

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физической культуры, спорта и туризма  
Кафедра теоретических основ и менеджмента  
физической культуры и туризма

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В.М. Гелецкий

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ПЯТОГО ТИПА НА СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

49.04.01 Физическая культура

49.04.01.05 Управление и эксплуатация спортивных сооружений

Научный руководитель \_\_\_\_\_ доцент, к.п.н. С.В.Клочков

Выпускник \_\_\_\_\_ А.В. Котляров

Рецензент \_\_\_\_\_ доцент, к.п.н. Н.В. Соболева

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ К.В. Орёл

Красноярск 2019

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Особенности применения системы оповещения пятого типа на спортивных сооружениях» содержит 90 страниц текстового документа, 5 рисунков, 5 таблиц, 1 приложение, 117 использованных источников.

**СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ, ПОЖАРНЫЙ ОТСЕК, ЗОНА ПОЖАРНОГО ОПОВЕЩЕНИЯ, АЛГОРИТМ ОПОВЕЩЕНИЯ.**

В ходе магистерской диссертации была рассмотрена СОУЭ 5-го типа, проанализированы возможности ее применения на объекте защиты, дана характеристика защищаемого объекта, выявлены элементы существующей системы, нуждающиеся в доработке, разработаны проектные решения, реализующие СОУЭ 5-го типа.

**Цель исследования** - разработка проектных решений по повышению уровня пожарной безопасности исследуемого объекта при проведении спортивно-массовых мероприятий.

**Объект исследования** – безопасность спортивных сооружений при проведении спортивно-массовых мероприятий.

**Предмет исследования** – система оповещения и управления эвакуацией при проведении спортивно-массовых мероприятий.

Разработаны проектные решения, позволяющие повысить защиту людей на объекте при проведении спортивно-массовых мероприятий; увеличилась пропускная способность при эвакуации людей в 2,7 раз, а количество людей, рискующих получить травмы в случае образования скопления при наихудшем исходе снизилось в 3,4 раза, что позволяет сделать вывод, защита здания «Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» оборудованный системой оповещения и управления эвакуацией 5-го типа снижает риск получения травм в скоплениях для значительного количества людей. Исходя из этого, оборудование данной системой эффективно.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Анализ состояния вопроса безопасности спортивных сооружений с массовым пребыванием людей.....	8
1.1 Обзор подходов к оповещению и эвакуации людей.....	8
1.2 Особенности обеспечения безопасности при помощи СОУЭ.....	10
1.3 Исследование процесса эвакуации и критерии безопасности на футбольном манеже «Футбол-Арена Енисей».....	22
2 Организация и методы исследования.....	31
2.1 Организация исследования.....	31
2.2 Методы исследования.....	32
3 Особенности применения системы оповещения 5 типа на спортивных сооружениях.....	38
3.1 Построение системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.....	38
Заключение.....	63
Список сокращений.....	64
Список использованных источников.....	65
Приложение А.....	76

## ВВЕДЕНИЕ

Проблемы оперативной эвакуации людей из зданий и сооружений при чрезвычайных ситуациях становятся все более актуальными с увеличением числа таких ситуаций. Соответственно, растет интерес разработчиков аппаратуры к созданию автоматизированных систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). В нормативной документации изложены критерии определения эвакуационных мероприятий и основные требования к ним; немалый вклад в теорию разработки и оптимизации этих мероприятий внес проф. В.В. Холщевников. Имеющиеся теоретические наработки позволяют спрогнозировать возможные варианты эвакуации при различных условиях возникновения ЧС.

Фактически, все существующие системы автоматизированного управления эвакуацией основаны на выборе из фиксированного набора эвакуационных алгоритмов одного (или нескольких), решение по которым принимается оператором или автоматически на основе ограниченного набора информации, поступившей на момент возникновения ЧС. Парадокс заключается в том, что управление при ЧС, являющейся весьма динамичным процессом, принимается как статичный процесс, не развивающийся во времени, т.е. в предположении, что дальнейшее развитие ситуации прогнозируемо. Единожды выбранный вариант эвакуации, как правило, полагается неизменным на всех последующих стадиях развития ситуации. Такой подход может быть обоснован при спасении людей из высотных зданий и сооружений, имеющих ограниченное число путей эвакуации, и там, где управление движением значительных масс людей (разворот, изменение направления движения) практически невозможно. Следует, однако, учитывать, что кроме высотных зданий существуют объекты, на которых управление может и должно носить динамический характер, с оперативной реакцией управляющими мероприятиями на столь же динамичное изменение обстановки: крупные промышленные предприятия, сложные и опасные производства, здания

значительной протяженности и т.п., а также объекты, где чрезвычайную ситуацию представляет не только пожар, но и события другого рода: аварии с выбросом опасных веществ, террористические угрозы, землетрясения и т.п.

Аксиомой любого управления является наличие трех базовых составляющих:

1. Достоверная и оперативная информация (входная величина).
2. Эффективные управляющие воздействия (выходная величина)
3. Модель реакции на входные воздействия.

Соответственно, автоматическая система управления предполагает автоматизацию получения информации, ее обработки и формирования управляющих воздействий.

К сожалению, разработчики аппаратуры практически лишены всех этих инструментов и, соответственно, оставляют процесс принятия решения на усмотрение оператора. Отсутствие методов получения достоверной информации и эффективных способов влияния на управляемый процесс лишает необходимости разрабатывать математические модели управления. На всех перечисленных выше факторах хотелось бы остановиться подробнее.

Получение достоверной информации о развитии ЧС и, в частности, пожара основывается на использовании данных от пожарных извещателей: температуры, плотности дыма, концентрации опасных веществ, скорости изменения этих показателей. Сами по себе они помогают оценить ситуацию только для предельного случая, когда действующий фактор является пороговым, а, следовательно, и реакция системы на него – запоздалой. Кроме того, предельное значение какого-либо из показателей не всегда достоверно характеризует потенциальную угрозу, например, показания дымовых извещателей, размещенных на пути потока в открывшийся клапан противодымной защиты, дадут совершенно искаженное представление о реальной ситуации. Очевидно, что для получения объективной оценки происходящего, необходима либо комплексная оценка совокупности показателей, либо принципиально иные способы оценки.

В современном обществе огромное внимание уделяется созданию систем пожарной безопасности объектов, предназначенных для защиты жизни людей и материальных ценностей от огня.

Одним из приоритетов ее обеспечения выступает своевременное информирование людей о возникшей опасности с целью организации их своевременной эвакуации. В связи с этим очень важно конструктивно-грамотно подобрать систему защиты объекта.

СОУЭ 5-го типа преимущественно отличается тем, что позволяет централизованно управлять из одного пожарного поста-диспетчерской всеми инженерными системами противопожарной защиты здания, а также предоставляет возможность реализации различных вариантов организации эвакуации из любой зоны оповещения в зависимости от складывающейся ситуации во время пожара. Установка подобных систем позволяет уменьшить время эвакуации людей, снизить уровень сопутствующей паники, а в случае непредвиденных обстоятельств незамедлительно отреагировать на изменение обстановки.

Несмотря на то, что 5-ый тип СОУЭ был выделен как самостоятельный еще в НПБ 104-81, необходимость его использования до сих пор определяется проектной организацией. На практике выбор зачастую делается в пользу более слабых, но дешевых систем защиты. Однако в некоторых случаях подобные системы могут оказаться недостаточно эффективными, что в свою очередь может принести вред здоровью или жизни человека.

Гипотеза данной работы: мы предполагаем, что использование системы оповещения и управления эвакуацией 5-го типа снижает риск получения травм в скоплениях для значительного количества людей при проведении спортивно-массовых мероприятий.

Предметом исследования – система оповещения и управления эвакуацией при проведении спортивно-массовых мероприятий.

Объектом исследования – безопасность спортивных сооружений при проведении спортивно-массовых мероприятий.

Методы исследования – анализ литературы, сравнительный анализ, методы математической статистики, расчет экономических показателей.

Новизна работы состоит в том, что прежде в городе Красноярск СОУЭ 5-го типа не использовались.

Целью магистерской диссертации является разработка проектных решений по повышению уровня пожарной безопасности исследуемого объекта при проведении спортивно-массовых мероприятий.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ литературных источников по исследуемой теме, изучение подходов к оповещению и эвакуации людей, и возможностей применения СОУЭ 5-го типа на спортивном сооружении.

2. Дать характеристику объекта защиты футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей».

3. Разработать проектные решения, реализующие СОУЭ 5-го типа.

# **1 Анализ состояния вопроса безопасности спортивных сооружений с массовым пребыванием людей**

## **1.1 Обзор подходов к оповещению и эвакуации людей**

В условиях современных реалий, крупные предприятия, торговые центры, кинотеатры и другие объекты с массовым пребыванием людей должны быть максимально защищены от пожаров.

В настоящее время, существует большое разнообразие датчиков и устройств, которые созданы для контроля за нормальными условиями работы того или иного объекта и несущие роль индикаторов опасности по функции передачи сигналов для включения системы безопасности объекта. В большинстве случаев на всех больших объектах, устанавливается комплекс противопожарных мероприятий, подразумевающий наличие различных систем: автоматической пожарной сигнализации (в том числе — аспирационного типа), оповещение о пожаре, водяного и газового пожаротушения, дымоудаление

Для реализации при пожаре координированного управления всеми системами здания целесообразно оснащение пожарного поста-диспетчерской компьютером с программным обеспечением.

Основное назначение всех систем – своевременное оповещение людей о пожаре, а также информирование о путях безопасной и максимально оперативной эвакуации с целью предотвращения ущерба и сохранения жизни и здоровья человека.

Ни для кого не секрет, что проведению массовых спортивных мероприятий зачастую сопутствует такое явление, как давка. Давка происходит из-за того, что большое количество одновременно движущихся людей пытается преодолеть проход, пропускной способности которого не достаточно. Это в свою очередь может принести вред здоровью или жизни человека.

Первый официально зарегистрированный случай гибели и травмирования людей в давке на футбольных стадионах произошел 9 марта 1946 года в городе



Болтон в Великобритании. Футбольные фанаты, которым не досталось билетов на матч, силой преодолели заградительные барьеры и образовали скопление людей. В результате погибло 33 и было ранено более 400 человек.

Возникновение давки – процесс крайне сложный, происходящий неравномерно с отсутствием какой-либо закономерности, и зависящий от различных обстоятельств каждого конкретного случая. Таким образом, на один год может не прийти ни одного подобного случая, а может сразу несколько. Например, в 2001 году произошло сразу два случая возникновения давки на футбольных стадионах: 11 апреля в городе Йоханнесбург в ЮАР и 9 мая в городе Аккра в Республике Гана. В общей сложности погибло 164 человека.

Общее количество травмированных и погибших во время образования скопления людей на футбольных стадионах людей приведено на рисунке 1.

В настоящий момент для предотвращения массового скопления людей в узких проходах администрация принимает следующие меры:

- 1) проектирование широких выходных ворот на стадионах нового поколения;
- 2) реконструкция старых стадионов;
- 3) проектирование сцен и трибун на возвышении, достаточном для обзора посетителями;
- 4) открывающиеся только наружу двери;
- 5) организация развлекательных программ после завершения матчей.

Несмотря на то, что о явлении давки на футбольных стадионах известно уже более 70 лет, механизм воздействия и ее предотвращения остается малоэффективным. Именно поэтому очень важно конструктивно-грамотно подобрать систему оповещения и эвакуации людей при пожаре. При пожаре оповещение и управление эвакуацией людей должно проводиться одним или несколькими нижеследующих способов:

- во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей производится подача звукового и/или светового сигналов;
- включением эвакуационного освещения;

- о необходимости эвакуации, ее способах и путях, направлении движения и других действиях, направленных на обеспечение безопасности людей производится трансляция текстов;
- воспроизведением текстов, направленных на устранение паники и явлений, усложняющих эвакуацию;
- обязательным размещением знаков эвакуационной безопасности на путях эвакуации;
- включением эвакуационных знаков безопасности;
- дистанционным открыванием дверей эвакуационных выходов (например, дверей, оборудованных электромагнитными замками);
- связью пожарного поста с зонами пожарного оповещения.

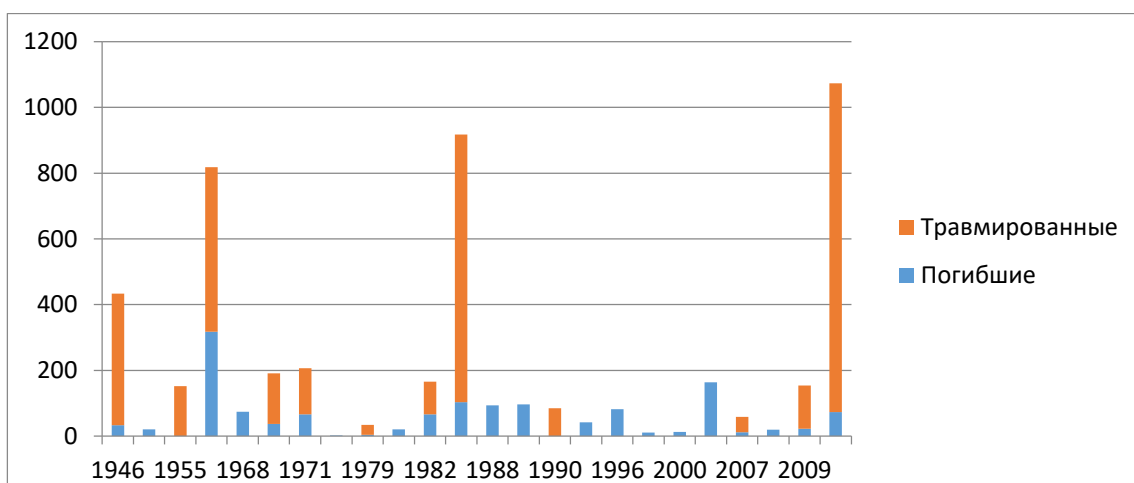


Рисунок 1 – Количество травмированных и погибших

## 1.2 Особенности обеспечения безопасности при помощи СОУЭ

Основное назначение СОУЭ - это предупреждение находящихся в здании людей о пожаре или другой аварийной ситуации и управления эвакуацией. Однако в штатном режиме в торговых центрах и офисных зданиях система оповещения о пожаре может создавать уютную обстановку, транслируя приятную фоновую музыку, или передавать объявления служебного или рекламного характера. В случае поступления с прибора охранно-пожарной

сигнализации (ОПС) сигнала тревоги, трансляция общего назначения прерывается, и система оповещения о пожаре начинает передавать экстренное сообщение, записанное в блок памяти или зачитываемое диспетчером.

Своевременное оповещение людей и управление эвакуацией обеспечивается путем разработки структуры СОУЭ, соответствующей данному типу здания, выбора технических средств и их размещения с учетом выполнения главного и частного условий безопасности. Своевременное оповещение людей о пожаре обеспечивается посредством применения малоинерционных средств обнаружения пожара; размещения пожарных извещателей в помещениях, где наиболее вероятно возникновение пожара, и на путях возможного распространения продуктов горения; предварительного анализа возможных ситуаций для определения максимально допустимого времени срабатывания СОУЭ (от момента обнаружения пожара до подачи сигналов оповещения); разработки структурной схемы СОУЭ и подбора технических средств, обеспечивающих допустимое время срабатывания системы; применения поэтапного (неодновременного) оповещения различных групп людей в здании (например, персонала и посетителей крупных магазинов и т.п.).

Оповещение людей о пожаре осуществляется: передачей звуковых и (или) световых сигналов в помещения, где люди могут подвергаться воздействию опасных факторов пожара, а также в помещениях, где могут остаться люди при блокировании эвакуационных путей пожаром; трансляцией речевой информации о необходимости эвакуироваться, о путях эвакуации и действиях, направленных на обеспечение безопасности.

Управление эвакуацией осуществляется посредством: передачи по СОУЭ специально разработанных текстов, направленных на предотвращение паники и других явлений, усложняющих процесс эвакуации (скопление людей в проходах и т.п.); трансляции текстов, содержащих информацию о необходимом направлении движения; включения световых указателей направления эвакуации, световых табло «Выход», систем «бегущая волна»,

других световых средств индикации направления движения; дистанционного открывания дверей дополнительных эвакуационных выходов (например, оборудованных электромагнитными замками).

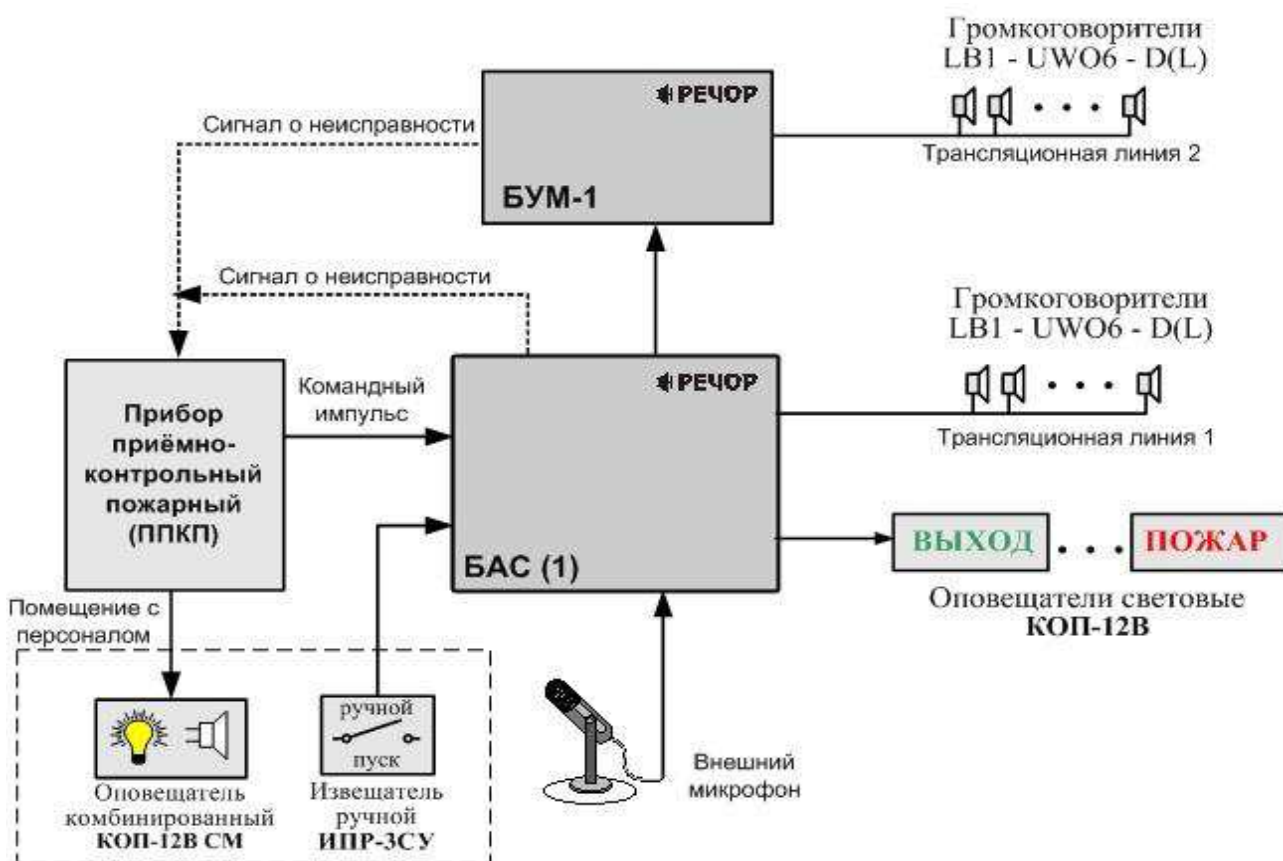


Рисунок 2 – Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ)

СОУЭ функционально связана с системой автоматической пожарной сигнализации (АПС) в здании, выполняющей задачу обнаружения пожара. СОУЭ может проектироваться совмещенной с радиотрансляционной сетью здания. В этом случае элементы радиотрансляционной сети и помещение радиоузла удовлетворяют требованиям, предъявляемым к соответствующим элементам и диспетчерскому пульту СОУЭ.

СОУЭ классифицируются в зависимости от: выполняемых функций (оповещение о пожаре, оповещение о пожаре и управление эвакуацией);

способа оповещения (звуковой, речевой, световой, комбинированный); уровня автоматизации (автоматические, автоматизированные, неавтоматизированные); избирательности и многовариантности текстов оповещения и схем организации эвакуации; уровня взаимодействия с другими системами противопожарной защиты.

СОУЭ, проектируемые для общественных зданий в том числе и спортивных сооружений делятся на пять типов:

Системы 1 типа. Общая характеристика.

СОУЭ данного типа обеспечивают оповещение людей о пожаре только в одном помещении (где возник пожар) и (или), при необходимости, в смежных помещениях; способ оповещения - звуковой (звонок, тонированный сигнал), возможно дополнение световым мигающим сигналом; включение средств оповещения производится, автоматически при срабатывании пожарных извещателей. Условия применения: Системы данного типа предназначены для оповещения людей, хорошо знакомых с путями эвакуации, в зданиях (частях зданий, помещениях), из которых эвакуируется незначительное количество людей с образованием людских потоков плотностью 1 чел/м<sup>2</sup> и ниже.

Системы 2 типа. Общая характеристика.

СОУЭ данного типа обеспечивают звуковое оповещение людей в здании (звонок, тонированный сигнал), включение световых табло «Выход», а при необходимости - включение указателей направления движения к эвакуационным выходам; средства звукового оповещения включаются ответственным лицом из числа дежурного персонала при получении информации о срабатывании пожарного извещателя (возможно включение СОУЭ от ручных пожарных извещателей); сигналы поступают во все помещения здания, где находятся люди, одновременно или в 2 этапа: сначала оповещается персонал здания, затем одновременно весь основной контингент. Световые указатели размещаются в коридорах зданий, если эвакуационные выходы или табло «Выход» видны не из всех точек коридора (коридор имеет повороты или большую протяженность). Данный тип СОУЭ предназначен для

многоэтажных зданий при условии, что на один выход при эвакуации с этажа приходится не более 50 человек.

Системы 3 типа. Общая характеристика.

СОУЭ этого типа обеспечивают автоматизированное речевое и (или) звуковое оповещение людей в здании, включение световых табло "Выход", а при необходимости - включение световых указателей направления движения к эвакуационным выходам; структура СОУЭ позволяет осуществлять передачу сигналов отдельно и поочередно по нескольким зонам оповещения в здании. Зоной оповещений может быть этаж (группа этажей), другие части здания, выделенные в зависимости от объемно-планировочных или конструктивных решений; способы, а также тексты оповещения в различных зонах могут быть неодинаковыми. При необходимости для обеспечения минимального времени оповещения в отдельных зонах, где может временно находиться персонал здания, но не более 10 человек одновременно, предусматривается автоматическое включение средств оповещения при срабатывании пожарных извещателей; управление оповещением осуществляется из общего (для всех зон) диспетчерского пульта, в котором находятся устройства для управлений СОУЭ и приемные устройства АПС. Средства оповещения включаются диспетчером после получения сообщения о пожаре (по каналам АПС, телефону, другим способам) и проверки сигнала, а также подтверждения необходимости эвакуировать людей; для обеспечения возможности проверки сообщения о пожаре предусматриваются средства связи диспетчерского пульта с зонами оповещения. Автоматическое оповещение используется в зонах, аналогичных зонам применения СОУЭ 1 типа. СОУЭ 3 типа используются применительно к зданиям, где находятся группы людей, существенно различающиеся по степени осведомленности о эвакуационных путях (персонал и посетители) и по способности самостоятельно эвакуироваться (медперсонал и больные, дошкольники и воспитатели, другие группы); к многоэтажным зданиям, где при эвакуации на один выход на лестничную клетку приходится более 50 чел.; к крупным зданиям, где одновременная эвакуация людей из всего

здания не целесообразна (пожар в одной зоне оповещения не представляет угрозы для людей в других зонах) или не допустима (когда на путях эвакуации образуются людские потоки с плотностью 6 чел/кв. м и более); последовательность оповещения людей в различных зонах должна определяться, исходя из условий обеспечения безопасности и с учетом следующих основных требований: помещения здания, где находится персонал, ответственный за эвакуацию, выделяются в самостоятельную зону оповещения, персонал (весь или частично) оповещается в первую очередь; в зданиях высотой более 9 этажей, при эвакуации из которых на лестницах образуются людские потоки (плотностью 6 чел/кв. м и более, оповещаются люди на этаже, где возник пожар, на следующем (вышележащем) этаже и на двух последних этажах здания, после этого - в остальных помещениях выше этажа пожара, затем - в помещениях ниже этажа пожара. Интервал задержки оповещения должен составлять 30-40 с, но не менее половины времени эвакуации с этажа, на котором возник пожар (чтобы люди смогли покинуть коридор этого этажа до образования плотных людских потоков на лестницах).

Системы 4 типа. Общая характеристика.

Посредством СОУЭ данного типа осуществляется автоматизированное речевое и (или) звуковое оповещение людей в здании и активное управление их движением с помощью световых указателей; данные позиции общей характеристики аналогичны этим позициям характеристики СОУЭ 3 типа; световые указатели направления движения включаются отдельно для каждой зоны, благодаря чему можно управлять движением людей как минимум в двух направлениях на каждом участке горизонтальных эвакуационных путей. Область применения: СОУЭ 4 типа используются в следующих случаях: в здании могут находиться одновременно 1000 и более человек; горизонтальные эвакуационные пути имеют значительную протяженность (90 м и более); планировка помещений здания достаточно сложна, что затрудняет ориентировку людей в случае эвакуации при пожаре. Схема включения световых указателей позволяет управлять эвакуацией в случае блокирования

пожаром одной из лестниц в здании. Остальные условия применения СОУЭ 4 типа соответствуют условиям использования СОУЭ 3 типа.

Системы 5 типа. Основная характеристика.

Системы 5 типа имеют те же характеристики, что и системы четвертого типа, за исключением следующих: функциональная структура и комплекс технических средств (КТС) СОУЭ обеспечивают возможность реализации множества вариантов организации эвакуации из каждой зоны оповещения. Идентификация варианта производится автоматически в зависимости от места возникновения пожара; световые средства управления эвакуацией включаются автоматически, в соответствии с выбранным вариантом организации эвакуации; реализация каждого варианта эвакуации предусматривает координированное управление из одного диспетчерского пульта всеми системами здания, связанными с безопасностью людей, в том числе: лифты и эскалаторы, противодымная защита, вентиляция и кондиционирование, выходы с дверями, оборудованными дистанционным управлением, установками промышленного телевидения (ПТУ). Область применения: Системы данного типа предназначены для зданий повышенной этажности (высотой более 16 этажей), а также многофункциональных зданий меньшей этажности, в которых могут находиться одновременно 2000 человек и более. Остальные условия применения такие же, как и СОУЭ 3 типа. Техническое исполнение элементов СОУЭ зависит от конкретных функциональных, геометрических и других параметров здания. Абсолютно в любой системе оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, независимо от ее сложности, присутствуют три обязательных блока:

- прибор управления техническими средствами оповещения и эвакуацией (ППУ);
- трансляционный усилитель;
- блок резервного питания.

Этого оборудования достаточно для развертывания СОУЭ 3-го типа вне зависимости от величины объекта.



Для того чтобы установить на защищаемом объекте систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 4-го или 5-го типа, также необходимо дополнительное оборудование:

1. удаленная микрофонная консоль;
2. устройство селекторное;
3. вызывная панель.

Согласно пункту 3.3 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [113], а также статье 84 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» СОУЭ должна быть связана непосредственно с системой автоматической пожарной сигнализации (АПС), установленной на объекте защиты. В процессе эвакуации людей при пожаре все системы складываются в единый комплекс сигнализации о пожаре, оповещения и эвакуации людей, и должны работать согласованно.

Данный комплекс включает в себя:

- 1) систему пожарной сигнализации, выполняющую задачу обнаружения пожара и выдачу командного сигнала для включения системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- 2) систему оповещения гражданской обороны (ГО) при помощи средств дистанционного запуска;
- 3) систему свето-указания, включающую световые указатели;
- 4) систему контроля доступа с дистанционным открыванием запоров дверей эвакуационных выходов;
- 5) систему звукового оповещения для подачи звуковых сигналов и трансляцию специально разработанных текстов речевой информации (заранее записанных фонограмм), либо прямую трансляцию текстов голосовых сообщений и управляющих команд через микрофон;
- 6) систему селекторной связи, обеспечивающую обратную связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской.

Сами системы комплекса сигнализации о пожаре, оповещения и эвакуации людей самостоятельны и могут быть не связаны друг с другом, даже если они входят в состав системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Специальным техническим средством, осуществляющим взаимодействие и согласование в работе всех этих систем, является прибор управления техническими средствами оповещения и эвакуацией. Схема взаимодействия всех систем комплекса представлена на рисунке 3.

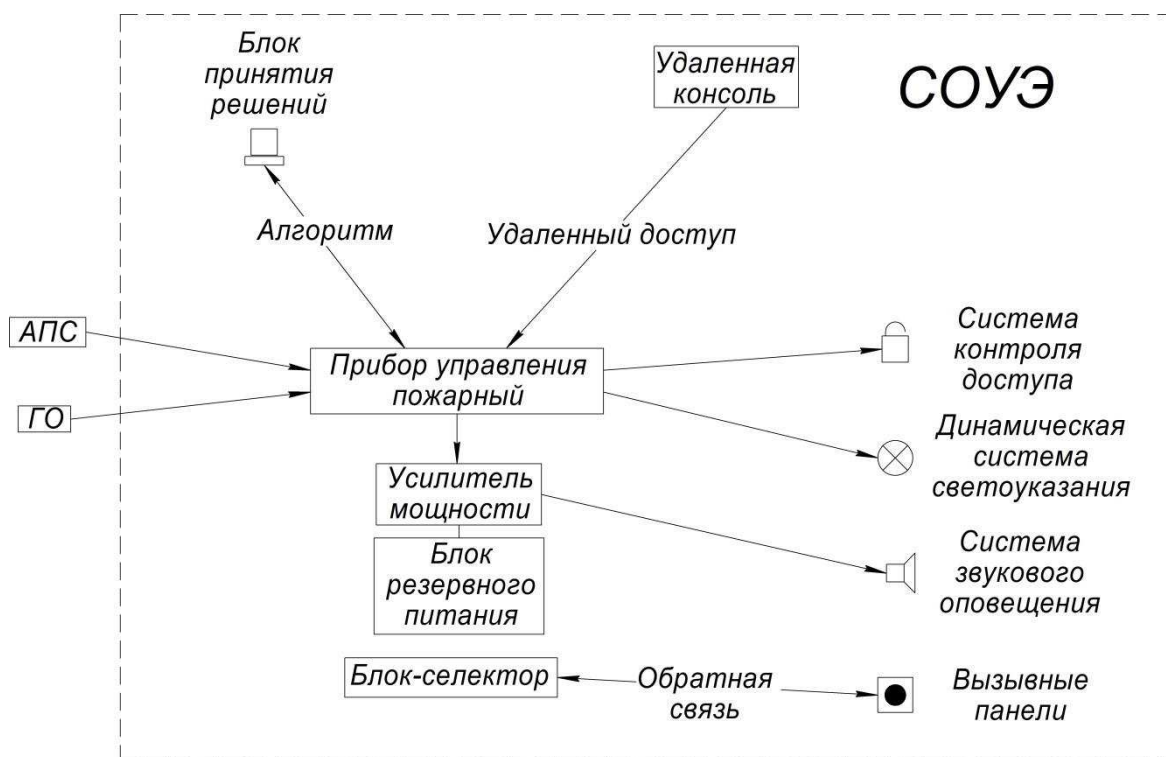


Рисунок 3 – Блок-схема единого комплекса на базе прибора управления пожарного

ПЖУ является сердцем системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Он принимает командный импульс от системы АПС или системы оповещения гражданской обороны, обрабатывает его и выдает все необходимые команды, сигналы и импульсы в:

1. Систему звукового оповещения (транслирует заранее разработанные тексты или передает микрофонные сообщения).

2. Систему эвакуационного освещения (включает освещение, если оно подключено к СОУЭ).

3. Систему светового оповещения (приводит в действие эвакуационные знаки безопасности).

4. Систему контроля доступа (дистанционно открывает запоры дверей эвакуационных выходов).

Помимо этого, в зависимости от места возгорания, ППУ формирует алгоритм оповещения, который представляет собой последовательность и очередность подачи текстов в различные зоны пожарного оповещения. Подобные алгоритмы создаются для устранения на объекте явлений, усложняющих процесс эвакуации, таких как паника и скопление людей в проходах.

Общие требования к ППУ определены в ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний» [37]. Прибор управления техническими средствами оповещения и эвакуацией должен обеспечивать выполнение следующих функций:

1) прием электрических сигналов от технических средств, формирующих стартовый сигнал запуска ППУ;

2) прием сигналов от устройств регистрации срабатывания систем противопожарной защиты и иных технических средств (при их наличии в управляемой системе), оказывающих влияние на алгоритм функционирования прибора;

3) автоматический контроль исправности линий связи (для проводных – на обрыв и короткое замыкание, для цифровых линий связи – на пропадание связи) с техническими средствами, предназначенными для формирования стартового сигнала, в том числе ППУ;

4) автоматический контроль исправности линий связи с техническими средствами, регистрирующими срабатывание средств противопожарной защиты;

5) автоматический контроль исправности линий связи с исполнительными устройствами систем противопожарной защиты.

Второй прибор, необходимый для построения любого типа СОУЭ – трансляционный низкочастотный усилитель мощности. Основное назначение данного прибора – усилить звуковой сигнал до такой величины, чтобы создать абонентским устройством (речевым оповещателем) требуемый уровень звукового давления. Этого достигают усилением звукового сигнала до необходимой мощности сигнала на входе абонентского устройства. Усилитель подбирается в зависимости от суммарной мощности речевых оповещателей, размещенных на защищаемом объекте. Согласно пункту 11 статьи 84 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [113] любая система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должна быть оборудована источником бесперебойного электропитания. Именно для этого необходима третья составляющая – блок резервного электропитания. Он обеспечивает резервным питанием усилители мощности низкой частоты и другие технические средства, входящих в состав СОУЭ. Стоит отметить, что закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [113] в главе 84 пункте 7 не ставит строгих рамок на время работы системы оповещения от резервного источников питания, определяя главное: «Системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей должны функционировать в течение времени, необходимого для завершения эвакуации людей из здания, сооружения, строения». Так что время работы системы от резервного источника определяется при проектировании исходя из необходимого времени эвакуации в конкретном здании, сооружении. Удалённая микрофонная консоль предназначена для работы в составе СОУЭ в комплекте с прибором управления техническими средствами оповещения и эвакуацией. Удалённая микрофонная консоль используется для дистанционного управления эвакуацией и для передачи в выбранные зоны системы оповещения голосовых сообщений. Все

консоли имеют приоритет над режимом «Звуковое вещание», установленным в ППУ.

При проектировании и установке СОУЭ необходимо полностью соблюдать требования нормативных документов. В СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [95] в таблице 1 пункта 6 в подпункте 3 для развертывания СОУЭ 4-го и 5-го типа определена необходимость обратной связи зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской. Необходимо устройство, которое в экстренных случаях сможет связать пост-диспетчерскую и зоны пожарного оповещения и вызов мог бы производиться как из поста, так и из зоны оповещения. Устройством, предназначенным для решения данной задачи, является устройство селекторное. Оно осуществляет двухстороннюю коммуникационную связь между пожарным постом-диспетчерской и зонами пожарного оповещения. Так как пост-диспетчерская и зоны оповещения разнесены по объекту, устройство состоит из нескольких блоков:

- 1) одного главного, расположенного на посту, имеющего возможность двухсторонней связи с любой зоной оповещения;
- 2) нескольких периферийных, расположенных в зонах оповещения, имеющих возможность двухсторонней связи с постом из данной зоны оповещения.

Главный блок на посту называется «Блок-селектор», а периферийные блоки называются «Вызывная панель». В одной зоне оповещения параллельно с одним основным периферийным блоком в случае необходимости имеется возможность установки дублирующего блока «Вызывная панель». В соответствии с планом эвакуации и протяжённостью зон оповещения для конкретного объекта определяется:

- количество зон оповещения;
- необходимость установки в одной зоне оповещения дублирующего периферийного блока.

Количество периферийных блоков «Вызывная панель» для разных объектов может быть различным – может быть равно количеству зон оповещения или быть большим, если в зонах необходимы дублирующие блоки.

### **1.3 Исследование процесса эвакуации и критерии безопасности на футбольном манеже «Футбол-Арена Енисей»**

Футбольный клуб «Енисей» был основан под названием «Локомотив» в 1937 году. В этом же году он принял участие в своем первом матче. В 1938 году «Локомотив» играл в кубке СССР, с 1939 по 1947 участвовал в различных краевых и городских соревнованиях, с 1948 по 1956 принимал участие в первенствах РСФСР. Немного позднее, в 1986 году клуб получил название «Рассвет», еще через два года – «Автомобилист», в 1990 году – «Металлург», в феврале 2010 года сменил название на «Металлург-Енисей», и наконец, в 2011 стал называться просто «Енисей».

В зависимости от погодных условий «Енисей» проводит домашние матчи на двух стадионах – «Центральном» в теплое время года, и манеже «Футбол-Арена Енисей» в холодное.

«Центральный» стадион был открыт в 1967 году для проведения домашних матчей футбольного клуба «Локомотив». На данный момент является ареной для проведения домашних матчей в летнее время года футбольного клуба «Енисей» и национальной сборной России по регби. На момент открытия стадион вмещал в себя 35 тысяч человек. Однако после открытия Зимней спартакиады в 1982, где во время давки погибло несколько человек и пострадало около 100, был реконструирован на максимальную вместимость до 22,5 тысяч человек. 11 марта 2014 года «Центральный» стадион был закрыт на капитальный ремонт в связи с подготовкой к XXIX Всемирной Зимней Универсиаде-2019.

13 сентября 2010 года в Москве прошло заседание исполнительного комитета Российской Федерации Спорта, на котором было принято решение

о переходе футбольной системы России в режим «осень-весна», то есть все футбольные матчи на территории России будут проводиться в три времени года: осень, зима и весна. До этого Российский футбол организовывался по системе «весна-осень».

Поскольку «Центральный» стадион не является крытым, проведение футбольных матчей в зимнее время из-за осадков является крайне неудобным. В связи с этим руководство клуба «Енисей» приняло решение о постройке футбольного манежа «Футбол-Арена Енисей».

Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» был спроектирован в 2011 году одной из крупнейших строительных компаний России ООО «Стройимпульс». Строительство крытого манежа началось в августе 2012 года. Его название из более чем 300 предложенных вариантов выбрали сами жители Красноярского края. Хотя официальное открытие должно было состояться 18 ноября 2014 года, уже 8 ноября футбольный клуб «Енисей» сыграл свой первый матч на новой домашней арене.

Подобных сооружений за Уралом крайне мало – по одному в Новосибирске, Омске и Екатеринбурге. Президент национальной футбольной лиги Игорь Викторович Ефремов отзывается о футбольном манеже «Футбол-Арена Енисей» как об одном из лучших на сегодняшний день.

Стоимость сооружения составила 1,85 млрд рублей.

Крытый футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» расположен в парковой зоне по адресу: г. Красноярск, Советский район, ул. Новгородская, д. 5. На текущий момент стадион является крупнейшим футбольным сооружением за Уралом.

Сооружение представляет собой современный спортивный комплекс, включающий крытое футбольное поле с искусственным покрытием с трибунами для 3000 зрителей. Количество одновременно прибывающих на территории футбольного манежа спортсменов может достигать 350 человек. Помимо этого в здании располагаются 2 зала для аэробики, тренажерный зал, зону для разминки и отдыха спортсменов, а также восстановительный центр.

Во время перерывов администрация организует различные культурно-массовые мероприятия, такие как: танцы, музыкальные выступления, различные шоу и конкурсы. После проведения футбольных матчей, как правило, производится продажа атрибутики для фанатов с символикой футбольного клуба «Енисей» и национальной футбольной лиги Российской Федерации. Все вышесказанное означает, что помимо рабочего персонала одновременно на стадионе может находиться до 4 тысяч человек.

Помимо проведения футбольных матчей, арена предназначена для занятий такими видами спорта, как:

- хоккей на траве;
- фитнес;
- аэробика;
- настольный теннис;
- легкая атлетика;
- танцевальный спорт.

Поскольку расписание футбольных матчей составляется с ориентировкой на зрителей, пик загруженности стадиона приходится на выходные дни. В будние же дни посещаемость стадиона низкая, за исключением небольшого притока людей в тренажерные залы по вечерам.

Среди посетителей преобладает средняя возрастная группа, однако не редко болельщики берут вместе с собой и детей. Их наличие на трибуне может сильно затруднить эвакуацию в случае чрезвычайной ситуации (ЧС), возникшей во время проведения массовых спортивных мероприятий.

Согласно Всероссийскому реестру объектов спорта, крытый футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» обладает следующими техническими характеристиками:

- внешние размеры 120x114,95 м;
- размеры футбольного поля 105x68 м;
- высота игрового зала 22,8 м;
- вместимость трибун для зрителей не менее 3000 человек;



- общая площадь 29451 м<sup>2</sup>;
- средняя пропускная способность 112 человек в день.

В ходе изучения проектной документации была выявлена следующая информация о защищаемом объекте.

По функциональному назначению стадион представляет собой крытое спортивно-демонстрационное сооружение и состоит из 2-х функциональных блоков – спортивной арены и вспомогательного блока.

Спортивная арена предназначена для проведения футбольных матчей и культурно-развлекательных мероприятий в помещении, что позволяет разместить зрительские места в непосредственной близости от игрового поля.

В состав спортивной арены входят:

1. Футбольный манеж с футбольным полем.
2. Стационарные трибуны.

На нижнем ярусе трибун (партер) располагаются горизонтальные проходы сквозь трибуну и дверные проемы со стороны вестибюля, фойе, лестничных клеток, а на верхнем ярусе трибун (балкон) – дверные проемы с выходами в лестничные клетки и фойе.

Вспомогательный блок включает в себя подземную и 4-х этажную надземную части здания.

Подземная часть вспомогательного блока состоит из 2-х уровней:

- нижний подземный этаж;
- верхний подземный этаж.

Нижний подземный этаж высотой 1,8 м приспособлен под техническое подполье и используется только для прокладки коммуникаций.

Верхняя часть предназначена для нахождения людей и хранения различного инвентаря. Этот этаж включает в себя:

- 1) зоны для размещения раздевалок;
- 2) инвентарная зона для хранения переносного спортивного оборудования;
- 3) зона медико-восстановительного центра с паровой баней;

4) техническая зона с помещениями по обслуживанию объекта.

Надземная часть футбольного манежа объединяет четыре надземных этажа со следующими помещениями:

1. Первый этаж – вестибюль для болельщиков с гардеробом, билетно-кассовый центр, помещения эксплуатации и обслуживающие зрелищные мероприятия, служебные, технические и инвентарные комнаты, пост-диспетчерская, помещение для работников охраны общественного порядка и милиции, медицинский пункт, камера хранения;

2. Второй этаж – фойе с буфетом для зрителей, vip-зона вместимостью не более 50 человек, технические помещения;

3. Третий этаж – фойе с буфетом для зрителей, помещения пресс-центра с отдельной зоной для СМИ, комментаторов и операторов онлайн-трансляций, бытовые помещения для рабочих и отдыха персонала;

4. Четвертый этаж – служебные и технические помещения, конференц-зал для заседаний судейской коллегии вместимостью до 80 человек, тренажерные залы для индивидуальной силовой подготовки с раздевалками и душевыми, рассчитанными на 25 человек, помещение для контроля над манежем, аппаратная, фито-бар.

В наружных стенах здания имеются застекленные световые проемы общей площадью 168 м<sup>2</sup>, что позволяет использовать на стадионе как искусственное, так и естественное освещение в дневное время суток. Кроме того, при срабатывании пожарной сигнализации, световые проемы, расположенные на территории спортивной арены, автоматически открываются с целью удаления возможных продуктов горения.

Для функциональной связи надземных этажей предусмотрено 3 лифта: 2 пассажирских и один грузовой.

Главный вход на стадион оборудован современными турникетами, считывающими специальный код с билета, что позволяет сэкономить время на их проверку. Однако, несмотря на оборудование объекта подобными турникетами, чаще всего перед проведением спортивных мероприятий

образуются огромные очереди, а как следствие в случае ЧС возможно возникновение скопления людей. По завершению матча турникеты опускаются вниз, что позволяет увеличить пропускную способность и рассредоточить людей. Также для этой цели перед выходами из спортивного сооружения, предусмотрены специальные площадки из расчета 0,3 м<sup>2</sup> на 1 человека.

Во время проведения футбольных матчей основная часть людей располагается на территории первого блока – спортивной арене. По завершению соревнований зрителям предлагается задержаться во второй части здания – вспомогательном блоке, для ознакомления с интересующей их дополнительной информацией и приобретения различной футбольной атрибутики. Подобные мероприятия позволяют более равномерно распределить поток уходящих людей по времени, избежать столпотворений и конфликтов среди футбольных болельщиков.

Защищаемый объект находится в районе выезда пожарной части № 17 по охране Советского района, удаленной от него на расстояние 9 км.

Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» имеет II степень огнестойкости. Здание разделено на два пожарных отсека (ПО):

1. ПО №1 – спортивная арена с футбольным манежем и местами для зрителей, комментаторские места и помещения для проведения пресс-конференций, помещения контроля над манежем;
2. ПО №2 – вспомогательный блок, включающий в себя один подземный и 4 надземных этажа.

Объект оборудован системой автоматического пожаротушения (АУПТ), что согласно п. 6.7.2 СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» [94], позволяет увеличить площадь этажа в пределах пожарного отсека до 5000 м<sup>2</sup>. Пожарные отсеки разделены противопожарными преградами с пределом огнестойкости R150. Противопожарные стены здания спроектированы с опорой на собственный фундамент, возведены на всю высоту здания и пересекают все строительные конструкции и этажи. Это позволяет обеспечить

нераспространение пожара при одностороннем обрушении строительных конструкций, опирающихся на противопожарные стены. Противопожарные перегородки объекта защиты спроектированы на высоту этажа и пересекают конструкции подвесных потолков до перекрытия.

Противопожарные перекрытия в здании выполнены в виде подвесных потолков. Пространство над подвесными потолками помещений отделяется от смежных помещений, коридоров, холлов, тамбуров и лестничных клеток дымонепроницаемыми конструкциями из негорючих материалов с уплотнением зазоров в местах прохода инженерных коммуникаций. Каркасы подвесных потолков в помещениях и на путях эвакуации выполнены из негорючих материалов.

Помещения футбольного манежа, предназначенные для одновременного пребывания более 15 человек или помещения площадью более 300 м<sup>2</sup> в подвальном этаже, а в надземной части – помещения, предназначенные для одновременного пребывания более 50 человек, имеют не менее двух рассредоточенных эвакуационных выходов.

Для эвакуации людей с трибун и балкона для зрителей предусмотрены специальные проходы, ведущие непосредственно на эвакуационные лестничные клетки или в вестибюль вспомогательного блока, обеспеченный эвакуационными выходами. На путях эвакуации отсутствуют перепады высоты более 45 см и выступы, за исключением порогов в дверных проемах. В местах перепада высот установлены специальные лестницы с числом ступеней не менее трех или пандусы с уклоном не более 1:6.

В целях ускорения процесса эвакуации людей в случае ЧС, число непрерывно установленных мест в ряду на трибуне принято не более 50 кресел с возможностью выхода в противоположные стороны, при одностороннем выходе из ряда – 26 кресел. Кресла в рядах зрительного зала предусмотрены с устройствами для крепления к полу и скрепления в ряды.

Во избежание травматизма во время эвакуации с балкона, перед первым рядом зрительских мест, расположенных на балконе, установлен барьер высотой 0,8 м.

Двери лестничных клеток, выходов с трибуны и балкона для зрителей в вестибюль и фойе вспомогательного блока, лифтовых холлов, и противопожарные двери оборудованы устройствами для самозакрывания и уплотнением в притворах, а также спроектированы с открыванием по ходу движения людей в направлении выхода из здания.

Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» согласно подпункту 6 таблицы 2 пункта 7 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [94] защищен системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 4-го типа. Данная система включается автоматически от командного сигнала при срабатывании автоматической пожарной сигнализации. Управление СОУЭ осуществляется из помещения пожарного поста-диспетчерской.

Установленная СОУЭ 4-го обеспечивает:

- разделение объекта на 7 зон пожарного оповещения;
- формирование и передачу речевых и световых оповещений;
- трансляцию речевых сообщений о путях эвакуации и действиях, обеспечивающих личную безопасность;
- обратную связь зон оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской.

Зоны пожарного оповещения:

- а) цокольный этаж;
- б) трибуны;
- в) 1-й этаж;
- г) 2-й этаж;
- д) 3-й этаж;
- е) 4-й этаж;

ж) улица.

Включение системы оповещения производится автоматически, вначале оповещается ответственный персонал и зона возгорания, а через 40 сек. остальные зоны. Кроме того, при срабатывании автоматической пожарной сигнализации в помещении пожарного поста включается световое табло «Пожар».

Общее количество звуковых оповещателей, установленных в здании – 247 шт. Их расстановка и мощность обеспечивают необходимый уровень звука информации во всех местах постоянного или временного пребывания людей.

Общее количество световых оповещателей, установленных в здании – 114 шт. Эвакуационные знаки пожарной безопасности, принцип действия которых основан на работе от электрической сети, включаются одновременно с основными осветительными приборами рабочего освещения, световые оповещатели «Выход» и указатели направления эвакуации в зрительном зале – только на время пребывания в них людей.

Несмотря на то, что здание разделено на 7 зон пожарного оповещения, не исключена возможность скопления людей в проходах. Суммарная площадь зон пожарного оповещения 1-го этажа – зоны №2 и зоны №3 – составляет 14493,3 м<sup>2</sup>, количество одновременно находящихся человек может достигать 3,5 тысяч. В таких условиях проблематично организовать беспрепятственную эвакуацию, в связи с чем, есть необходимость в увеличении числа самостоятельных зон оповещения и разработке более качественного алгоритма оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

## **2 Организация и методы исследования**

### **2.1 Организация исследования**

Исследование проводилось с целью разработки проектных решений по повышению уровня пожарной безопасности исследуемого объекта при проведении спортивно-массовых мероприятий. Исследование проводилось поэтапно.

На первом этапе, нашего исследования проводилось изучение состояния проблемы, разработка программы исследования, проводилось изучение и анализ научно–методической литературы по теме исследования.

На втором этапе проведен сравнительный анализ с целью выбора наиболее эффективной системы для спортивных сооружений.

На третьем этапе проводилось изучение системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на объекте: футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей».

В результате первых трех этапов исследования были определены цели, задачи, объект и предмет исследования.

На четвертом этапе нами была выбрана наиболее эффективная система СОУЭ, разработаны подходы к ее внедрению и экономически обоснована целесообразность ее применения.

На пятом этапе, на основании проведенного исследования, проводился анализ полученных результатов, проводился математический подсчет данных и их обоснование. Анализ данных включал обработку и обсуждение результатов, полученных в ходе изучения вопроса, формирование выводов и рекомендаций по освещаемому вопросу, оформление диссертационной работы.

## 2.2 Методы исследования

Для решения поставленных задач использовались следующие методы исследования:

- 1) анализ и обобщение литературы;
- 2) сравнительный анализ;
- 3) методы математической статистики;
- 4) расчет экономических показателей.

*Анализ и обобщение литературы* позволил составить представление о проблеме исследуемого вопроса, обобщить имеющиеся литературные данные и мнения специалистов, касающихся вопроса учета применения системы оповещения 5-ого типа на спортивных сооружениях. В результате проведенного анализа и обобщения материалов проведенных исследований были определены задачи работы.

Анализ научно–методической литературы проводился по следующим темам:

- а) статистика травматизма и гибели во время скопления людей на футбольных стадионах;
- б) принципы построения системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- в) характеристика объекта защиты футбольного манежа «Футбол-Арена Енисей»;
- г) анализ состояния вопроса безопасности спортивных сооружений с массовым пребыванием людей;
- д) особенности применения системы оповещения 5 типа на спортивных сооружениях.

Проведен анализ существующих систем оповещения и управления эвакуацией.

Анализ и обобщение научно-методической литературы позволил составить представление о взглядах ведущих специалистов на состояние



исследуемого вопроса, обобщить научно-методические данные и мнения специалистов, касающиеся вопросов выбора подхода к использованию подходящей системы оповещения.

Всего по теме изучено 117 работ, включая статьи в периодической печати, сборники научных трудов, монографии, учебники, авторефераты, диссертации. Из них 113 отечественных и 4 иностранных представлены в списке литературы.

*Сравнительный анализ.*

Таблица 1 – Типы системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

Характеристика СОУЭ	Наличие указанных характеристик у различных типов СОУЭ				
	1	2	3	4	5
1. Способы оповещения:					
звуковой (сирена, тонированный сигнал и др.);	+	+	*	*	*
речевой (передача специальных текстов);	-	-	+	+	+
световой:					
а) световые мигающие оповещатели;	*	*	*	*	*
б) световые оповещатели «Выход»;	*	+	+	+	+
в) эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения;	-	*	*	+	*
г) световые оповещатели, указывающие направление движения людей, с изменяющимся смысловым значением	-	-	-	*	+
2. Разделение здания на зоны пожарного оповещения					
3. Обратная связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской	-	-	*	+	+
4. Возможность реализации нескольких вариантов эвакуации из каждой зоны пожарного оповещения					
	-	-	-	*	+

Примечания:

1. «+» - требуется; «\*» - допускается; «-» - не требуется.

2. Допускается использование звукового способа оповещения для систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 3 - 5 типов в отдельных зонах пожарного оповещения (технических этажах, чердаках, подвалах, закрытых рампах автостоянок и других помещениях, не предназначенных для постоянного пребывания людей).

3. В зданиях с постоянным пребыванием людей с ограниченными возможностями по слуху и зрению должны применяться световые мигающие оповещатели или специализированные оповещатели (в том числе системы специализированного оповещения, обеспечивающие выдачу звуковых сигналов определенной частоты и световых импульсных сигналов повышенной яркости, а также другие технические средства индивидуального оповещения людей). Выбор типа оповещателей определяется проектной организацией в зависимости от физического состояния находящихся в здании людей. При этом указанные оповещатели должны исключать возможность негативного воздействия на здоровье людей и приборы жизнеобеспечения людей.

Здания (сооружения) должны оснащаться системами оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре соответствующего типа в соответствии с таблицей 2. Допускается использование более высокого типа системы оповещения и управления эвакуацией людей.

Таблица 2 - Оснащение зданий и сооружений системами оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре соответствующего типа в зависимости от функционального назначения

Здания (наименование нормативного показателя)	Значение нормативного показателя	1	2	3	4	5
Физкультурно_оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, бытовые помещения, бани (число посетителей)	До 50	*				
	50 - 150		*			
	150 – 500			*		
	Более 500				*	*

Примечания:

1) Требуемый тип системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре определяется по значению нормативного показателя. Если число этажей более, чем допускает данный тип системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре для зданий данного функционального назначения, или в таблице 2 нет значения нормативного показателя, то требуемый тип системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре определяется по числу этажей здания.

2) Под нормативным показателем площади пожарного отсека в настоящих нормах понимается площадь этажа между противопожарными стенами.

3) На объектах защиты, где в соответствии с таблицей 2 требуется оборудование здания системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 4 или 5 типа, окончательное решение по выбору системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре принимается проектной организацией.

4) В помещениях и зданиях, где находятся (работают, проживают, проводят досуг) люди с пониженным слухом или зрением, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должна учитывать эти особенности.

5) Для зданий категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности, в которых предусмотрено устройство системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 3-го типа, в дополнение к речевым пожарным оповещателям, установленным внутри зданий, должна быть предусмотрена установка речевых пожарных оповещателей снаружи этих зданий.

б) Одноэтажные складские и производственные здания, состоящие из одного помещения (категории по взрывопожарной и пожарной опасности В4, Г, Д) площадью не более 50 м<sup>2</sup> без постоянных рабочих мест или постоянного присутствия людей, допускается не оснащать системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

*Методы математической статистики* широко применяется для обработки полученных в ходе исследования данных, их логический и математический анализ для получения вторичных результатов, т.е. факторов и выводов, вытекающих из интерпретации переработанной первичной информации.

Среднее количество находящихся на территории объекта «Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» людей при проведении массовых мероприятий составляет 3750 чел. Согласно статистике травматизма при эвакуации с объектов с массовым пребыванием людей, вероятность получения вреда здоровью и жизни человека в скоплении людей составляет:

- $4 \cdot 10^{-4}$  – при беспрепятственной эвакуации;
- $3 \cdot 10^{-3}$  – при образовании задержки в проходах.

Таким образом, количество людей, рискующих получить травмы в случае образования скопления при наихудшем исходе событий, на данный момент составляет:

$$N_{травм} = 2354 \cdot 4 \cdot 10^{-4} + 1396 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 5,1 \text{ чел} \quad (2.1)$$

Количество людей, рискующих получить травмы в случае образования скопления при наихудшем исходе событий, после оборудования здания СОУЭ 5-го типа составит:

$$N_{травм} = 3750 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 1,5 \text{ чел} \quad (2.2)$$

Экономическая эффективность расчета составляет:

$$\mathcal{E} = Z_{в.п.} \cdot n - Z_o, \quad (2.3)$$

где  $\mathcal{E}$  – экономическая эффективность расчета;

$Z_o$  – затраты на приобретение нового оборудование;

$Z_{в.п.}$  – затраты на компенсации одному пострадавшему;

$n$  – количество людей, для которых вероятность получения травмы в случае образования скопления людей снижается при оборудовании здания СОУЭ 5-го типа.

$$\mathcal{E} = 200000 \cdot (5,1 - 1,5) - 330587 = 389413 \text{ руб} \quad (2.4)$$

Вывод: защита здания «Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» системой оповещения и управления эвакуацией 5-го типа снижает риск получения травм в скоплениях для значительного количества людей. Исходя из этого, оборудование данной системой эффективно.

### **3 Особенности применения системы оповещения 5 типа на спортивных сооружениях**

#### **3.1 Построение системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре**

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре предназначена для оповещения находящихся в здании людей о возникшем пожаре и организации их своевременной эвакуации, путем трансляции речевой информации в помещениях о необходимости эвакуации, путях эвакуации и других действиях, направленных на обеспечение безопасности.

Прежде всего, следует определить тип СОУЭ, необходимый для эксплуатации объекта. Для этого нужно обратиться к таблице 2 пункта 7 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [94]. Выбор типа системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре производится по трем характеристикам объекта:

- назначения здания;
- значения нормативного показателя (он может измеряться как по площади – в квадратных метрах, так и по вместимости – в количестве человек);
- этажности здания.

Чем выше ранг выбранной системы, тем более серьезные требования к ней предъявляются.

Согласно подпункту 6 таблицы 2 пункта 7 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты» [94], театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие подобные учреждения с количеством посадочных мест для посетителей более 1500 в закрытых помещениях, под описание которого подходит объект защиты

«Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей», следует оснащать СОУЭ 4-го или 5-го типа.

Поскольку тема магистерской диссертации связана непосредственно с применением системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 5-го типа, для оповещения находящихся в здании людей о возникшем пожаре принята СОУЭ 5-го типа.

Для того чтобы подобрать технические средства оповещения, необходимые для построения конкретного типа системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, необходимо обратиться к таблице 1 пункта 6 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [94] и выбрать оборудование, способное обеспечить наличие всех указанных для нужной системы характеристик.

Согласно данной таблице, СОУЭ 5-го типа должна обладать техническими средствами, обеспечивающими наличие следующих технических характеристик:

1. Способ оповещения – звуковой (сирена, тонированный сигнал) – допускается.
2. Способ оповещения – речевой (передача специальных текстов) – требуется.
3. Способ оповещения – световой – световые мигающие оповещатели – допускается.
4. Способ оповещения – световой – световые оповещатели «Выход» – требуется.
5. Способ оповещения – световой – эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения – допускается.
6. Способ оповещения – световой – световые оповещатели, указывающие направление движения людей, с изменяющимся смысловым значением – требуется.
7. Разделение здания на зоны пожарного оповещения – требуется.

8. Обратная связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской – требуется.

9. Возможность реализации нескольких вариантов эвакуации из зон пожарного оповещения – требуется.

10. Координированное управление из одного пожарного поста-диспетчерской всеми системами здания, связанными с обеспечением безопасности людей при пожаре – требуется.

Для обеспечения принятого типа СОУЭ вышеизложенными характеристиками требуется наличие в системе следующего технического оборудования:

- световые оповещатели, указывающие направление движения людей, с изменяющимся смысловым значением;
- речевые оповещатели;
- прибор управления техническими средствами оповещения и эвакуацией;
- трансляционный усилитель;
- блок резервного питания;
- удаленная микрофонная консоль;
- устройство селекторное;
- периферийные блоки «Вызывная панель».

Следующий этап построения СОУЭ – определение количества зон оповещения. Согласно СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [95], «Зона пожарного оповещения – часть здания, где проводится одновременное и одинаковое по способу оповещение людей о пожаре». Количество зон оповещения определяется в зависимости от сложности планировки, функционального назначения и технических характеристик (размеров, этажности) защищаемого объекта. Деление на зоны пожарного оповещения производится для устранения на объекте явлений,



усложняющих процесс эвакуации, таких как паника и скопление людей в проходах.

Объект защиты «Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» имеет два пожарных отсека:

1. ПО №1 – спортивная арена с футбольным манежем и местами для зрителей;

2. ПО №2 – вспомогательный блок, состоящих из цокольного и 4-х надземных этажей.

В данной магистерской диссертации принято деление объекта защиты согласно количеству имеющихся эвакуационных выходов на следующие зоны пожарного оповещения:

а) ПО №1 – 2 зоны;

б) цокольный этаж ПО №2 – 9 зон;

в) 1 этаж ПО №2 – 5 зон;

г) 2 этаж ПО №2 – 4 зоны;

д) 3 этаж ПО №2 – 4 зоны;

е) 4 этаж ПО №2 – 3 зоны + одна особая зона оповещения, куда в первую очередь будет транслироваться особый текст, заранее разработанный для персонала;

ж) улица – 1 зона.

Общее количество зон пожарного оповещения – 29 зон.

Поскольку объект защиты имеет 29 самостоятельных зон оповещения, предусмотрено использовать ППУ «Тромбон-ПУ-М-32» – многозонный прибор управления техническими средствами оповещения и эвакуацией для СОУЭ 3-го, 4-го и 5-го типов, рассчитанный на коммутацию и контроль до 32 зон светового и речевого оповещения.

Усилитель мощности подбирается в зависимости от суммарной мощности речевых оповещателей, размещенных на защищаемом объекте. Для того чтобы компенсировать потери мощности в понижающем звуковом трансформаторе, в самой динамической головке оповещателей, а также потери в линиях связи,

к расчетному количеству необходимой мощности добавляют 20%. Если для обеспечения требуемой выходной мощности одного усилителя не достаточно, то используют сразу несколько.

Трансляционные усилители мощности различаются по такой технической характеристике, как номинальная выходная мощность. Ее пределы варьируются от 20 Вт до 600 Вт.

Поскольку для создания достаточного звукового давления динамиками речевых оповещателей, установленных на объекте, требуется звуковая мощность 1794 Вт, принимается использовать трансляционный усилитель «Тромбон-УМ4-600» – 3 шт., каждый мощностью 600 Вт. Существующая на данный момент СОУЭ уже оснащена тремя блоками усилителей мощности «Тромбон-УМ4-600», так что закупка дополнительного оборудования в этом разделе не предусмотрена.

Определяя количество необходимых для работы системы блоков резервного питания, следует руководствоваться обязательным требованием Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [109] по обеспечению бесперебойной работы всех имеющихся трансляционных усилителей мощности в случае пропадания основного электропитания, поэтому на каждый установленный усилитель мощности приобретается по отдельному блоку питания. Также стоит отметить, что ППУ обладает встроенным аккумулятором, из чего следует, что для данного блока закупка отдельного оборудования, осуществляющего резервного питания, не требуется.

Исходя из решения использовать в проектируемой системе оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре трех трансляционных усилителей мощности, следует необходимость установки трех блоков резервного питания.

Для обеспечения бесперебойной работы каждого трансляционного усилителя в случае пропадания основного питания выбираем блок резервного питания «Тромбон-БП-21» – 3 шт. В качестве резервного источника электропитания в блоке «Тромбон-БП-21» используются источники

постоянного тока – аккумуляторные батареи. На данный момент питание усилителей мощности «Тромбон-УМ4-600» обеспечивается блоками питания «Тромбон-БП-21», так что приобретение дополнительного оборудования в этом разделе не требуется.

Указом Президента РФ от 13.11.2012 №1522 «О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций» [108] постановлено: «В целях своевременного и гарантированного информирования населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций и развития единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций необходимо создать комплексную систему экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций, которая на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях должна обеспечить возможность сопряжения технических устройств, осуществляющих приём, обработку и передачу аудио-, аудиовизуальных и иных сообщений об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций, правилах поведения и способах защиты населения в таких ситуациях»

Для сопряжения системы оповещения и управления эвакуацией с централизованной системой оповещения гражданской обороны и МЧС используется блок распределения и управления социальной розеткой «БРУСР-М».

Устанавливая на объект защиты СОУЭ 4-го или 5-го типа, необходимо обеспечить систему всеми указанными характеристиками, указанными в таблице 1 пункта 6 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [94]. Для этого помимо трех базовых блоков необходима установка дополнительного оборудования:

- а) удаленная микрофонная консоль;
- б) устройство селекторное;

в) вызывная панель.

Существующие на рынке удаленные микрофонные консоли, в зависимости от сложности комплекса сигнализации о пожаре, оповещения и эвакуации людей, способны обеспечить коммутацию зон вещания в количестве от 8 до 32. При необходимости возможно подключение нескольких консолей к одному прибору управления техническими средствами оповещения и эвакуацией.

Принимается использование системой удаленной консоли «Тромбон-УК-М». Удаленная консоль «Тромбон-УК-М» предназначена для подачи голосовых объявлений с приоритетным включением по любой из зон, а так же со включением по всем зонам одновременно. Данное техническое средство размещается в специальной зоне с персоналом, находящейся на 4 этаже защищаемого объекта – зона пожарного оповещения №4.3.

Существующая на данный момент на объекте СОУЭ 4-го типа уже оснащена удаленной консолью «Тромбон-УК-М», так что закупка дополнительного оборудования в этом разделе не предусмотрена.

Устройство селекторное имеет в своем составе несколько блоков:

1. один главный блок – «Блок-селектор»;
2. несколько периферийных блоков – «Вызывная панель».

«Блок-селектор» расположен на посту и имеет возможность двухсторонней связи с любой зоной оповещения при помощи блоков «Вызывная панель». В настоящий момент один «Блок-селектор» способен обеспечить обратную связь с 16 зонами пожарного оповещения.

Поскольку объект защиты имеет 29 самостоятельных зон оповещения, предусмотрено использовать блок селекторной связи «Тромбон-БС-16» – 2 шт., которые устанавливаются на посту охраны.

СОУЭ 4-го типа, имеющаяся на объекте защиты уже оснащена одним блоком селекторной связи «Тромбон-БС-16», из чего следует необходимость приобретения только одного блока «Тромбон-БС-16».

Для удовлетворения требованию обеспечения обратной связи со всеми зонами пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской, проектом принимается использовать вызывные панели «Тромбон-ВП» в количестве 30 штук – по 1 на каждую зону оповещения, кроме зоны, где располагается персонал учреждения, по одной дублирующей для ПО №1 и Улицы.

Поскольку существующая на данный момент система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре оборудована 18-ю вызывными панелями «Тромбон-ВП», требуется дополнительно приобрести вызывные панели в количестве 12 штук.

На данный момент общее количество речевых оповещателей, установленных в здании – 247 шт. Проведенный на стадии проектирования защищаемого объекта «Крытый футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» электроакустический расчет на основании СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [94] и СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [92] позволяет обеспечить достаточное звуковое давление на территории всего помещения. Из этого следует, что установка дополнительного оборудования, предназначенного для речевого оповещения людей при пожаре, не требуется.

Общее количество имеющихся на объекте защиты световых оповещателей:

- световой указатель «Стрелка направо» – 17 шт.;
- световой указатель «Стрелка налево» – 16 шт.;
- световой оповещатель «Выход» – 81 шт.

Всего: 114 шт.

Поскольку световые оповещатели «Выход» установлены над эвакуационными выходами с этажей здания, ведущими непосредственно

наружу или ведущими в безопасную зону, данным проектом их замена не предусмотрена.

Для удовлетворения требованию использовать световые оповещатели, указывающие направление движения людей, с изменяющимся смысловым значением, проектом принимается заменить световые указатели «Стрелка налево» и «Стрелка направо» на динамические световые указатели с изменяющимся смысловым значением «Стрелка» «Кристалл-12-ДИН1».

Динамические световые указатели с изменяющимся смысловым значением могут принимать следующие значения:

1. «Налево»;
2. «Направо»;
3. «Налево и Направо».

Из этого следует, что указатели необходимо располагать в пространстве таким образом, чтобы указанное направление при любом из возможных сценариев эвакуации следовало строго по направлению эвакуационного выхода.

Для координации и удаленного управления всеми системами здания, связанными с обеспечением безопасности людей при пожаре, в помещении поста-диспетчерской устанавливается персональный компьютер с программным обеспечением «Тромбон-ПУ-М-ПО».

Электропитание системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре выполняется от промышленной сети электропитания переменного тока, напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Переход с основного питания на резервное осуществляется автоматически. Количество аккумуляторных батарей рассчитано на обеспечение питания оборудования СОУЭ в дежурном режиме – 24 часа, в аварийном режиме – 1 час.

Питание приборов «Тромбон-ПУ-М-32», «Тромбон-БС-16» и «Тромбон-БП-21» осуществляется от блока розеток при помощи комплектных кабелей.

Все оборудование системы СОУЭ обязательно подлежит заземлению.

Предложенная система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре включает в себя:

- прибор управления «Тромбон-ПУ-М-32» – 1 шт.;
- усилитель мощности трансляционный «Тромбон-УМ4-600» – 3 шт.;
- блок резервного питания «Тромбон-БП-21» – 3 шт.;
- блок-селектор на 16 зон «Тромбон-БС-16» – 2 шт.;
- вызывная панель «Тромбон-ВП» – 30 шт.;
- удаленная консоль «Тромбон-УК-М» – 1 шт.;
- программное обеспечение «Тромбон-ПУ-М-ПО» – 1 шт.;
- стойка открытая 19” – 1 шт.;
- оповещатель пожарный речевой «3/1АС100ПН» – 86 шт.;
- оповещатель пожарный речевой «6/3АС100ПН» – 122 шт.;
- оповещатель пожарный речевой «15АСК100ПП» – 23 шт.;
- оповещатель пожарный речевой «10ГР001» – 16 шт.;
- оповещатель эвакуационный «Выход» «Молния-12» – 81 шт.;
- указатель пожарный световой, динамический, с изменяющимся смысловым значением «Стрелка» «Кристалл-12-ДИН1» – 33 шт.

Главное оборудование СОУЭ устанавливается в 19 стойку, размещаемую в помещении поста охраны на 1 этаже.

Способы прокладки кабелей для организации соединительных линий СОУЭ следует производить в соответствии с требованием раздела 3.4 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [94]: «Кабели, провода СОУЭ и способы их прокладки должны обеспечивать работоспособность соединительных линий в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону», правилами «Правила устройства электроустановок ПЭУ 7 издание» [76] и технической документацией на приборы и оборудование СОУЭ.

Для оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре предусмотрено использовать прибор управления пожарный, рассчитанный на 32 зоны «Тромбон-ПУ-М-32».

Речевое и световое оповещение запускается автоматически при срабатывании пожарной сигнализации, построенной на основе интегрированной системы охраны «Орион», через срабатывание исполнительных релейных блоков «С2000-КПБ». Для переключения световых оповещателей «Выход» в режим «Пожар» принято использовать 14 релейных блоков «С2000-КПБ» (по 6 реле). Для управления динамическими указателями принимается использовать 6 релейных блоков «С2000-КПБ» (по 6 реле), для формирования 33 тревожных сигналов и последующей их подачи на тревожные входы прибора управления техническими средствами оповещения и эвакуацией «Тромбон-ПУ-М-32». Подключение ППУ к АПС производится через разъем «RS485», расположенный на задней панели прибора «Тромбон-ПУ-М-32».

Управление автоматическим открыванием дверей, оборудованных электромагнитными и электромеханическими замками, в случае «Пожара» происходит через реле разблокировки эвакуационных выходов прибора управления «Тромбон-ПУ-М-32».

Основное и резервное питание замков дверей эвакуационных выходов и динамических световых указателей «Стрелка» «Кристалл-12-ДИН1» осуществляет блок резервного питания «Тромбон-БП-21».

Для удовлетворения требованию возможности реализации нескольких вариантов эвакуации из зон пожарного оповещения следует разработать алгоритм выбора системой очередности оповещения и направления эвакуации.

Левая и правая части защищаемого объекта Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» симметричны, но поскольку левое относительно игрового поля крыло здания имеет на 1-м этаже на один эвакуационный выход больше, чем правое, приоритет направления эвакуации задается этому направлению. Таким



образом, приоритетное направление – «Налево», вторичное направление – «Направо».

Алгоритм работы системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре создается при помощи программного обеспечения «Тромбон-ПУ-М-ПО», установленного на персональный компьютер в помещении поста-диспетчерской.

На первом этапе формирования логики управления и оповещения эвакуацией людей при пожаре номера шлейфов пожарных извещателей, принадлежащих одной из зон, при помощи программного обеспечения «Тромбон-ПУ-М-ПО», объединяются в раздел для управления соответствующим реле. При срабатывании пожарного извещателя, принадлежащего данному разделу, реле выдаёт сигнал тревоги о пожаре на прибор управления «Тромбон-ПУ-М-32».

Общее количество предложенных зон – 29 зон:

1. ПО №1 – 2 зоны;
2. цокольный этаж ПО №2 – 9 зон;
3. 1 этаж ПО №2 – 5 зон;
4. 2 этаж ПО №2 – 4 зоны;
5. 3 этаж ПО №2 – 4 зоны;
6. 4 этаж ПО №2 – 3 зоны + одна зона четвертого этажа, где располагается персонал учреждения;
7. улица – 1 зона.

В целях повышения достоверности сообщения о пожаре, проектом предусмотрена временная задержка для оценки пожарной ситуации охранным персоналом и возможности отключения системы СОУЭ.

Согласно проектной документации существующая на объекте защиты система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 4-го типа предусматривает задержку между временем оповещения персонала и временем оповещения зон горения в 40 секунд.

Время задержки  $t_{зад}$  определяется с учётом расстояния  $l_{max}$ , которое необходимо преодолеть работнику персонала от дежурного помещения до максимально удалённой зоны возможного возгорания и обратно.

Данные для расчета времени задержки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета времени задержки

Исходные данные	Описание	Численное значение
$l_1$ , м	Помещение охраны	5*
$l_2$ , м	Коридор	51*
$l_3$ , м	Лестничная клетка	18*
$v$ , м/мин	Скорость движения работника поста-диспетчерской	60[1]
* – данные взяты из технических чертежей сооружения		

Расчет расстояния, которое необходимо преодолеть работнику от поста-диспетчерской до максимально удаленной рабочей зоны  $l_{max}$ , производится по формуле:

$$l_{max} = \sum l_n, \quad (3.1)$$

где  $l_{max}$  – необходимое расстояние;

$l_n$  – протяженность  $n$ -го участка пути.

$$l_{max} = l_1 + l_2 + l_3 = 5 + 51 + 18 = 74 \text{ м} \quad (3.2)$$

Расчет времени задержки  $t_{зад}$  производится по формуле:

$$t_{зад} = \frac{l_{max}}{v} \cdot 2, \quad (3.3)$$

где  $t_{зад}$  – время задержки;

$l_{max}$  – расстояние, которое необходимо преодолеть работнику от поста-диспетчерской до максимально удаленной рабочей зоны;

$v$  – скорость движения работника персонала.

$$t_{зад} = \frac{74}{60} \cdot 2 = 2,47 \text{ мин} = 148 \text{ сек} \quad (3.4)$$

Таким образом, расчетное время задержки по расчету должно составлять 148 секунд. По истечению временной задержки система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должна включаться автоматически.

Однако развитие технологического прогресса не стоит на месте, и на сегодняшний день легкодоступны следующие технические средства:

- радиосвязь;
- телефонная связь;
- система видеонаблюдения.

Современные посты охраны на объектах с массовым пребыванием людей оборудуются всеми вышеперечисленными системами, что позволяет сотрудникам персонала отслеживать состояние любой из зон возможного возникновения пожара, не покидая пост-диспетчерскую. В связи с этим проектирующая организация, как правило, предусматривает задержку между временем оповещения персонала и временем оповещения зон горения в интервале от 30 до 40 секунд. Этого времени достаточно, чтобы при использовании современных технологий удостовериться в достоверности сообщения о пожаре.

Реальная задержка во время работы прибора всегда будет несколько больше установленной, так как переключения ППУ синхронизированы с окончаниями воспроизводимых сообщений. Это означает, что после истечения времени задержки ППУ дождется конца воспроизводимого в данный момент сообщения и только потом перейдет к оповещению следующих зон.

Это сделано для исключения возможной передачи в зоны обрывков сообщений и предотвращения паники.

Программное обеспечение «Тромбон-ПУ-М-ПО» позволяет разделить рабочие зоны на зоны «высокой опасности» и зоны «меньшей опасности».

Зона «высокой опасности» – это зона, откуда в прибор управления техническими средствами оповещения и эвакуацией приходит тревожный сигнал. Зоны «меньшей опасности» – все зоны по соседству с зоной «высокой опасности». Важно отметить, что соседние зоны определяются как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

Оповещение людей при возникновении пожара производится в следующем порядке:

- 1) оповещение зоны персонала;
- 2) при подтверждении сотрудником персонала или поста-диспетчерской достоверности возгорания, либо по истечению времени задержки – оповещение зон «высокой опасности»;
- 3) по окончании оповещения зон «высокой опасности» через время задержки происходит оповещение зон «меньшей опасности»;
- 4) по окончании оповещения зон «меньшей опасности» через время задержки происходит оповещение всех оставшихся зон.

Кроме того, проектом принято решение об одновременном оповещении обеих зон ПО №1, минуя время задержки между оповещением, что позволит избежать введения находящихся на трибунах людей в заблуждение.

После подтверждения достоверности возгорания, либо по истечению времени задержки, динамические пожарные указатели с изменяющимся смысловым значением «Стрелка» задают направление эвакуации к ближайшему эвакуационному выходу по принципу:

1. Из зон «высокой опасности» – «Налево», если зона слева не отмечена, как зона «высокой опасности», либо ведет к выходу на улицу или лестничную клетку, в ином случае – «Направо».

2. Из зон «меньшей опасности» – «Налево», если зона слева не отмечена, как зона «высокой опасности» или зона «меньшей опасности», либо ведет к выходу на улицу или лестничную клетку, в ином случае – «Направо».

3. Из зон, не отмеченных как зона «высокой опасности» или зона «меньшей опасности» – «Налево», если зона слева не отмечена, как зона «высокой опасности» или зона «меньшей опасности», либо ведет к выходу на улицу или лестничную клетку, в ином случае – «Направо».

Стоит отметить, что цокольный этаж пожарного отсека №2 имеет нетипичную для верхних этажей планировку и зоны № 0.1 и № 0.9 имеют только один возможный вариант эвакуации.

В зоне № 0.1 установлено оборудование, отвечающее за отопление объекта защиты, зона № 0.9 – гардероб посетителей сауны. Эти зоны не предназначены для постоянного пребывания людей, а расстояние до ближайшего эвакуационного выхода составляет менее 20 метров. Исходя из этого, возможность всего одного варианта эвакуации из данных зон считается обоснованной.

Помимо этого следует обратить внимание на зону № 1.3, расположенную на первом этаже ПО №2. Поскольку направление «Направо» из данной зоны пожарного оповещения ведет непосредственно к главному входу, из этой зоны приоритетным направлением выбрано именно оно.

Для уменьшения вероятности образования скопления людей в зоне № 1.5, принято эвакуировать зону оповещения № 1.4 по направлению «Направо».

ПО №1 имеет всего две зоны пожарного оповещения, поэтому проектом ВКР приоритетным направлением эвакуации из правой зоны данного пожарного отсека – зоны №П.1, выбрано направление «Направо».

Также на этапе подтверждения достоверности, помимо изменения смыслового значения указателей «Стрелка», световые указатели «Выход» начинают мигать, что требуется для оповещения людей с ограниченными возможностями по зрению.

В технических характеристиках прибора управления техническими средствами оповещения и эвакуацией «Тромбон-ПУ-М-32» указана возможность одновременного хранения до 8 различных речевых сообщений.

При программировании прибора управления производится запись речевых сообщений в память звукового процессора прибора управления:

1. «Сообщение №1» – для первоочередного оповещения персонала;
2. «Сообщение №2»– «Внимание» В одном из помещений произошло задымление. Администрация просит Вас без паники покинуть помещение по направлению световых указателей и табло «Выход»;

3. «Сообщение №3»–сообщение для улицы: «Внимание» В одном из помещений произошло задымление. Администрация просит Вас отойти на безопасное расстояние и не мешать эвакуации людей из здания.

После записи производится закрепление сообщений за соответствующими зонами оповещения.

Рассмотрим работу алгоритма разработанной системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 5 типа на примере зоны пожарного оповещения №3.2 пожарного отсека № 2.

При поступлении тревожного сигнала с одного из датчиков АПС, закрепленного за рассматриваемой зоной, сообщением «Сообщение №1» происходит оповещение зоны № 4.3, где расположен персонал защищаемого объекта. При подтверждении сотрудником персонала или поста-диспетчерской достоверности возгорания, либо по истечении времени задержки, сообщением «Сообщение №2» происходит оповещение зоны № 3.2, которая помечается как зона «высокой опасности».

Соседние зоны помечаются, как зоны «меньшей опасности»:

- зона 3.1;
- зона 3.3;
- зона 2.1;
- зона 2.2;
- зона 2.3;

- зона 4.1;
- зона 4.2.

Помимо этого производится смена смыслового значения указателей «Стрелка»:

1. При наличии сигнала «Пожар» из зоны № 3.3, из зон правого крыла этажа – «Направо», из зон левого крыла этажа – «Налево».
2. При отсутствии сигнала «Пожар» из зоны № 3.3, из зоны № 3.1– «Направо», из остальных зон этажа – «Налево».

Световые указатели «Выход» начинают мигать, происходит разблокировка электромагнитных и электромеханических замков, включается аварийное освещение, сообщением «Сообщение №3» производится оповещение зоны «Улица».

Далее через время задержки сообщением «Сообщение №2» производится оповещение зон «меньшей опасности», а затем через время задержки оповещение всех оставшихся зон здания.

По аналогичному алгоритму будет происходить трансляция тревожных сообщений и включение динамических световых указателей при получении сигнала о пожаре из других зон пожарного оповещения.

### **Характеристика опасных и вредных факторов**

Работа сотрудника поста-диспетчерской связана с оценкой и осмыслением звуковых сигналов, световых индикаторов, расположенных на радиоэлектронном блоке и мониторе, которые являются основой системы речевого оповещения.

Оператору приходится прилагать напряжение воли для обеспечения необходимого уровня внимания. Это сопровождается последующим истощением энергетических ресурсов организма.

Так как на оператора возлагаются функции контролера, координатора, его труд характеризуется высоким уровнем психической нагрузки.

При работе оператором есть необходимость длительно находиться в сидячем положении. Это ведет к различным формам заболеваний опорно-

двигательного аппарата человека, так как отсутствие физической нагрузки и неподвижность не соответствует физиологическому состоянию здорового человека. При этом не стимулируется деятельность внутренних органов, что приводит к застойным явлениям, неблагоприятно отражающимся на общем тоне организма и психической деятельности.

Также радиоэлектронное оборудование это источник тепловыделения, являющийся причиной повышения температуры и снижения влажности воздуха на рабочем месте, может вызывать раздражение кожи.

Звуковые раздражения, вызываемые посторонними шумами, должны быть сведены к минимуму, так как работа с дисплеем требует высокой степени сосредоточенности.

Помимо прочего вредное воздействие на оператора оказывает статистическое электричество и электромагнитное излучение.

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре является электроустановкой. Вследствие этого в помещении могут возникнуть аварийные ситуации такие как:

- короткое замыкание;
- возгорание проводки и оборудования;
- поражение операторов электрическим током.

Исходя из этого условия труда операторов электроустановок, несмотря на отсутствие явных вредностей, нуждаются в оптимизации.

### **Организация рабочего места и условий труда оператора СОУЭ**

В своём деле оператор СОУЭ испытывает повышенное напряжение, монотонность, специфический характер зрительной работы, повышенные тепловыделения от оборудования, влияние шума, излучений, вредных веществ, неудовлетворительные условия освещения на рабочем месте и световой среды в помещении.

Рабочее место оператора должно отвечать гигиеническим требованиям и размещаться в специально выделенном помещении. Больше всего для этой



цели подходят помещения с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией световых проемов.

На одно рабочее место с радиоэлектронной аппаратурой должно приходиться не менее  $4,5 \text{ м}^2$  площади, объем не менее  $20,0 \text{ м}^3$ , высота помещения не менее  $4,0 \text{ м}$ . Рабочее место должно располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку преимущественно слева. Оконные проемы в помещениях должны быть оснащены устройствами типа жалюзи.

Человек получает около 90% всей информации через глаза. Это значит, что её поступление во многом зависит от освещения. При недостаточном освещении человеку приходится напрягать зрительный аппарат, что может привести к ухудшению зрения и состояния организма в целом. Вместе с этим человек теряет ориентацию среди оборудования, что повышает шансы на получения травм. Освещение рабочего места должно быть сходно по спектральному составу с солнечным светом и соответствовать СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [93]. Также освещение должно быть равномерным и устойчивым, без резких теней и блеклости в поле зрения; соответствующей цветности и не являться источником дополнительных вредных и опасных факторов. Требуется, чтобы освещенность была в пределах 200-300 лк. Недопустимо применение только местного освещения, так как это отрицательно влияет на зрение человека.

Общее освещение необходимо выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест. При расположении оборудования речевого оповещения по периметру, линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору. Светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее  $40$  градусов.

Для оценки качества естественного освещения необходимо расчетное значение коэффициента естественной освещенности  $E_p$  сравнить

с нормативным  $E_n$ , определяемым с учетом характера зрительной работы, системы освещения, района расположения здания на территории страны.

Нормативное значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) определяется по формуле:

$$E_n = E_{табл} \cdot m, \quad (3.5)$$

где  $E_{табл}$  – табличное значение КЕО, определяемое в зависимости от точности зрительной работы и системы освещения, %;

$m$  – коэффициент светового климата (для Красноярска  $m=0,9$ ).

Так как естественное освещение является боковым, точность зрительной работы высокая, разряд зрительной работы – 3, то  $E_{табл} = 1,2$  % (при совмещенном).

Расчетный коэффициент естественной освещенности  $E_p$  при боковом освещении определяется по формуле

$$100 \cdot S_o / S_n = E_p \cdot \eta_o \cdot K_{кз} \cdot K_з / \tau_o \cdot r_l \quad (3.6)$$

Следовательно

$$E_p = 100 \cdot S_o \cdot \tau_o \cdot r_l / S_n \cdot \eta_o \cdot K_{кз} \cdot K_з, \quad (3.7)$$

где  $S_o$  – площадь световых проемов ( $S_o = 2,1 \cdot 1,55 = 3,25$ м);

$S_n$  – площадь пола помещения поста-диспетчерской ( $S_n = 5 \cdot 4,4 = 22$ м<sup>2</sup>);

$\tau_o$  – общий коэффициент светопропускания ( $\tau_o = 0,5$ );

$E_p$  – расчетный коэффициент естественной освещенности;

$\eta_o$  – световая характеристика окна ( $\eta_o = 10,5$ );

$r_l$  – коэффициент, учитывающий влияние отраженного света при боковом освещении ( $r_l = 3,0$ );

$K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями ( $K_{зд} = 1,4$ );

$K_з$  – коэффициент запаса ( $K_з = 1,3$ ).

Значения  $E_{табл}, \tau_0, r_1, \eta_0, K_{зд}, K_з$  выбраны в соответствии с СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [93].

$$E_n = 1,2 \cdot 0,9 = 1,08 \% \quad (3.8)$$

$$E_p = 100 \cdot 3,25 \cdot 0,5 \cdot 3,0 / 22 \cdot 10,5 \cdot 1,4 \cdot 1,3 = 1,16 \% \quad (3.9)$$

При расчете коэффициента естественного освещения должно выполняться условие  $E_p > E_n$ .

Т.к.  $1,16 > 1,08$ , можно сделать вывод, что качество естественного освещения в помещении поста-диспетчерской соответствует установленным требованиям.

В помещении следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп для обеспечения нормируемых значений освещенности.

Рабочее место оператора состоит из стола и кресла. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования. Высота рабочей поверхности стола необходима в пределах 750 – 800 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе, позволять изменять позицию с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области. От долгого пребывания в сидячем положении возникают статические нагрузки, в основном которым подвергаются кисти рук, а также спина и ноги. Мышцы, находятся под постоянным действием статической нагрузки, вследствие чего ухудшается кровообращение и возникает боль в суставах и сухожилиях. Необходимо чтобы кресло имело форму,

позволяющую придвигать его вплотную к столу, для того, чтобы руки оператора получили необходимую опору. Также можно использовать кресло с регулируемыми по высоте и углам наклона сидения и спинки. Помимо этого должны быть полумягкое сидение и опора для спины, что обеспечивается установкой полукруглой подвижной спинки, шириной не менее 200 мм.

От воздействия на человека факторов внешней среды зависит работоспособность. Должны соответствовать рекомендуемым нормам температура и влажность воздуха. Для этого в помещении следует использовать кондиционеры. Влажность воздуха не должна превышать 40...60%. Температура воздуха в помещении должна поддерживаться в районе 23...25°C.

Ослабление шума также имеет большое значение для повышения продуктивности труда человека. Работа оператора связана с восприятием звуковых сигналов, поэтому уровень шума на рабочем месте должен быть не более 50 дБА.

Можно достичь ослабления шума за счет облицовки стен, потолков и дверей звукопоглощающими материалами, устройством звукопоглощающих подвесных потолков, приспособлений устраняющих хлопанье дверей, укладкой в коридорах и помещениях дорожек и покрытий, установкой амортизирующих прокладок.

Правильное цветовое оформление также способствует повышению производительности труда. Для окраски стен нужно использовать цвета средневолновой части спектра, которые благоприятно действуют на нервную систему человека и значительно улучшают освещенность в помещении. Поэтому рекомендуется использовать следующие цвета: белый, бежевый, светло-желтый, светло-голубой, светло-зеленый.

В помещениях с радиоэлектронной аппаратурой для повышения влажности воздуха следует применять увлажнители воздуха, заправляемые дистиллированной или кипяченой водой. Перед началом и в течение дня нужно проветривать помещения. В помещениях должна ежедневно производиться влажная уборка.

Помещения с радиоэлектронной аппаратурой должны быть снабжены аптечкой первой помощи и углекислотными огнетушителями.

Радиоэлектронное оборудование выделяет рентгеновское, радиационное, видимое и ультрафиолетовое излучение. Рекомендуется ограничивать продолжительность работы с аппаратурой, размещать ионизаторы воздуха, чаще проветривать помещение.

Одна из главных опасностей для человека при работе с радиоэлектронной аппаратурой – электрический ток. Чаще всего электротравмы возникают из-за по следующим причинам:

- прикосновение человека к токоведущим частям;
- прикосновение человека к оголенным проводам;
- прикосновение человека к электрооборудованию при поврежденной изоляции;
- нахождение человека рядом с местом замыкания на землю или прикосновение к мокрой стене здания.

Способы и средства защиты от поражения током:

1. Изоляция токоведущих частей.
2. Защитное заземление, зануление.
3. Выравнивание потенциалов.
4. Использование малого напряжения.
5. Электрическое разделение сетей.
6. Защитное отключение.
7. Оградительные устройства.
8. Предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности, средства защиты и предохранительные приспособления.

Электрический ток может вызвать несколько типов воздействий на организм человека:

- ожог (термическое воздействие);
- разрыв тканей и костей (механическое воздействие);
- электролиз (химическое воздействие).

При воздействии всех факторов тока поражаются внутренние органы, что может привести к смертельному исходу.

С точки зрения пожарной безопасности помещение, в котором находится система речевого оповещения – пожароопасное. Это помещения, в которых находятся твёрдые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные гореть только при взаимодействии с водой, кислородом, воздухом или между собой. В таком помещении находятся источники возгорания, такие как:

1. Кабельные линии, используемые для питания блоков системы речевого оповещения от сети переменного тока напряжением 220 В, которые в целях понижения воспламеняемости покрывают огнезащитным покрытием и прокладывают в металлических трубах.

2. Различные электронные устройства, которые при отказе систем охлаждения могут привести к короткому замыканию.

3. Мебельное оборудование и отделочные материалы из горючих материалов.

Для предотвращения пожаров нужно предусмотреть меры пожарной профилактики:

1. Соблюдение противопожарных требований при проектировании эксплуатации систем вентиляции согласно СП 7.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» [94].

2. Соблюдение пожарной безопасности согласно;

3. Соблюдение инструкции по мерам противопожарной безопасности;

4. Наличие плана эвакуации по этажам и по всему зданию.

5. Наличие аптечки первой помощи.

Можно сделать вывод, что соблюдение санитарных норм и требований к организации рабочего места, соблюдение правил пожарной безопасности, позволит значительно снизить уровень несчастных случаев, свести к минимуму воздействие вредных факторов, а своевременная защита от опасных и вредных факторов способны сохранить здоровье и безопасность человека.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то, что при эвакуации с объектов с массовым пребыванием людей часто образуются скопления, механизм воздействия и их предотвращения остается малоэффективным. Именно поэтому очень важно подобрать систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, учитывающую индивидуальные особенности защищаемого объекта.

Цели и задачи магистерской работы выполнены в полном объеме. В ходе выполнения работы:

1. Анализ и обобщение литературы позволил составить представление о проблеме исследуемого вопроса, обобщить имеющиеся литературные данные и мнения специалистов, касающихся вопроса учета применения системы оповещения 5-ого типа на спортивных сооружениях;

2. «Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» категоризируется как физкультурно-оздоровительный комплекс и спортивно-тренировочное учреждение с количеством посетителей более 500, исходя из этого нормативного показателя требуемая система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должна быть 4 либо 5 типа.

3. Разработаны проектные решения, позволяющие повысить защиту людей на объекте при проведении спортивно-массовых мероприятий; увеличилась пропускная способность при эвакуации людей в 2,7 раз, а количество людей, рискующих получить травмы в случае образования скопления при наихудшем исходе снизилось в 3,4 раза.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

**СОУЭ** – система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

**ЧС** – чрезвычайная ситуация

**ПО** – пожарный отсек

**ГО** – гражданская оборона

**АСПС** – автоматическая система пожарной сигнализации

**АУПТ** – автоматическая система тушения пожара

**ППУ** – прибор управления техническими средствами оповещения и эвакуацией

**КЕО** – коэффициент естественной освещенности



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авдотьин, Л. Н. Градостроительное проектирование: учеб. для вузов / Л. Н. Авдотьин, И. Г. Лежава, И. М. Смоляр. - М.: Стройиздат, 1989. - 432 с.
2. Адамович, В. В. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: учеб. для вузов / В. В. Адамович, Б. Г. Бархин, В. А. Варезкин и др; под общ. ред. И. Е. Рожина, А. И. Урбаха М.: Стройиздат, 1984. - 543 с.
3. Азаренкова, З. В. Общественно-транспортные центры в современных градостроительных условиях / З. В. Азаренкова, Л. Н. Степанова // Транспорт (Наука, техника и управление). - М.: ВИНТИ, 1995. - № 12. - 267 с.
4. Аквапарк «Водопад чудес» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edelvs.ru/aquamgn.shtml>.
5. Александров, А. От «коробок» до театра спорта Электронный ресурс [Электронный ресурс] / А. Александров // Строительный мир. - 2007. - № 10. - Режим доступа: <http://www.stroinauka.ru/d26dr7449m5.html>.
6. Алешин, В. В. Физкультурно-спортивные сооружения: некоторые итоги паспортизации / В. В. Алешин // Современный олимпийский спорт для всех: VII междунар. науч. конгр.: материалы конф. — М., 2003. - Т.2. - С. 298-299.
7. Альянс Арена: уникальные решения для грандиозного проекта [Электронный ресурс] // ООО "Капарол". 2008. - Режим доступа: <http://www.caparol.ru/articles/details/index.php?sendJD=14>.
8. Аревик, А. Самые необычные арены планеты / А. Аревик // Русский репортер. - 2009. - №26. - С. 56-59.
9. Аристова, Л. В. Физкультурно-спортивные сооружения / Л. В. Аристова. - М.: СпортАкадемПресс, 1999. - 536 с.
10. Архитектура и скорость // ARX 03. - 2006. - № 4/5. - 160 с.

11. Барнабишвили, Е. Н. Общая теория архитектурного проектирования стадионов / Е. Н. Барнабишвили. - Тбилиси: ТбилЗНИИЭП, 1976.-265 с.
12. Бархин, М. Г. Город, структура и композиция / М. Г. Бархин. М.: Наука, 1986.-263 с.
13. Белов, Ю. М. Экологические аспекты структуры и спортивной технологии олимпийских спортивно-зрелищных комплексов в современных мегаполисах / Ю. М. Белов //Мат. совместной науч.- практ. конф. -М.; 2001. -С. 214-218.
14. Боженко, И. А. Развитие полифункциональных общественных сооружений [Электронный ресурс] / И. А. Боженко // Изв. вузов. Архитектон. 2006. -№ 2 (14) - Режимдоступа:[http://archvuz.ru/magazine/Numbers/200602/tempi\\_atearticle?ar=ТA/ta4](http://archvuz.ru/magazine/Numbers/200602/tempi_atearticle?ar=ТA/ta4).
15. Боков, А. В. Многофункциональные комплексы и сооружения: обзор по гражданскому строительству и архитектуре / А. В. Боков. -М.: ЦНТИ, 1973. – 118 с.
16. Боров, Ю. Б. Эстетика / Ю. Б. Боров. М.: Политиздат, 1988. - 490 с.
17. Бурлаков, И. Р. Спортивные сооружения и комплексы: учеб. пособие / И. Р. Бурлаков, Г. П. Неминуший. Ростов н/Д: РГПУ, 1997. - 230 с.
18. Бурлаков, И. Р. Олимпийские сооружения и комплексы: основные тенденции развития / И. Р. Бурлаков, Г. П. Неминуший. Ростов н/Д: РГПУ, 2004.-340 с.
19. Быкова, Г. И. Определение рациональных типов сооружений для физкультурно-оздоровительных занятий. Новые направления в развитии зданий культуры, спорта и их сетей: сб. науч. тр. / Г. И. Быкова. - М.: ЦНИИЭП учебных зданий, 1987. - С. 27-32.
20. Быкова, Г. И. Типы физкультурно-оздоровительных сооружений / Г. И. Быкова // ЦНИИЭП. Гражданское строительство и архитектура: отечественный опыт. — 1987. — С. 8-14.
21. Вапнярская, О. И. Зарубежный опыт управления массовым спортом [Электронный ресурс]/ О. И. Вапнярская, И. М. Золотов //Менеджмент в России

и за рубежом. - 2003. - № 3. - Режим доступа:  
<http://www.mevriz.ru/articles/2003/3/1119.html>.

22. Варыга, Ю. Второй в мире полностью самодостаточный стадион Тайвань [Электронный ресурс] / Ю. Варыга // Архивновости: архитектура и дизайн. 2009. - режим доступа:<http://mvw.arhinovosti.m/2009/05/27/pervyj-j-v-mire-samodostatochnyj-stadion-tajjvan/>.

23. В Дубае создают город спорта Электронный ресурс [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.prohotel.ni/news-103466/0/>.

24. Визитей, Н. Н. Теория физической культуры: к корректировке базовых представлений: философские очерки / Н. Н. Визитей. - М.: Советский спорт, 2009. - 183 с.

25. Виршилло, Р. Спортивные сооружения / Под ред. Р. Виршилло. - Варшава: Аркады, 1968. - 577 с.

26. Власов, А. Спорт большой и спорт совсем маленький Электронный ресурс [Электронный ресурс] / А. Власов // Спорт для всех. — 1998. - № 3/4 - Режим доступа: <http://www.infosport.ru/PRESS/SFA/1998N3-4/pl6-18.htm>.

27. Воронина, О.Н. Сложный рельеф, как фактор развития рекреационных комплексов [Электронный ресурс] / О. Н. Воронина // Алаир. 2009. - Режим доступа: <http://alair.r52.ru/print.php?a=articles&articles=32>.

28. ВСН 46-86. Спортивные и физкультурно-оздоровительные сооружения: нормы проектирования-М.: Стройиздат, 1987. – 78 с.

29. ВСН 62-91. Проектирование среды жизнедеятельности с учетом потребностей инвалидов и маломобильных групп населения // Госкомархитектуры. -М.: Минстрой России, 1991. – 67 с.

30. Второе дыхание массового спорта [Электронный ресурс] // Русский Медицинский Сервер. - 2009. - Режим доступа: <http://www.rusmedserv.com/sportclub/sport1.html>.

31. Гайкова, Л. В. Крупные многофункциональные общественные центры как объект системного проектирования / Л. В. Гайкова // Строительство. -2002. - № 9. - С. 110-117

32. Гельфонд, А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: учеб. пособие / А. Л. Гельфонд. -М.: Архитектура-С, 2007. - 280 с.
33. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.. - Введ. 01.07.1992. . – Москва : Стандартиформ, 1993. – 26 с.
34. ГОСТ Р 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначения и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. - Введ. 01.07.2007. – Москва : Стандартиформ, 2008. – 45 с.
35. ГОСТ Р 52551-2016 Системы охраны и безопасности. Термины и определения. Взамен ГОСТ Р 52551-2006. - Введ. 01.07.2007. – Москва : Стандартиформ, 2012. – 20 с.
36. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. Взамен ГОСТ Р 53325-2009. - Введ. 01.01.2010. – Москва : Стандартиформ, 2012. – 32 с.
37. Голубев, Г. Е. Многоуровневые транспортные узлы / Г. Е. Голубев. -М., 1981. - 152 с.
38. Голубева, Е. П. Принципы формирования архитектуры рекреационно-досуговых комплексов: дис. . канд. архитектуры: 18.00.02 /Е. П. Голубева. - Нижний Новгород:Нижегородский архитектурный институт, 2006. - 195 с.
39. Голубева, Е. А. Гуманизация архитектурной среды паркингов в структуре города (на примере г.Екатеринбурга): автореф. дис. . канд. архитектуры: 18.00.01 /Е. А. Голубева. - Екатеринбург:УралГАХА, 2007. -22 с.
40. Гранев, В.В. Основные направления развития многофункциональных трансформируемых спортивно-оздоровительных комплексов / В. В. Гранев, Д. К. Лейкина // ПГС. - 2005. - № 6. - С. 34-36.

41. Гутнов, А. Э. Эволюция градостроительства / А. Э. Гутнов. М.: Стройиздат, 1984. - 256 с.
42. Дебатов, А. Стадионы света: спортивные арены с покрытие из поликарбоната [Электронный ресурс] / А. Дебатов // Эволюция кровли. -2007. - Режимдоступа:<http://www.lfl'ovlimssia.ru/index.php?page=cls&hid==464&pid=737>
43. Дыховичий, Ю.А. Большепролетные конструкции сооружений Олимпиады-80 в Москве / Ю. А. Дыховичный. М.: Стройиздат, 1982. 180 с.
44. Ефимов, А. В. Дизайн архитектурной среды / А. В. Ефимов. М.: Архитектура-С, 2005. - 504 с.
45. Змеул, С. Г. Архитектурная типология зданий и сооружений: учеб. для вузов / С. Г. Змеул, Б. А. Маханько. - М.: Архитектура-С, 2004. - 240 с.
46. Зотова, Ф. Р. К вопросу о современных тенденциях развития спорта [Электронный ресурс]/ Ф. Р. Зотова, А. С. Чинкин // Теория и практика физической культуры. - 2001. - № 2. - Режим доступа: <http://lib.sportedu.ru/Press/tpfk/2001n2/p39-42.htm>.
47. Иконников, А. В. Функция, форма, образ в архитектуре / А. В. Иконников. - М., Стройиздат, 1986. - 288 с.
48. Кирьянова, Н. Н. Физкультурно- оздоровительные комплексы: вопросы проектирования / Н. Н. Кирьянова, А. Е. Бальчинский. - Киев: Бушвэльник, 1988. - 86 с.
49. Кистяковский, А. Ю. Проектирование спортивных сооружений: учеб. пособие для вузов / А. Ю. Кистяковский. - М.: Высш. школа, 1980. -328 с.
50. Коротковский, А. Э. Вопросы архитектурной композиции городской застройки/А. Э. Коротковский. -М.: МАРХИ, 1975. – 16-57 с.
51. Кубертен, П. Олимпийские мемуары / П. Кубертен. - Киев: Олимпийская литература, 1997. — 179 с.
52. Кубертен, П. Нравственное и социальное воздействие спортивных упражнений / П. Кубертен // Гуманистическая теория и практика спорта. -М.: Сургут, 2000. - № 3 - С. 3-20.

53. Лебедько, С. Спортивные арены мира: новые архитектурные проекты [Электронный ресурс]/ С. Лебедько // Будмайстер. - 2002. - № 22. - Режим доступа: <http://www.first-realty.com.Ua/art/1/60.html>.
54. Лежава, И. Г. Функция и структура формы в архитектуре: копия отчета о НИР / И. Г. Лежава. - М.: ВНИИЦ, 1988. - 212 с.
55. Лось, Е. М. Крытые искусственные катки: обзор / Е. М. Лось. -М.: ЦНТИ по граждан, строительству и архитектуре, 1975. – 83 с.
56. Лось, Е.М. Новый тип комплексного спортивного сооружения круглогодичного использования. Каток легкоатлетический манеж / Е. М. Лось // Формирование типов и комплексов зданий для зрелищ, спорта и учреждений культуры: сб. науч. тр. -М., 1981. – 76 с.
57. Лось, Е.М. Формирование нового типа трансформируемого сооружения бассейн каток с передвижным покрытием / Е. М. Лось // Развитие типов зданий для зрелищ и спорта. - М., ЦНИИЭП учебных зданий, 1981. – 88 с.
58. Лубышева, Л. И. Социальная роль спорта в развитии общества и социализации личности[Электронный ресурс] / Л. И. Лубышева // Теория и практика физической культуры. - 2001. - № 4. - Режимдоступа:<http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/2001N4/p11-15.htm>.
59. Машинский, В. А. Физкультурно спортивные центры / В. А. Машинский. - М.: Стройиздат, 1989. - 219 с.
60. Мезенцева, Н.Б. Основные тенденции в научных исследованиях и проектировании спортивно-оздоровительных сооружений / Н. Б. Мезенцева //Архитектура и строительство зданий для зрелищ, спорта и управления: сб. науч. тр. - М.: ЦНИИЭП учебных зданий, 1990. – 68 с.
61. Мезенцева, Н.Б. Принципы кооперирования малых универсальных спортивно-зрелищных залов с другими общественными зданиями / Мезенцева Н.Б. // Тенденции развития архитектуры комплексов и зданий культуры, спорта и их сетей: сб. науч. тр. - М., ЦНИИЭП учебных зданий, 1986. – 115 с.

62. Мейтленд, Б. Пешеходные торгово-общественные пространства / Б. Мейтленд. -М.: Стройиздат, 1990. - 160 с.
63. Миллхаус построит ТРЦ «Арена Молл» с OBI и Carrefour [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.malls.ru/rus/news/18985.shtml>.
64. На Воробьевых горах в Москве проходит Кубок мира по параллельному слалому [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://mirtv.ru/content/view/51238/16/>.
65. Нефедов, В. А. Архитектурно-ландшафтная реконструкция как средство оптимизации городской среды: дис. . д-ра. архитектуры: 18.00.04 / В. А. Нефедов. - СПб., 2005. - 329 с.
66. Новиков, Ф. А. Архитектурная композиция многофункциональных комплексов / Ф. А. Новиков. -М.: СПб., 1979. — 255 с.
67. Новый Петербург [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://icube.ru/index.php/work/novyijpeterburg/>
68. Обзор российского и московского рынков досугово-развлекательных услуг и боулинга [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.inter-cons.ru/advs/38.htm>.
69. Олимпийская архитектура Beijing 2008 / под ред. Н. С. Никитиной. - М.: АСВ, 2008.-314 с.
70. Олимпийский (комплекс) [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа:[http://m.wikipedia.org/wiki/OnHMnHficKHfi\(снопТНВ№niКОМгуieКс](http://m.wikipedia.org/wiki/OnHMnHficKHfi(снопТНВ№niКОМгуieКс)
71. Опыт проектирования и возведения сооружений Олимпиады — 80 в Москве: мат. семинара. -М.: МДНГП, 1981. -148 с.
72. Ортнер, Р. Спортивные сооружения. Проектирование. Строительство. Оборудование /Р. Ортнер, В. А. Цитрин; под ред. и с предисл. В. П. Поликарпова. -М.: Госстройиздат, 1959. -300 с.
73. Об использовании огнестойких кабелей: письмо МЧС от 16.12.2008 №19-2-5-4376. – М., 2008. – 45 с.

74. О выделении бюджетных ассигнований из резервного фонда Правительства Российской Федерации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий: Постановление Правительства Российской Федерации от 15.02.2014 №110. – М., 2014. – 56 с.
75. О противопожарном режиме: Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. №390. – М., 2012. – 98 с.
76. Правила устройства электроустановок ПЭУ 7 издание. Правила устройства электроустановок. Федерации : федер. закон Российской Федерации от 4 янв. 1999 г. № 4-ФЗ // Российская газета. – 1999. – 16 янв.
77. Переверзин, И. И. Спорт в России: постижение смысла истории и взгляд в будущее / Переверзин И.И. // Теория и практика физической культуры. 1993. - № 4. -С. 7- 10.
78. Поликарпов, В. П. Спортивные и физкультурные сооружения / В. П. Поликарпов. -М.: ФиС, 1965. - 464 с.
79. Пономарев, Н. А. Основы социологии физической культуры / Н. А. Пономарев.- Л.: ВДКИФК, 1976. - 129 с.
80. Посохин, М. М. Архитектура Олимпийских столиц / М. М. Посохин. -М.: ФиС, 1980.-252 с.
81. Посохин, М. В. Архитектура окружающей среды / М. В. Посохин. - М.: Стройиздат, 1989.-248 с.
82. О системы автоматические пожаротушения, пожарной, охранной и охранно-пожарной сигнализации. [Электронный ресурс] : федер. закон от 26.01.1996 № 14-ФЗ ред. от 30.11.2011. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
83. Резников, Н. М. Универсальные зрелищно-спортивные залы / Н. М. Резников. -М.: Стройиздат, 1969.-236 с.
84. Реконструкция стадиона «Динамо»[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://vwww.konimersant.m/doc.aspx?DocsID=129901>.



85. О физической культуре и спорте в Российской Федерации. [Электронный ресурс]: Паралимпийский комитет России. - Режим доступа: <http://www.paralymp.ru/docs/fks.php>
86. Савченко, В. В. Многоцелевые зрелищные и спортивные залы / В. В. Савченко. Киев: Будгвэльнык, 1990. - 156 с.
87. Саксон, Р. Атриумные здание / Р. Саксон. М.: Самиздат, 1987.-94 с.
88. Сараф, М. Я. Спорт в культуре XX века (становление и тенденции развития) / Сараф М.Я. // Теория и практика физической культуры. - 1997. - С. 5-12.
89. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. – Введ. 25.03.2009 ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 157 с.
90. СП 2.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты – Введ. 25.03.2009 ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 157 с.
91. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности – Введ. 25.03.2009 ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 157 с.
92. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. – Введ. 20.05.2011. – Москва, 2011
93. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. - Введ. 07.11.2016 – Москва, 2016
94. СП 7.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. - Введ. 21.02.2013. – Москва, 2013
95. СНиП 2.07.01-89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений:- Введ. 21.12.1994. - Москва.: ГУЛ ЦПП, 1995. - 56 с.
96. СНиП 2.08.02-89\*. Общественные здания и сооружения. - Введ. 04.08.1998. - Москва : Госкомархитектура СССР, 2003. — 50 с.

97. СНиП 21.01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.- Введ. 01.01.1998. - Москва.: ГУП ЦПП, 1997.- 38 с.
98. СНиП 21-02-99\*. Стоянки автомобилей. - Введ. 19.06.2011. - Москва.: ГУЛ ЦПП, 2000. – 10 с.
99. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. - Введ. 01.01.2000. - Москва.: ГУЛ ЦПП, 2000. - 34 с.
100. Соколов, А. С. Роль и участие местных органов власти Германии и Франции в развитии физического воспитания и спорта / Соколов А.С. // Теория и практика физической культуры. - 1999. - № 4. - С. 45-49.
101. Степанов, А. В. Объемно-пространственная композиция / А. В. Степанов. — М.: Архитектура С, 2007.-256 с.
102. Степанов, А. В. Архитектура и психология: учеб. пособие / А. В. Степанов, Г. И. Иванова, Н. Н. Нечаев. -М.: Стройиздат, 1993. - 295 с.
103. Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]: распоряжение правительства от 07.08.2009 №1101-р. – Режим доступа:<http://www.businesspravo.m/Docum/DocumShovvDocumID155334.html>.
104. Стригалева, Н. С. Спортивные корпуса / Н. С. Стригалева. - М.: Стройиздат, 1976. - 152 с.
105. Титов, В. В. Системный подход: учеб. пособие [Электронный ресурс]/ В. В. Титов // Совет ВОИР. - 1990. - Режим доступа: <http://serendip.narod.ru/science/sys/sys90.htm>.
106. Титов, В. В. Системно-морфологический подход в технике, науке, социальной сфере[Электронный ресурс] / В. В. Титов // Совет ВОИР. 2007. - Режим доступа: <http://serendip.narod.ru/order/syst/systemO.htm>.
107. Урбах, А. И. Архитектурно-композиционная вариантность массовых общественных зданий в застройке больших городов. Проблемы больших городов. Обзорная информация / А. И. Урбах, Н. П. Кириенко. — М.: ГОСИНТИ, 1981. -№ 27. - 115 с.

108. О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] : указ Президента РФ от 13.11.2012 №1522-ФЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
109. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 22.06.2008 г. № 123-ФЗ . // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
110. Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006-2015 годы: федеральная целевая программа [Электронный ресурс]. // Министерство образования и науки Российской Федерации. 2006. — Режим доступа: <http://www.ed.gov.ru/ntp/fp/fiz/>.
111. Цайдлер, Э. Многофункциональная архитектура / Э. Цайлер; пер. с англ. А. Ю. Бочаровой, под. ред. И. Р. Федосеевой. -М.: Стройиздат, 1988. -151 с.
112. Янковская, Ю. С. Образ и морфология архитектурного объекта / Ю.С. Янковская. Екатеринбург: Архитектон, 2004. - 91 с.
113. Ясный, Г. В. Спортивные сооружения XXII Олимпиады / Г. В. Ясный. -М.: Стройиздат, 1985. - 408 с.
114. Large Structures //DETAIL. 2008. -№ 7/8. - P. 736-738, 771-785, 822-825.
115. Plastics // DETAIL. - 2008. - № 5. - P. 436-575.
116. Sean Fallon. Doha's «Wall»: The World's First Underground Stadium [Электронный ресурс]/ F. Sean // GIZMODO: Architectural. 2008. - Режим доступа:<http://gizmodo.com/5047244/dohas-wall-the-worlds-first-underground-stadium>.
117. S.R.C. Steel Truss // DETAIL NOW 02. Korea: CA Press. - 2008. – P.180-200

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Экономическая часть

Вопросы повышения эффективности систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, требуют значительных капиталовложений, в связи с этим возникает задача расчета экономического эффекта комплекса мероприятий, предлагаемых к созданию и внедрению.

Предложенная в магистерской работе СОУЭ 5-го типа требует приобретения дополнительного оборудования. Перечень затрат отображен в таблице А1.

Таблица А1 – Перечень затрат

Наименование технического средства	Количество	Единицы измерения	Стоимость, руб.
Прибор управления «Тромбон-ПУ-М-32»	1	шт.	121305
Блок-селектор на 16 зон «Тромбон-БС-16»	1	шт.	39345
Вызывная панель «Тромбон-ВП»	13	шт.	66000
Указатель пожарный световой, динамический, с изменяющимся смысловым значением «Стрелка» «Кристалл-12-ДИН1»	33	шт.	21912
			<b>Итого: 248562</b>

Таким образом, общая сумма затрат на приобретение оборудования  $Z_o$  составит:

$$Z_o = 248562 \cdot 1,33 = 330587 \text{ руб.} \quad (\text{A.1})$$

где  $Z_o$  – затраты на приобретение оборудования;

1,33 – коэффициент, учитывающий затраты на доставку и монтаж.

Расчет затрат на возможные выплаты пострадавшим при эвакуации производится основываясь на Постановление Правительства Российской Федерации от 15.02.2014 №110 «О выделении бюджетных ассигнований из резервного фонда Правительства Российской Федерации и ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий» [74]. Гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации вред здоровью, с учетом степени тяжести вреда здоровью из расчета степени тяжести вреда:

1. гибель человека – 1 млн. руб. на человека, выплата производится членам семьи;
2. тяжкий вред или средней тяжести вред – 400 тыс. руб. на человека;
3. легкий вред – 200 тыс. руб. на человека.

Для определения количества людей, рискующих получить травмы при эвакуации, необходимо провести расчет времени эвакуации.

Согласно решению, принятому в пункте 4.8.4.2, эвакуация из обеих зон пожарного оповещения ПО №1 начинается одновременно. Данный отсек имеет 4 равноудаленных симметрично-расположенных эвакуационных выхода, поэтому при моделировании эвакуации принимается равномерное распределение потоков людей.

ПО №1 вмещает трибуны на 3000 зрителей, а количество одновременно прибывающих на территории футбольного манежа спортсменов может достигать 3500 человек, из чего следует, что среднее количество одновременно находящихся в пожарном отсеке людей рассчитывается по формуле:

$$N_{cp} = (N_{min} + N_{max}) : 2, \quad (A.2)$$

где  $N_{cp}$  – среднее количество одновременно находящихся в ПО №1 людей;  
 $N_{min}$  – количество людей, находящихся на территории ПО №1 во время тайм-аутов и других временных отрезков, когда территория футбольного поля свободна от игроков и участников развлекательных программ;

$N_{min}$  – максимально возможное количество людей на территории ПО №1.

$$N_{cp} = (N_{min} + N_{max}) : 2 = (3350 + 3000) : 2 = 3175 \text{ человек} \quad (\text{A.3})$$

Расчет количества эвакуирующихся через один из эвакуационных выходов ПО №1 людей  $N_I$  производится по формуле:

$$N_I = N_{cp} : 4, \quad (\text{A.4})$$

где  $N_I$  – количество эвакуирующихся через один из эвакуационных выходов ПО №1 людей;

$N_{cp}$  – среднее количество одновременно находящихся в ПО №1 людей.

$$N_I = N_{cp} : 4 = 3175 : 4 = 794 \text{ человека} \quad (\text{A.5})$$

СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [89] в пункте 8.3.7 предписывает определять число людей, одновременно находящихся в помещениях учреждений, из расчета 6 м<sup>2</sup> площади на одного человека. Согласно Всероссийскому реестру объектов спорта, площадь 1 этажа ПО №2 крытого футбольного манежа «Футбол-Арена Енисей» составляет 2283,3 м<sup>2</sup>.

Предложенный алгоритм оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре предполагает в качестве приоритетного направление эвакуации «Налево» – данное направление имеет на один эвакуационный выход больше, чем направление «Направо», что дает возможность для максимально быстрой эвакуации. Однако, зона № 1.3 ПО №2 согласно решениям, принятым в пункте 4.9.5, имеет приоритетное направление «Направо», из чего делаем вывод, что эвакуация по направлению «Налево» будет осуществляться только из зон пожарного оповещения №1.4 и 1.5.

Суммарная площадь данных зон составляет четверть площади 1 этажа ПО №2, количество равноудаленных эвакуационных выходов – два, из чего следует, что среднее количество одновременно эвакуирующихся из этих зон людей при начале оповещения составит:

$$N_2 = 2283,3:6:4:2 = 48 \text{ человек} \quad (\text{A.6})$$

При этом зона пожарного оповещения № 1.1 не имеет второго равноудаленного основного эвакуационного выхода, поэтому среднее количество одновременно эвакуирующихся из данной зоны людей при начале оповещения составит:

$$N_2 = 2283,3:6:4 = 96 \text{ человек} \quad (\text{A.7})$$

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования» [33], время эвакуации людей из зоны пожарного оповещения № П.1 следует рассчитывать по формуле:

$$t_{\text{эвак}} = \sum(t_n \cdot n_i), \quad (\text{A.8})$$

где  $t_{\text{эвак}}$  – время полной эвакуации людей;

$t_n$  – время движения потока людей по участку пути;

$n$  – количество участков.

Время движения потока людей по участку пути определяется по формуле:

$$t_n = \frac{l_n}{v_n}, \quad (\text{A.9})$$

где  $l_n$  – длина участка пути;

$v_n$  – скорость движения потока.

Решение об оборудовании здания СОУЭ 5-го типа не влияет на время эвакуации потока людей, проходящего через выход, ведущий из данной зоны непосредственно на улицу. Поток людей, эвакуирующийся из зоны № П.1 через зону оповещения № 1.1, имеет на своем пути 8 участков:

1. зона оповещения № П.1 ПО №1 – участок №1;
2. дверной проем из зоны № П.1 ПО №1 в зону № 1.1 ПО №2 – участок №2;
3. зона оповещения № 1.1 ПО №2 до слияния с потоком, производящим эвакуацию сразу из зоны № 1.1 ПО №2 – участок №3;
4. слияние потоков людей, производящих эвакуацию из зоны № П.1 ПО №1 и № 1.1 ПО №2 – участок №5;
5. горизонтальный путь к эвакуационному выходу – участок №6;
6. дверной проем – участок №7;
7. горизонтальный путь к эвакуационному выходу – участок №8;
8. дверной проем – участок №9.

Поток людей, эвакуирующийся из зоны оповещения № 1.1, имеет на своем пути 6 участков:

1. зона оповещения № 1.1 ПО №2 до слияния с потоком, производящим эвакуацию сразу из зоны № П.1 ПО №1 – участок №1;
2. слияние потоков людей, производящих эвакуацию из зоны № П.1 ПО №1 и № 1.1 ПО №2 – участок №2;
3. горизонтальный путь к эвакуационному выходу – участок №3;
4. дверной проем – участок №4;
5. горизонтальный путь к эвакуационному выходу – участок №5;
6. дверной проем – участок №6.

Согласно планам защищаемого объекта, участки пути имеют протяженность, представленную в таблице А2.



Таблица А.2 – Длина участков эвакуации при СОУЭ 4-го типа

№ участка	Описание участка	Длина участка	Ширина участка
		$l, \text{ м}$	$\delta, \text{ м}$
1	Горизонтальный путь	65,2	12,7
2	Дверной проем	0	2,4
3	Горизонтальный путь	17,7	3
4	Горизонтальный путь	22,5	10
5	Слияние потоков	0	10
6	Горизонтальный путь	2	10
7	Дверной проем	0	2
8	Горизонтальный путь	10	4
9	Дверной проем	0	2

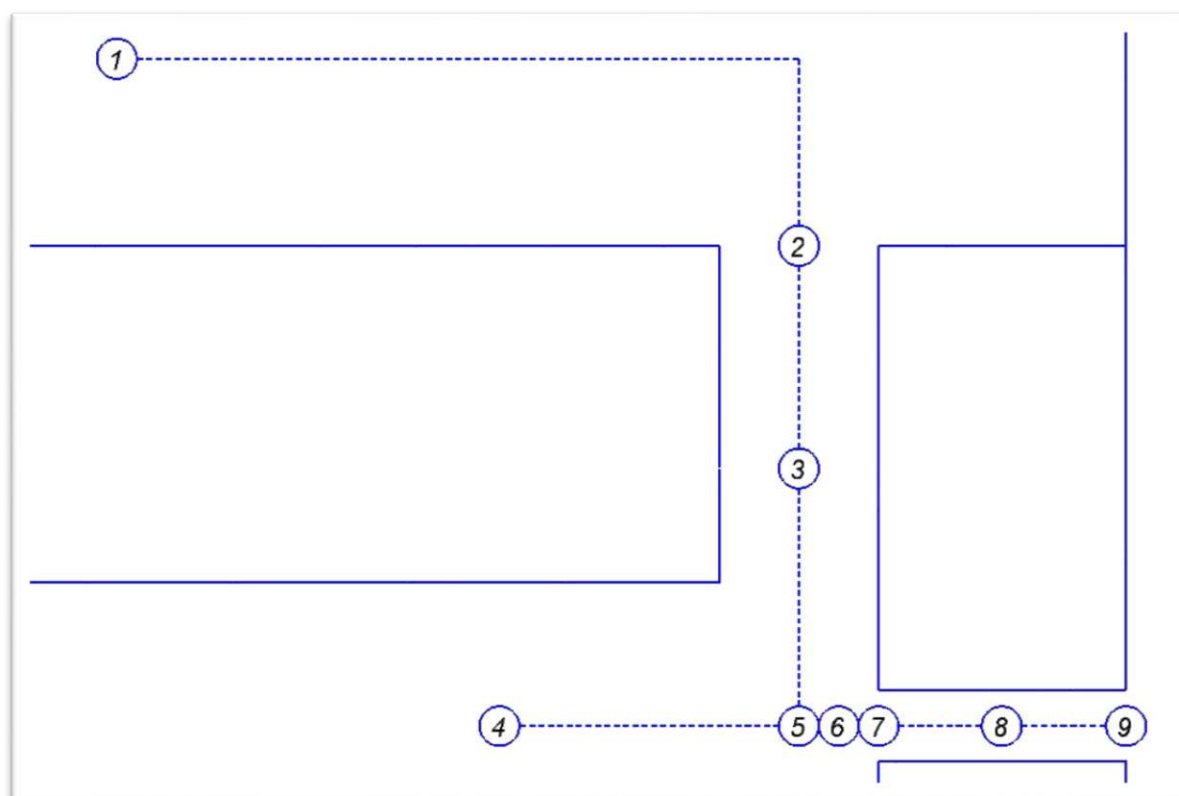


Рисунок А1 – Участки эвакуации при СОУЭ 4-го типа

Плотность потока при начале движения определяется по формуле:

$$D = \frac{N \cdot f}{\delta \cdot l}, \quad (\text{A.10})$$

где  $N$  – количество эвакуирующихся людей;

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека;

$\delta$  – ширина участка пути;

$l$  – длина участка пути.

Скорость  $v$  движения потока людей на участках пути, следующих после первого, принимается по табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» [34] в зависимости от значения интенсивности движения потока по каждому из этих участков пути, которое вычисляют для всех участков, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (\text{A.11})$$

где  $q_i$  – значение интенсивности движения людского потока по рассматриваемому  $i$ -му участку;

$q_{i-1}$  – значение интенсивности движения людского потока по предшествующему  $i$ -му участку;

$\delta_i$  – ширина рассматриваемого  $i$ -го участка;

$\delta_{i-1}$  – ширина предыдущего  $i$ -му участка.

Расчет времени эвакуации

1 участок:

Плотность потока при начале движения:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{\delta_1 \cdot l_1} = \frac{794 \cdot 0,1}{12,7 \cdot 65,2} = 0,096 \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (\text{A.12})$$

По методу линейной интерполяции скорость и интенсивность движения:

$$\bullet v_1 = 81,6 \text{ м/мин};$$

$$\bullet q_1 = 7,76 \text{ м/мин.}$$

Время прохождения участка:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{65,2}{81,6} = 0,8 \text{ мин} \quad (\text{A.13})$$

2 участок:

$$q_2 = \frac{q_1 \cdot \delta_1}{\delta_2} = \frac{7,76 \cdot 12,7}{2,4} = 8,73 \text{ м/мин} \quad (\text{A.14})$$

Расчетное значение интенсивности (8,73 м/мин) менее критического для дверного проема (19,6 м/мин), значит задержки в проеме не возникает.

Поскольку длина проема менее 0,7 м, время прохождения проема равно 0.

$$t_2 = 0 \text{ мин}$$

3 участок:

$$q_3 = \frac{q_2 \cdot \delta_2}{\delta_3} = \frac{8,73 \cdot 2,4}{3} = 7,2 \text{ м/мин} \quad (\text{A.15})$$

По методу линейной интерполяции скорость движения:

$$v_3 = 85,3 \text{ м/мин.}$$

Время прохождения участка:

$$t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{17,7}{85,3} = 0,2 \text{ мин} \quad (\text{A.16})$$

4 участок:

Плотность потока при начале движения:

$$D_2 = \frac{N_2 \cdot f}{\delta_2 \cdot l_2} = \frac{96 \cdot 0,1}{10 \cdot 22,5} = 0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (\text{A.17})$$

По методу линейной интерполяции скорость и интенсивность движения:

- $v_4 = 100 \text{ м/мин}$ ;
- $q_4 = 4 \text{ м/мин}$ .

Время прохождения участка:

$$t_4 = \frac{l_4}{v_4} = \frac{22,5}{100} = 0,225 \text{ мин} \quad (\text{A.18})$$

5 участок:

Определяем интенсивность при слиянии:

$$q_5 = \frac{q_4 \cdot \delta_4 + q_3 \cdot \delta_3}{\delta_5} = \frac{4 \cdot 10 + 7,2 \cdot 2,4}{10} = 5,7 \text{ м/мин} \quad (\text{A.19})$$

Расчетное значение интенсивности (5,7 м/мин) менее критического (19,6 м/мин), значит задержки при слиянии не возникает.

$$t_5 = 0 \text{ мин.}$$

6 участок:

$$q_6 = \frac{q_5 \cdot \delta_5}{\delta_6} = \frac{5,7 \cdot 10}{10} = 5,7 \text{ м/мин} \quad (\text{A.20})$$

По методу линейной интерполяции скорость движения:

$$v_6 = 95,3 \text{ м/мин.}$$

Время прохождения участка:

$$t_6 = \frac{l_6}{v_6} = \frac{2}{95,3} = 0,02 \text{ мин} \quad (\text{A.21})$$

7 участок:

$$q_7 = \frac{q_6 \cdot \delta_6}{\delta_7} = \frac{5,7 \cdot 10}{2} = 28,5 \text{ м/мин} \quad (\text{A.22})$$

Так как расчетное значение интенсивности (28,5 м/мин) превышает критическое (19,6 м/мин), на данном участке возникает задержка.

Реальное значение интенсивности для дверного проема, поскольку его ширина более 1,6 м, принимается:

$$q_7 = 8,5 \text{ м/мин} \quad (\text{A.23})$$

Время прохождения данного участка складывается из времени задержки и времени прохождения дверного проема. Поскольку длина дверного проема равна 0, время прохождения будет считаться по формуле:

$$t_7 = \Delta t, \quad (\text{A.24})$$

где  $\Delta t$  – время задержки.

Время задержки  $\Delta t$  считается по формуле:

$$\Delta t = N \cdot f \cdot \left( \frac{1}{q_i \cdot \delta_i} - \frac{1}{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}} \right) \quad (\text{A.25})$$

$$t_7 = \Delta t = (96 + 794) \cdot 0,1 \cdot \left( \frac{1}{8,5 \cdot 2} - \frac{1}{5,7 \cdot 10} \right) = 4,27 \text{ мин.} \quad (\text{A.26})$$

8 участок:

$$q_8 = \frac{q_7 \cdot \delta_7}{\delta_8} = \frac{7,68 \cdot 2}{4} = 3,84 \text{ м/мин} \quad (\text{A.27})$$

По методу линейной интерполяции скорость движения:

$$v_8 = 100 \text{ м/мин.}$$

Время прохождения участка:

$$t_8 = \frac{l_8}{v_8} = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ мин} \quad (\text{A.28})$$

9 участок:

$$q_9 = \frac{q_8 \cdot \delta_8}{\delta_9} = \frac{3,84 \cdot 4}{2} = 7,68 \text{ м/мин} \quad (\text{A.29})$$

Расчетное значение интенсивности (7,68 м/мин) менее критического для дверного проема (19,6 м/мин), значит задержки в проеме не возникает.

Поскольку длина проема менее 0,7 м, время прохождения проема равно 0.

$$t_9 = 0 \text{ мин.}$$

Время полной эвакуации людей  $t_{\text{эвак}}$ , составит:

$$t_{\text{эвак}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 = 0,8 + 0 + 0,2 + 0 + 0,02 + 4,27 + 0,1 + 0 = 5,39 \text{ мин.} \quad (\text{A.30})$$

Предложенный алгоритм оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре предполагает задержку оповещения в 40 секунд, что позволит снизить количество одновременно эвакуирующихся людей. За данное время поток людей, эвакуирующийся из зоны оповещения № 1.1, беспрепятственно покинет здание, а схема движения людей, начинающих движение из зоны № П.1 ПО №1, будет иметь вид, представленный на рисунке 4. Участки движения №3, №5 и №6, представленные на рисунке 3, при этом объединяются в один.

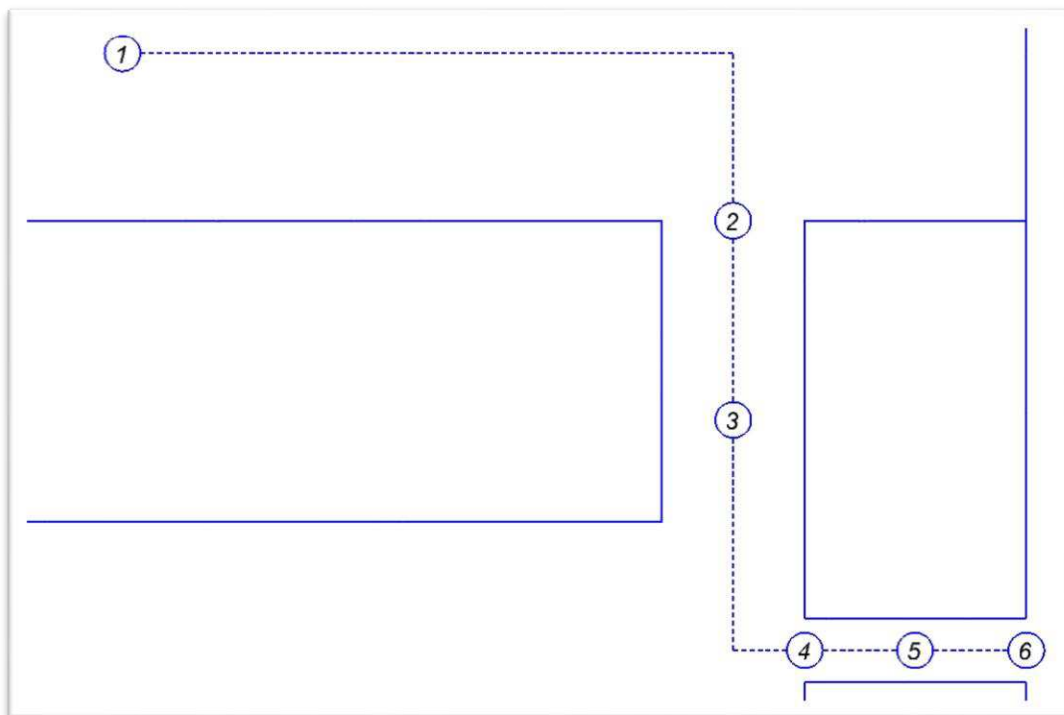


Рисунок А2 – Участки эвакуации при СОУЭ 5-го типа

Расчет времени эвакуации

3 участок:

$$q_3 = \frac{q_2 \cdot \delta_2}{\delta_3} = \frac{8,73 \cdot 2,4}{3} = 7,2 \text{ м/мин.} \quad (\text{A.31})$$

По методу линейной интерполяции скорость движения:

$$v_3 = 85,3 \text{ м/мин.}$$

Время прохождения участка:

$$t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{17,7}{85,3} = 0,2 \text{ мин.} \quad (\text{A.32})$$

4 участок:

$$q_4 = \frac{q_3 \cdot \delta_3}{\delta_4} = \frac{7,2 \cdot 3}{2} = 10,8 \text{ м/мин.} \quad (\text{A.33})$$

Расчетное значение интенсивности (12,96 м/мин) менее критического для дверного проема (19,6 м/мин), значит, задержки в проеме не возникает.

Поскольку длина проема менее 0,7 м, время прохождения проема равно 0.

$t_4=0$  мин.

5 участок:

$$q_5 = \frac{q_4 \cdot \delta_4}{\delta_5} = \frac{10,8 \cdot 2}{4} = 5,4 \text{ м/мин.} \quad (\text{A.34})$$

По методу линейной интерполяции скорость движения:

$v_5 = 100$  м/мин.

Время прохождения участка:

$$t_5 = \frac{l_5}{v_5} = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ мин.} \quad (\text{A.35})$$

6 участок:

$$q_6 = \frac{q_5 \cdot \delta_5}{\delta_6} = \frac{5,4 \cdot 2}{4} = 10,8 \text{ м/мин.} \quad (\text{A.36})$$

Расчетное значение интенсивности (12,96 м/мин) менее критического для дверного проема (19,6 м/мин), значит, задержки в проеме не возникает.

Поскольку длина проема менее 0,7 м, время прохождения проема равно 0.

$t_6=0$  мин.

Время полной эвакуации людей, учитывая время задержки между оповещениями зон пожарного оповещения составит:

$$t_{\text{эвак}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 0,8 + 0 + 0,2 + 0 + 0,1 + 0 = 1,1 \text{ мин} = 66 \text{ сек.} \quad (\text{A.37})$$



Учитывая предусмотренную задержку, реальное время эвакуации при оборудовании здания СОУЭ 5 типа составит 106 секунд, что меньше времени эвакуации при существующей системе на:

$$5,39 - \frac{106}{60} = 3,62 \text{ мин.} \quad (\text{A.38})$$

Пропускная способность при этом составит:

- $\frac{890}{5,39} = 165,1$  человек/мин – при СОУЭ 4 типа;
- $\frac{794}{1,77} = 448,6$  человек/мин – при СОУЭ 5 типа.

Поскольку единственный участок движения, где возникает скопление людей – участок №7, время эвакуации после образования скопления рассчитывается как:

$$t_0 = t_7 + t_8 + t_9 = 4,27 + 0,1 + 0 = 4,37 \text{ мин.} \quad (\text{A.39})$$

В таком случае, количество людей, успевших эвакуироваться до образования скопления:

$$N = (5,39 - 4,37) \cdot 165,1 = 168 \text{ чел.} \quad (\text{A.40})$$

Из этого следует, что 722 человек, эвакуирующихся из зоны пожарного оповещения № П.1, и соответственно 674, эвакуирующихся из зоны пожарного оповещения № П.2, будут находиться в скоплении людей, в случае его образования.

Среднее количество находящихся на территории объекта «Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» людей при проведении массовых мероприятий составляет 3750 чел. Согласно статистике травматизма при эвакуации с объектов с массовым пребыванием людей, вероятность получения вреда здоровью

и жизни человека в скоплении людей составляет:

- $4 \cdot 10^{-4}$  – при беспрепятственной эвакуации;
- $3 \cdot 10^{-3}$  – при образовании задержки в проходах.

Таким образом, количество людей, рискующих получить травмы в случае образования скопления при наихудшем исходе событий, на данный момент составляет:

$$N_{\text{травм}} = 2354 \cdot 4 \cdot 10^{-4} + 1396 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 5,1 \text{ чел.} \quad (\text{A.41})$$

Количество людей, рискующих получить травмы в случае образования скопления при наихудшем исходе событий, после оборудования здания СОУЭ 5-го типа составит:

$$N_{\text{травм}} = 3750 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 1,5 \text{ чел.} \quad (\text{A.42})$$

Экономическая эффективность расчета составляет:

$$\mathcal{E} = Z_{\text{в.н.}} \cdot n - Z_o, \quad (\text{A.43})$$

где  $\mathcal{E}$  – экономическая эффективность расчета;

$Z_o$  – затраты на приобретение нового оборудование;

$Z_{\text{в.н.}}$  – затраты на компенсации одному пострадавшему;

$n$  – количество людей, для которых вероятность получения травмы в случае образования скопления людей снижается при оборудовании здания СОУЭ 5-го типа.

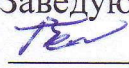
$$\mathcal{E} = 200000 \cdot (5,1 - 1,5) - 330587 = 389413 \text{ руб.} \quad (\text{A.44})$$

Вывод: защита здания «Футбольный манеж «Футбол-Арена Енисей» системой оповещения и управления эвакуацией 5-го типа снижает риск получения травм в скоплениях для значительного количества людей. Исходя из этого, оборудование данной системой эффективно.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физической культуры, спорта и туризма  
Кафедра теоретических основ и менеджмента  
физической культуры и туризма

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
 В.М. Гелецкий  
« 03 » 07 2019 г.

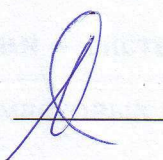
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ПЯТОГО  
ТИПА НА СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

49.04.01 Физическая культура

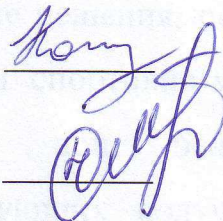
49.04.01.05 Управление и эксплуатация спортивных сооружений

Научный руководитель



доцент, к.ф.м.н. С.В.Ключков

Выпускник



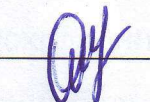
А.В. Котляров

Рецензент



доцент, к.п.н. Н.В. Соболева

Нормоконтролер



К.В. Орёл

Красноярск 2019