом разделе рассматривались особенности управления пожарными рисками на объекте с пребыванием людей.

Оценка риска обычно включает в себя выявление опасностей, присутствующих на любом предприятии (независимо от того, связаны ли они с производственной деятельностью или другими факторами, например, планировкой или содержанием помещения), а затем оценку степени вовлеченных рисков с учетом уже принятых мер предосторожности [30].

Опасностью является то, что с высокой степенью вероятности может причинить вред здоровью человека или нанести ущерб собственности. Это может включать в себя горючие вещества, методы работы и другие аспекты организации работы.

Степень риска охватывает население, которое может зависеть от риска; т.е. количество людей, которые могут подвергнуться воздействию, и последствия для них.

Таким образом, риск отражает как вероятность причинения вреда, так и его серьезность.

В подавляющем большинстве случаев это будет относительно несложная задача. На самом деле есть только три «правила», которые следует иметь в виду:

- не существует единственно правильного способа проведения оценки. Другими словами, первое правило оценки риска - никаких правил;
- применяемая методология должна быть практичной, структурированной и, прежде всего, основанной на здравом смысле;
- хотя юридическая ответственность за проведение оценки обычно возлагается на работодателя, на больших или сложных рабочих местах они могут обратиться за помощью к своим собственным

экспертам или, при необходимости, к помощи внешних консультантов.

На сегодняшний день существуют четыре возможных метода оценки риска:

- шестиступенчатый метод;
- метод матрицы стоимости риска;
- промышленный метод;
- алгоритмический метод.

Сотрудники пожарной безопасности или инспекторы должны обеспечивать оценку риска, представленную ответственным лицом подходящей и достаточной оценки рисков, которым соответствующие лица подвергаются с целью выявления общих противопожарных мер предосторожности, которые они должны предпринять.

В дополнение к перечисленным выше методам должностные лица должны быть знакомы с пятиступенчатым методом, содержащимся в серии руководств по оценке рисков пожарной безопасности, опубликованных в методиках.

В разделе определено, что для определения пожарного риска необходимо использовать пятиступенчатый метод, который описывается в современных руководствах МЧС России по оценке рисков пожарной безопасности. Управлять пожарным риском возможно только после его оценки.

Во втором разделе проведена оценка пожарного риска на примере 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.

Сценарии пожара выбирались в соответствии положений раздела II «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной опасности» [3], на основе данных об объемно-планировочных решениях, о размещении горючей нагрузки и людей на объекте. При расчете рассматриваются

сценарии пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей. В качестве сценариев с наихудшими условиями пожара следует рассматривать сценарии, характеризуемые наиболее затрудненными условиями эвакуации людей и (или) наиболее высокой динамикой нарастания ОФП.

Согласно статье 6 федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», пожарную безопасность объекта защиты можно считать обеспеченной, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений.

В расчете рассмотрено 2 сценария. Максимальный риск наблюдается в сценарии №1.

По результатам расчётов индивидуального пожарного риска определено, что уровень безопасности людей в случае пожара при первом варианте (отсутствует система пожаротушения) не отвечает требуемому, так как индивидуальный пожарный риск превышает $1 \cdot 10^{-6}$, индивидуальный пожарный риск в случае пожара при втором варианте (имеется система пожаротушения) не превышает допустимое значение ($1 \cdot 10^{-6}$), установленное ФЗ №123.

Соответственно, управлять пожарным риском возможно только путём выполнения обязательных требований в области обеспечения пожарной безопасности, установленных ФЗ №123.

В третьем разделе разработаны инженерно-технические решения для управления пожарным риском в 33 пожарно-спасательной части 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Республике Коми.

В серверной ЦКУ на отметке +4,800 необходимо установить автоматическое газовое пожаротушение.

Основным видом пожарной нагрузки в защищаемых помещениях являются кабели и провода, пластмасса. Применяется серверное оборудование, компьютерная и офисная техника.

Установка пожаротушения (технологическая часть) включает в себя комплекс технических средств пожаротушения фирмы АРТСОК (Россия), состоящий из баллонов пожаротушения газовых, пусковой головки, клапанов, трубной разводки и насадков.

В качестве огнетушащего вещества принят хладон 125, который не наносит вред носителям информации, электронной аппаратуре, не проводит электричество, экологически безвреден и является эффективным средством тушения пожара.

Для защиты людей, находящихся в здании, а также мебели и оборудования, которые могут быть повреждены дымом, необходима система контроля дыма. Система контроля дыма контролирует поток дыма в здании в случае пожара. Он препятствует распространению дыма по всему зданию и дает жильцам четкий путь эвакуации, а также предотвращает дальнейшее повреждение внутренней части здания.

Проект дымоудаления должен разрабатываться в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 № 123-ФЗ;
- СП 7.31130.2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Вентиляторы для удаления продуктов горения размещаются в венткамерах или непосредственно в защищаемых помещениях при специальном исполнении вентиляторов, а также непосредственно в каналах с обеспечением соответствующих пределов огнестойкости вентиляторов и каналов.

В нижние части помещений, защищаемых системами вытяжной противодымной вентиляции, для возмещения объемов удаляемых из них продуктов горения предусматривается естественная подача воздуха.

Управление исполнительными элементами оборудования противодымной вентиляции должно осуществляться в автоматическом (от автоматической пожарной сигнализации и (или) автоматических установок пожаротушения) и дистанционном (из помещения поста охраны и от ручных пожарных извещателей) режимах.

Оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества снизит значение индивидуального пожарного риска с $0,72 \cdot 10^{-5}$ до $0,72 \cdot 10^{-6}$, то есть в 10 раз.

Интегральный экономический эффект от оборудования помещений серверной и ГРЩ системой газового пожаротушения с применением газового огнетушащего вещества за десять лет составит 1237960,12 рублей.

Таким образом, задачи выполнены в полном объеме, цель работы достигнута.

Список используемых источников

1. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменениями № 1, 2, 3) [Электронный ресурс] : СП 44.13330.2011 URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200084087/> (дата обращения: 16.01.2021).
2. Акимов В. А., Быков А. А., Востоков В. Ю. и др. (2007). Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации). Проблемы анализа риска, т. 4, № 4, с. 368-404.
3. Акимов В. А., Быков А. А., Востоков В. Ю. и др. Методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера. Проблемы анализа риска, т. 4, № 4, 2017, с. 347-367.
4. Бадагуев Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции 4-е изд., пер. и доп. М.: Альфа-Пресс, 2016. 720 с.
5. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учебник / под. Ред Мосалкова И.Л.. М: Академия ГПС МЧС России, 2016. 65 с.
6. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. 2019. Российская газета, № 161 с. 45-58
7. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. 2019. М., МЧС России.
8. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 16.01.2021).

9. О федеральном государственном пожарном надзоре» (вместе с «Положением о федеральном государственном пожарном надзоре») // Постановление Правительства РФ № 290 от 12.04.2012 г. [Электронный ресурс]: URL: <http://base.garant.ru/70161266/> (дата обращения 16.01.2021).

10. Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций [Электронный ресурс] : Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) (Зарегистрировано в Минюсте России 12.02.2003 № 4209). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40987/ (дата обращения: 16.01.2021).

11. Оповещение и информирование в системе мер гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. М.: Институт риска и безопасности, 2013. 320 с.

12. Пожарная безопасность в строительстве. Программа для высших учебных заведений МЧС РФ пожарно-профилактического профиля. М.: Главное управление кадров и учебных заведений МЧС РФ, 2015.

13. Пособие к СНИПу 21-01-97*. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНИП 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: https://www.snip-info.ru/Mds_21-1_98_k_snip_21-01-97.htm? (дата обращения 16.05.2021).

14. . Рекомендации об особенностях ведения боевых действий и проведения первоочередных аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров на различных объектах // Сб. док. Государственной противопожарной службы, регламентирующих несение службы и ведение боевых действий по тушению пожаров подразделениями пожарной охраны. Вып. 10. М.: ФГУ ВНИИПО, 2001. С. 151-234.

15. Сальков О. А. Комментарий к Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» М.: Деловой двор, 2016. 712 с.

16. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения 16.01.2021).

17. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013 URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения 16.01.2021).

18. Старков Н. Н., Жуйков Д. А., Триполицын А. А., Костин А. А. Методические рекомендации по определению стоимости проведения независимой оценки пожарного риска объектов защиты // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 1. [Электронный ресурс] : URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-rekomendatsii-po-opredeleniyu-stoimosti-provedeniya-nezavisimoy-otsenki-pozharnogo-riska-obektov-zaschity> (дата обращения: 09.02.2021).

19. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 URL: <https://propb.ru/library/baza/federalnye-zakony/tekhnicheskiy-reglament-o-trebovaniyakh-pozharnoy-bezopasnosti-123-fz-ot-22-07-2008/?lang=ru> (дата обращения 16.01.2021).

20. Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие со сжатым воздухом для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 53259 – 2009. URL: http://nsis.cleper.ru/Gost_r/53259.pdf (дата обращения: 16.01.2021).

21. Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 53255-2009. URL:

<http://base.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=459178> (дата обращения: 16.01.2021).

22. Холщевников В. В., Самошин Д. А. Эвакуация и поведение людей при пожарах. М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. 206 с.

23. Шебеко Ю. Н., Малкин В. Л., Смолин И. М. и др. Методы оценки поражающих факторов крупных пожаров и взрывов на наружных технологических установках. Пожаровзрывобезопасность, т. 8, № 4, 2019, с. 18-28.

24. Bukowski R.W. Risk and performance standards, NISTIR 6030, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899-0001, USA, 2016, p. 206.

25. Watts J.M. and Hall J.R. Introduction to fire risk analysis», SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2016. pp. 5–1.

26. Meacham B.J. Building fire risk analysis, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2017, pp. 5–153.

27. Meacham B.J. Addressing risk and uncertainty in performance-based fire protection engineering, Fire Protection Engineering, Vol. 10, 2017, pp. 16-25.

28. Society for Risk Analysis. [Электронный ресурс] : Glossary of risk analysis terms, 2019. <http://www.sra.org/glossary.htm> (дата обращения: 16.01.2021).

29. Philips W.G.B. Simulation models for fire risk assessment, Fire Safety Journal, Vol. 23, No. 2, 2018. pp. 159-169

30. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Section 5, Fire Risk Analysis. Quincy, MA: Nat. Fire Protection Association, 2019.