

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО УрГУПС)



На правах рукописи

ШАРХУН СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**Повышение эффективности организации эвакуации работников
административных зданий ОАО «РЖД» в условиях воздействия
нештатных и чрезвычайных ситуаций**

Специальность 05.02.22 – Организация производства
(транспорт, технические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
Доктор технических наук
Сирина Нина Фридриховна

Екатеринбург – 2017

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	12
1.1 Общественные и административные здания в системе управления железнодорожным транспортом.....	12
1.2 Анализ и классификация средств пожарной автоматики, используемой на объектах железнодорожного транспорта.....	23
1.3 Основные особенности систем оповещения людей, используемых в зданиях ОАО «РЖД».....	29
Вывод по главе 1	34
2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О НАЧАЛЕ ЭВАКУАЦИИ.....	36
2.1 Особенности реагирования работников на сигнал о пожаре.....	36
2.2 Графическое представление математической модели принятия решения о начале эвакуации при пожаре	39
2.3 Имитационное моделирование процесса эвакуации с учетом времени принятия решения о начале эвакуации при пожаре	50
Вывод по главе 2	55
3 РАЗРАБОТКА ДУБЛИРУЮЩЕГО СПОСОБА ОПОВЕЩЕНИЯ РАБОТНИКОВ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ ОАО «РЖД» О ПОЖАРЕ.....	57
3.1 Взаимодействие ЛВС и систем пожарной автоматики (АПС и СОУЭ). 59	
3.2 Описание программного комплекса «СОУЭ-ПК».....	67
Вывод по главе 3	72
4 АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ДУБЛИРУЮЩЕГО СПОСОБА ОПОВЕЩЕНИЯ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	74

4.1 Обработка результатов натурального наблюдения за изменением времени реагирования работников административных зданий ОАО «РЖД» на сообщение о пожаре при применении программного комплекса «СОУЭ-ПК».....	74
4.2 Обработка результатов имитационного моделирования процесса эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД» при применении программного комплекса «СОУЭ-ПК».....	78
4.3 Анализ результатов применения программного комплекса «СОУЭ-ПК» в административных зданиях ОАО «РЖД»	85
Вывод по главе 4	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
Список сокращений и условных обозначений.....	121
Список литературы	122
Приложения	133
Приложение А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.....	133
Приложение Б. Результаты натурального наблюдения за действиями людей при поступлении сигнала «Пожар».....	134

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Обеспечение безопасности производственных процессов и их результатов, а также создание безопасных условий труда, направленных на сохранение жизни и здоровья работников холдинга ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») в условиях воздействия возможных нештатных и чрезвычайных ситуаций – одна из приоритетных задач, которой в ОАО «РЖД» уделяется постоянное внимание.

Согласно [1] под нештатной ситуацией в ОАО «РЖД» понимается общественно значимое событие, связанное с деятельностью ОАО «РЖД» и создающее ему репутационные и имиджевые риски и угрозы. К нештатным ситуациям относятся: угроза или наступление чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера; террористическая угроза или террористический акт; противоправные действия, совершенные в отношении руководства либо работников ОАО «РЖД», пассажиров или иных пользователей услуг железнодорожного транспорта; акт незаконного вмешательства в работу железнодорожного транспорта; нарушение безопасности движения поездов или несчастный случай на объектах инфраструктуры ОАО «РЖД», при которых пострадали, были травмированы или погибли люди (в том числе работники), имеется угроза их жизни и здоровью, возникают экологические риски, ожидается или допущен длительный перерыв в движении пассажирских поездов с задержкой на 3 часа и более, возник массовый сбой в графике движения пригородных поездов с максимальной задержкой более 30 минут.

Понятие же чрезвычайной ситуации закреплено в [1] как ситуация и обстановка на определенной территории, возникшая в результате катастрофы, природного явления, аварии или стихийного бедствия, которая

может повлечь за собой значительные как материальные потери, так и человеческие жертвы, либо привести к нарушению условий жизнедеятельности людей, ущербу здоровью людей и (или) окружающей среде [1].

В соответствии с картой существенных рисков холдинга ОАО «РЖД», изложенной в годовом отчете компании [2], существует техногенная и природно-климатическая категория рисков, в состав которой включены такие риски, приводящие к разрыву технологической цепи, как аварии на объектах, связанных с обеспечением работы холдинга; техногенные аварии на смежных видах транспорта; пожары, стихийные бедствия в районах деятельности и на объектах холдинга, а также управленческая категория риска, которая включает в себя риск принятия необоснованного управленческого решения.

Стратегией [3] определены основные задачи, стоящие перед холдингом ОАО «РЖД», с учетом реализации целей гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса: повышение надежности и функционирования безопасности технических средств, входящих в состав объектов инфраструктуры и подвижного состава, а также предупреждение травматизма и снижение ущерба субъектам деятельности в сфере железнодорожного транспорта.

Наиболее распространенной из возможных нештатных и чрезвычайных ситуаций в административных зданиях является пожар.

Так, в период с 2006 по 2016 годы, на территории Российской Федерации произошло 1 701 398 пожаров, в результате которых 120 590 человек погибло. В административных зданиях, находящихся в ведении ОАО «РЖД», пожары происходят довольно регулярно, например здание Приволжской железной дороги (29.07.2014 г.), здание Московской железной дороги (02.03.2009 г.), здание Управления Свердловской железной дороги (05.08.2014 г.), центральный офис ОАО «РЖД» (15.01.2011 г.) здание вокзала

на станции Тресвятская Юго-Восточной железной дороги (24.01.2016 г.) и др [77].

Пожарная опасность административных зданий, имеющих в распоряжении ОАО «РЖД», заключается в том, что в современных административных зданиях сосредоточено большое количество работников. Кроме того, гибель или причинение вреда жизни и здоровью работникам, участвующим непосредственно в управленческой деятельности ОАО «РЖД», может привести к разрыву технологической цепи управления и, как следствие, к катастрофическим последствиям и огромному количеству жертв на сети железных дорог.

Статистический анализ пожаров показывает, что первые подразделения пожарной охраны прибывают к месту вызова в городах в среднем за 7,9 минут [4]. Однако количество сил и средств достаточное для организации спасательных работ (в т. ч. эвакуации людей из зданий) следует к месту пожара довольно продолжительный период времени [75]. Очаг пожара, в 55 % пожаров уже не ограничивается к этому времени одним помещением, и как следствие безопасный эвакуационный путь уже отрезан продуктами горения. Следовательно, жизнь и здоровье работников данных объектов целиком зависит от работы технических средств и реализации комплекса мер по обеспечению пожарной безопасности имеющихся внутри здания [77].

Учитывая характер зданий ОАО «РЖД» в крупных городах Российской Федерации, а также специфику и ответственность работников (от сохранности жизни и здоровья ряда категории работников зависит безопасность движения на больших территориях), можно сделать вывод, что повышение эффективности систем оповещения работников о пожаре и управления эвакуацией из зданий является актуальной задачей.

Степень разработанности темы. Проблемами, связанными с организацией эвакуации людей из зданий при нештатных или чрезвычайных ситуациях, занимались такие известные российские ученые: М. Я. Ройтман, С. В. Беляев, А. И. Милинский, В. И. Предтеченский, Д. А. Самошин,

В. В. Холщевников, А. А. Таранцев, И. И. Исаевич, В. М. Колодкин; вопросами управления безопасностью на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта – К. Б. Кузнецов, А. Н. Цуриков, Т. С. Титова, Р. Г. Ахтямов и др., а также зарубежные ученые – Т. J. Shields, К. E. Boyce, J. L. Bryan, Н. Kuwabara, J. L. Pauls, Д. А. Полоз, И. И. Полевода, О. В. Кураев и др.

Целью диссертационного исследования является повышение эффективности организации эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД» в условиях воздействия нештатных и чрезвычайных ситуаций.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить **следующие научные задачи:**

1. Проанализировать процесс организации эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД» как временной промежуток, выявить временные интервалы, приводящие к увеличению времени эвакуации.

2. Выполнить анализ статистических данных о действиях сотрудников административных зданий ОАО «РЖД» при получении сигнала «Пожар». Определить причины, по которым значительная часть работников, игнорирует полученный сигнал и не предпринимает действий для начала эвакуации непосредственно при получении сигнала о пожаре.

3. Разработать способ и реализующий его механизм, позволяющий при получении сигнала о пожаре исключить действия работников административных зданий ОАО «РЖД», не связанных непосредственно с эвакуацией.

4. Провести оценку эффективности и достоверности предложенного способа на основе практического применения и элементов имитационного математического моделирования.

Объектом исследования является эвакуация работников в условиях воздействия нештатных и чрезвычайных ситуаций в административных зданиях ОАО «РЖД».

Предметом исследования является организация оповещения работников административных зданий, обеспечивающая адекватное реагирование на сигнал и способствующая сохранению жизни и здоровья работников.

Научная новизна результатов проведенных исследований заключается в следующем:

1. Формализованы и выделены отдельные временные промежутки процесса эвакуации, учитывающие особенности выполняемых функций работниками административных зданий ОАО «РЖД».

2. Разработан принципиально новый подход к оповещению работников административных зданий ОАО «РЖД» по средствам дублирования стандартной системы оповещения по существующим в административных зданиях каналам связи.

3. Произведена адаптация математической модели реализующей индивидуально-поточное движение людей, для имитационного моделирования процесса эвакуации в исследуемых зданиях в зависимости от способа оповещения.

4. Дано математическое обоснование эффективности внедрения предлагаемого способа дублирующего оповещения работников ОАО «РЖД».

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость исследования заключается в разработанном принципиально новом способе оповещения работников административных зданий по существующим в административных зданиях каналам связи.

Практическая значимость выполненного исследования состоит в организации устойчивого функционирования и повышении эффективности системы управления эвакуацией работников при возможных внештатных и чрезвычайных ситуациях в административных зданиях ОАО «РЖД».

Результаты исследования реализованы в компьютерной программе — «Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре-ПК «СОУЭ-ПК»» (Приложение А), имеют прикладной характер и позволяют

принимать разработанный программный комплекс «СОУЭ-ПК» в автоматическом режиме при организации перевозочного процесса на сети железных дорог.

Полученные результаты исследования используются в учебном процессе подготовки бакалавров по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность, подготовки по профилю «Безопасность технологических процессов и производств транспортных предприятий» в Уральском государственном университете путей сообщения, а также специалистов по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность в Уральском институте Государственной противопожарной службы МЧС России.

Методология и методы исследования. В основу методологии исследования положены общепризнанные теории системного анализа, методы теории вероятностей и математической статистики, научные методы сбора и обработки статистических данных, натурное наблюдение за процессом, имитационное моделирование и компьютерные вычисления.

Положения, выносимые на защиту:

1. Качественная формализация временных промежутков процесса эвакуации с учетом особенностей выполняемых функций работниками административных зданий ОАО «РЖД».

2. Способ оповещения, дублирующий общепринятую систему, используемую в административных зданиях ОАО «РЖД».

3. Адаптированная математическая модель реализующая индивидуально-поточное движение людей с учетом реальных данных о времени начала эвакуации работников ОАО «РЖД».

4. Математическое обоснование эффективности внедрения, предлагаемого дублирующего оповещения работников ОАО «РЖД».

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждена обоснованным применением апробированных теорий и методов исследований и моделирования, а также апробацией результатов работы на ряде действующих административных зданий ОАО «РЖД», в

качестве докладов на конференциях и публикацией работ в открытой печати транспортного и пожарно-технического профиля; адекватностью применяемых математических моделей и законов результатам расчетов и имитационного моделирования.

Апробация работы. Основные научные результаты диссертационной работы докладывались: на Научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты» (Екатеринбург, 2012 г.); III и VIII Всероссийские научно-практические конференции с международным участием «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы» (Воронеж, 2012 г.); VI Всероссийской научно-практической конференции курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с международным участием «Современные технологии гражданской обороны и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (Воронеж, 2015 г., 2017 г.); II Международной конференции «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур» (Екатеринбург, 2016 г.); Международной научно-практической конференции молодых ученых «Проблемы гражданской защиты: Управление, Предупреждение, Аварийно-спасательные и специальные работы» (Кокшетау, Республика Казахстан, 2017 г.); 77 Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы» (Санкт-Петербург, 2017 г.); Международной научной конференции «Техника. Технологии. Образование. Безопасность 2017 г.» (София, Болгария, 2017 г.); 5-й Международной научно-практической конференции «Ройтмановские чтения» (Москва, 2017 г.); III Международной конференции «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур» (Екатеринбург, 2017 г.).

Публикации. Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в восемнадцати печатных работах: при этом две печатные работы опубликованы в изданиях, входящих в «Перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций».

Структура диссертации. Структура диссертационной работы представлена из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы содержащего 87 наименований, списка сокращений и двух приложений. Основная часть работы изложена на 150 машинописных страницах, включает 57 рисунков и 10 таблиц.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

1.1 Общественные и административные здания в системе управления железнодорожным транспортом

Надежное функционирование железных дорог определяется наличием хозяйственной базы и инфраструктуры, обеспечивающей работоспособность ее – способность, с принятыми в нормативной и проектной документации параметрами, выполнять заданные функции [6].

Согласно «Концепции развития железнодорожного транспорта» [5] к обязательной инфраструктуре относятся:

- устройства и системы электроснабжения;
- железнодорожные пути;
- подразделения и искусственные сооружения, обеспечивающие содержание и ремонт железнодорожных путей;
- системы технологической связи и сигнализации, информационно-управленческие комплексы;
- станции;
- пункты технического обслуживания вагонов и вагонные депо;
- система управления перевозками и движением поездов;
- подразделения, обеспечивающие охрану перевозимых грузов, имущества, объектов, проведение ликвидации пожаров и пожарно-профилактического надзора на железнодорожном транспорте;
- локомотивное хозяйство и локомотивы;
- здания занятые в обеспечении перевозочного процесса [5, 6].

Очевидно, что техническое состояние сооружений и зданий железнодорожного транспорта, которые составляют значительную часть основных фондов ОАО «РЖД» имеет огромное значение для результативной работы инфраструктуры [6].

Функциональное состояние сооружений и зданий должно обеспечивать безопасность работников и окружающей среде [6]. Ст. 22 Трудового кодекса РФ [7] гласит: «Работодатель обязан обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда». Федеральный закон «О техническом регулировании» [8], предъявляет требования безопасной эксплуатации строений, зданий, сооружений и прилегающих к ним территорий в целях биологической, пожарной, радиационной и ядерной безопасности [6].

Инженерные сооружения и здания железнодорожного транспорта обеспечивают в общем технологическом процессе должную техническую эксплуатацию дорог как «комплексных обслуживаемых природно-технических систем» [9].

Все имеющиеся в распоряжении капитальные объекты железнодорожного транспорта подразделяются на три группы (рисунок 1.1): гражданские здания, здания промышленных предприятий железнодорожного транспорта, железнодорожные здания. Деление на группы определяется функциональным и технологическим назначением здания [6].



Рисунок 1.1 – Классификация зданий железнодорожного транспорта

Группа железнодорожных зданий, непосредственно связанных с технической эксплуатацией железных дорог, включает в себя (рисунок 1.2) производственные, складские здания, пассажирские, вспомогательные, подсобные [6].

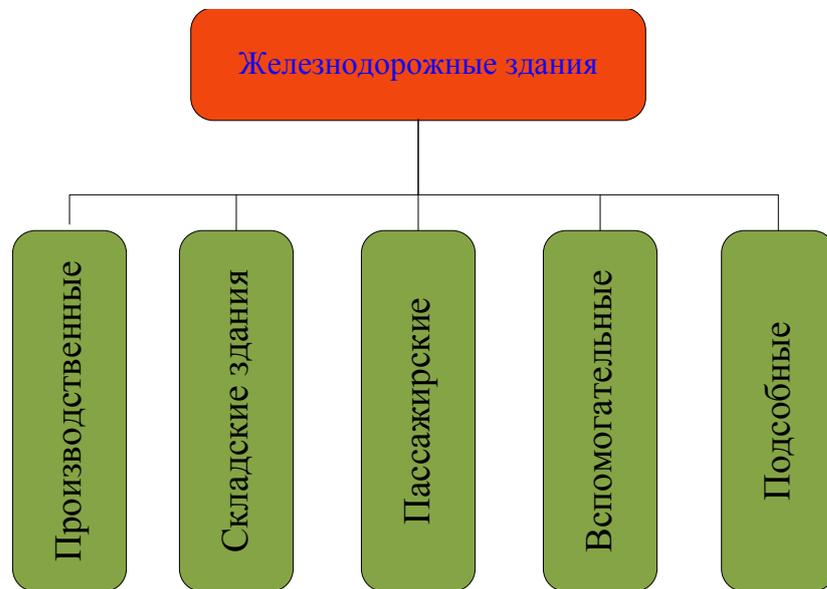


Рисунок 1.2 – Группа железнодорожных зданий

По своему функциональному назначению и принадлежности к хозяйствам и службам управлений железных дорог железнодорожные здания могут быть классифицированы на следующие подгруппы (рисунок 1.3):

пассажиры; сигнализации, централизации, блокировки и связи; службы гражданских сооружений; водоснабжения и канализации; энергетического, вагонного, путевого, станционного, локомотивного и грузового хозяйств [6].

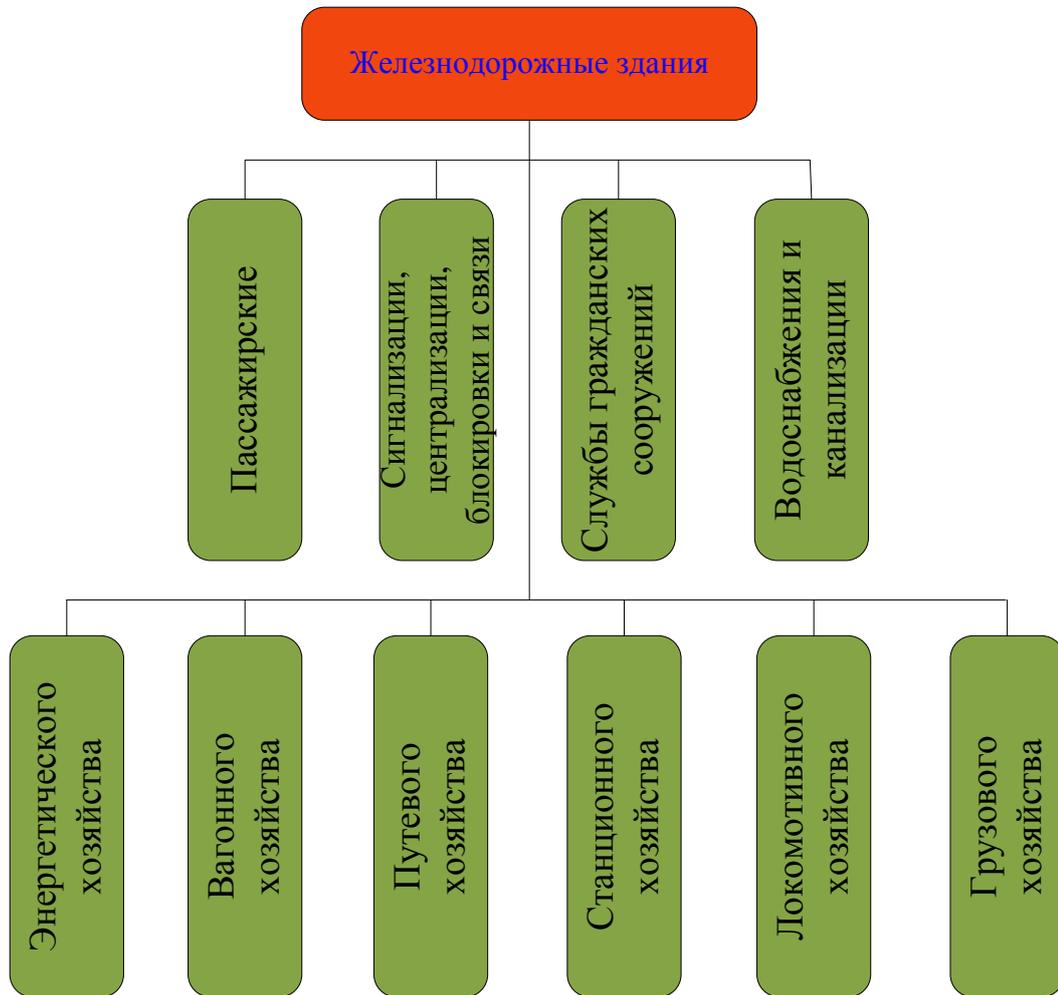


Рисунок 1.3 – Группы железнодорожных зданий по назначению и принадлежности к службам управлений железных дорог

Промышленные предприятия (рисунок 1.4), относящихся к инфраструктуре железных дорог, объединяет здания заводов, изготовляющих стрелочные переводы, промышленных предприятий по ремонту подвижного состава, объекты по производству железобетонных изделий, здания и сооружения производящие кирпич, гравий, щебень и т. п. [6]. Все вышеперечисленные предприятия, состоят из административно-бытовых, производственных, подсобных и вспомогательных зданий [6].



Рисунок 1.4 – Группа промышленных зданий предприятий

К гражданским зданиям (рисунок 1.5) относятся общественные и жилые здания. Первые включают в себя объекты здравоохранения и досуга, общественного обслуживания населения проживающего в пристанционных поселках, и т. п., а также учебные и научно-исследовательские заведения [6].

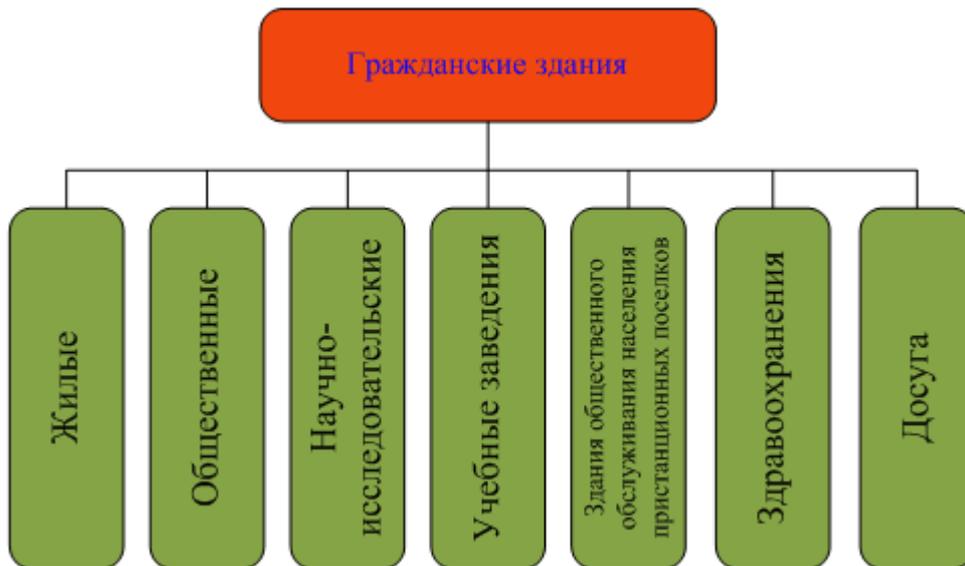


Рисунок 1.5 – Группа гражданских зданий

В последние годы резко сокращается объем гражданских зданий по причине передачи их в собственность органов местного самоуправления [6].

Некоторые вспомогательные и производственные здания, относящиеся к разным службам и хозяйствам в отраслевых нормативных документах, объединяются под названием – служебно-технические здания [6].

Здания также классифицируют по расположению их относительно трассы железной дороги. Различают поселковые и станционные здания, а также, размещаемые на перегонах, линейно-путевые объекты [6].

Помимо вышеуказанных зданий на железнодорожном транспорте имеется ряд объектов и сооружений, связанных непосредственно с организацией движения поездов, а также объекты вспомогательного назначения, в том числе снегозащитные сооружения, опоры контактной сети, лавинозащитные галереи и др., сооружения, павильоны и пассажирские платформы. Отдельный группу сооружений представляют водонапорные башни и здания насосных станций [6].

Расположения объектов железнодорожного транспорта носит линейно-рассредоточенный характер, что создает определенные трудности по их эксплуатации, связанные с зависимостью от расположения в сложном техническом хозяйстве железной дороги [6].

Основными элементами природно-технической транспортной системы, которая должна обладать определенным уровнем надежности, являются здания и сооружения железнодорожного транспорта [6].

Способность сохранять эксплуатационные характеристики в течение всего срока службы (надежность строительного объекта) определяется не только прочностью ограждающих и несущих конструкций. Надежность и качество функционирования зданий обеспечивается их долговечностью, огнестойкостью, изоляционными качествами ограждающей оболочки, а также безотказностью работы инженерного оборудования и систем (отопления, водоснабжения, систем противопожарной защиты зданий т. д.) [6].

Проблема обеспечения надежности системы объекта значительно усложняется, по причине того, что от надежности одного здания или объекта

зависит функционирование ряда других технологически систем более высокого ранга [6].

Важную роль в функционировании объектов инфраструктуры и железнодорожного транспорта играют сооружения электро- и теплоснабжения, канализации и водоснабжения, устройства контактной сети и платформ, и ряд других, обеспечивающие нормальные условия эксплуатации железной дороги [6].

Процесс организации деятельности любого крупного предприятия требует постоянного мониторинга происходящих процессов и оперативного принятия решений в случае выхода процесса за определенные допустимые рамки.

На рисунках 1.6 и 1.7 показаны крупные административные здания железных дорог.



Восточно-Сибирская ЖД, Иркутск



Горьковская ЖД, Нижний Новгород



Дальневосточная ЖД, Хабаровск



Забайкальская ЖД, Чита



Западно-Сибирская ЖД,
Новосибирск



Калининградская ЖД, Калининград



Красноярская ЖД, Красноярск



Куйбышевская ЖД, Самара

Рисунок 1.6 – Здания управлений и ДЦУП Восточно-Сибирской, Горьковской, Дальневосточной, Забайкальской, Западно-Сибирской, Калининградской, Красноярской и Куйбышевской железных дорог



Московская ЖД, Москва



Октябрьская ЖД, Санкт-Петербург



Приволжская ЖД, Саратов



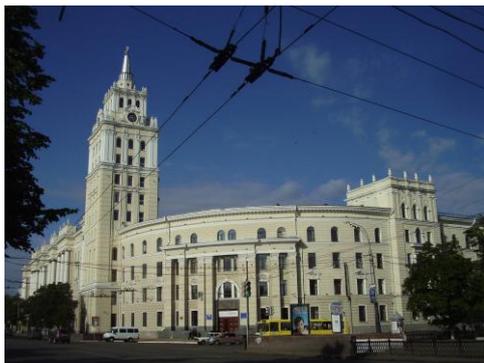
Свердловская ЖД, Екатеринбург



Ярославль, Северная ЖД,



Ростов-на-Дону,
Северо-Кавказская ЖД,



Воронеж, Юго-Восточная ЖД



Челябинск, Южно-Уральская ЖД

Рисунок 1.7 – Здания управлений и ДЦУП Московской, Октябрьской, Приволжской, Свердловской, Северной, Северо-Кавказской, Юго-Восточной и Южно-Уральской железных дорог

Процесс управления перевозками на железнодорожном транспорте организован в соответствии с целым рядом внутренних нормативных документов.

Основой транспортной системы Свердловской, Тюменской областей, Пермского края, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов является Свердловская железная дорога (СвЖД) которая обслуживает территорию площадью 1,8 млн кв. км, что в свою очередь составляет 10,5 % территории Российской Федерации, на которой проживает более 10 миллионов человек [64].

На Свердловской железной дороге расположены 13 эксплуатационных и 7 ремонтных депо, а также 421 станция. СвЖД занимает второе место по погрузке, обеспечивая 10 % от общих объемов погрузки всех российских железных дорог. Каждый день на СвЖД грузится порядка 350 000 т. грузов таких, как металлы, удобрения, нефть, руда и другие строительные грузы. Магистраль обслуживает порядка 400 км путей, услугами СвЖД пользуются порядка 12 000 предприятий Уральского Федерального округа [64].

Чтобы исключить не обусловленные технологией перевозочного процесса задержки в движении поездов на стыковых станциях между дорогами и ускорить развоз местного груза в районах погашения вагонопотоков и переработку вагонов в районах зарождения вагонопотоков, созданы специальные структуры – центры управления перевозками.

В октябре 2003 года, в новом здании в Екатеринбурге (третьем в стране логистическом товарораспределительном узле), состоялось открытие дорожного центра управления перевозками [64]. Это 17-этажное административное, радиальное высотное здание высотой 72 м (блок «А») и 5-этажный пристрой (блок «Б»).

В комплексе расположены: главный входной вестибюль, лестничная клетка, лифтовый холл с 4 лифтами, помещения диспетчеров, административные помещения. В 5-этажной части размещаются: кафетерий, медицинский и оздоровительный центры.

Основным технологическим центром здания являются диспетчерские помещения, где на табло можно высветить весь процесс перевозок трех железных дорог – Свердловской, Южно-Уральской и Горьковской.

Все персональные компьютеры, расположенные в данном здании объединены в локально-вычислительные сети. Помещения оборудованы системами контроля доступа, а также системами противопожарной защиты. Все оборудование объединено в централизованную систему, что в свою очередь создает единую среду для его надежного функционирования [64].

Как указано ранее, одной из главных задач таких центров является обеспечение безопасности процессов перевозок. Однако вопросы обеспечения безопасности (в т. ч. пожарной) на самих подобных зданиях осуществляются на общепринятых нормах и правилах. Что зачастую, учитывая специфику происходящих в них рабочих процессов, не всегда оказывается достаточно эффективным.

Система управления пожарной безопасностью в ОАО «РЖД» (показана на рисунке 1.8.) соответствует целевому состоянию компании холдингового типа, что обуславливает единый подход к выполнению требований по обеспечению пожарной безопасности на всех подчиненных объектах [77].



Рисунок 1.8 – Система управления пожарной безопасностью в ОАО «РЖД»

Отдельного внимания заслуживают системы противопожарной защиты используемые в зданиях, такие как система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (далее СОУЭ) и автоматической пожарной сигнализации (далее АПС) и, используемые на гражданских зданиях ОАО «РЖД».

1.2 Анализ и классификация средств пожарной автоматики, используемой на объектах железнодорожного транспорта

К техническим средствам системы противопожарной защиты можно отнести следующие элементы: АПС, СОУЭ, а также системы организации дымоудаления (ДУ) и автоматического пожаротушения (АУПТ) [77]. Необходимость устройства данных систем продиктована требованиями ряда

нормативных документов по пожарной безопасности как федерального уровня [11, 12, 13], так и внутренних документов ОАО «РЖД» [17].

Основной функцией установок АПС является своевременное обнаружение и оперативное оповещение людей о пожаре на начальной стадии его развития и включение систем пожаротушения, дымоудаления и пр., направленных на защиту работающих от первичных и вторичных опасных факторов пожара [30].

Устройство установок АПС, в общем случае, является обязательным на всех объектах с пребыванием людей, и объекты железнодорожного транспорта тому не исключение.

Борьба с пожарами и возможными взрывами на предприятиях и в зданиях осуществляется применением специальных средств и систем автоматической противопожарной защиты (далее АППЗ) [30]. В целом же система пожарной безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта включает две подсистемы различающихся по своей функциональности: противопожарной защиты людей и материальных ценностей и предотвращения пожара [10]. Место АППЗ в системе пожарной безопасности объектов представлено на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 – Место АППЗ в системе пожарной безопасности объектов железнодорожного транспорта:

□□ – возможно применение автоматики в целях предупреждения пожаров;

○ – возможность применения систем АПС и АУПТ

В автоматизации процесса обеспечения пожарной безопасности используется огромное количество разнообразных автоматических систем и устройств, отличающихся принципом действия, конструктивными и схемными решениями и т. д. Эти автоматические приборы, системы и устройства классифицируют по ряду признакам.

На объектах ОАО «РЖД» используются общепринятые методы и способы построения систем АПС и СОУЭ, изложенные в ряде документов [11-19, 28, 29, 30]. Также существует перечень технических средств охранно-пожарной и охранной сигнализации, автоматического пожаротушения, рекомендованных для использования на подвижном составе и объектах железнодорожного транспорта ОАО «РЖД», который содержит набор технических средств, обеспечивающих охрану любой категории объектов, а ФГП ВО ЖДТ России осуществляет постоянный контроль качества используемых на объектах железнодорожного транспорта технических средств охранно-пожарной сигнализации.

Как известно и было отмечено в работе Холщевникова и др. [16], системы АПС принимают извещения о пожаре от большого количества установленных в здании как автоматических, так и ручных пожарных извещателей. Системы АПС должны своевременно обрабатывают и регистрируют поступающие сигналы, формируют сигналы управления системами АППЗ и принимают решения о подачи сообщения «Пожар». Ручные пожарные извещатели, входящие в систему АПС, приводятся в действие человеком, а автоматические реагируют на отклонение ряда параметров внутри помещения. Важно понимать, что сообщение о пожаре не может поступить в систему АПС мгновенно после начала пожара или чрезвычайной ситуации [16].

Сведения, полученные в работе [16] об инерционности и задержки времени срабатывания автоматических извещателей, применяемых на объектах ОАО «РЖД», представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Техническая инерционность и задержка времени срабатывания автоматических пожарных извещателей по данным работы [16]

Тип пожарного извещателя	Характеристика	Время инерционности	Объекты ОАО «РЖД», на которых применяются данные извещатели
Тепловой	Не позволяет обнаружить пожар на ранней стадии	30-180 с	Железнодорожные здания, здания промышленных предприятий железнодорожного транспорта, гражданские здания
Дымовой Радиоизотоп-ный Фотоэлектрический	Позволяет обнаружить пожар на ранней стадии	5-10 с	Железнодорожные здания, здания промышленных предприятий железнодорожного транспорта, гражданские здания
Аспирацион-ные (наиболее эффективны)			
Извещатели пламени (световые)		>1 с	Здания промышленных предприятий железнодорожного транспорта
Газовый		>1 с	Здания промышленных предприятий железнодорожного транспорта

Как отмечено в работе [16] в идеале любая АПС на объектах ОАО «РЖД» должна оповестить дежурный персонал о пожаре на начальном этапе его развития и своевременно обеспечить запуск СОУЭ. Система должна эффективно противостоять ложным срабатываниям и не осуществлять формирование сигнала на запуск СОУЭ в случае ложного сигнала [16].

Приведение системы АПС в режим тревоги «Пожар» и дальнейший запуск СОУЭ зависят от схемы обработки сигналов от пожарных извещателей принятой в системе АПС. В отечественных нормах в настоящее время предусматриваются две принципиально разные схемы. Схема «ИЛИ» предусматривает формирование сигнала тревоги при срабатывании только одного пожарного извещателя. Схема «И» предусматривает формирование сигнала тревоги при срабатывании не менее двух пожарных извещателей одновременно и направлена на борьбу с ложными срабатываниями пожарной [16].

Очевидно, что если система АПС будет затрачивать меньше времени на обнаружение пожара, то запуск система СОУЭ будет проходить более оперативно. Однако, надо понимать, что у любой самой современной системы АПС всегда есть некоторая инерционность и это время зависит от характеристик как самого защищаемого объекта и пожарных извещателей, так и способов их трассировки. С сокращением времени обнаружения пожара системами АПС будет уменьшаться и время начала эвакуации, что в свою очередь будет увеличивать вероятность эвакуации и спасения работников из здания до наступления критических для человеческого организма значений опасных факторов пожара (далее – ОФП) [16].

Если в результате функционирования объекта и систем АППЗ происходят частые ложные срабатывания систем АПС и СОУЭ, то эффективность работы таких систем со временем будет стремиться к нулю. Так как работники просто привыкнут к частым сообщениям о пожаре и перестанут на них реагировать должным образом, а будут воспринимать их как ложные. В результате, невозможно будет рассчитывать на адекватное поведение людей необходимое в первые минуты при реальном пожаре. Реагирование работников будет начинаться только после непосредственного столкновения с признаками опасных факторов пожара, а не с сигналов оповещения [16].

Система АПС предназначена для обнаружения пожара, для решения же задач оповещения и управления эвакуацией предназначена система СОУЭ. Требования пожарной безопасности к системам СОУЭ отражены в Техническом регламенте [12] и своде правил [11]. Предусматривается пять типов систем СОУЭ, каждый из которых характеризуется совокупностью обязательных требований к функциональным характеристикам системы (см. табл. 1.2) [11].

Таблица 1.2 – Классификация систем АПС И СОУЭ

Характеристика и элементов СОУЭ	Необходимые характеристики различных типов СОУЭ				
	1	2	3	4	5
1. Способы формирования сигнала: только звуковой (тонированный сигнал, сирена и др.); только речевой (воспроизведение специальных ранее подготовленных текстов); возможный визуальный способ оповещения: а) мигающие световые оповещатели; б) знаки указывающие приоритетное направление движения при эвакуации; в) световые табло «Выход»; г) световые знаки и табло указывающие приоритетное направление движения людей, с изменяющимся значением	+	+	*	*	*
	-	-	+	+	+
	*	*	*	*	*
	*	+	+	+	+
	-	*	*	+	*
	-	-	-	*	+
2. Деление здания на несколько зон оповещения	-	-	*	+	+
3. Возможность реализации нескольких вариантов эвакуации из каждой зоны оповещения	-	-	-	*	+
4. Обратная связь зон оповещения с помещением диспетчерской	-	-	*	+	+
5. Координированное управление всеми системами здания, связанными с обеспечением безопасности людей и управлением всем процессом эвакуации из диспетчерской.	-	-	-	-	+
Примечания: «+» – необходимо «*» – возможно; «-» – не требуется.					

Увеличение номера типа системы соответствует увеличению требований к ее функциональному составу.

1.3 Основные особенности систем оповещения людей, используемых в зданиях ОАО «РЖД»

Как уже отмечалось ранее, системы АПС и СОУЭ, используемые на объектах железнодорожной инфраструктуры в ОАО «РЖД», проектируются и эксплуатируются в соответствии с действующими нормативными документами в данной области [11, 12, 13, 17, 18, 19] и в общих случаях их

функционала вполне достаточно, чтобы выполнить главную функцию – оповещение людей об опасности.

Анализируя данные, представленные в таблице 1.2, можно сделать вывод, что наиболее простым набором функций должны обладать СОУЭ 1-го и 2-го типов. Подобными системами защищаются относительно небольшие объекты железнодорожной инфраструктуры, где время блокирования путей эвакуации при пожаре достаточно невелико. На таких объектах нельзя «затягивать» время принятия решения на запуск СОУЭ, поэтому должно быть полностью исключено влияние человеческого фактора. Связи между системой АПС и системой СОУЭ 1-го или 2-го типа предусматриваются только автоматические без участия человека.

Системами 3-го, 4-го и 5-го типов оснащают уже более масштабные объекты железнодорожной инфраструктуры – крупные общественные и административные здания, вокзалы, управления дорог, информационно-вычислительные центры и дорожные центры управления перевозками. Такие здания лучше защищены от пожара и эвакуация из них происходит более длительное время. В системе АПС увеличивается количество пожарных извещателей и приборов, усложняется алгоритм их работы и усложняется структура сетей связи, увеличивается и вероятность ложных тревог. На таких объектах может усложняться и алгоритм эвакуации, например, из-за необходимости поэтапной эвакуации людей из разных частей здания. Это приводит к увеличению количества возможных схем эвакуации и необходимости корректировки алгоритма работы системы СОУЭ уже в ходе эвакуации. Поэтому для систем 3-го, 4-го и 5-го типов предусмотрена возможность появления такого звена управления, как человек-оператор, способного влиять на формирование команд на запуск СОУЭ и на работу самой СОУЭ. Следует отметить, что в настоящее время в отечественных нормах нет четкого описания того, как именно должен действовать оператор, и выбор вида управления ложится на плечи проектировщика системы СОУЭ.

Системы 1-го типа предназначены для оповещения работников, хорошо знакомых с путями эвакуации либо в здания с незначительным количеством работников, с образованием при эвакуации людских потоков плотностью 1 чел/м² и ниже. СОУЭ 2-го типа применяются при условии, что с этажа эвакуируются не более 50 работников через один эвакуационный выход [65, 66, 67].

В общем случае, СОУЭ 3-го типа применяются, если внутри здания находятся группы работников, которые могут кардинально различающиеся по степени информированности об эвакуационных путях (например, и работников и посетители) , а также имеются различия в способности к проведению самостоятельной эвакуации (медперсонал и больные, воспитатели и дошкольники, другие группы), а также в тех случаях, когда приходится более 50 работников на один выход или на лестничную клетку. Возможно применение многозонной СОУЭ 3-го типа в случаях, если в одновременной эвакуации всех работников крупного здания нет необходимости (пожар в одной части здания не представляет угрозы для людей находящихся в других частях) [65, 66, 67].

СОУЭ 4-го типа используются, если при одновременном нахождении в здании более 1000 человек, либо когда горизонтальные пути эвакуации довольно протяженны, а планировка здания имеет сложную разветвленную структуру.

СОУЭ 5-го типа предназначены для оборудования зданий более 16 этажей, а также для зданий меньшей этажности, но обладающей многофункциональностью, в которых одновременно могут находиться более 2 000 человек [16, 65, 66, 67].

Относительно типов систем СОУЭ можно вывести общее правило – с ростом «масштаба» здания увеличивается и требуемый тип системы СОУЭ.

Однако произвести только оповещение людей о пожаре либо какой-то другой опасности не всегда означает, что человек должным образом

воспримет данный сигнал и примет то единственно правильное, в конкретном случае, решение.

Влияние элементов СОУЭ на эффективность эвакуации проверялась неоднократно. Например, в работе [20] было показано, что использование СОУЭ для организации движения людских потоков ведет к увеличению количества людей, выбравших оптимальный (кратчайший) путь, и снижению количества выбравших критический путь эвакуации (рисунок 1.10).

Исследованиями [46] поведение работников при пожаре и влияния различных типов СОУЭ на показано, что в случае предоставления детальной инструкции и информации о месте пожара можно ожидать снижение значения времени начала эвакуации и как следствие более плавную и безопасную эвакуацию [21, 22, 23, 46].

Существует и способ оповещения людей о пожаре звуком. Вид звукового сигнала аварийной эвакуации должен соответствовать международному стандарту [24], многие страны адаптировали этот документ в качестве национального стандарта. Целью подобного подхода является применение общего сигнала эвакуации, который бы распознавался каждым человеком именно как сигнал о необходимости покинуть здание. К сожалению, вплоть до настоящего времени, в отечественных нормах пожарной безопасности отсутствуют прямые ссылки на этот сигнал, как и отсутствуют вообще конкретные требования к виду звукового сигнала эвакуации [16].

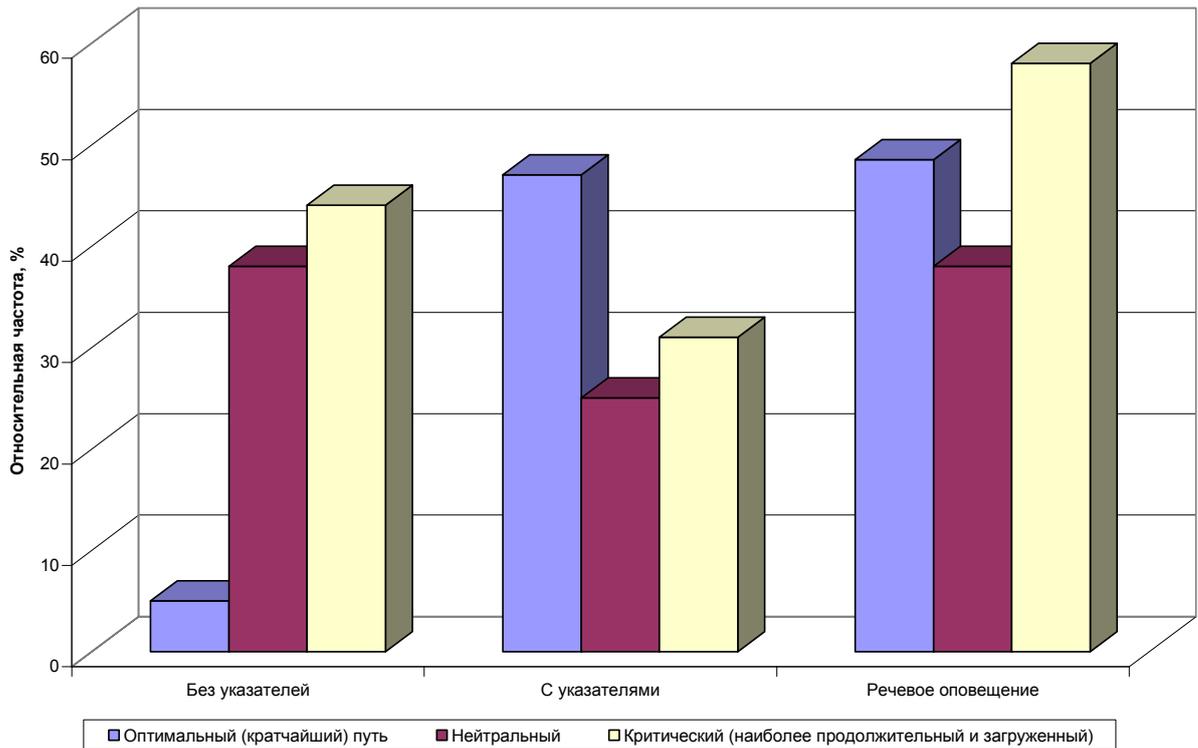


Рисунок 1.10 – Влияние элементов СОУЭ на выбор маршрута эвакуации

Звуковой сигнал эвакуации должен использоваться только в случаях, когда необходима немедленная эвакуация людей из здания. В случае если плановым действием в условиях пожарной опасности будет не эвакуация, а какие-либо другие действия, нужно использовать звуковой сигнал другого вида, отличного от сигнала, предложенного в ISO 8201:1987 [24]. Речь идет, например, о перемещении людей в безопасную зону внутри этого здания.

Неизвестно, проводились ли когда-либо исследования и анализ состава реальных сообщений для определения наилучших способов информирования людей, находящихся в здании. Проблема заключается в том, что каждое здание и каждый пожар уникальны. Речевое оповещение может усложняться из-за необходимости передавать разную информацию разным людям, в зависимости от их местоположения относительно очага пожара, степени их подготовленности, их физического или психического состояния [16].

Есть некоторые общие рекомендации относительно того, какими должны быть речевые сообщения [26]. Любое сообщение, адресуемое группе людей, оказавшихся в аварийной ситуации, всегда должно быть направлено

на организацию их поведения и преследовать цель исключения элементов стихийности и паники.

Состав речевого сообщения должен точно соответствовать принятому в здании плану реагирования, характеристикам здания и людей, находящихся в нем, структуре системы пожарной сигнализации и оповещения, а также проверенной реакции обитателей здания на это сообщение. Особо нужно иметь в виду тот факт, что алгоритмом работы пожарной сигнализации может предусматриваться запуск СОУЭ от удаленных от очага пожара ручного или автоматического пожарных извещателей [16].

Важно также, на каком языке произносится сообщение. Например, в работе [27] говорится о том, что экстренные аварийные сообщения должны передаваться на том языке, на котором говорит доминирующее большинство обитателей здания. Следует применять многоязычные сообщения, если есть вероятность, что внутри здания могут быть сосредоточены группы слушателей, не говорящих на этом доминирующем языке. Предполагается, что такие временно присутствующие в здании группы посетителей будут «подхвачены» потоком эвакуирующихся и не будут являться изолированной группой [16].

Надо понимать, что эффективная эвакуация людей зависит не только от правильности выбора, проектирования, монтажа и использования систем АПС и СОУЭ, но и также от адекватности действий работников при получении сигнала о необходимости эвакуации.

Вывод по главе 1

1. Системы АПС и СОУЭ в административных зданиях ОАО «РЖД» соответствуют требованиями основных нормативных документов, но не учитывается специфика выполняемых персоналом работ и их возможная

реакция на поступивший сигнал «Пожар», что не гарантирует адекватную реакцию на сигнал и своевременное начало эвакуации.

2. Установлено, что в настоящее время весьма актуальной является задача изучения особенностей реагирования работников административных зданий на сигнал «Пожар».

3. Отмечено, что необходимо определить причины, по которым работники административных зданий не начинают эвакуацию незамедлительно при получении сигнала «Пожар» и разрабатывать способы их устранения.

4. Требуется создать техническую систему, направленную на то, чтобы принудить человека к определенным действиям при получении сигнала «Пожар» в целях своевременной эвакуации из здания и, как следствие, сохранения жизни и здоровья.

2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О НАЧАЛЕ ЭВАКУАЦИИ

2.1 Особенности реагирования работников на сигнал о пожаре

Поведение человека при пожаре – это система осознанных действий незащищенного человека с целью избежать воздействия критических значений ОФП для себя и окружающих.

Как отмечалось в работе [16], в современных условиях нельзя считать процесс эвакуации работников из здания обеспеченным без решения трех взаимосвязанных и принципиально важных задач: оповещение о пожаре, обнаружение пожара, управления и организации эвакуацией. Реализация первых двух задач требует определенных временных затрат, которое окажет негативное влияние на время начала эвакуации. Решение третьей задачи в большей степени окажет влияние на характеристики формируемых людских потоков, а также на психоэмоциональное состояние людей [16].

Решение любой из вышеперечисленных задач определяется сопоставлением различных динамических процессов, происходящих при внештатной ситуации. Основные временные интервалы при возникновении пожара в здании показаны на рисунке 2.1.

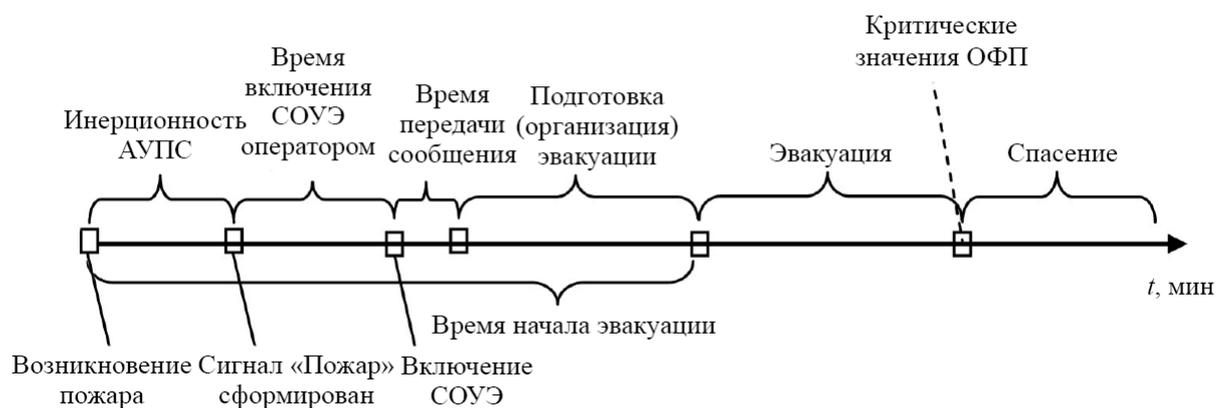


Рисунок 2.1 – Основные временные интервалы при возникновении пожара

Инерционность срабатывания АПС зависит от ее технических характеристик, а также от инженерных и архитектурных особенностей защищаемого помещения а также характеристик, имеющейся внутри помещения, пожарной нагрузки [16].

Для срабатывание теплового извещателя необходимо чтобы температура воздуха в помещении достигла критического значения. А человеку в свою очередь необходимо затратить определенное время на нажатие ручного извещателя, для того чтобы оперативно привести его в действие после своевременного обнаружения первых признаков возгорания [16].

Кроме того, при получении сигнала «Пожар» от систем АПС диспетчер не стремится к немедленному включению СОУЭ, что объясняется желанием, а зачастую и с требованием ведомственных документов [17] перепроверить сигнал и доложить о нем лицу уполномоченному принимать решения. Сам диспетчер, как правило, не принимает самостоятельного решения о незамедлительном начале эвакуации объекта по ряду субъективных причин. Причем ситуацию становится трудно, а зачастую просто невозможно спрогнозировать, если должностное лицо, уполномоченное принимать решения о начале эвакуации не находится непосредственно на месте [16].

Как считают некоторые ученые, изучающие особенности и итоговое поведения людей при пожарах далеко не всегда согласуются с реальностью. По

психофизиологическим данным интервал времени реагирования на сигнал тревоги составляет всего 0,1-0,2 с [20].

Однако проведенные эксперименты и наблюдения на реальных объектах показывают, что реакция на сигнал который может представлять смертельную опасность бывает значительно замедленной и может лежать в интервале от нескольких секунд до десятков минут [16, 27, 46].

Следует также понимать, что затрачиваемое человеком время на восприятие полученного сообщения о пожаре, может составлять порядка, 20-25 с из которых около 14-17 с уходит на осмысление текста. При этом фактические эксперименты показывают, что работники приступают к активному выполнению действий только после того как прослушают сообщение о пожаре как минимум 2 раза [16].

Подготовка к эвакуации связана с физиологическими и психологическими особенностями оповещаемых работников. Получив сигнал о пожаре, работник не начнет немедленно эвакуироваться, а выполняет ряд работ и будет стараться завершить деятельность, в которую он был полностью вовлечен, либо будет пытаться обсудить ситуацию с коллегами. Некоторые работники постараются перепроверить сигнал либо принять меры к тушению пожара и т. п., что в свою очередь потребует много времени [20, 46].

Исследования поведения людей при пожаре позволили поставить действия человека при пожаре в зависимость от трех факторов [48]:

- индивидуальных качеств человека (например, физическое состояние, подготовленность к действиям при пожаре),
- его деятельности на момент пожара (например, сон или работа за пультом оператора или персональным компьютером),
- влияния окружающей среды (например, задымление путей эвакуации, эффективность СОУЭ).

Анализ пожаров показывает, что своевременное оповещение работников о пожаре нередко является решающим фактором обеспечения безопасности работников. А при полном отсутствии оповещения многие, узнав о пожаре, не

спешат эвакуироваться а теряют время пытаются уточняют, где и что горит, собирают вещи и в результате подвергаются воздействию ОФП [16].

Данные, полученные в результате опроса более 2000 человек, приведенные в работе [20], представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные действия работников при получении сигнала «Пожар»

Характер действий работников при пожарах	Процент от числа оповещенных, %
Уход, бегство	14
Сбор материальных ценностей, отключение электроэнергии	20
Бездействие	10
Эвакуация имущества	3
Оповещение охраны, других служб объекта	25
Призыв о помощи	0
Одевание, сбор личных вещей.	20
Участие в тушении пожара	0
Совершение звонка в пожарную охрану	0
Спасение окружающих или членов семьи	0
Попытка узнать причину тревоги	2
Закрытие окон и дверей, опечатывание сейфов,	6

Анализ таблицы 2.1 показал, что действия людей при получении сигнала «Пожар» имеют разную направленность и не связаны с немедленным стремлением людей покинуть здание.

2.2 Графическое представление математической модели принятия решения о начале эвакуации при пожаре

В соответствии со статьей 2 Технического регламента [12] необходимое время эвакуации – это промежуток времени с момента возникновения пожара, до завершения процесса эвакуации в безопасную зону без причинения вреда здоровью и жизни работников в результате воздействия ОФП. Эвакуация представляет это процесс самостоятельного

организованного движения людей, в безопасную зону либо непосредственно наружу, из помещений, в которых имеется возможность прямого воздействия на работников ОФП [12].

Фактическое затраченное время эвакуации представляет собой временной промежуток, который можно разделить на три различных этапа [72, 73]. Графически это можно изобразить следующим образом (рисунок 2.2):

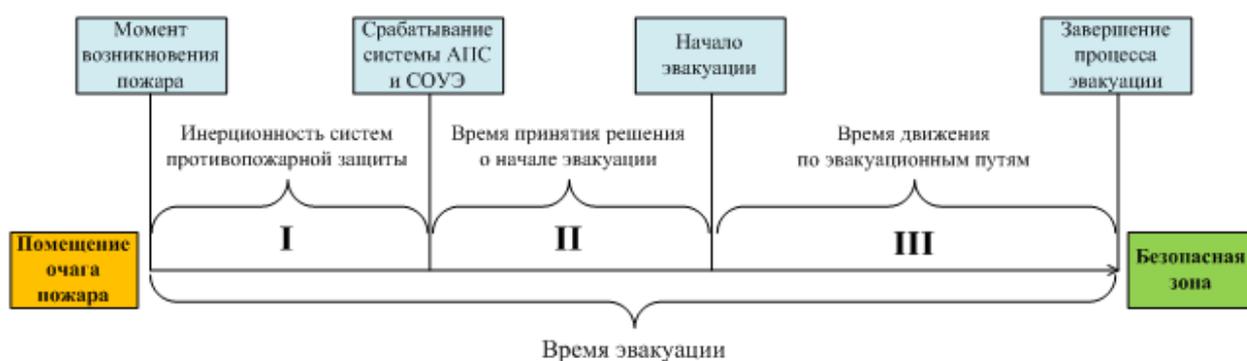


Рисунок 2.2 – Фактическое время эвакуации

Первый этап – время задержки (инерционность) АПС и СОУЭ. время Задержки системы АПС считается от момента обнаружения очага пожара до формирования управляющего воздействия [72, 73].

Второй этап – время принятия решения о необходимости начала эвакуации. Ряд специалистов в своих научных работах получили данные, доказывающие, что информация о пожаре в большинстве случаев воспринимается скептически, в результате только около 14 % от всех работников немедленно будут начинать эвакуироваться [32, 34, 43, 44, 45]. Если люди не видят непосредственных признаков развивающегося пожара такое поведение проявляется особенно ярко. Как было отмечено, первые действия людей при пожаре, как правило, связаны с желанием подготовиться к эвакуации (выключить электрооборудование, собрать вещи) проверить информацию о пожаре, обсудить информацию с коллегами и т. п., а также

имеется возможность потери чувства времени, которая часто приводит к трагическим последствиям [32, 72, 73].

Третий этап – непосредственно интервал времени движения по существующим путям эвакуации и через выходы. Процесс движения людей и эвакуации работников из зданий изучается с начала XX века во многих странах [32, 33, 34]. На начальном этапе изучения и экспериментов приоритетное внимание уделялось изучению непосредственно процесса передвижения людей [32, 33, 35-41, 72, 73, 77].

Учитывая тот факт, что процесс эвакуации работников в современных условиях представляет собой многосторонний комплекс действий, а на истинное время эвакуации влияет ряд различных факторов при реальном пожаре. Работать над сокращением общего времени эвакуации работников необходимо в разрезе и уделять внимание каждому из вышеперечисленных трех этапов [72, 73, 77].

Поведение людей при поступлении сигнала «Пожар» рассмотрено в [42, 43, 44, 45]. Этап принятия решения о необходимости начала эвакуации в работах [72, 73, 77] предлагается разделить на три различных временных промежутка:

1. Время реагирования работников на сигнал – промежуток времени от момента включения систем АПС и СОУЭ до восприятия работником сообщения о пожаре.

2. Время, затраченное на окончание выполняемых работ, в том числе с использованием персональных компьютеров.

3. Время, затраченное на подготовительные для эвакуации работы – одевания, сбор личных вещей и т. д.

Графически это изображено на рисунке 2.3.

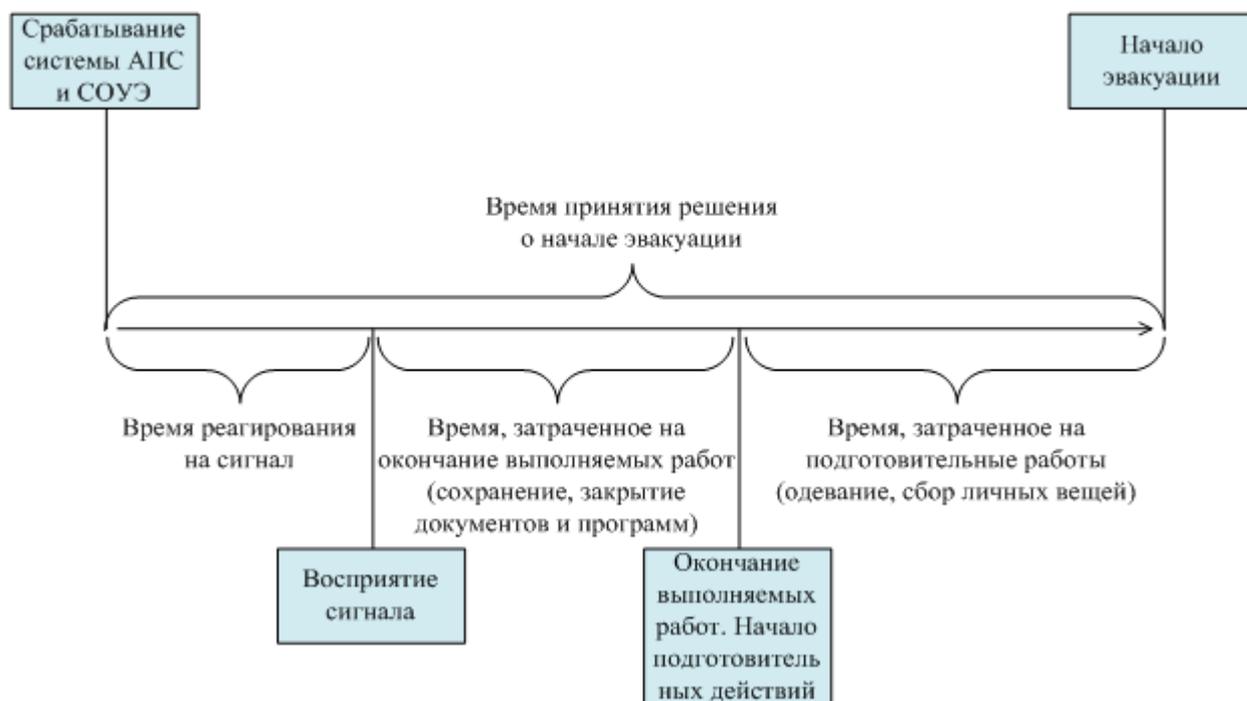


Рисунок 2.3 – Время принятия решения о начале эвакуации

Как отмечено в работах [16, 20, 42, 48], большинство работников эвакуируемых при пожаре находятся за пределами помещения очага пожара, и не имеют возможности оперативно определить момент начала пожара [72, 73, 77].

Даже действия инструктированных, подготовленных людей не всегда одинаковы. Так исследования [46] установили, что несмотря на регулярный противопожарный тренинг поведения работников при не анонсированных тренировочных эвакуациях только 37,2 % работников выполнили действия, предписываемые инструкцией при получении сигнала «Пожар», [72, 73, 77].

Остальные работники, несмотря на наличие сигнала оповещения, и признаков пожара, прежде чем начать организацию эвакуации посетителей или самостоятельно покинуть здание уточняли, соответствуют ли они действительности полученный сигнал, а также советовались с вышестоящими руководителями [42, 72, 73, 77].

Сокращение промежутка времени необходимого на принятие решения о начале эвакуации в настоящий момент является актуальной задачей для большинства зданий с большим скоплением людей, и объекты ОАО «РЖД»

тому не исключение [77]. Для решения данной задачи в современных условиях можно выделить два направления (рисунок 2.4) – выработка условного рефлекса: «тревога – немедленная эвакуация» по средствам обучения работников действиям при поступлении сигнала «Пожар»; либо использование специальных технических средств [69, 87], позволяющих принудить человека к принятию при существующей угрозе жизни и здоровья одного единственно верного решения [77].

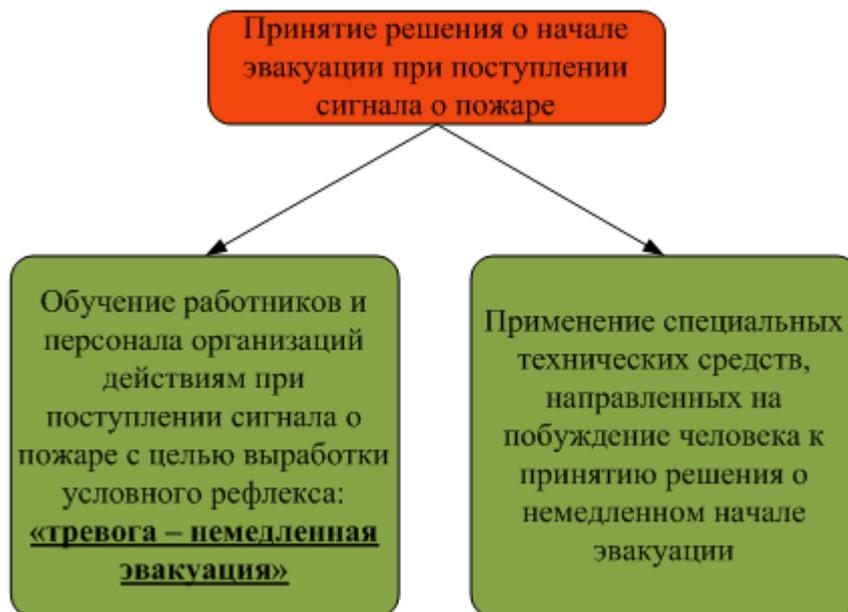


Рисунок 2.4 – Возможные методы сокращения временного интервала начала эвакуации

При проведении заранее анонсированных учений человек действует правильно и своевременно, а услышав тот же сигнал в другое время человек действует совершенно противоположно – пытается узнать, что конкретно случилось, установить правдивость сигнала, и определиться относится ли этот сигнал лично к нему или нет, а в некоторых случаях работник продолжает выполнять свои обязанности руководствуясь принципом «Сигнал ложный – меня не предупреждали» [77]. Особенно это характерно для работников, погруженных в производственный процесс [77].

В административных зданиях ОАО «РЖД» более 50 % работников заняты процессом управления перевозками, они заняты сбором, передачей и обработкой информации, выработкой и реализацией решений по управлению [77]. Так как специалистам по организации перевозок и управлению на железнодорожном транспорте в силу их функционального предназначения принадлежит ведущая роль в организации перевозочного процесса условий и методов обеспечения безопасности движения поездов, необходимо уделять особое внимание сохранности жизни и здоровья таких работников на своих рабочих местах.

Работы по второму направлению – применение различных специальных технических средств, позволяющих принудить работника к принятию единственно верного решения, на существующих объектах в Российской Федерации, в том числе в ОАО «РЖД» – практически не ведутся. Основная причина заключается в том, что в настоящее время относительно простые, но при этом эффективные технические средства отсутствуют. А их разработка и возможность дальнейшего применения должны быть обоснованы с точки зрения технической и экономической эффективности.

В связи с этим представляется необходимым разработать математическую модель, позволяющую оценить эффективность применения дублирующего способа оповещения людей о пожаре в административных зданиях ОАО «РЖД». Ввиду того, что некоторые составляющие части процесса эвакуации представляют собой в большей степени случайные величины (особенно в части начала эвакуации) для разработки математической модели целесообразно использовать различные законы распределения, с целью получения наиболее полного описания данного процесса.

На рисунке 2.5 показано графическое представление предлагаемой математической модели принятия решения о незамедлительном начале эвакуации работников ОАО «РЖД» [77].

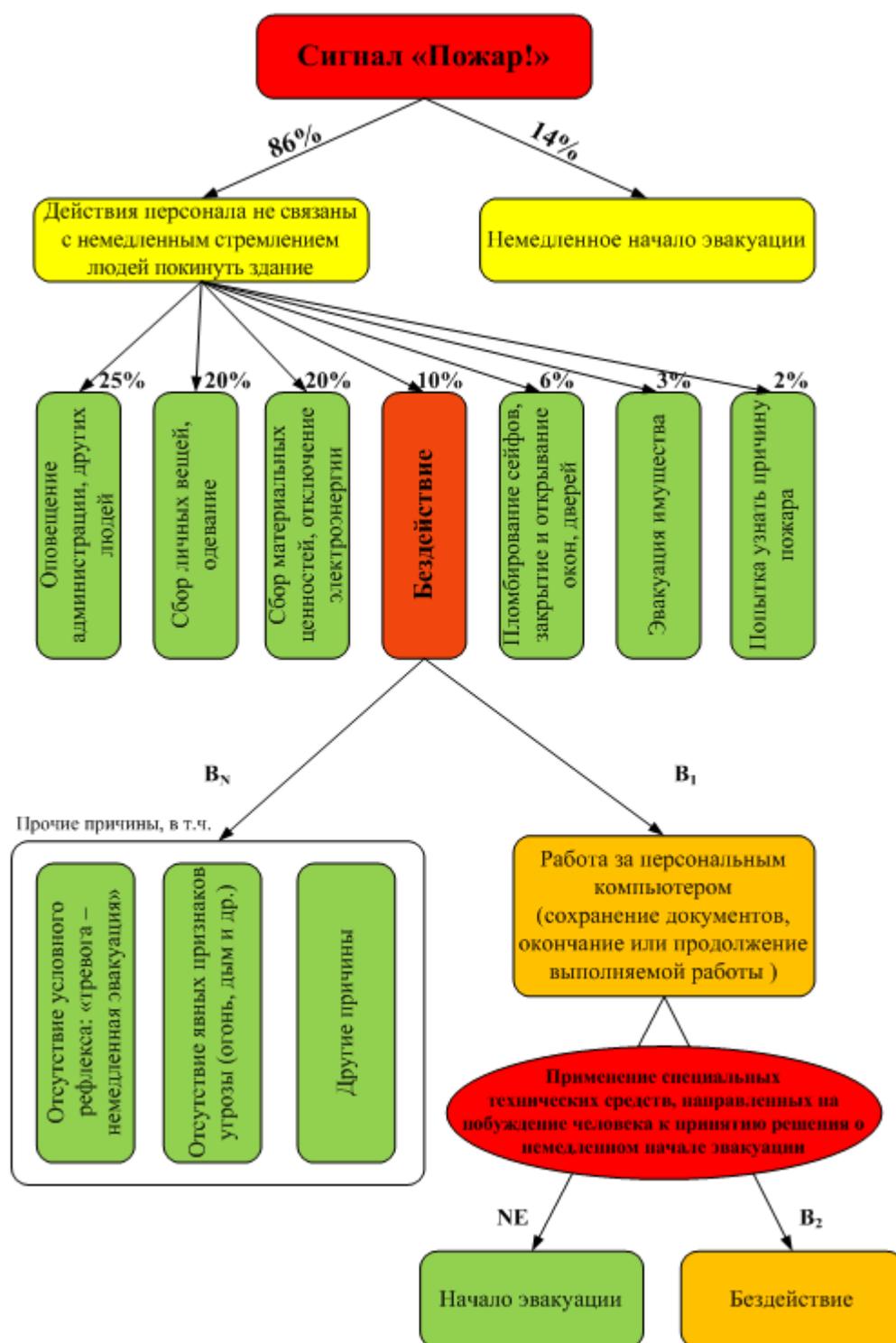


Рисунок 2.5 – Графическое представление математической модели принятия решения о начале эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД»

Согласно рисунку 2.5 86 % работников при получении сигнала «Пожар» предпринимают действия, напрямую не связанные с немедленной эвакуацией из здания, а порядка 10 % от всех присутствующих вообще

бездействуют по каким-либо причинам. Всех бездействующих при сигнале условно можно разделить на две большие категории: B_1 – работники, чьи действия связаны с выполнением определенных задач и работой на персональном компьютере, и B_N – работники, не реагирующий на сигнал о пожаре по прочим, различным причинам [77]. Применение специальных, в том числе дублирующих средств оповещения людей [87] в первую очередь направленно на работу с категорией работников B_1 . После применения данных специальных дублирующих средств категорию B_1 можно также разделить на две подгруппы: B_2 – работники, не среагировавший на сигнал даже после применения дублирующих средств оповещения, и NE – работники, приступившие к эвакуации только после получения дополнительного оповещения по дублирующему способу с использованием программного комплекса «СОУЭ-ПК».

Для выявления и оценки степени влияния информационных потоков на объекты также представляется целесообразным рассмотреть процесс информационного воздействия [50]. Информационное воздействие может быть трех видов:

1. Изменение исходных данных, которые использует система при принятии управленческих решений.
2. Воздействие на управляемую систему в процессе принятия решения.
3. Различные сочетания первых двух видов [50].

Разработка дублирующего принципа оповещения и применение специальных технических средств, направленных на принуждение человека к принятию единственно верного решения о немедленном начале эвакуации, должны основываться на анализе эффективности восприятия человеком сигналов [77]. Существующие СОУЭ по сути представляют собой комбинацию визуальных (световых) и звуковых сигналов, а относительно работников ОАО «РЖД», основной частью деятельности которых является работа на персональных компьютерах, требуется также учесть степень их вовлеченности в производственный процесс.

Сопоставление промежутка времени принятия решения о начале эвакуации (рисунок 2.2) и графического представления модели (рисунок 2.5) позволяет определить место интеграции дублирующего оповещения работников ОАО «РЖД» в систему управления процессом эвакуации людей при пожаре (рисунок 2.6) [77].

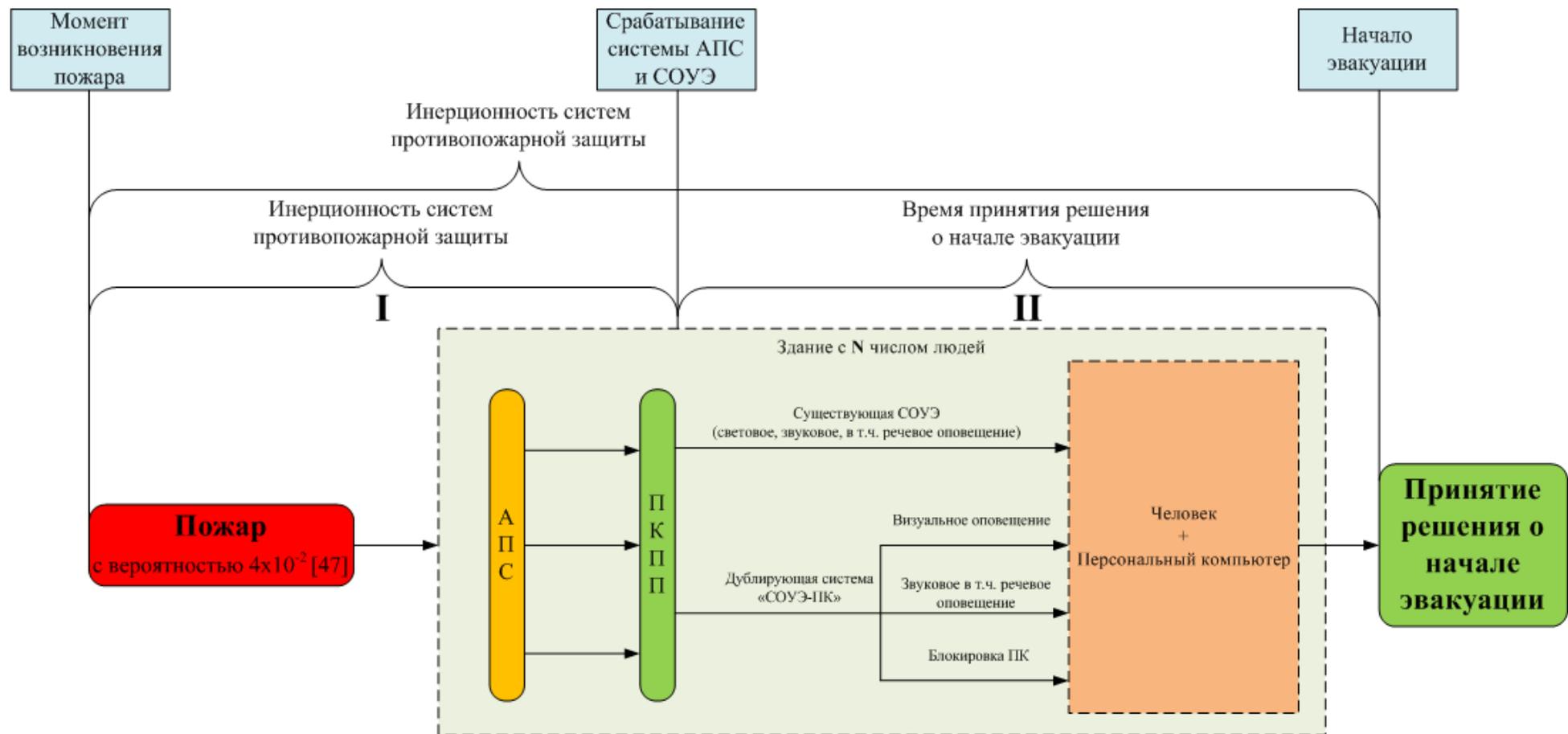


Рисунок 2.6 – Место для интеграции дублирующего оповещения в систему управления процессом эвакуации работников

Как видно из рисунка 2.6, дублирующий способ оповещения людей будет оказывать влияние на изменение времени на этапе принятия решения о начале эвакуации [77].

Процесс восприятия персоналом административных зданий ОАО «РЖД» сигнала СОУЭ «Пожар» приведен на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Восприятие персоналом административных зданий ОАО «РЖД» сигнала СОУЭ «Пожар»

Дублирующий способ оповещения будет воздействовать на людей по трем различным направлениям:

1. Визуальное оповещение с целью обновления в памяти внутренней планировки здания.
2. Дополнительное речевое оповещение с целью повышения достоверности сигнала.
3. Блокировка персонального компьютера с целью сокращения количества действий, не связанных непосредственно с эвакуацией из здания.

2.3 Имитационное моделирование процесса эвакуации с учетом времени принятия решения о начале эвакуации при пожаре

Для оценки эффективности дублирующей СОУЭ проведено натурное наблюдение за поведением людей при различных способах оповещения о пожаре.

Наблюдение проводилось в пяти различных административных зданиях, входящих в инфраструктуру ОАО «РЖД», при этом фиксировалось время реагирования на сообщение о пожаре (время принятия решения о необходимости начала эвакуации).

Оповещение работников о пожаре проводилось в одинаковое рабочее время с предварительным информированием работников в пяти административных зданиях. При этом использовались 4-е различные способа оповещения работников о пожаре:

- стандартная АПС и СОУЭ;
- стандартная АПС и СОУЭ + дублирующий способ оповещения «СОУЭ-ПК» (только звуковая составляющая);
- стандартная АПС и СОУЭ + дублирующий способ оповещения «СОУЭ-ПК» (звуковая составляющая и визуальное оповещение);

- стандартная АПС и СОУЭ + дублирующий способ оповещения «СОУЭ-ПК» (звуковая составляющая, визуальное оповещение и блокировка персонального компьютера).

При наблюдении фиксировалось время реагирования работника на сигнал о пожаре. За время реагирования работника на сигнал принимался интервал времени от момента включения системы оповещения до момента начала движения каждым отдельно взятым человеком.

Полученные временные показатели заносились в протокол.

Моделирование процесса эвакуации людей при пожаре выполнялось с использованием лицензионной программы многоагентного имитационного моделирования Pathfinder 2016, использующей управляемое поведение для моделирования передвижения людей. Программа состоит из трех модулей: графического интерфейса пользователя, моделирующей программы и программы трехмерной визуализации результатов.

Режим управления движением основан на инверсном управляемом поведении. При этом Pathfinder может естественным образом создать модель более сложного поведения как побочный продукт алгоритмов движения, устраняющий необходимость расчетов, связанных с образованием очередей перед дверями и плотностью потока.

Движение людей происходит по навигационной сетке, которая представляет собой сложную одностороннюю поверхность, созданную на основании поэтажных планов исследуемых административных зданий ОАО «РЖД». Каждый человек в Pathfinder придерживается пути, соединяющего его текущее местоположение с точкой, соответствующей его текущей цели (ближайшим эвакуационным выходом). В процессе моделирования регулируется траектория движения человека. Учитываются такие факторы, как столкновение с другими людьми, что может явиться причиной отклонения человека от его предполагаемой траектории движения, но передвижение человека по-прежнему приближенно соответствует выбранному им пути. Если расстояние между человеком и

ближайшей точкой, находящейся на пути, превышает пороговое значение, для адаптации к новой ситуации путь прокладывается заново.

Для проведения расчетов программа реализует математическую модель индивидуально-поточного движения работников из здания. Данная математическая модель, подробно описанная в приложении 3 к Методике [47], была адаптирована к применению при имитационном моделировании в исследуемых зданиях. Ниже приведены основные положения, принятые для административных зданий ОАО «РЖД».

Так, согласно [47] все пути эвакуации структурируются на отдельные эвакуационные участки с шириной b и длиной a . Ширина и длина каждого отдельного участка пути эвакуации принимаются по фактическому расположению..

За габариты работника в [47] принимается эллипс с размерами по осям 0,5 м x 0,25 м.

Задаются координаты расположения каждого работника x_i – расстояние от оси эллипса до конечной точки эвакуационного участка, на котором он находится [47].

Координаты каждого работника $x_n^{t=0}$ в момент времени задаются в соответствии со схемой расположения рабочих мест в помещениях [47].

Координата каждого работника административного здания в момент времени t определяется по формуле:

$$x_i(t) = x_n^{t=0} + V_i(t) \cdot (t_{\text{движ}} + t_{\text{нач.эвак}}) \quad , \quad (2.1)$$

где $x_n^{t=0}$ – координата i -го работника в предшествующий момент времени, м;

$V_i(t)$ – средняя скорость i -го работника к моменту времени t , м/с;

$t_{\text{движ}}$ – время движения по пути эвакуации, с;

$t_{\text{нач.эвак}}$ – время начала эвакуации, с.

Скорость $V_i(t)$ в момент времени t определяется в зависимости от значения локальной плотности потока, в котором он движется, $D_i(t)$ и типа эвакуационного участка по таблице П2.1 приложения 2 к Методике [47].

Используя математический аппарат регрессионного анализа и статистическую систему STATGRAPHICS for Windows на основании данных таблицы П2.1, была получена следующая математическая закономерность:

$$V_i(t) = \exp(4,58827 - 2,11151 \cdot D_i(t)). \quad (2.2)$$

Коэффициент корреляции при этом составил 0,9953.

Локальная плотность $D_i(t)$ вычисляется по группе, состоящей из n человек, по следующей формуле:

$$D_i(t) = \frac{(n(t)-1) \cdot f}{(b \cdot \Delta x)}, \text{ м}^2/\text{м}^2, \quad (2.3)$$

где n – количество работников в группе, чел.;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, $\text{м}^2/\text{м}^2$;

b – ширина расчетного эвакуационного участка, м;

Δx – разность координат последнего и первого человека в группе, м. [47].

Таким образом, итоговая математическая зависимость адаптированной математической модели, позволяющая определить координаты каждого работника, будет иметь следующий вид:

$$x_i(t) = x_n^{t=0} + \exp\left(4,58827 - 2,11151 \cdot \frac{(n(t)-1) \cdot f}{(b \cdot \Delta x)}\right) \cdot \sum (t_{\text{реагир}}^i; t_{\text{окончание работ}}^i; t_{\text{подгот работ}}^i; t_{\text{движ}}^i), \quad (2.4)$$

где $x_n^{t=0}$ – координата i -го работника в предыдущий момент времени, м;

n – количество людей в группе, чел.;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, $\text{м}^2/\text{м}^2$;

b – ширина эвакуационного участка, м;

Δx – разность координат последнего и первого работника в группе, м;

$t_{\text{реагир}}^i$ – время реагирования на сигнал, с;

$t_{\text{окончание работ}}^i$ – время, затраченное на завершение выполняемых работ, с;

$t_{\text{подгот работ}}^i$ – время, затраченное на некоторые подготовительные для эвакуации работы, с;

$t_{\text{движ}}^i$ – время движения по эвакуационным путям, с.

Согласно положений методики [47] если в момент времени t координата работника $x_i(t)$, определенная по формуле (2.4), станет отрицательной – это будет означать, что работник достиг границы текущего эвакуационного участка и должен перейти на следующий расчетный участок [47].

В этом случае координата этого работника на следующем эвакуационном участке определяется:

$$x_u(t) = [x_i(t - dt) - V_i(t) \cdot dt] + a_j - l_j, \text{ м} \quad (2.5)$$

где $x_i(t - dt)$ – координата i -го работника в предыдущий момент времени на $(j-1)$ расчетном участке, м;

$V_i(t)$ – скорость i -го работника на $(j-1)$ -м расчетном участке в момент времени t , м/с;

a_j – длина j -го расчетного участка, м;

l_j – координата места слияния j -го и $(j-1)$ -го расчетных участков – расстояние от начала j -го расчетного участка до места слияния его с $(j-1)$ -м расчетным участком, м. [47].

Согласно методики [47] количество работников, переходящих с одного расчетного участка на другой в единицу времени, определяется пропускной способностью выхода с расчетного участка $Q_j(t)$:

$$Q_j(t) = \frac{q_j(t) \cdot c_j \cdot dt}{(f \cdot 60)}, \text{ чел.} \quad , \quad (2.6)$$

где $q_j(t)$ – интенсивность движения на выходе с j -го расчетного участка в момент времени t , м/мин;

c_j – ширина выхода с j -го расчетного участка, м;

dt – промежуток времени, с;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м².

Согласно методики [47] интенсивность движения на выходе с j -го расчетного участка $q_j(t)$ в момент времени t определяется в зависимости от плотности людского потока на этом расчетном участке $Dv_j(t)$.

Плотность людского потока на j -м расчетном участке $Dv_j(t)$ в момент времени t определяется по формуле :

$$Dv_j(t) = \frac{(N_j \cdot f \cdot dt)}{a_j \cdot b_j}, \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (2.7)$$

где N_j – число работников на j -м расчетном участке, чел.;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 ;

a_j – длина j -го расчетного участка, м;

b_j – ширина j -го расчетного участка, м;

dt – промежуток времени, с. [47].

В момент времени t определяется количество работников m с отрицательными координатами $x_i(t)$, определенными по формуле (2.4) [47].

Приведенные выше закономерности, описывающие параметры движения людей при эвакуации, применимы для математического моделирования процесса эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД».

Вывод по главе 2

1. Сокращение временного интервала необходимого на принятие решения о начале эвакуации – необходимая задача для административных зданий ОАО «РЖД», так как это позволит существенно снизить фактическое время эвакуации работников из здания.

2. Одним из возможных средств, направленных на принуждение работника к принятию решения о немедленном начале эвакуации, является дублирование оповещения о пожаре. Дублирование сообщения о пожаре может происходить по существующим в административных зданиях каналам связи, в частности локально-вычислительной сети.

3. Для анализа поведения работников административных зданий ОАО «РЖД» при различных способах оповещения о пожаре необходимо провести

имитационное моделирование процесса эвакуации людей на основе фактических данных, полученных в результате натурального наблюдения.

4. Произведена адаптация математической модели реализующей индивидуально-поточное движение работников из здания для имитационного моделирования в исследуемых зданиях.

3 РАЗРАБОТКА ДУБЛИРУЮЩЕГО СПОСОБА ОПОВЕЩЕНИЯ РАБОТНИКОВ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ ОАО «РЖД» О ПОЖАРЕ

На крупных административных зданиях (управления дорог, ДЦУП и т. д.) ОАО «РЖД» существует огромное количество различных программно-аппаратных комплексов, которые выполняют свои индивидуальные функции. Ряд из них направлен на управление процессом перевозок, диспетчеризации, сигнализации, связи. Отдельно существуют системы, основной функцией которых является обеспечение безопасности на транспорте. При различиях в функциональных назначениях у всех этих систем есть одна общая особенность – все системы работают в локальной сети.

Как отмечено в работе [49], локально-вычислительная сеть ОАО «РЖД» объединяет технические средства передачи и обработки информации центрального аппарата, филиалов и железных дорог ОАО «РЖД» и ряда других информационных ресурсов [77].

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) на аппаратном уровне представляет собой совокупность средств вычислительной техники, в том числе персональных компьютеров пользователей, объединенных с помощью сетевых адаптеров и кабелей и работающих под централизованным управлением сетевой операционной системы. При этом каждое устройство в сети соединяется с помощью специальных адаптеров и кабелей, таким образом, связывают все оборудование в единую локальную сеть. Персональный компьютер, подключенный к локально-вычислительной сети, в зависимости от осуществляемых им функций называется рабочей станцией или сервером, [68]. Применение, при построении локально-вычислительных сетей, технологии «клиент-сервер» позволяет наиболее рационально использовать ресурсы ЛВС.

Типовая структура ЛВС, применяемая в административных зданиях ОАО «РЖД» показана на рисунке 3.1.

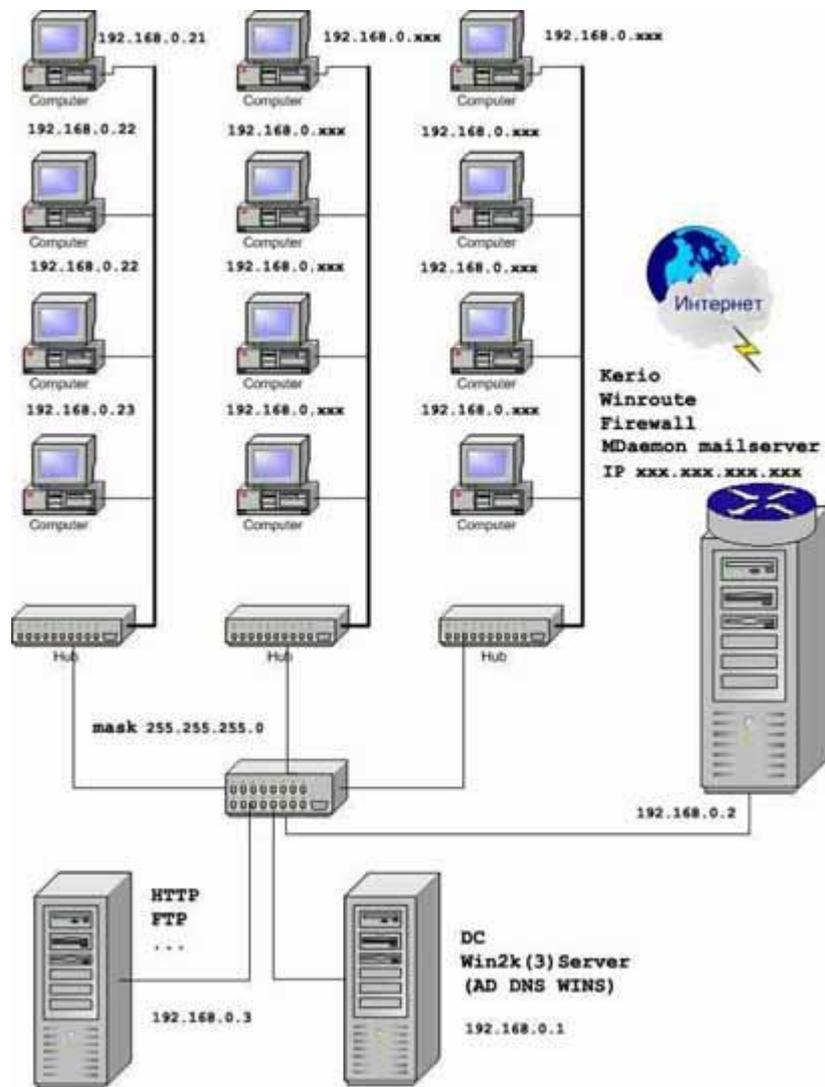


Рисунок 3.1 – Типовая структура ЛВС, применяемая в административных зданиях ОАО «РЖД»

Наиболее распространенная модель взаимодействия компьютеров в сети это – «Клиент-сервер». Компьютеры, как правило, не являются равноправными. Каждый из них имеет свое, предназначение отличное от других и выполняет свою строго определенную функцию. Некоторые персональные компьютеры в ЛВС распоряжаются информационно-вычислительными ресурсами и обладают такими из них как база данных, процессоры, почтовая служба, файловая система, служба печати. Другие компьютеры имеют возможность только обращаться к этим

ресурсам, пользуясь услугами первых. Компьютер, управляющий различными ресурсами, принято называть сервером этого ресурса, а компьютер, желающий им пользоваться, – клиентом. Конкретный сервер определяется видом ресурса, которым он обладает [68]. Так, если ресурсом выступают базы данных, то речь идет о сервере баз данных, который в свою очередь обслуживает запросы клиентов, связанные с обработкой данных. Если ресурс представляет собой файловую систему, то говорят о файловом сервере (файл-сервере), и т. п. В ЛВС один и тот же компьютер, в зависимости от выполняемых задач, может выполнять задачи, как клиента, так и сервера[68].

3.1 Взаимодействие ЛВС и систем пожарной автоматики (АПС и СОУЭ)

ЛВС имеет несколько возможных структур, но одна общая особенность заключается в том, что каждое рабочее место связано с другими по довольно надежному каналу связи и имеет свой «адрес в сети» – IP-адрес. Надежности функционирования данного канала связи (ЛВС) в настоящее время в ОАО «РЖД» уделяется огромное внимание, зачастую даже большее, чем системам противопожарной защиты.

Структурно-логическая схема дублирующего способа оповещения людей при пожаре в административных зданиях ОАО «РЖД» изображена на рисунке 3.2 и заключается в том, что при проектировании и прокладке ЛВС в административных зданиях ОАО «РЖД» работа данной ЛВС будет технически увязана с работой (получением и обработкой сигналов) систем АПС и СОУЭ по средствам применения аппаратного решения [69, 70].

Взаимосвязь данных систем (АПС и СОУЭ) предусматривает установку специального программного обеспечения – «Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре-ПК «СОУЭ-ПК»», позволяющего при получении от приемно-контрольного прибора АПС (3 на рисунке 3.2), по средствам линии

связи (шлейфа сигнализации 6 на рисунке 3.2) сигнала о пожаре, осуществить дублирование данного сигнала о пожаре на все персональные компьютеры (4 на рисунке 3.2), подключенные к локально вычислительной сети.

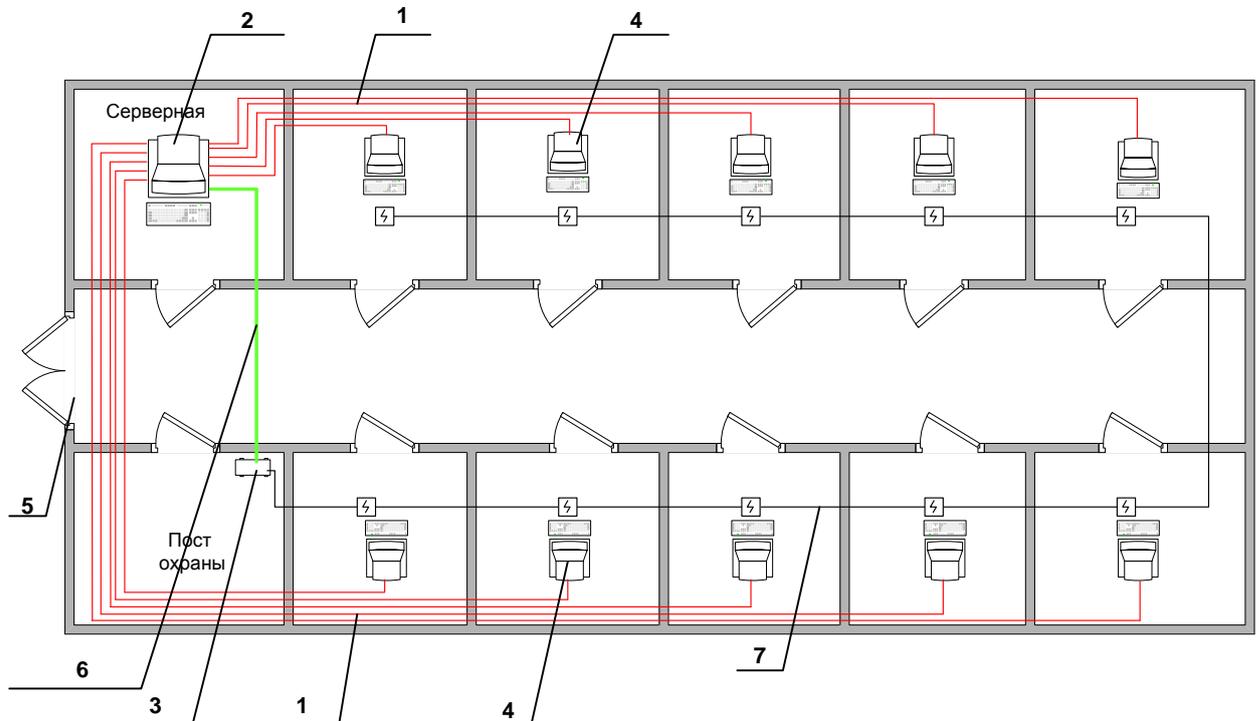


Рисунок 3.2 – Структурно-логическая схема разработанного способа дублирующего оповещения работников оборудованных локально вычислительной сетью: 1 – ЛВС, 2 – серверный компьютер, 3 – приемно-контрольный прибор пожарной сигнализации (ПКПП), 4 – установленный на рабочем месте пользователя персональный компьютер, 5 – ближайший эвакуационный выход, 6 – линия связи ПКПП и серверного компьютера, 7 – шлейф АПС

Для реализации предлагаемого дублирующего способа оповещения людей при пожаре необходимо связать системы СОУЭ и ЛВС через аппаратное решение и установить на персональные компьютеры программный комплекс «СОУЭ-ПК».

Дублирование сигнала происходит путем дополнительного визуального и звукового оповещения пользователя персонального компьютера.

Визуальное оповещение реализуется путем вывода на монитор графического сообщения о пожаре, планировки этажа с указанием мест

расположения пользователя (определяемое по IP-адресу персонального компьютера) и ближайшего эвакуационного выхода.

Дублирующее звуковое оповещение реализуется посредством встроенного в программу аудиомодуля и может включать в себя любой звуковой ряд, воспроизводимый через колонки персонального компьютера пользователя.

Также в программном комплексе «СОУЭ-ПК» предусмотрено решение, позволяющее осуществить блокировку персонального компьютера пользователя с целью недопущения дальнейшей работы на нем, тем самым дополнительно принудить пользователя к эвакуации.

На сегодняшний день наиболее популярным и широко применяемым в административных зданиях ОАО «РЖД» приемно-контрольным прибором АПС является прибор С2000 (Болид).

Пульт управления и контроля охранно-пожарный «С2000М» предназначен для работы в составе систем АПС, индикации тревог и управления автоматикой, для сбора информации с приборов и контроля состояния системы, ведения протокола возникающих в системе событий. Прибор объединяет подключенные к нему элементы в одну систему, обеспечивая их функциональное взаимодействие между собой. Для связи с сервером ЛВС здания С2000 использует широко распространенный интерфейс Ethernet 10/100Base-T.

Также динамично увеличивается количество административных зданий ОАО «РЖД», автоматическая пожарная сигнализация которых построена на базе приемно-контрольных приборов «Стрелец», которая интегрируется с подсистемами автоматизации зданий, используя для обмена протокол промышленного стандарта LonWorks ANSI/EIA 709.1 / EN 14908.

Трансляция интерфейса RS-485 по локальной вычислительной сети

Возможна работа системы «СОУЭ-ПК» по сети Ethernet с использованием устройств передачи данных (например, NPORT Express DE-311 фирмы Moха Technologies Co). В качестве пульта были использованы С2000 v. 1.23 и АРМ «Орион» выпуск 7 и выше.

NPORT Express DE-311 осуществляет передачу данных по 10-100 Мегабитному Ethernet каналу, при этом NPORT подключается к существующей ЛВС. Передача сообщений производится с применением сетевого оборудования ЛВС.

Настройка режима NPORT Express DE-311, конфигурация, а также работа серийного порта и IP-адреса осуществляются по ЛВС с помощью, входящей в состав ПО для NPORT Express DE-311, специальной программы.

Для осуществления передачи сообщений по ЛВС необходимо следующее оборудование:

1. Устройства передачи данных NPORT Express DE-311- (один подключается со стороны опрашивающего устройства, другие – со стороны веток приборов).

2. Компьютер не ниже Pentium III-855Mhz/Ram 128Mb с Microsoft Windows 2000 с установленным АРМ «Орион» КД выпуск 7.

3. Приборы системы «Орион».

Характеристики NPORT Express DE-311

Системные:

Процессор: 16-бит. Память: 512 КБ. Разъем: DB9 (розетка).

Сетевые:

- LAN: 100Base-TX(10/100Mбnr);

- скорость передачи данных по Ethernet 10/100 Мбит.

Режимы работы:

- NPORT Express DE-311;

- TCP сервер; -TCP клиент;

- IP-соединение пары;

-Ethernet Modem.

Серийный порт:

RS-232/422/485.

Фирма: Моха Technologies Co., (Тайвань).

Варианты интеграции программного продукта «СОУЭ-ПК» в существующую систему АПС и СОУЭ

1. Сетевой контроллер (АРМ «Орион» или «С2000» v 1.23) подключается к NPORT Express DE-311 через RS-232, на выходе также RS-232, поэтому для преобразования в RS-485 использован «С2000-ПИ».

Настройки NPORT Express DE-311:

Последовательный порт: RS-232.

Режим: IP-соединение.

Настройки порта RS-232:

Биты данных – 8;

Скорость – 9600;

Стоповые биты – 1;

Использование буфера FIFO – включено.

Четность – Нет;

Управление потоком – Нет;

Все настройки NPORT Express DE-311 производятся по ЛВС с помощью программ Configurator, входящих в программный пакет, поставляемый с NPORT Express DE-311.

Схема подключения приведена на рисунке 3.3.

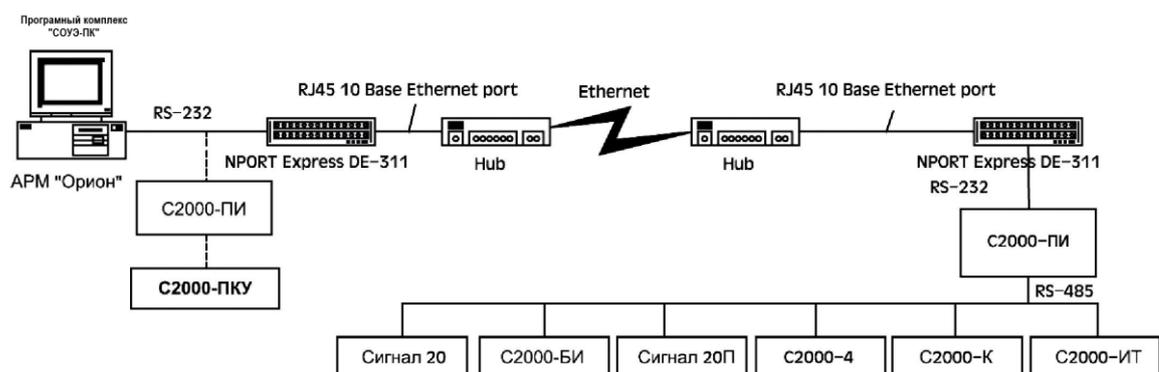


Рисунок 3.3 – Схема подключения

Со штатными настройками задержки ожидания ответа на запрос работоспособность системы не обеспечивается.

NPORT Express DE-311 передает пакет данных примерно через каждые 25-30 мсек в одну сторону. Поэтому для работоспособности системы необходимо выставить для опрашивающего устройства задержку ожидания ответа на запрос, равную 75 мсек.

Для АРМ «Орион» необходимо установить параметр TimeoutConstant = 75 в реестре ПК по пути HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\BOLID\ORION\RS.

Для «С2000» ПКУ v 1.23 программой RS-485 Setting для параметра «Таймаут ожидания ответа при поиске» установить значение = 70 мсек.

При данных настройках качество обменов 100 %, но скорость составляет не более 18-20 обменов в секунду.

2. Сетевой контроллер (АРМ «Орион» или «С2000» v 1.23) подключается к NPORT Express DE-311 через RS-485, на выходе также RS-485.

Настройки NPORT Express DE-311:

Последовательный порт: RS-485.

Режим: IP-соединение пары.

Для АРМ «Орион» необходимо установить параметр TimeoutConstant = 75 в реестре ПК по пути HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\BOLID\ORION\RS.

Для «С2000» ПКУ v 1.23 программой RS-485 Setting необходимо выставить следующие задержки:

Пауза перед ответом по RS-485 – 10

Пауза перед ответом по RS-232 – 0

Пауза перед сеансом без изменения направления – 10

Пауза перед сеансом со сменой направления – 10

Пауза после общей команды – 10

Таймаут для ответа на запрос – 300

Таймаут для ответа на команду – 600 T

Таймаут для ответа при поиске – 70

В связи с определенными особенностями работы NPORT Express DE-311, для обеспечения стабильных обменов в системе, необходимо подтягивать уровень

сигнала в RS-485 к 5 В. Это можно обеспечить по следующим схемам (рисунок 3.4).

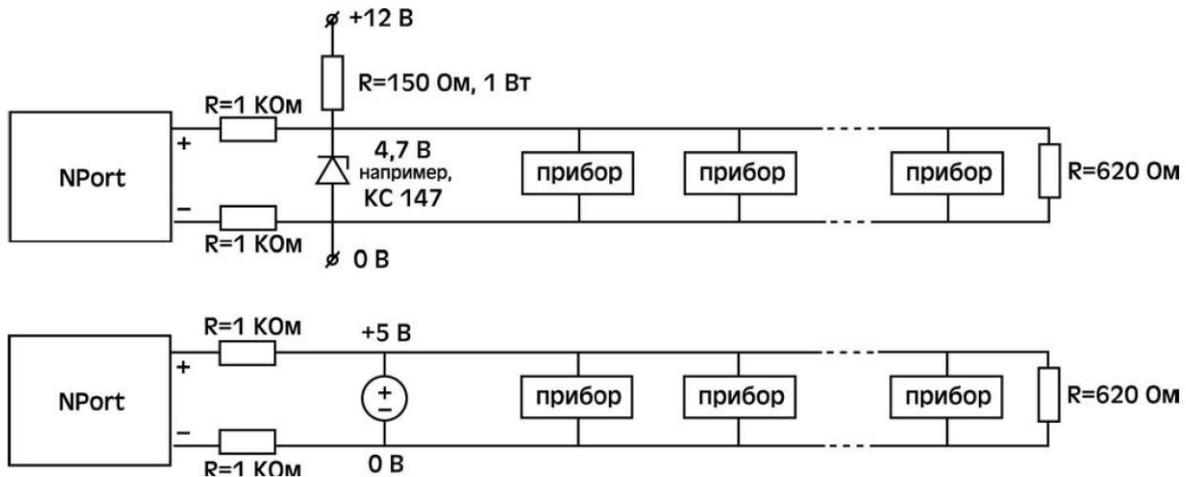


Рисунок 3.4 – Схема обеспечения стабильных обменов в системе

Со стандартной задержкой ответа для штатных приборов (1-2 мсек) система не успевала переключиться с передачи на прием (в ответе прибора отсутствовало, как правило, несколько байт). Поэтому был применен прибор «Сигнал-20П» версии 1.70 с настраиваемой задержкой ответа. При установке задержки ответа = 10 мсек удалось добиться качественных стабильных обменов в системе.

При данных настройках качество обменов 100 %, но скорость составляет не более 12-15 обменов в секунду. Схема подключения приведена на рисунке 3.5.

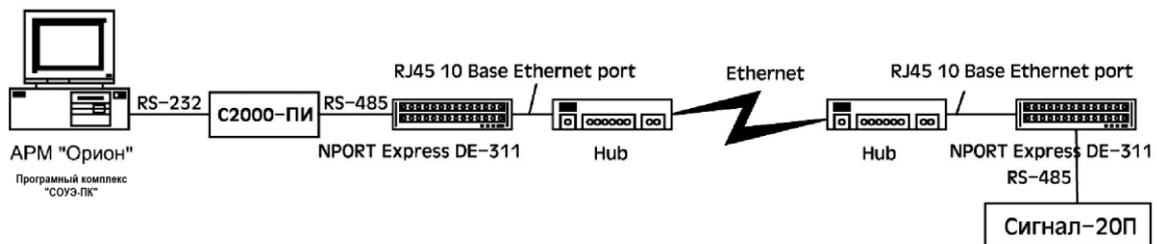


Рисунок 3.5 – Схема подключения

3. Сетевой контроллер (АРМ «Орион» или «С2000» v 1.23) подключается к NPORT Express DE-311 через RS-232, на выходе RS-485.

Настройки NPORT Express DE-311:

Режим: IP-соединение пары.

Последовательный порт (со стороны опрашивающего устройства): RS-232.

Последовательный порт (со стороны приборов): RS-485.

Схема подключения приведена на рисунке 3.6.

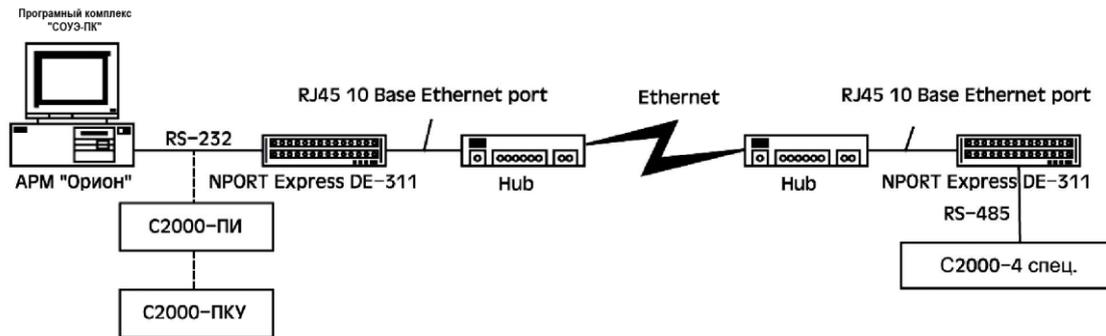


Рисунок 3.6 – Схема подключения

При таком соединении система не работоспособна.

Два NPORT Express DE-311 не могут быть использованы как преобразователи RS232/RS485 (на входе и выходе соответственно) или наоборот.

4. Сетевой контроллер подключается на входе и выходе через интерфейс RS-232 и на входе и выходе через интерфейс RS-485 для протокола АРМ «Орион Про».

Схемы подключения приведены на рисунках 3.7 и 3.8.

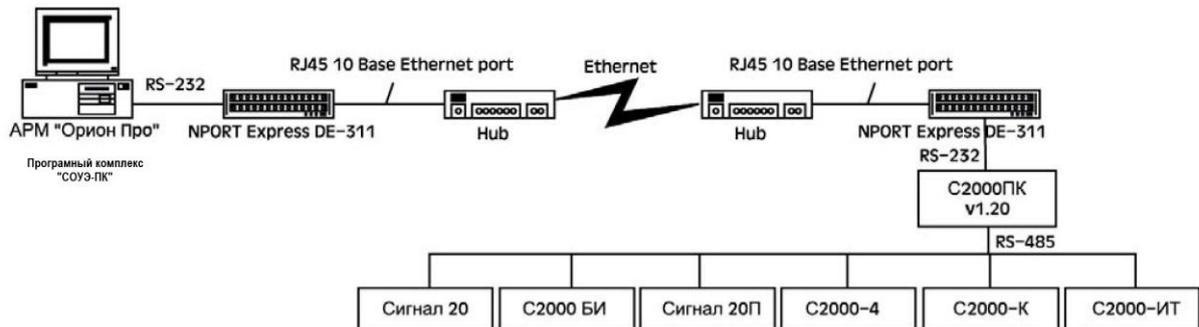


Рисунок 3.7 – Схема подключения

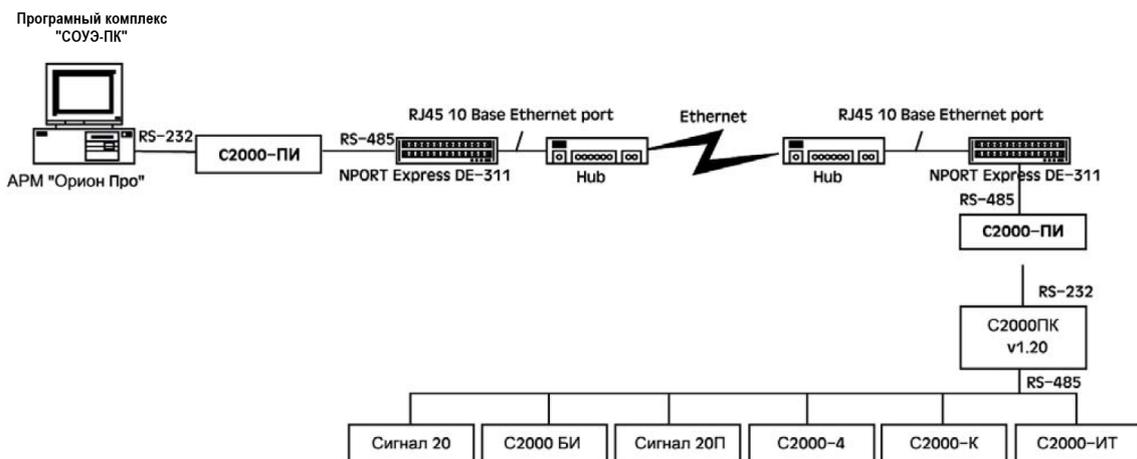


Рисунок 3.8 – Схема подключения через С2000

При настройках задержки ожидания ответа для АРМ «Орион Про» = 75 мсек (в АРМ) удастся добиться 100 % качества обменов, при этом скорость обменов составляет не более 20-25 обменов в секунду.

3.2 Описание программного комплекса «СОУЭ-ПК»

Программный комплекс «СОУЭ-ПК» представляет собой два самостоятельных программных решения – серверная и клиентская часть, находящихся под централизованным администрированием серверной части

программы, установленной на компьютере системного администратора сети (сервере).

Серверная часть программного комплекса «СОУЭ-ПК» (рисунок 3.9) представляет собой программу, написанную на языке Delphi, что позволяет программе работать не только на персональных компьютерах под управлением операционной системы Windows.

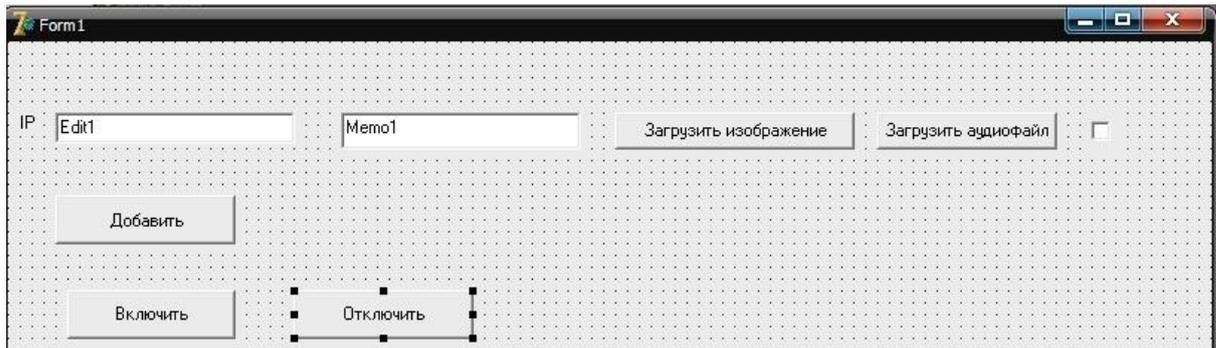


Рисунок 3.9 – Вид рабочего окна серверной части программного комплекса «СОУЭ-ПК»

Серверная часть предназначена для подключения клиентов к дублирующей системе оповещения путем указания IP-адресов необходимых персональных компьютеров. Для каждого IP-адреса предусмотрено поле ввода привязанного комментария (рисунок 3.10), что позволяет указать место расположения данного персонального компьютера (например: кабинет 212).

Кнопка «Загрузить изображение» позволит привязать к каждому IP-адресу графическое изображение, разработанное индивидуально для каждого этажа, помещения или рабочего места. Реализация данной функции позволит в момент оповещения определить каждому пользователю свое местоположение относительно ближайших эвакуационных путей и выходов. При интеграции данной системы в АПС адресного типа (позволяющее определить место срабатывания извещателя – место очага пожара) и установки персонального компьютера пользователя на этаже пожара, на данном графическом сообщении возможно указание места установки сработавшего извещателя. Что позволит

исключить движение (эвакуацию) людей в сторону очага пожара или в сторону заблокированного очагом эвакуационного выхода и еще до выхода из помещения позволит человеку принять решение о том, какой из имеющихся эвакуационных выходов он будет использовать для эвакуации из здания.

Кнопка «Загрузить аудиофайл» позволит привязать к каждому IP-адресу индивидуальный звуковой ряд от простого звука сирены до предварительно записанного речевого оповещения о пожаре, например: «Внимание! В здании пожар! Всем немедленно покинуть здание, используя ближайшие эвакуационные выходы, указанные на схеме!» Также возможно воспроизведение данного речевого аудиоряда на любом иностранном языке, например: «Attention! In the building the fire! All immediately to leave the building, using the next emergency exits specified on the scheme!» Данное речевое оповещение будет воспроизводиться через колонки, подключенные к персональному компьютеру, неограниченное количество раз.

Кнопка «Добавить» реализует возможность подключения неограниченного количества IP-адресов пользователей, подключенных к ЛВС административного здания ОАО «РЖД».

Кнопки «Включить»/«Выключить» предназначены для перевода программного комплекса «СОУЭ-ПК» в дежурный режим.

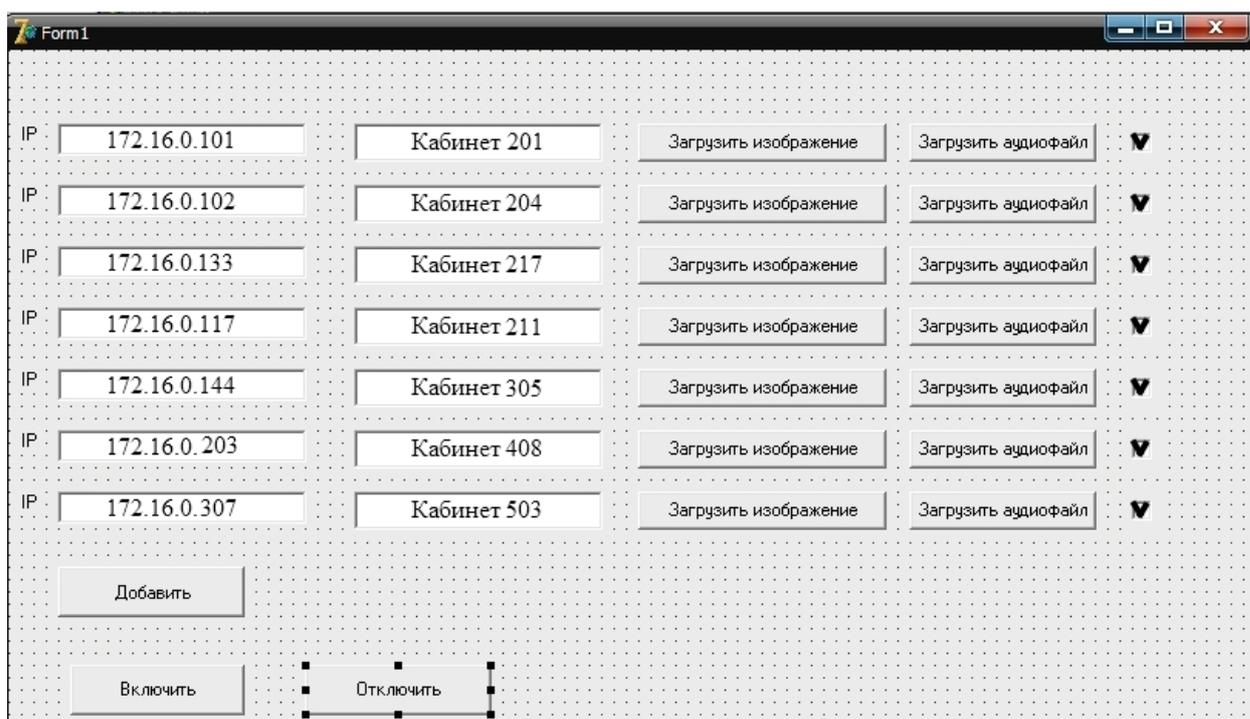


Рисунок 3.10 – Вид рабочего окна серверной части программного комплекса с введенными IP-адресами и комментариями

Клиентская часть программного комплекса «СОУЭ-ПК» также написана на языке программирования Delphi и представляет собой небольшую программу, устанавливаемую на каждом персональном компьютере, подключенном к ЛВС. Запуск данной программы в дежурный режим осуществляется автоматически при загрузке персонального компьютера. Программа работает скрытно, не оказывая влияние на работу пользователя, и при этом на поддержание ее в дежурном режиме не требуется использование больших мощностей персонального компьютера.

При подключении серверной частью программы IP-адреса персонального компьютера, на котором установлена клиентская часть, на компьютер пользователя подгружаются необходимые файлы (изображение и аудиоряд).

При срабатывании системы АПС и СОУЭ здания серверная часть программного комплекса «СОУЭ-ПК» в соответствии с перечнем указанных IP-адресов активирует клиентские части программы на рабочих местах пользователя. Которые в свою очередь уже выводят дублирующие сигналы оповещения на монитор и колонки персонального компьютера пользователя. Тем самым

оповещают индивидуально каждого работника, находящегося в данный момент на рабочем месте, оборудованном персональным компьютером.

Включенный в состав клиентской части программы модуль блокирования персонального компьютера, активируемый также по команде с серверной части, осуществляет блокировку основных устройств ввода/вывода (клавиатура, мышь и т. д.). На рисунке 3.11 показан внешний вид рабочего стола заблокированного компьютера пользователя.

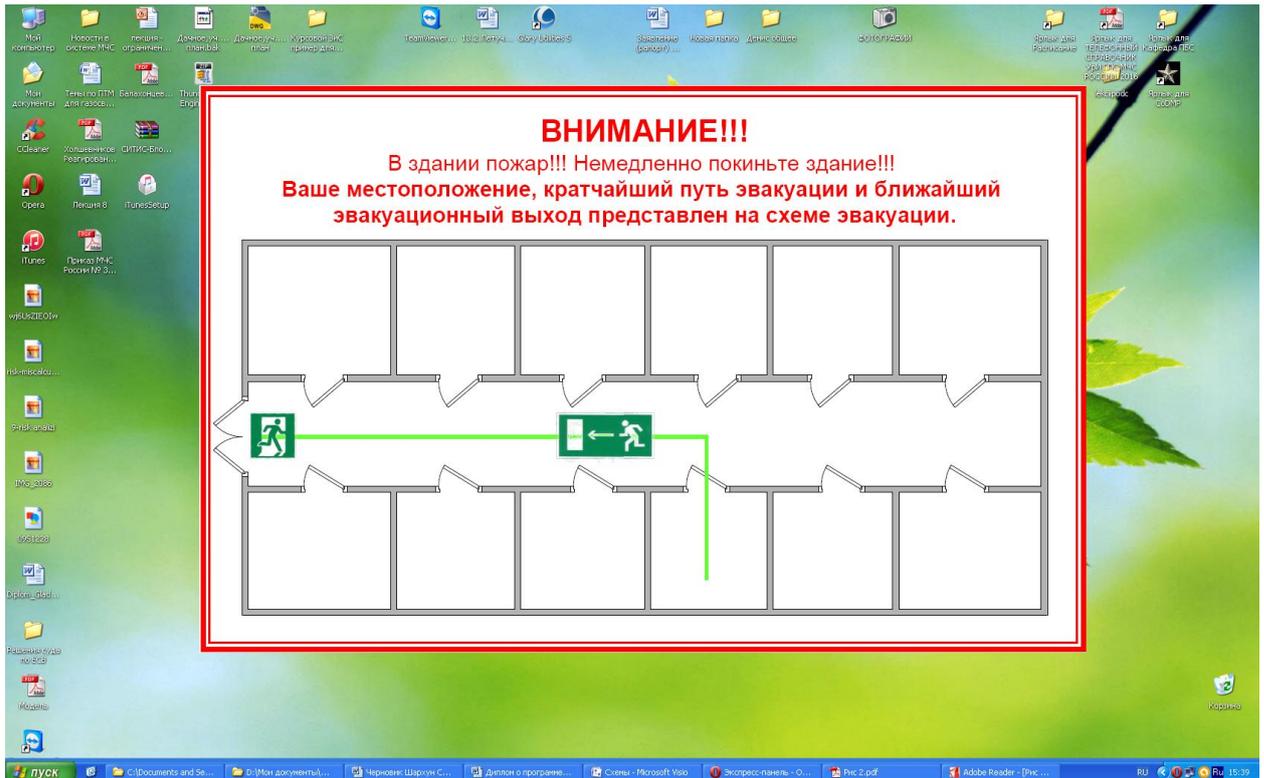


Рисунок 3.11 – Вид рабочего стола заблокированного компьютера пользователя

Следует отметить, что достоинством предлагаемого программного комплекса является возможность многоразового применения, устройство его без существенных финансовых затрат, а также невозможность самостоятельного снятия блокировки пользователем персонального компьютера.

Вывод по главе 3

1. Предлагаемый дублирующий способ оповещения «СОУЭ-ПК» возможно интегрировать в существующие в административных зданиях ОАО «РЖД» системы оповещения, в том числе на базе различных устройств. Для работы устройств передачи данных NPORT Express DE-311 и системы «СОУЭ-ПК» по Ethernet каналу имеется возможность подключения по интерфейсам RS-485 и RS-232. Для работы системы с пультом С2000 необходимо использовать пульт версии 1.23 с настраиваемыми задержками. Для работы по Ethernet каналу на входе и выходе RS-485 для приемно-контрольных приборов необходимо увеличить паузы перед ответами. Это возможно с новыми версиями устройств ИСО «Орион», которые поддерживают возможность настраивать задержки ответа. Для работоспособности ИСО «Орион» должен быть предусмотрен канал связи RS-232 либо RS-485, конфигурация RS 232/485 невозможна.

2. Программный комплекс «СОУЭ-ПК» позволяет качественно дополнить существующую систему оповещения. Использование визуальной и речевой части дублирующего способа позволяет увеличить степень восприятия и достоверность сигнала «Пожар» в административных зданиях ОАО «РЖД».

3. Реализованная функция блокировки персонального компьютера пользователя позволяет исключить продолжение выполняемых работником действий и принудить его к незамедлительному началу эвакуации.

4. Внедрение дублирующего способа оповещения «СОУЭ-ПК» в систему противопожарной защиты административных зданий ОАО «РЖД» не требует значительных финансовых и трудовых затрат, учитывая наличие технической составляющей в любом современном административном здании.

5. Поддержание данного комплекса в работоспособном состоянии не потребует значительных трудовых ресурсов, а в основном будет сведено к

первичной установке на персональные компьютеры работников ОАО «РЖД» и добавление данного комплекса в список доверительных программ антивирусного программного обеспечения, используемого в каждом конкретном подразделении ОАО «РЖД».

4 АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ДУБЛИРУЮЩЕГО СПОСОБА ОПОВЕЩЕНИЯ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

4.1 Обработка результатов натурного наблюдения за изменением времени реагирования работников административных зданий ОАО «РЖД» на сообщение о пожаре при применении программного комплекса «СОУЭ-ПК»

Натурное наблюдение проводилось на примере пяти административных зданий, ход наблюдения был описан в разделе 2.3 диссертации. Подробные результаты наблюдения за поведением людей, при получении сигнала о пожаре, при различных способах оповещения приведены в приложении Б. Обобщенные результаты наблюдения приведены в таблице 4.1. В таблицах 4.2-4.5 приведены сводные данные полученных результатов.

Таблица 4.1 – Обобщенные результаты наблюдения

Серия экспериментов	№ эксперимента	Наименование здания	Способ оповещения людей	Количество человек	Конечное время реагирования на сообщение, мин
А	1	Здание № 1	Стандартная АПС и СОУЭ	153	1,94
	2	Здание № 2		174	2,05
	3	Здание № 3		162	1,98
	4	Здание № 4		158	2,16
	5	Здание № 5		147	2,05
Б	6	Здание № 1	Стандартная АПС и СОУЭ +	158	1,70
	7	Здание № 2		171	1,72
	8	Здание № 3		155	1,81

Серия экспериментов	№ эксперимента	Наименование здания	Способ оповещения людей	Количество человек	Конечное время реагирования на сообщение, мин
	9	Здание № 4	СОУЭ-ПК (звук)	158	2,01
	10	Здание № 5		143	1,95
В	11	Здание № 1	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук+картинка)	163	1,65
	12	Здание № 2		174	1,50
	13	Здание № 3		163	1,58
	14	Здание № 4		136	1,91
	15	Здание № 5		149	1,84
Г	16	Здание № 1	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка)	151	1,57
	17	Здание № 2		172	1,41
	18	Здание № 3		159	1,51
	19	Здание № 4		147	1,83
	20	Здание № 5		142	1,72

Таблица 4.2 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ)

Параметр	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	0,0032	0,0010	0,0011	0,0002	0,0098
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, с	0,1948	0,0611	0,0654	0,0101	0,5892
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	2,2900	1,3578	1,4554	1,9315	1,6802
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, с	137,4000	81,4650	87,3246	115,8912	100,8120
Среднее значение времени реагирования на сообщение, мин	0,3161	0,2958	0,2905	0,3834	0,3275
Среднее значение времени реагирования на сообщение, с	18,9667	17,7472	17,4311	23,0011	19,6474
Среднеквадратичное отклонение, мин	0,3140	0,2782	0,2838	0,3716	0,3362
Среднеквадратичное отклонение, с	18,8405	16,6926	17,0264	22,2984	20,1728

Таблица 4.3 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ), дополненным только системой звукового оповещения «СОУЭ-ПК»

Параметр	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	0,0015	0,0007	0,0096	0,0046	0,0020
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, с	0,0926	0,0426	0,5774	0,2757	0,1185
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	1,5048	2,3328	1,7823	1,5885	1,2315
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, с	90,2856	139,9662	106,9398	95,3070	73,8870
Среднее значение времени реагирования на сообщение, мин	0,2722	0,2830	0,3469	0,3320	0,2686
Среднее значение времени реагирования на сообщение, с	16,3297	16,9779	20,8141	19,9175	16,1180
Среднеквадратичное отклонение, мин	0,2652	0,3312	0,3426	0,3187	0,2641
Среднеквадратичное отклонение, с	15,9138	19,8748	20,5537	19,1220	15,8462

Таблица 4.4 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ), дополненным системой звукового и визуального оповещения «СОУЭ-ПК»

Параметр	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	0,0004	0,0005	0,0003	0,0020	0,0012
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, с	0,0224	0,0285	0,0185	0,1172	0,0750
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	1,0625	1,0591	1,2939	1,1971	1,5824

Параметр	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, с	63,7500	63,5442	77,6364	71,8260	94,9428
Среднее значение времени реагирования на сообщение, мин	0,2267	0,2355	0,2466	0,2191	0,2380
Среднее значение времени реагирования на сообщение, с	13,6012	14,1311	14,7932	13,1485	14,2824
Среднеквадратичное отклонение, мин	0,2187	0,2119	0,2298	0,2269	0,2350
Среднеквадратичное отклонение, с	13,1233	12,7165	13,7856	13,6141	14,0982

Таблица 4.5 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ), дополненным полным комплексом «СОУЭ-ПК» (звуковое, визуальное оповещение и блокировка персонального компьютера)

Параметр	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	0,0007	0,0001	0,0019	0,0010	0,0000
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, с	0,0420	0,0088	0,1149	0,0592	0,0010
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, мин	0,5939	0,9246	0,4911	0,5621	0,7878
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, с	35,6354	55,4755	29,4632	33,7235	47,2650
Среднее значение времени реагирования на сообщение, мин	0,1495	0,1337	0,1047	0,1182	0,1221
Среднее значение времени реагирования на сообщение, с	8,9703	8,0201	6,2822	7,0935	7,3241
Среднеквадратичное отклонение, мин	0,1424	0,1433	0,0945	0,1110	0,1233
Среднеквадратичное отклонение, с	8,5461	8,6004	5,6671	6,6575	7,3956

По данным натурного наблюдения определены минимальные и максимальные значения времени реагирования на сигнал о пожаре при различных способах оповещения работников одних и тех же зданий ОАО «РЖД», кроме того определено среднее значение реагирования в каждом конкретном случае, а также среднее квадратичное отклонение. Полученных данных достаточно для проведения имитационного моделирования процесса эвакуации людей при пожаре из исследуемых зданий ОАО «РЖД» с использованием программы многоагентного имитационного моделирования Pathfinder 2016.

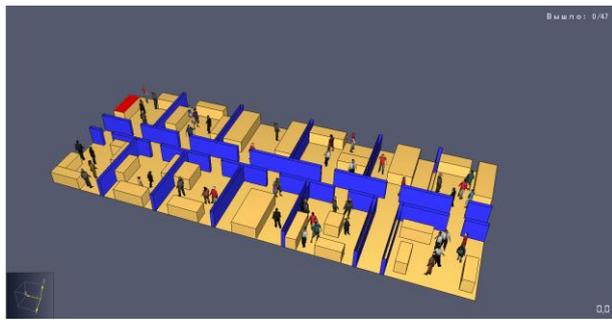
4.2 Обработка результатов имитационного моделирования процесса эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД» при применении программного комплекса «СОУЭ-ПК»

Имитационное математическое моделирование проведено по результатам, полученным при натурном наблюдении

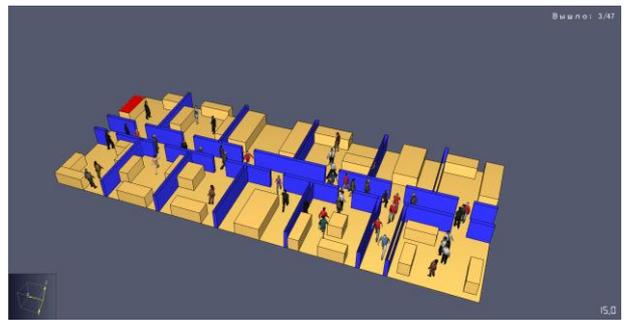
Результаты расчетов времени эвакуации работников из Здания № 1 при различных способах оповещения приведены в таблице 4.6, а на рисунках 4.1-4.4 показана динамика эвакуации людей на примере одного этажа Здания № 1. Время начала эвакуации было задано согласно экспоненциальному закону распределения по результатам натурного наблюдения.

Таблица 4.6 – Результаты расчетов времени эвакуации работников из Здания № 1 при различных способах оповещения

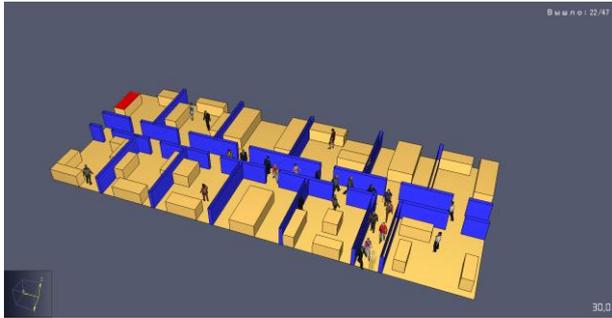
Параметр	Стандартная АПС и СОУЭ	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук)	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук+картинка)	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка)
Минимальное значение времени реагирования на сообщение, с	0,1948	0,0926	0,0224	0,0420
Максимальное значение времени реагирования на сообщение, с	137,4000	90,2856	63,7500	35,6354
Среднее значение времени реагирования на сообщение, с	18,9667	16,3297	13,6012	8,9703
Среднеквадратичное отклонение, с	18,8405	15,9138	13,1233	8,5461
Количество эвакуированных	153	158	163	151
Фактическое время эвакуации людей, с	147,5	63,8	54,8	45,3



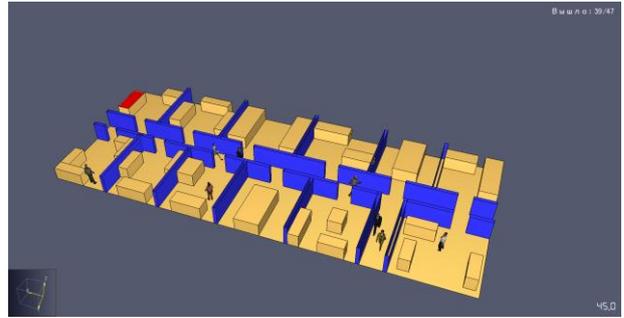
а



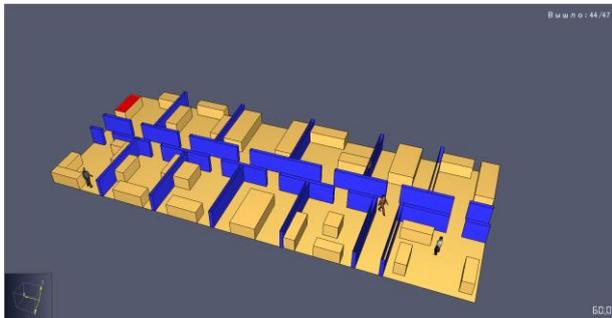
б



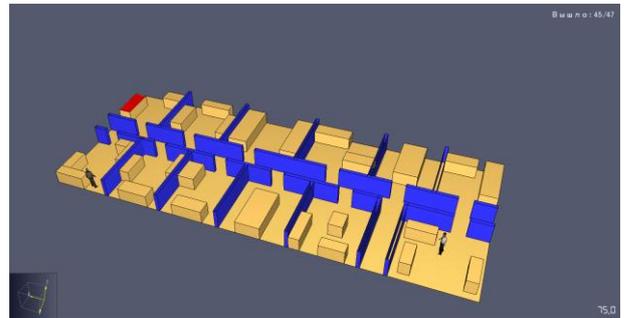
в



г

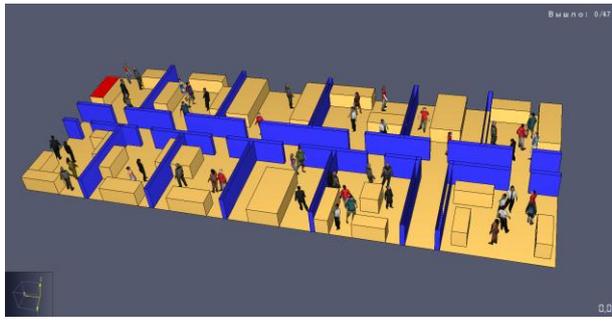


д

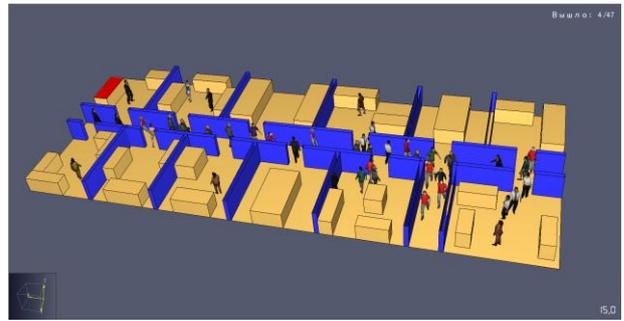


е

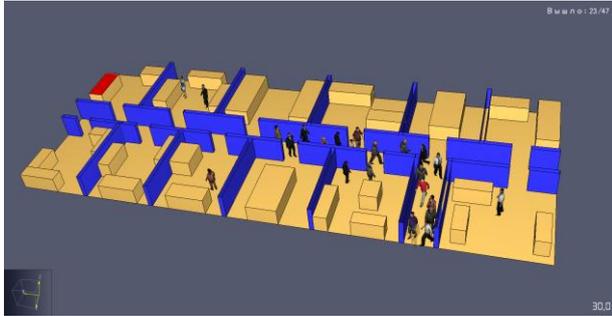
Рисунок 4.1 – Визуальное представление процесса эвакуации при способе оповещения «Стандартная АПС и СОУЭ»: а – начальный период времени, б – 15 сек, в – 30 сек, г – 45 сек, д – 60 сек, е – 75 сек



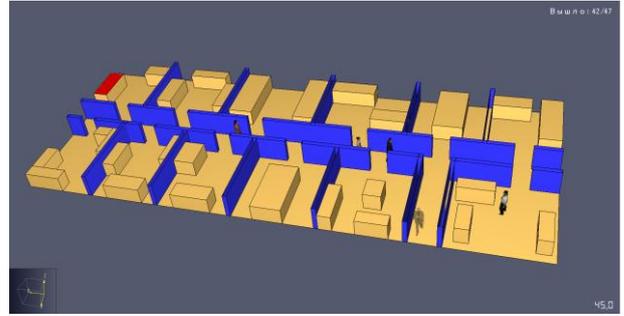
а



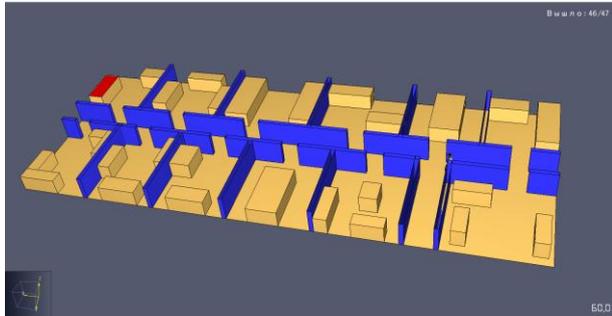
б



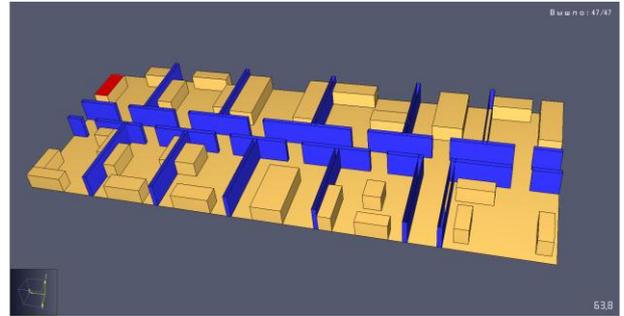
в



г

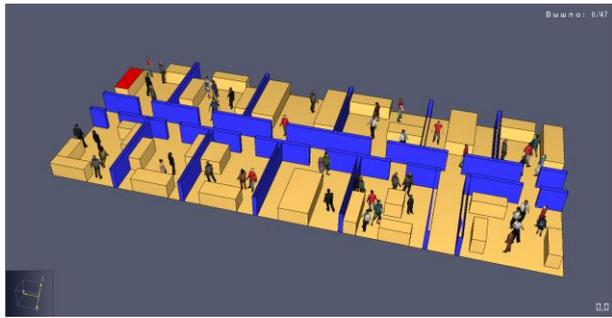


д

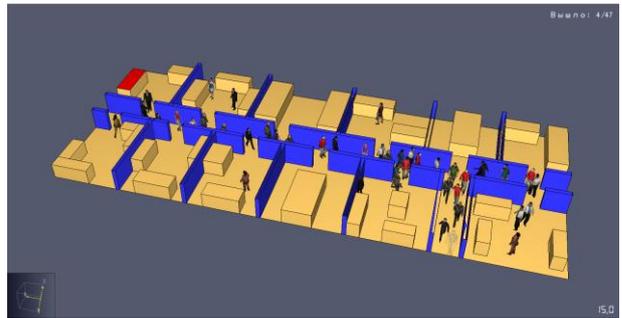


е

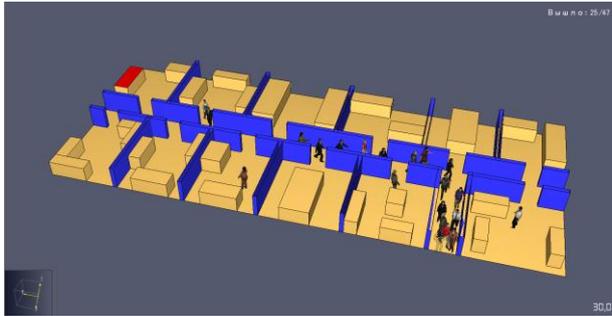
Рисунок 4.2 – Визуальное представление процесса эвакуации при способе оповещения «Стандартная АПС и СОУЭ» + СОУЭ-ПК (звук): а – начальный период времени, б – 15 сек, в – 30 сек, г – 45 сек, д – 60 сек, е – 63,8 сек



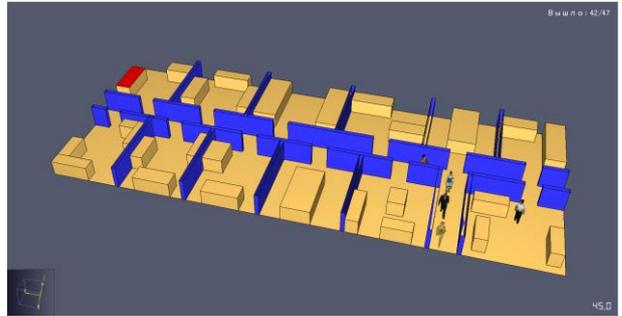
а



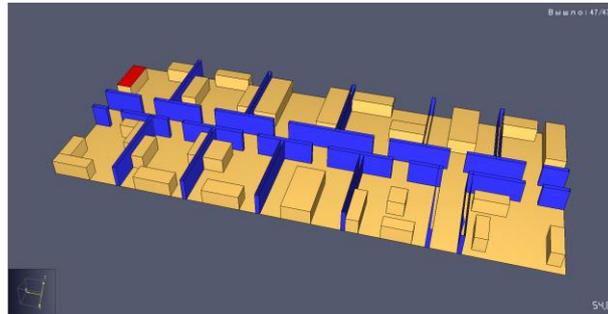
б



в



г



д

Рисунок 4.3 – Визуальное представление процесса эвакуации при способе оповещения «Стандартная АПС и СОУЭ» + СОУЭ-ПК (звук+картинка): а – начальный период времени, б – 15 сек, в – 30 сек, г – 45 сек, д – 54,8 сек

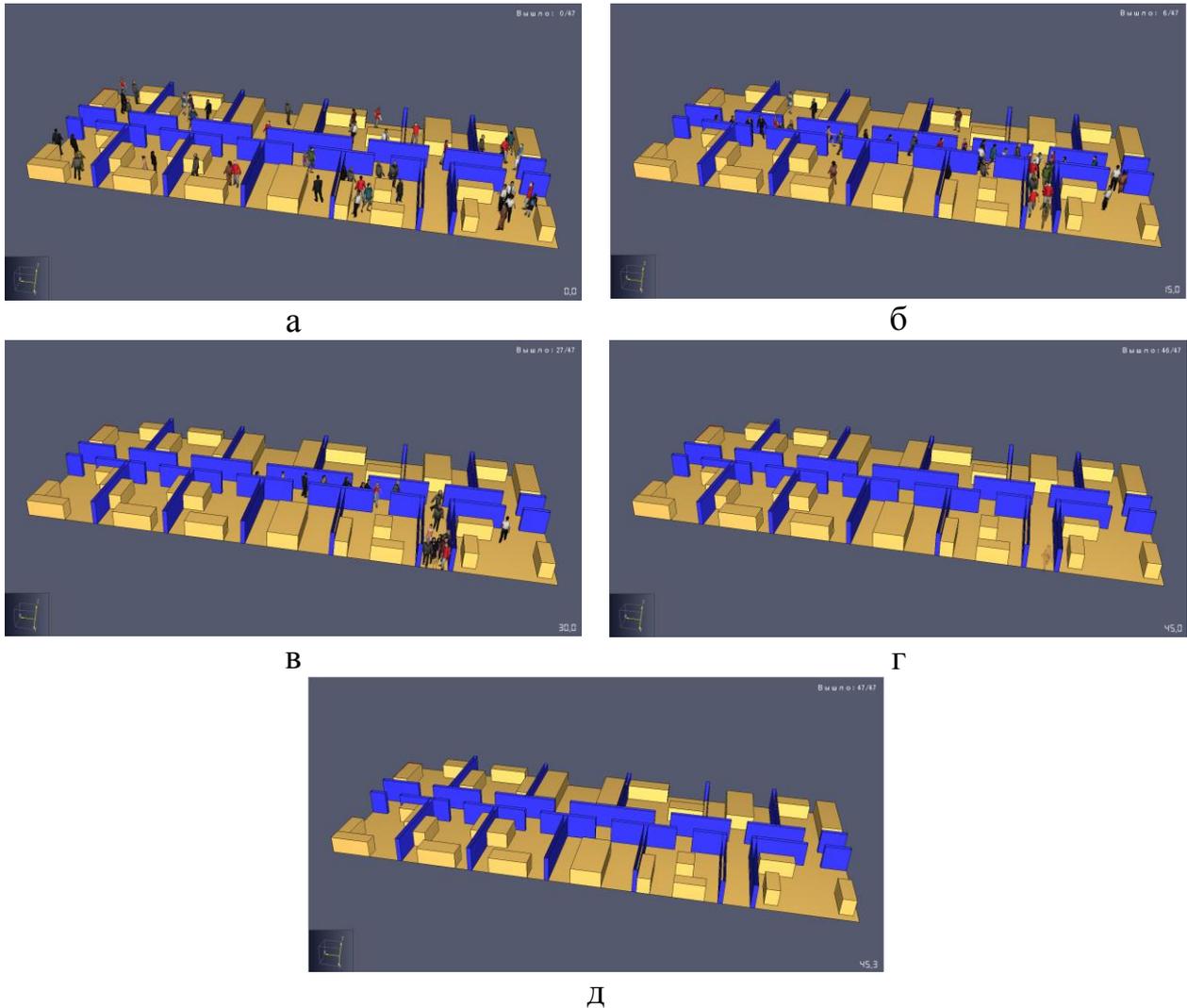


Рисунок 4.4 – Визуальное представление процесса эвакуации при способе оповещения «Стандартная АПС и СОУЭ» + СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка): а – начальный период времени, б – 15 сек, в – 30 сек, г – 45 сек, д – 45,3 сек

Анализ данных таблицы 4.6 и рисунков 4.1-4.4 позволил получить зависимость времени эвакуации работников из Здания № 1 в зависимости от способа их оповещения. На рисунке 4.5 показана динамика снижения времени эвакуации людей при использовании различных способов оповещения в Здании № 1.

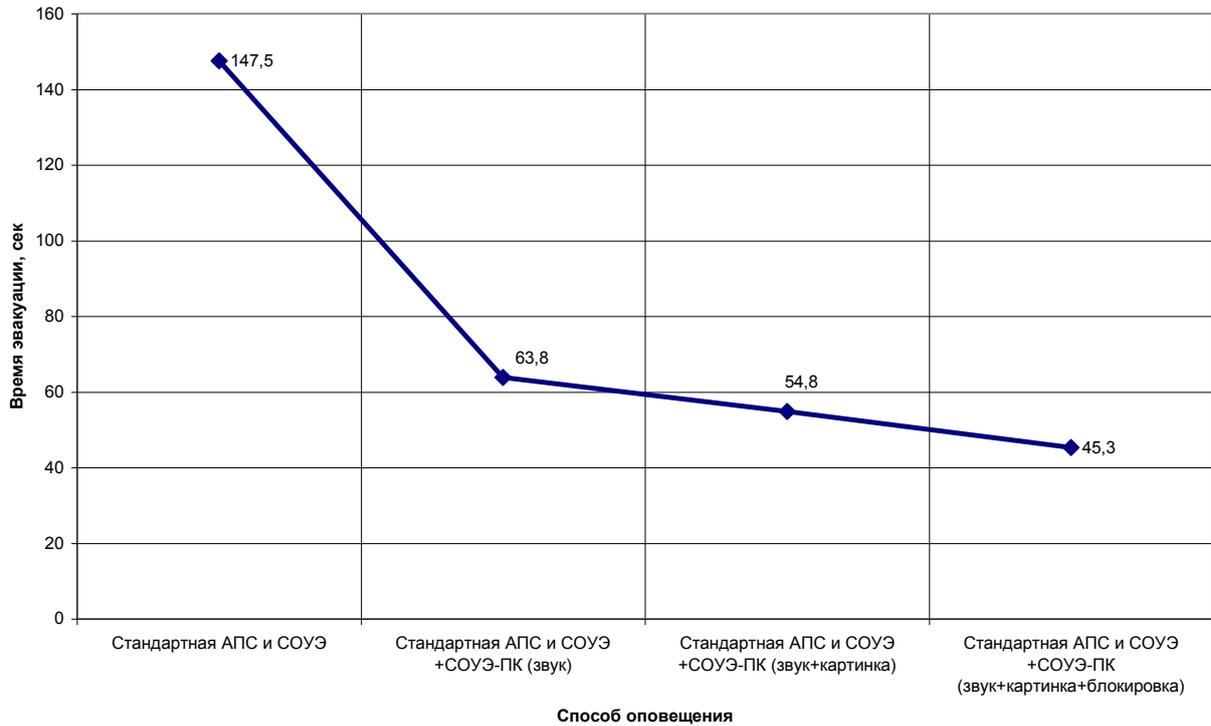


Рисунок 4.5 – Динамика снижения времени эвакуации людей при использовании различных способов оповещения в Здании № 1

Анализ рисунка 4.5 указывает на следующие результаты. Время эвакуации людей при использовании только стандартного способа оповещения составит 147,5 сек. Время эвакуации при частичном использовании (только звуковое оповещение) дополнительного способа оповещения людей о пожаре (СОУЭ-ПК) составит 63,8 сек, что на 56,75 % меньше начального. Время эвакуации при использовании звукового и визуального оповещения (СОУЭ-ПК) составит 54,8 сек, что на 62,85 % меньше начального. А время эвакуации при полном использовании дополнительного способа оповещения людей о пожаре (СОУЭ-ПК) составит 45,3 сек, что на 69,29 % меньше начального.

Применение дублирующего способа оповещения работников о пожаре «СОУЭ-ПК» позволяет снизить время необходимое на принятие решения о начале эвакуации из здания, а, как следствие, снизить время эвакуации людей из здания [77].

4.3 Анализ результатов применения программного комплекса «СОУЭ-ПК» в административных зданиях ОАО «РЖД»

При проведении математического анализа большое значение имеет обоснование теоретических законов распределения, исходя из сущности исследуемых явлений и процессов, как правило, случайной величины. [57] В этом случае исходят из принципа максимума энтропии Джейнса – «наихудшим» распределением будет то, при котором достигается максимальная неопределенность.

Время реагирования работников административных зданий на сигнал «Пожар» t – случайная величина, закон распределения которой неизвестен и поэтому выполнен анализ применения следующих законов распределения:

- нормальный закон;
- логарифмически нормальный закон;
- гамма-распределение;
- экспоненциальный закон;
- распределение Вейбулла.

Для математического исследования экспериментальных данных была использована статистическая графическая система STATGRAPHICS for Windows [58].

Нормальный закон распределения

Нормальный закон распределения используется для описания непрерывных случайных величин. В математической статистике и теории вероятностей нормальный закон распределения часто называют законом Гаусса. Многочисленными наблюдениями и экспериментами установлено, что этот закон

играет наиболее важную роль и наиболее часто применяется на практике по сравнению с другими распространенными законами распределения. Отличительной особенностью этого закона является то, что он является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения [59].

Гистограммы и графические функции плотности нормального распределения при различных значениях M (среднее значение или математическое ожидание) и σ (среднее квадратическое отклонение) даны на рисунках 4.6а-4.6г.

Эксперимент А1-А5 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ)

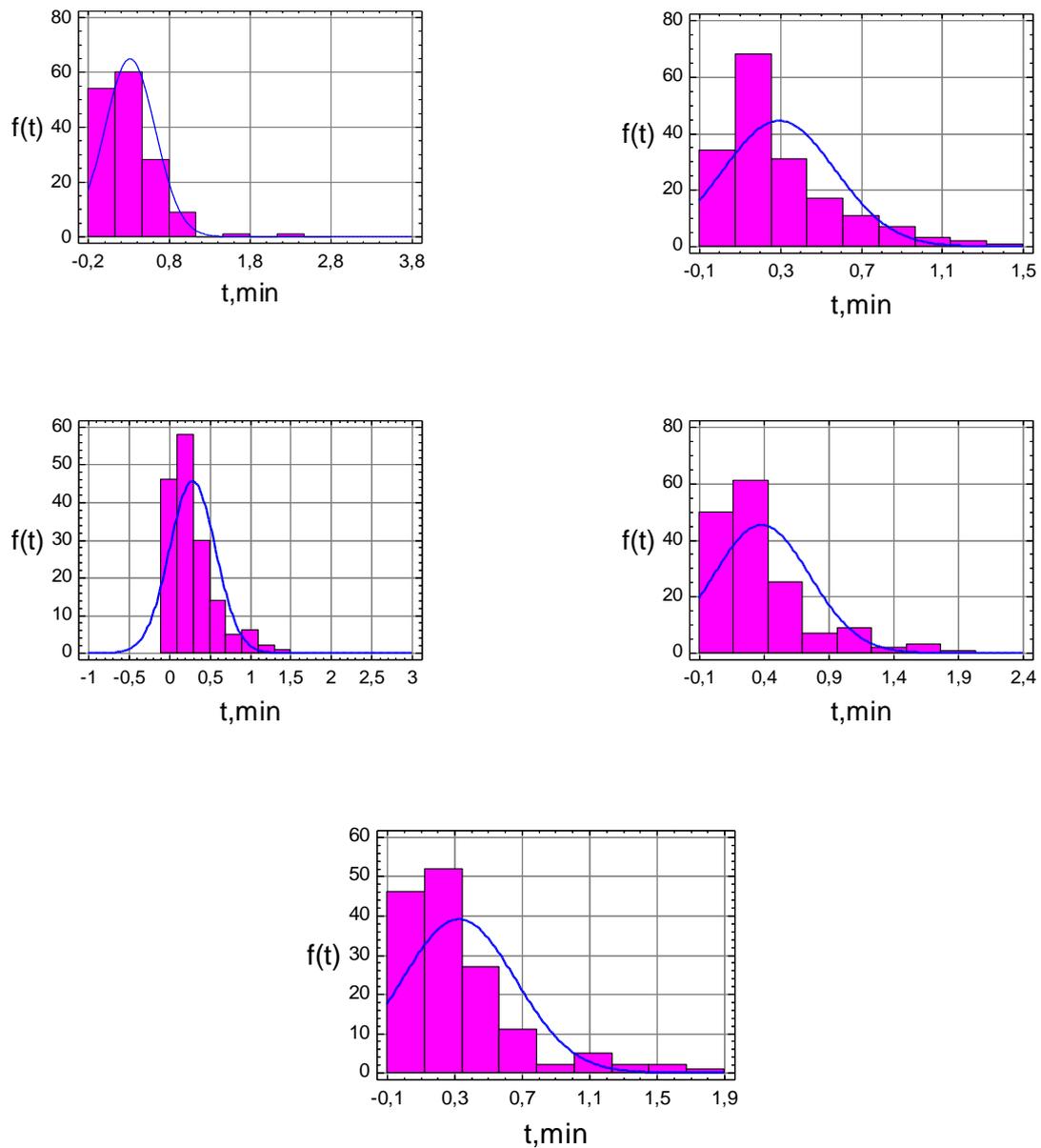


Рисунок 4.6а – Гистограммы и графики функции плотности нормального распределения для эксперимента А1-А5

Эксперимент Б6-Б10 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук))

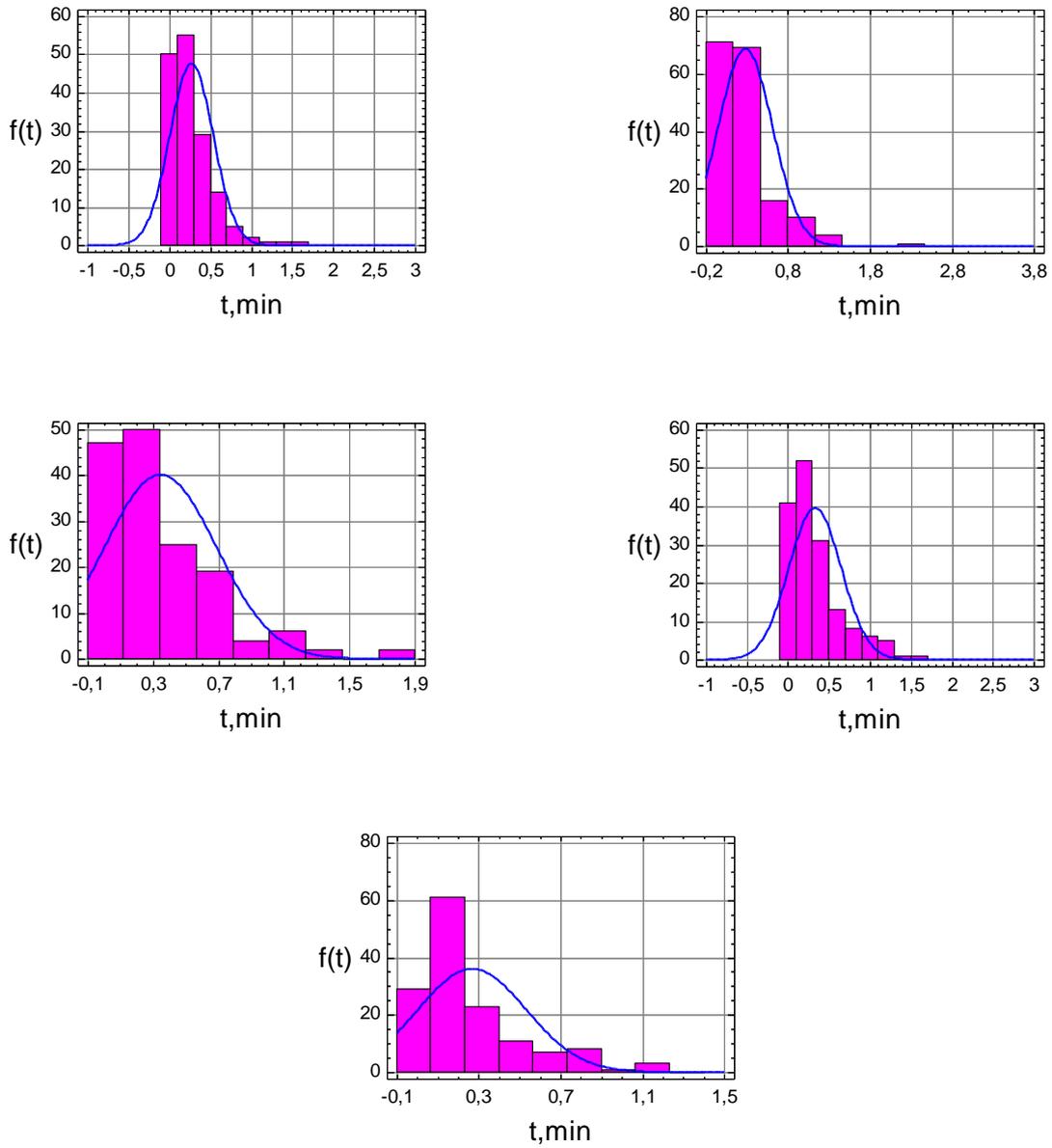


Рисунок 4.6б – Гистограммы и графики функции плотности нормального распределения для эксперимента Б6-Б10

Эксперимент В11-В15 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка))

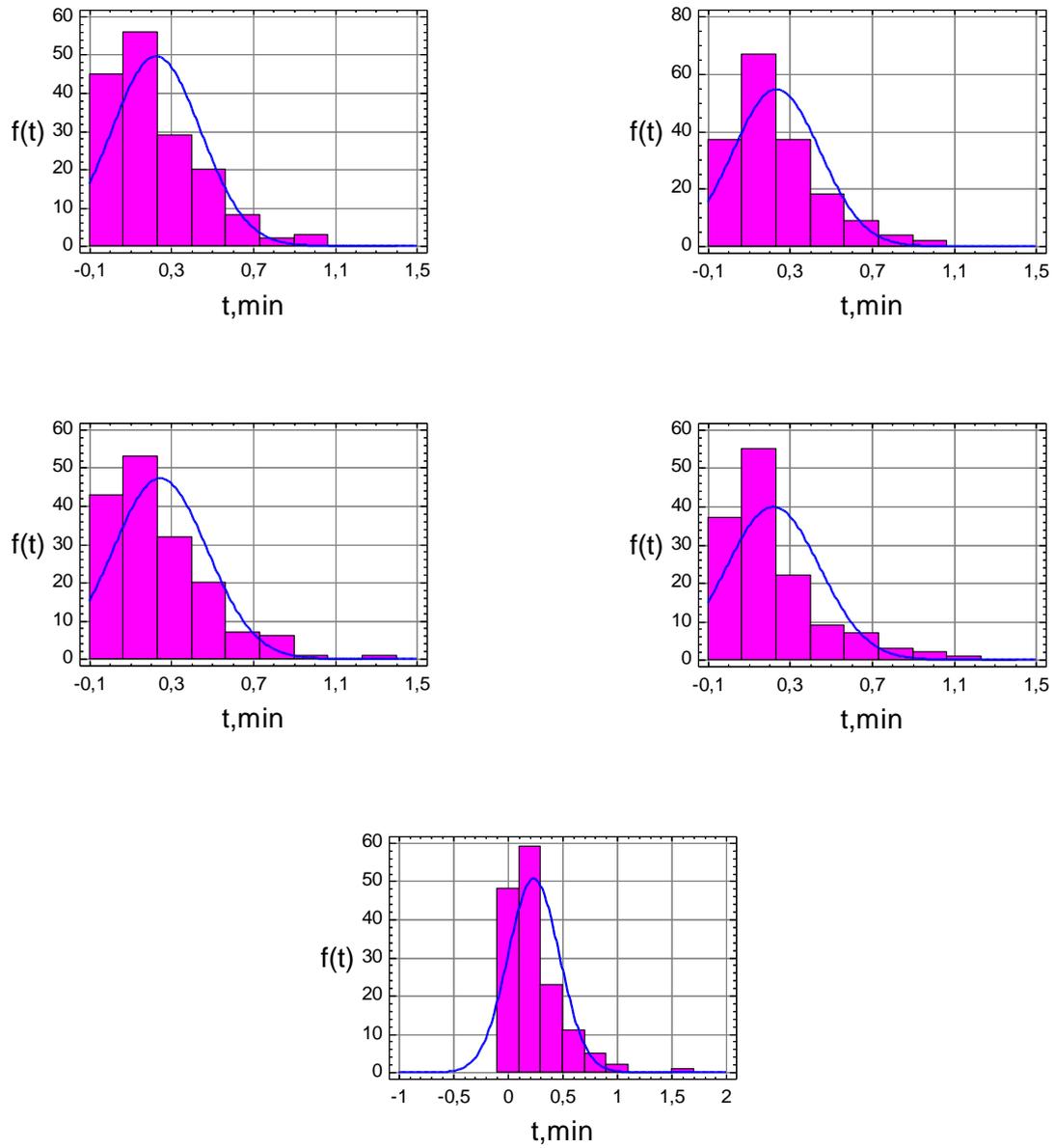


Рисунок 4.6в – Гистограммы и графики функции плотности нормального распределения для эксперимента В11-В15

Эксперимент Г16-Г20 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка))

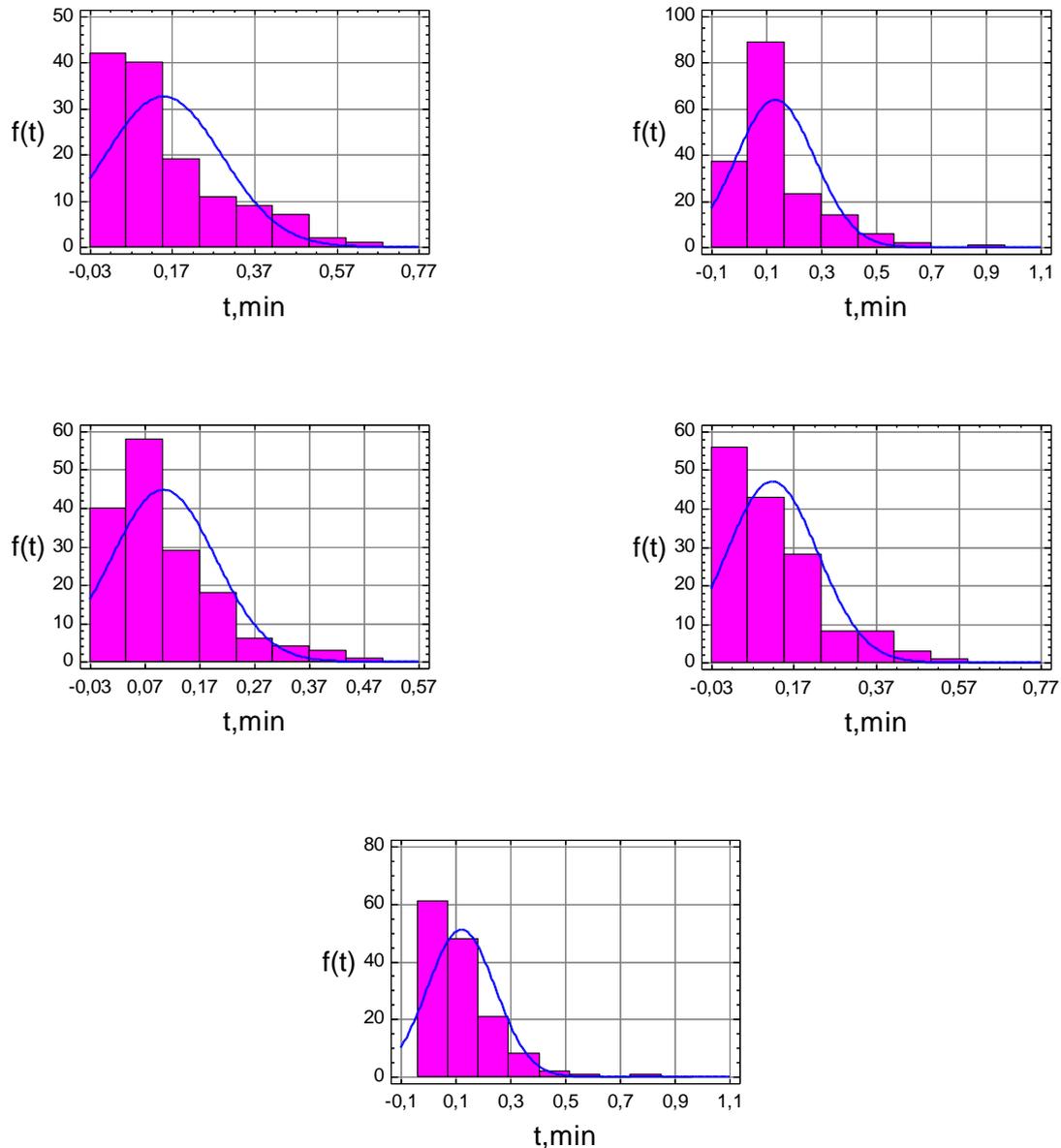


Рисунок 4.6г – Гистограммы и графики функции плотности нормального распределения для эксперимента Г6-Г20

Данные рисунки показывают результаты проверки возможности применения нормального закона распределения для описания полученных данных по критериям хи-квадрат [59] и Колмогорова – Смирнова [59]. В результате исследования гипотеза о возможности использования нормального закона для описания полученных данных t была отвергнута (с 10 % доверительным уровнем).

Если на изменение случайной величины оказывают влияние большое количество примерно равнозначных факторов распределение всегда подчиняется нормальному закону, [59]. Применительно к исследуемому событию «услышал – принял решение – начал движение» такая модель означала бы, что сначала можно наблюдать низкую плотность распределения значений времени протекания указанного события, затем максимальную и далее плотность снижается. К моменту времени $t=M$ (среднее значение) встала и начала бы движение к выходу половина находящихся в здании людей. При данной модели интенсивность событий во времени непостоянна, зависит от времени и со временем уменьшается.

Логарифмически нормальное распределение

Логарифмически нормальное распределение используется для описания положительных непрерывных случайных величин. Это распределение нашло широкое применение при описании времени протекания различных событий, отражающих жизнедеятельность как живых, так и неживых объектов, так как оно применимо к описанию только положительных случайных величин. Если логарифм неотрицательной случайной величины подчиняется нормальному распределению, то сама случайная величина подчиняется логарифмически нормальному закону. Как распределение положительных случайных величин это распределение точнее, чем нормальный закон. Значения логарифмически-нормальной случайной величины формируются под воздействием огромного числа независимых друг от друга факторов, причем воздействие каждого отдельно взятого фактора «равномерно незначительно» и равновероятно по знаку [60].

Графическое представление функции плотности логарифмически нормального распределения при различных значениях M и σ даны на рисунках 4.7а-4.7г.

Эксперимент А1-А5 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ)

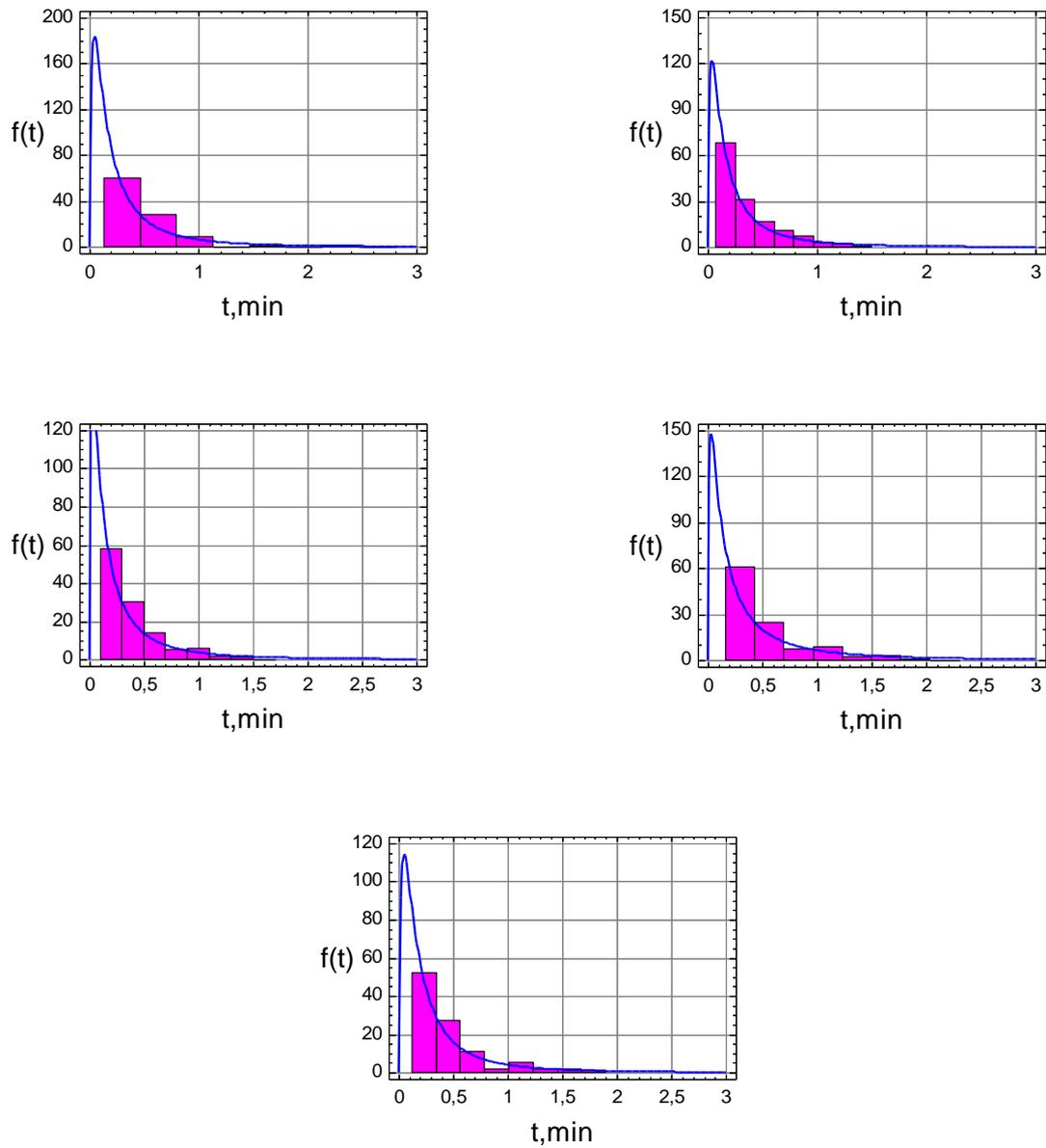


Рисунок 4.7а – Гистограммы и графики функции плотности логарифмически нормального распределения для эксперимента А1-А5

Эксперимент Б6-Б10 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук))

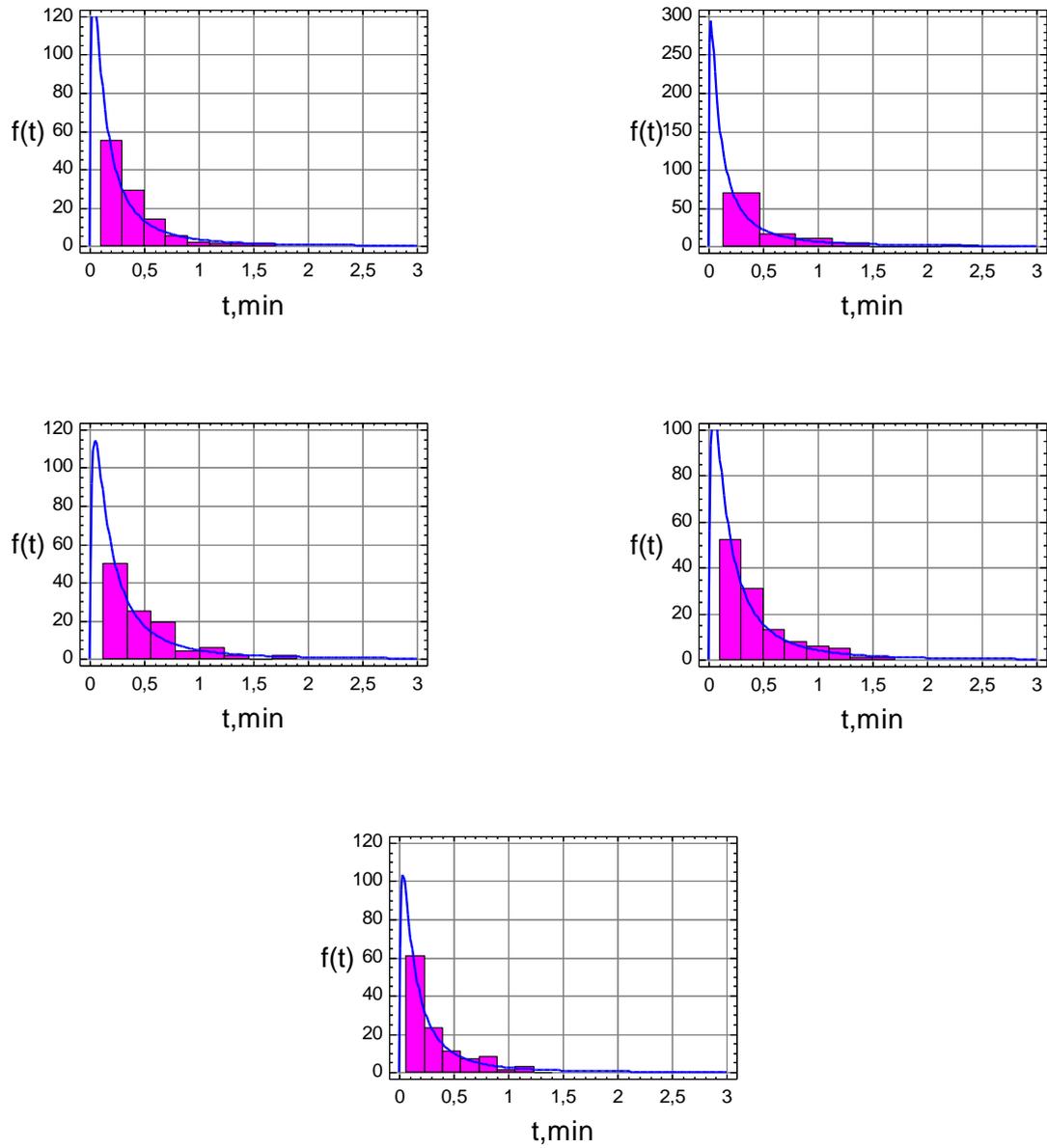


Рисунок 4.7б – Гистограммы и графики функции плотности логарифмически нормального распределения для эксперимента Б6-Б10

Эксперимент В11-В15 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка))

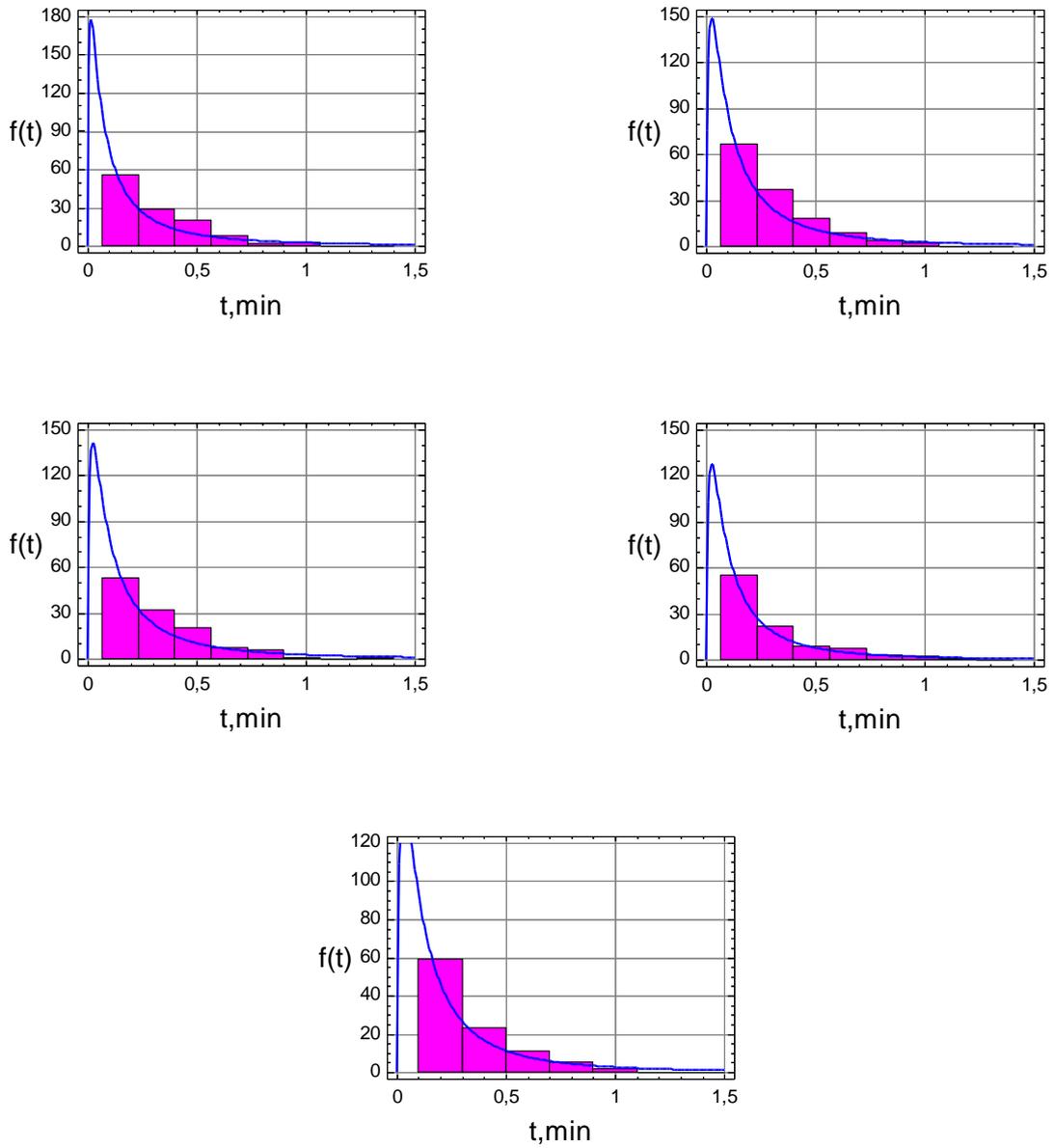


Рисунок 4.7в – Гистограммы и графики функции плотности логарифмически нормального распределения для эксперимента В11-В15

Эксперимент Г16-Г20 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка))

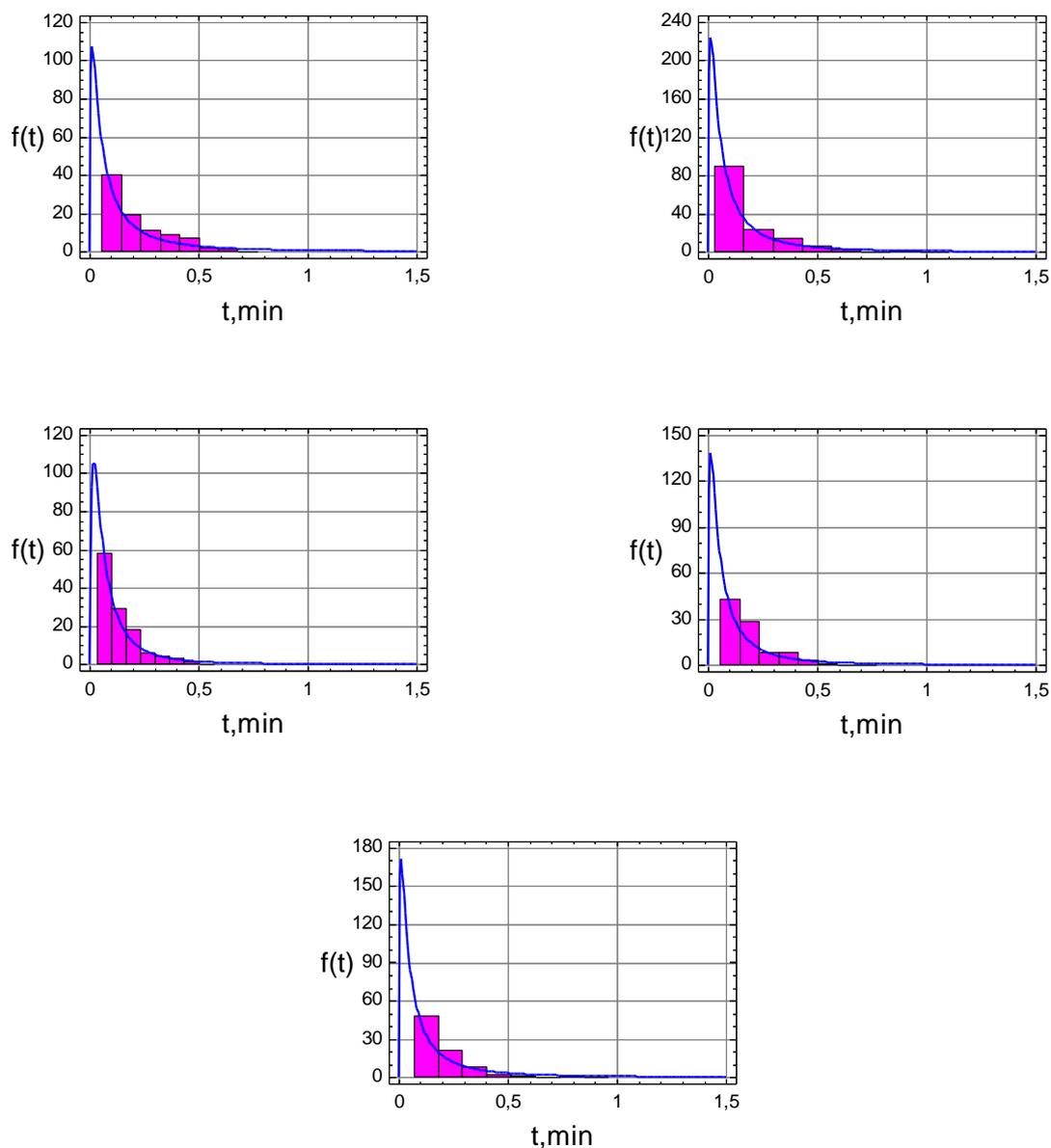


Рисунок 4.7г – Гистограммы и графики функции плотности логарифмически нормального распределения для эксперимента Г16-Г20

Данные рисунки показывают результаты проверки возможности применения лог-нормального распределения для описания времени t . В результате исследования гипотеза о возможности использования лог-нормального закона для описания полученных данных t не была отвергнута (с 93 % доверительным уровнем [59]). Следовательно, как модель это распределение может быть использовано.

Применительно к исследуемому событию «услышал – принял решение – начал движение» такая модель означала бы, что уже при малых значениях времени сначала имеет место резко повышающаяся плотность распределения времени протекания указанного события, затем максимальная, и далее плотность медленно снижается. При больших значениях времени t ситуация становится похожей на нормальный закон распределения. При данной модели интенсивность событий во времени непостоянна, зависит от времени и со временем уменьшается.

Гамма-распределение

Гамма-распределение представляет собой двухпараметрическое распределение используемое для описания непрерывных случайных величин [59], имеющих ограничение с одной стороны ($x > 0$), описывает время, необходимое для появления некоторого количества событий при условии, что события происходят с постоянной интенсивностью. При различных параметрах гамма-распределение принимает различные формы, что обеспечивает этому распределению широкое применение.

Гистограммы и графики плотности распределения гамма-распределения показаны на рисунках 4.8а – 4.8г.

Эксперимент А1-А5 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ)

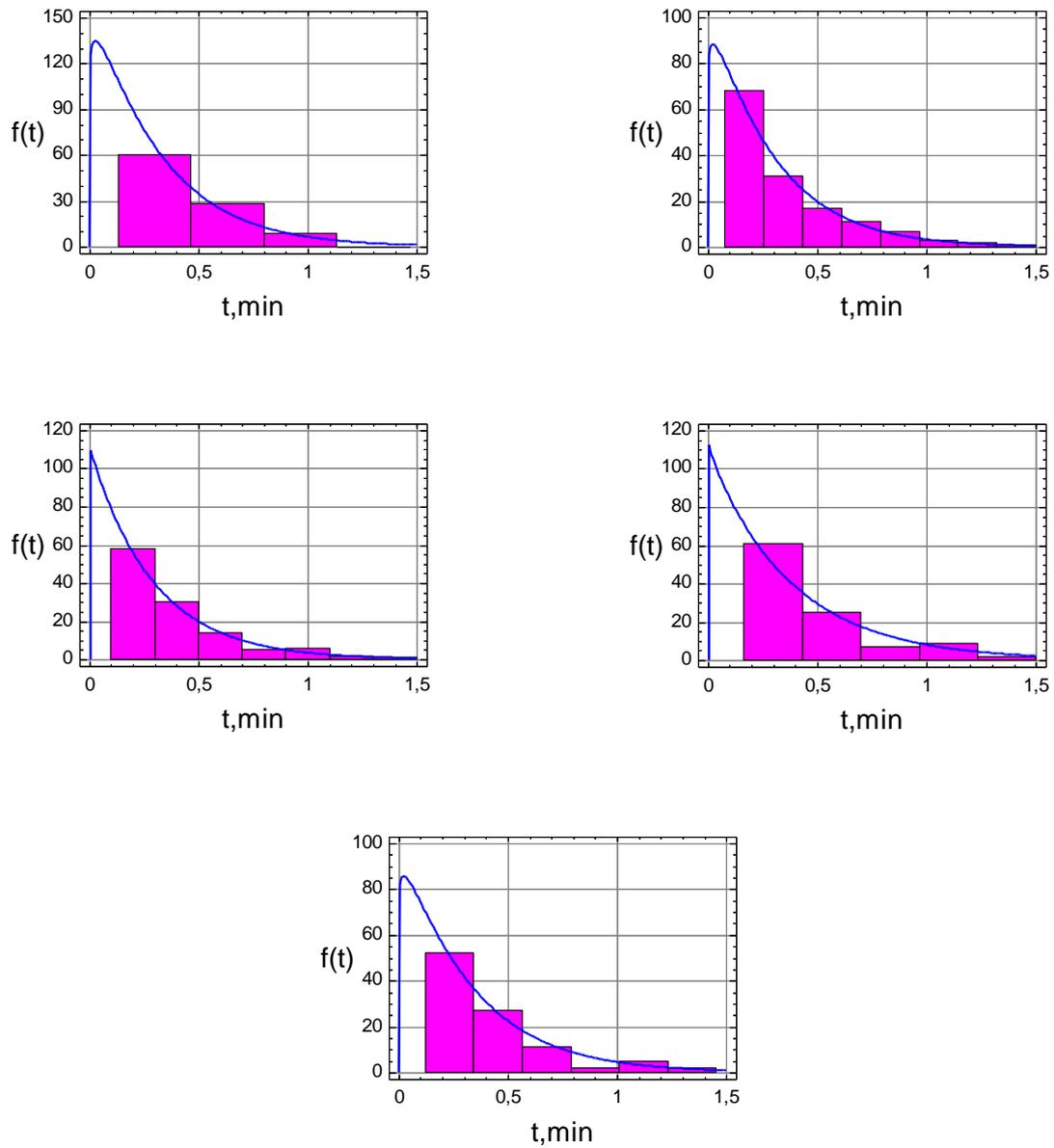


Рисунок 4.8а – Гистограммы и графики плотности распределения гамма-распределения для эксперимента А1-А5

Эксперимент Б6-Б10 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук))

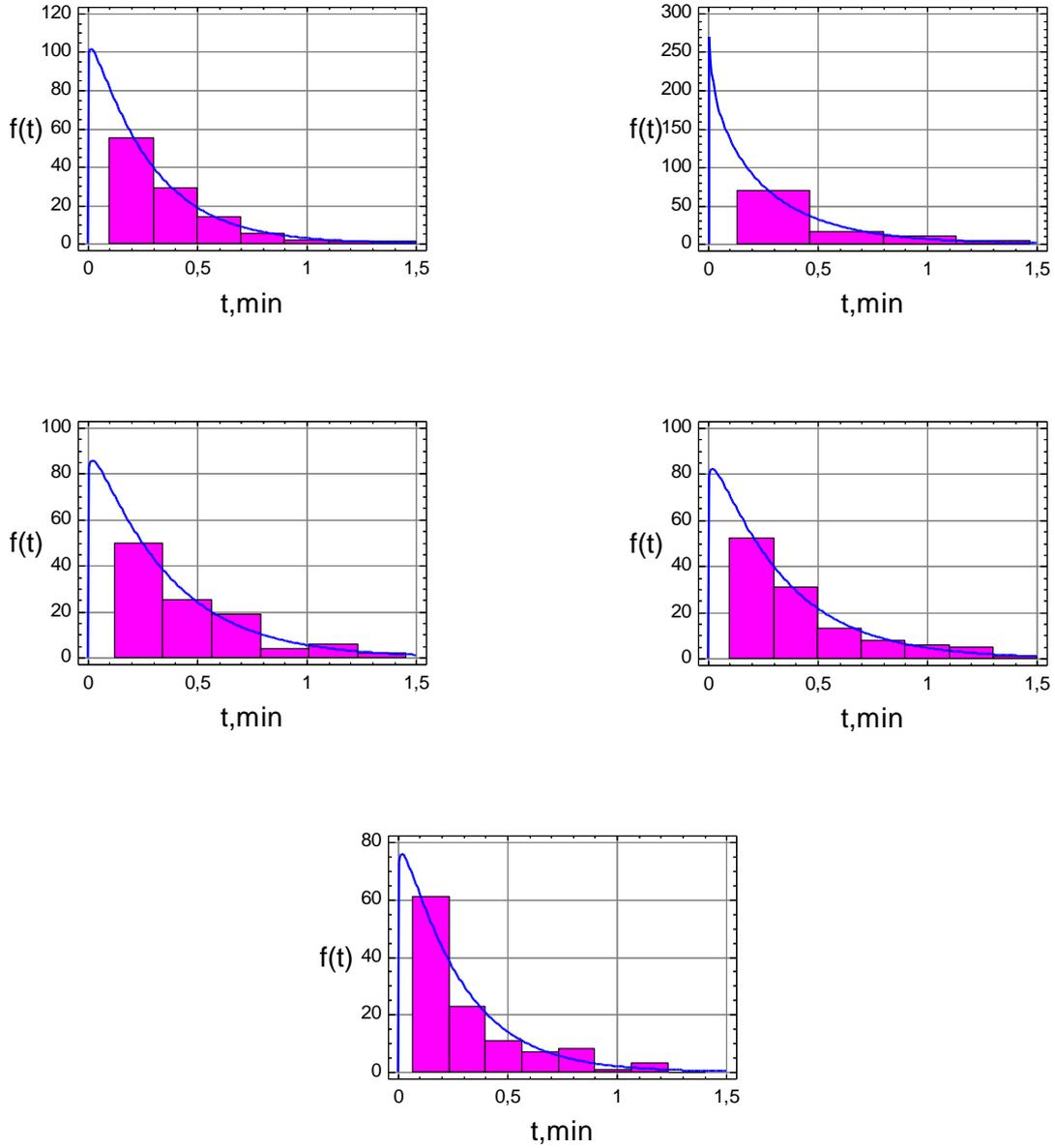


Рисунок 4.8б – Гистограммы и графики плотности распределения
гамма-распределения для эксперимента Б6-Б10

Эксперимент В11-В15 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка))

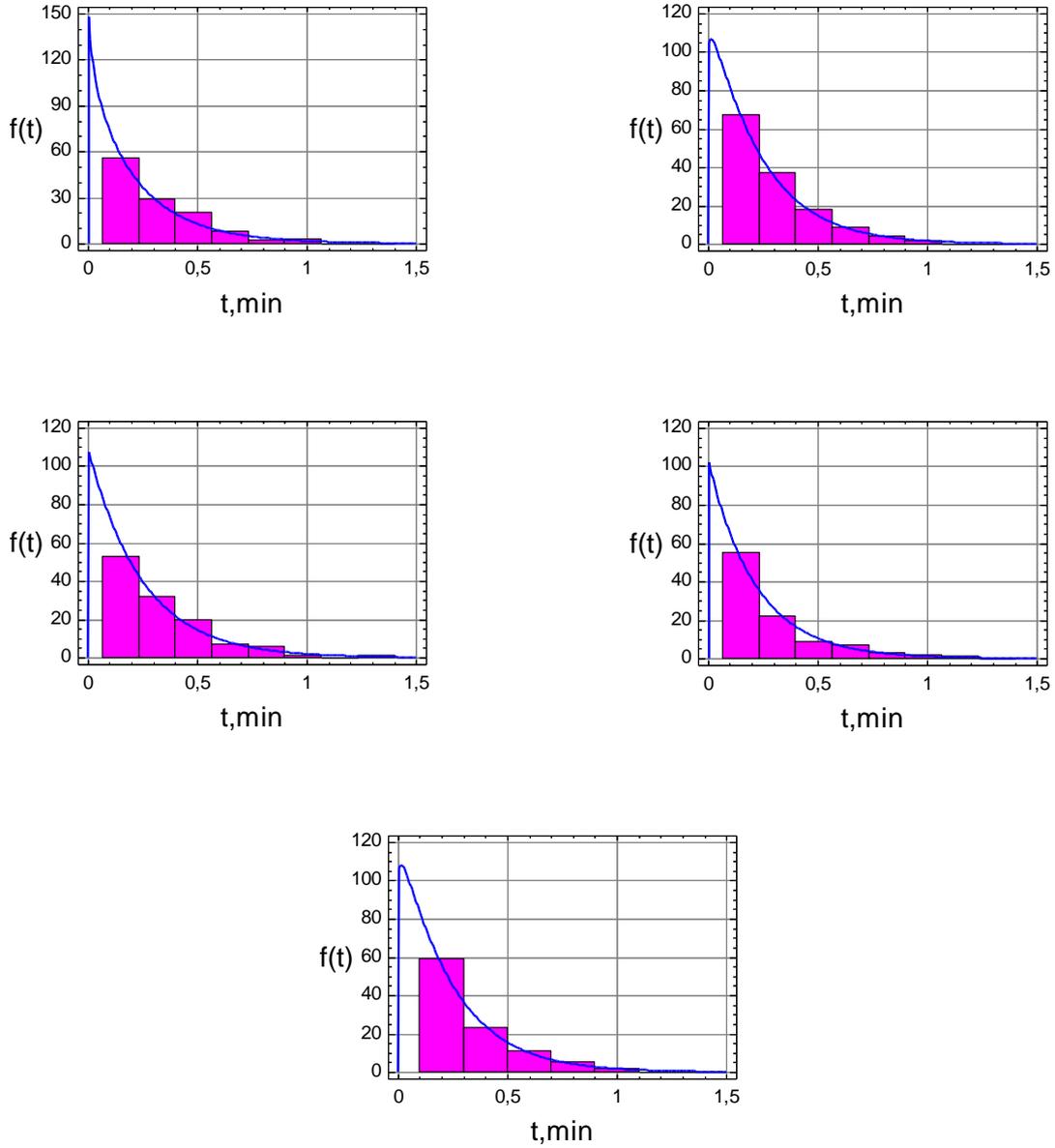


Рисунок 4.8в – Гистограммы и графики плотности распределения
гамма-распределения для эксперимента В11-В15

Эксперимент Г16-Г20 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка))

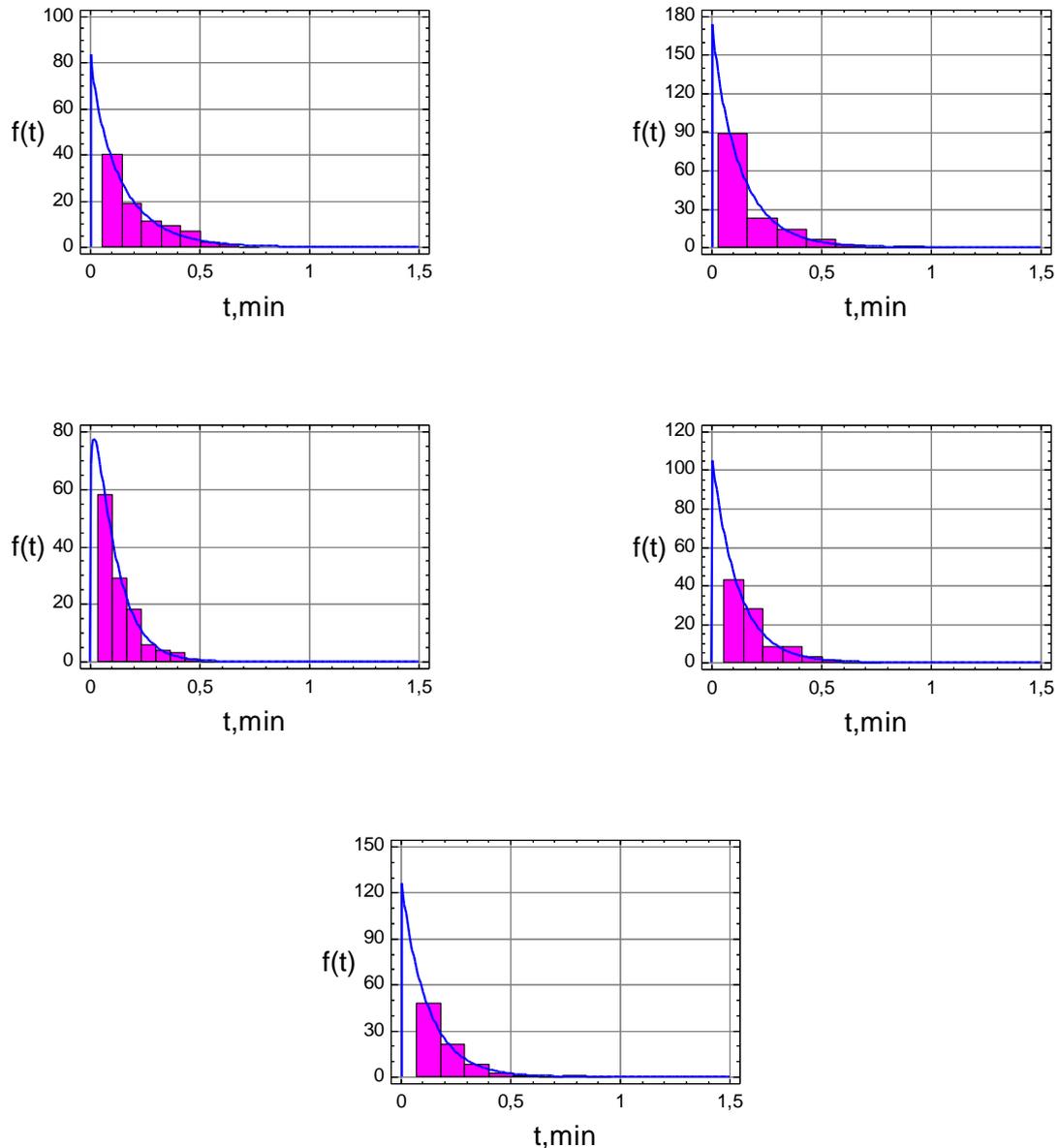


Рисунок 4.8г – Гистограммы и графики плотности распределения
гамма-распределения для эксперимента Г16-Г20

Данные рисунки показывают результаты проверки возможности применения гамма-распределения для описания t . В результате исследования гипотеза о возможности использования гамма-распределения для описания полученных данных t не была отвергнута (с 90 % доверительным уровнем). Следовательно, как модель это распределение также может быть использовано.

Применительно к исследуемому событию «услышал – принял решение – начал движение» такая модель означала бы, что уже при малых значениях времени плотность распределения времени протекания указанного события резко повышается, достигает максимума, и далее плотность медленно снижается, как в случае с логарифмически нормальным распределением. При данной модели интенсивность исследуемых событий во времени непостоянна, зависит от времени и от параметра формы α : при $\alpha > 1$ интенсивность событий возрастает, при $\alpha < 1$ интенсивность событий уменьшается. При $\alpha = 1$ гамма-распределение сходится с экспоненциальным распределением, а при $\alpha = 10$ – приближается к нормальному закону [59, 61].

Экспоненциальное распределение

Экспоненциальный закон распределения используется при описании систем, в которых события вызываются неблагоприятным стечением многих обстоятельств и имеют постоянную во времени интенсивность наступления.

Гистограммы и графики плотности распределения экспоненциального распределения показаны на рисунках 4.9а – 4.9г.

Эксперимент А1-А5 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ)

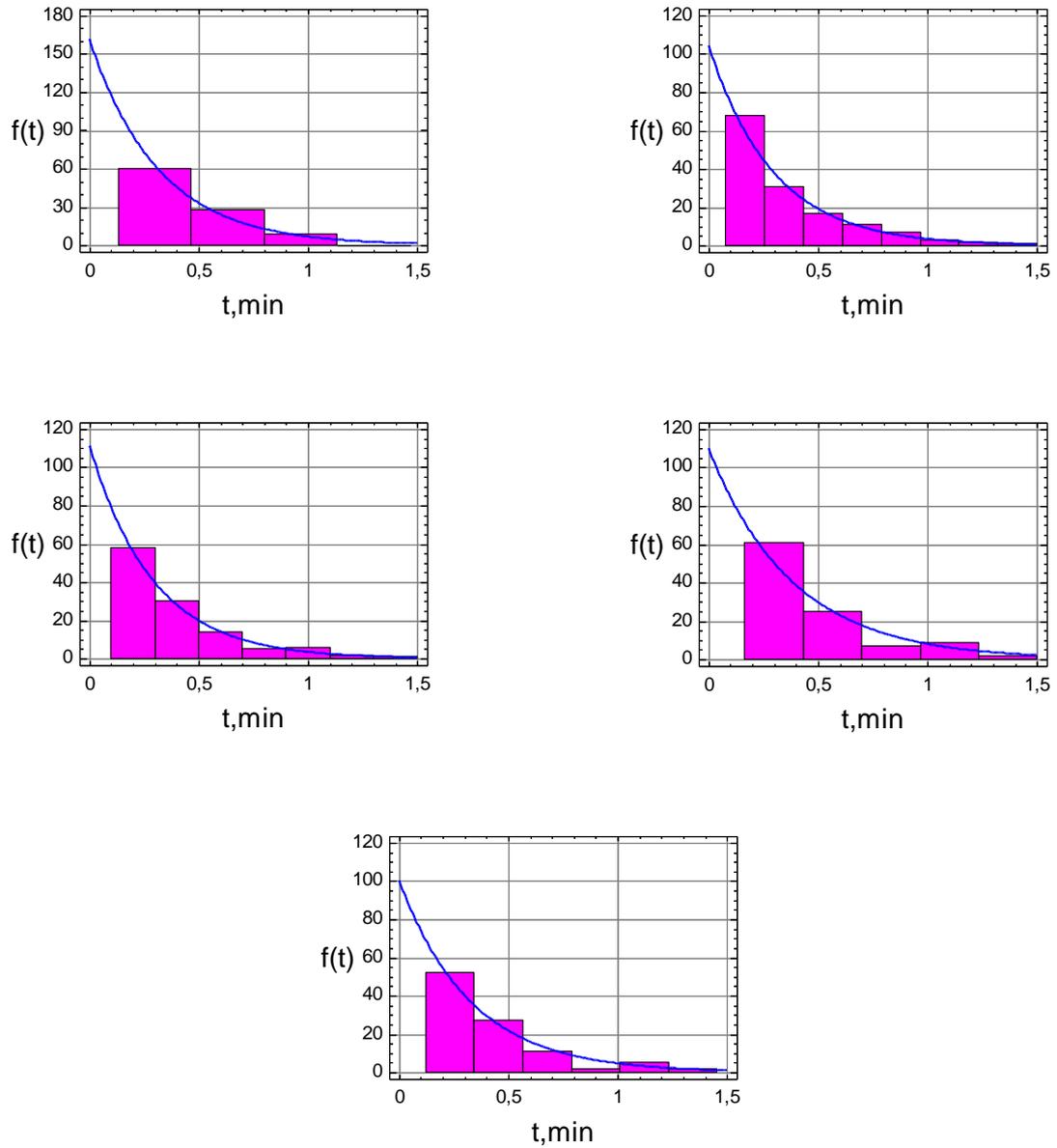


Рисунок 4.9а – Гистограммы и графики плотности распределения экспоненциального распределения для эксперимента А1-А5

Эксперимент Б6-Б10 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук))

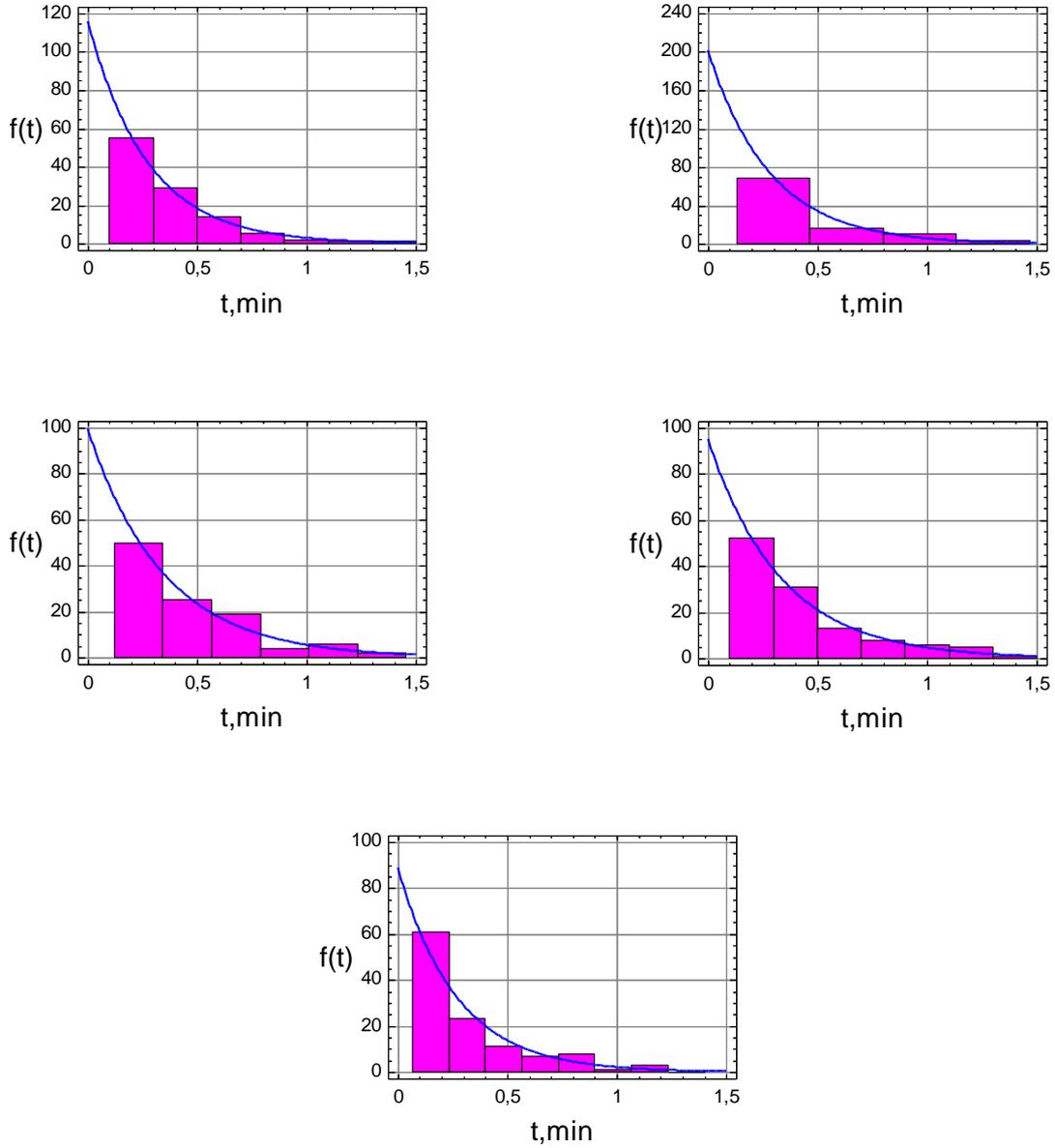


Рисунок 4.9б – Гистограммы и графики плотности распределения экспоненциального распределения для эксперимента Б6-Б10

Эксперимент В11-В15 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка))

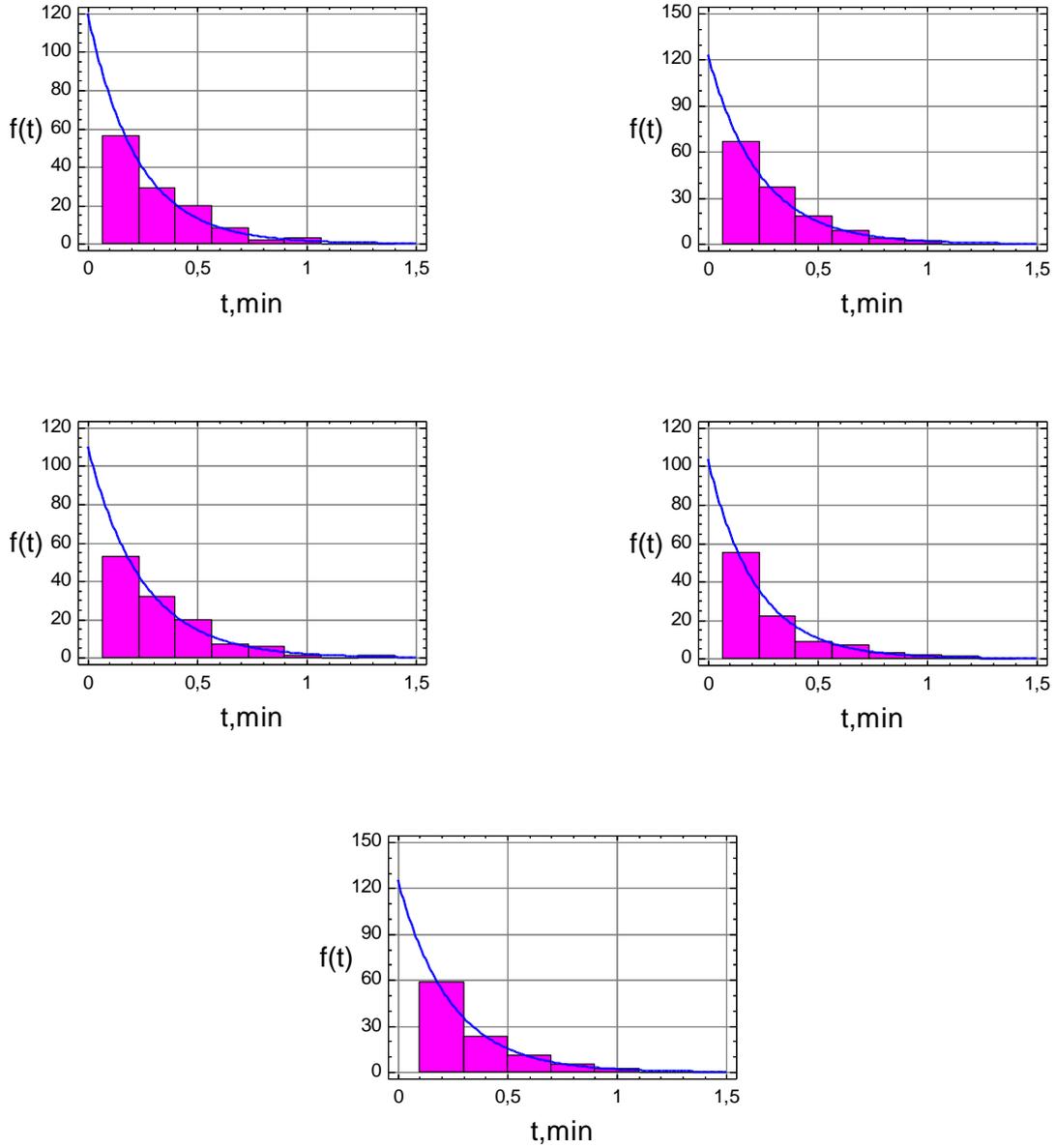


Рисунок 4.9в – Гистограммы и графики плотности распределения
экспоненциального распределения для эксперимента В11-В15

Эксперимент Г16-Г20 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка))

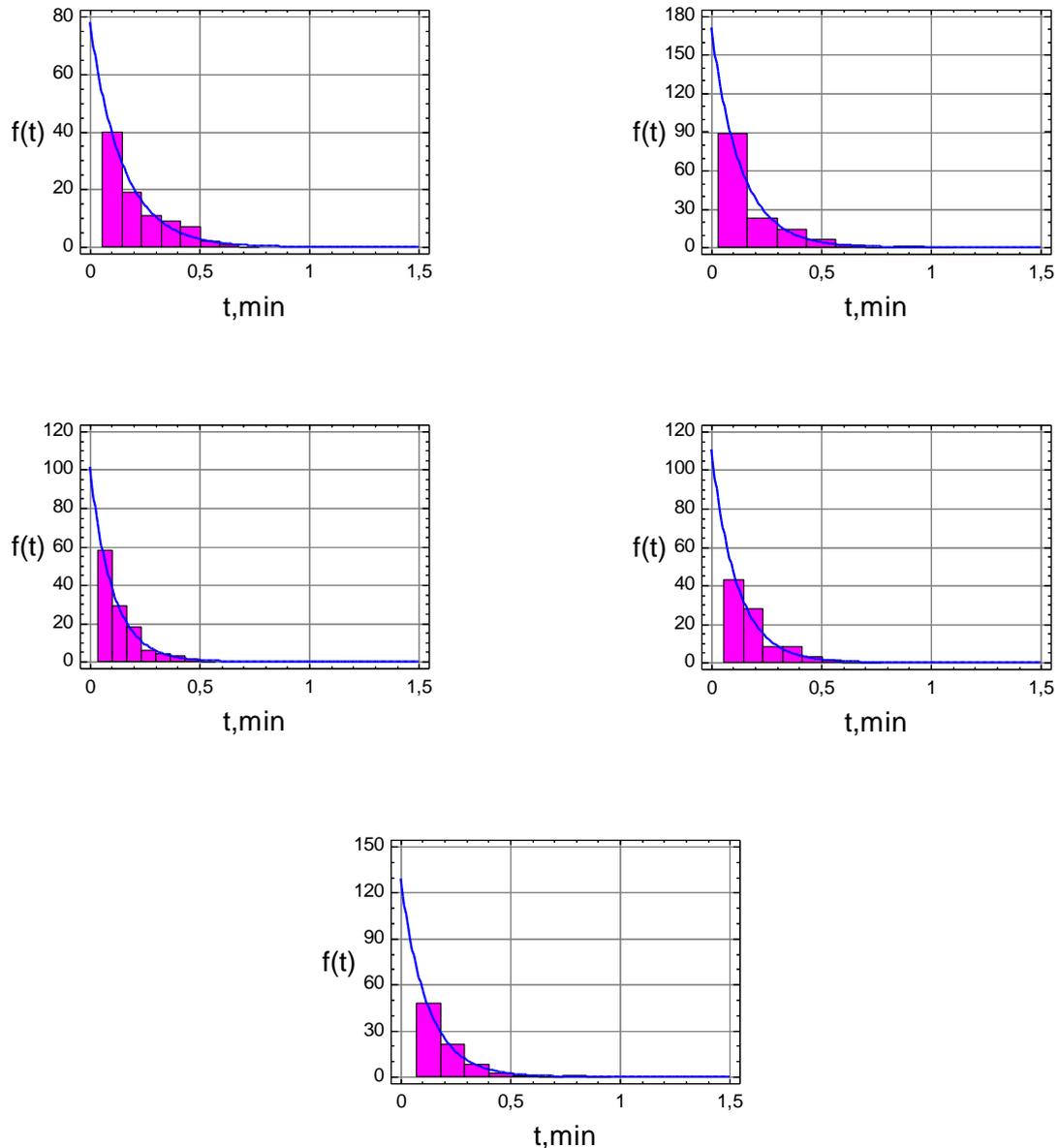


Рисунок 4.9г – Гистограммы и графики плотности распределения экспоненциального распределения для эксперимента Г16-Г20

Данные рисунки показывают результаты проверки возможности применения экспоненциального распределения для описания t . В результате исследования гипотеза о возможности использования экспоненциального распределения для описания полученных данных t не была отвергнута (с 95 % доверительным уровнем). Следовательно, как модель это распределение также может быть использовано.

Применительно к исследуемому событию «услышал – принял решение – начал движение» модель экспоненциального распределения означала бы, что уже при малых значениях времени протекания указанного события плотность распределения достигает максимума, и далее плотность медленно снижается.

Распределение Вейбулла

Это распределение является двухпараметрическим и рассматривается как общая модель описания событий, которые появляются с разной интенсивностью во времени. При различных значениях параметров распределения оно может выглядеть как нормальное распределение, экспоненциальное или гамма-распределение.

Гистограммы и графики плотности распределения Вейбулла показаны на рисунках 4.10а- 4.10г.

Эксперимент А1-А5 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ)

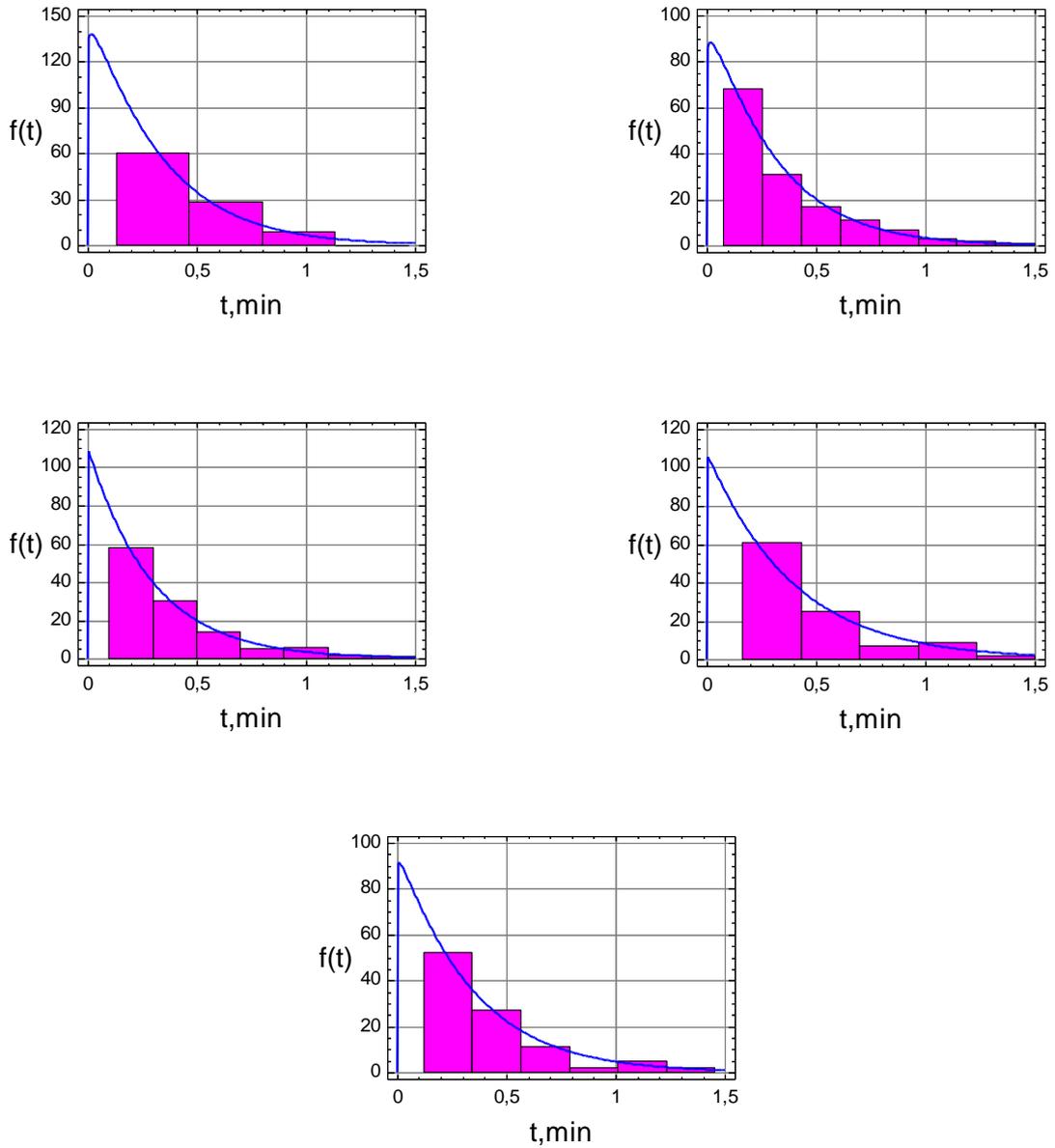


Рисунок 4.10а – Гистограммы и графики плотности распределения Вейбулла для эксперимента А1-А5

Эксперимент Б6-Б10 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук))

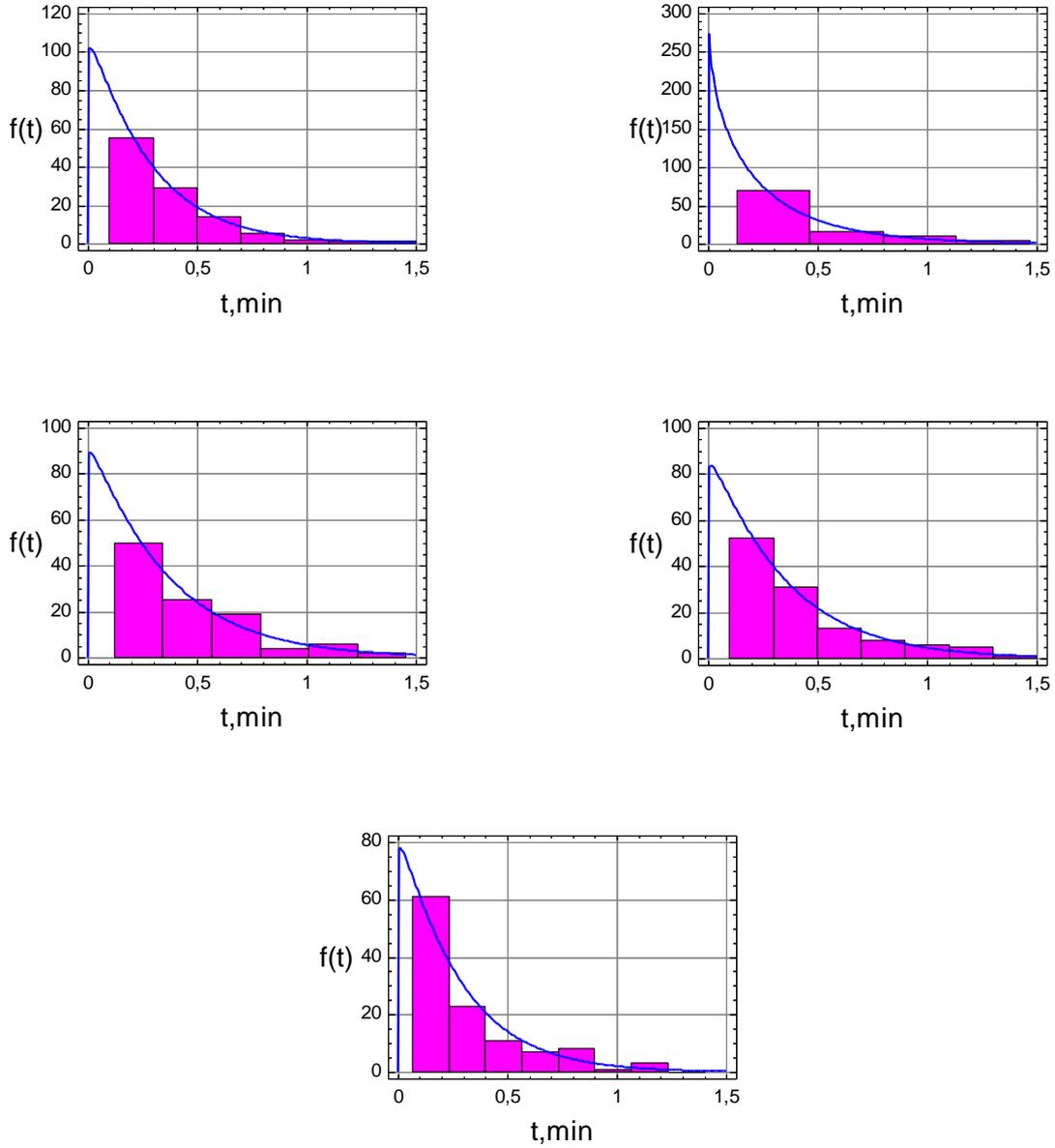


Рисунок 4.10б – Гистограммы и графики плотности распределения Вейбулла
для эксперимента Б6-Б10

Эксперимент В11-В15 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка))

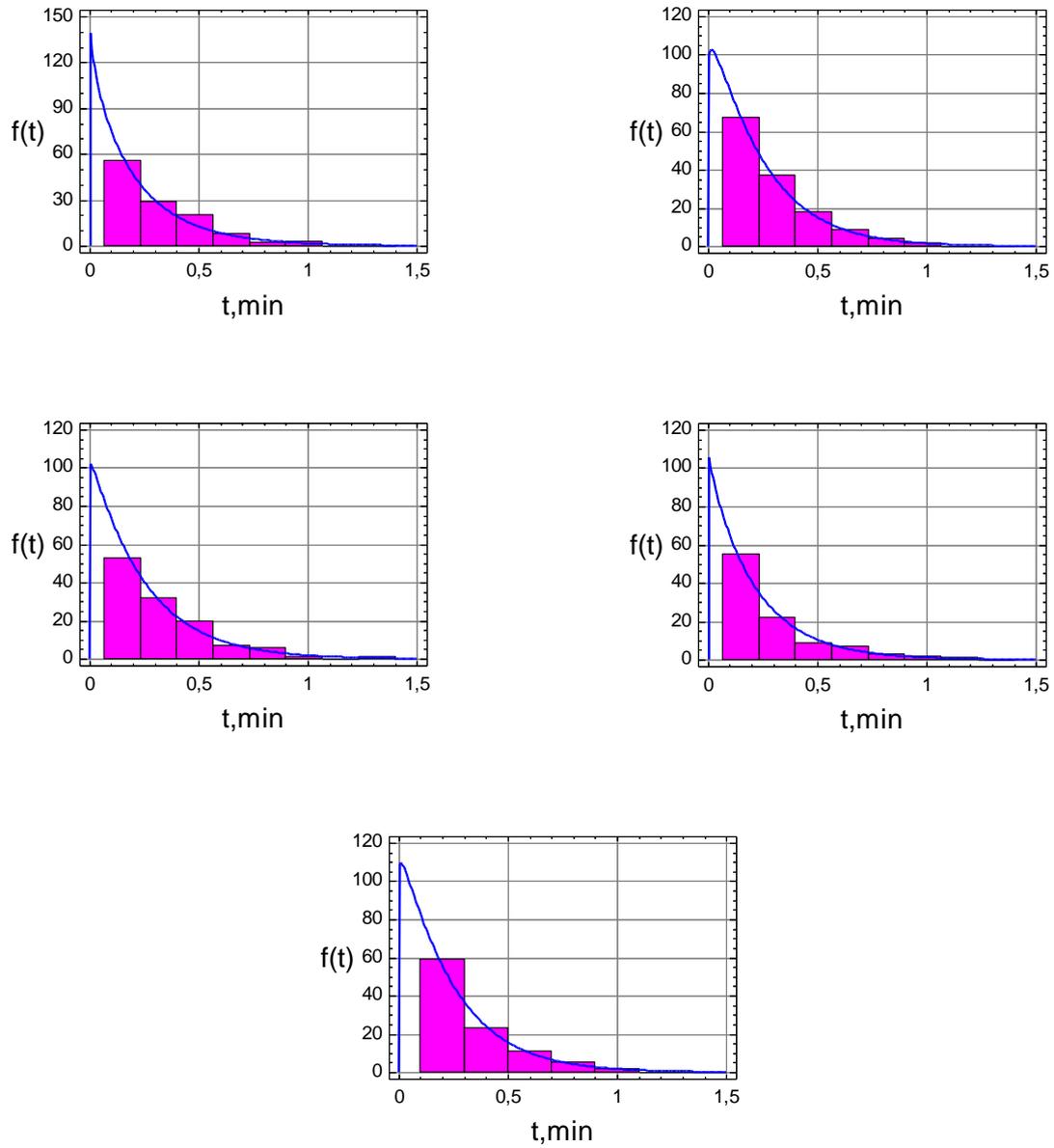


Рисунок 4.10в – Гистограммы и графики плотности распределения Вейбулла
для эксперимента В11-В15

Эксперимент Г16-Г20 (способ оповещения – стандартная АПС+СОУЭ +
СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка))

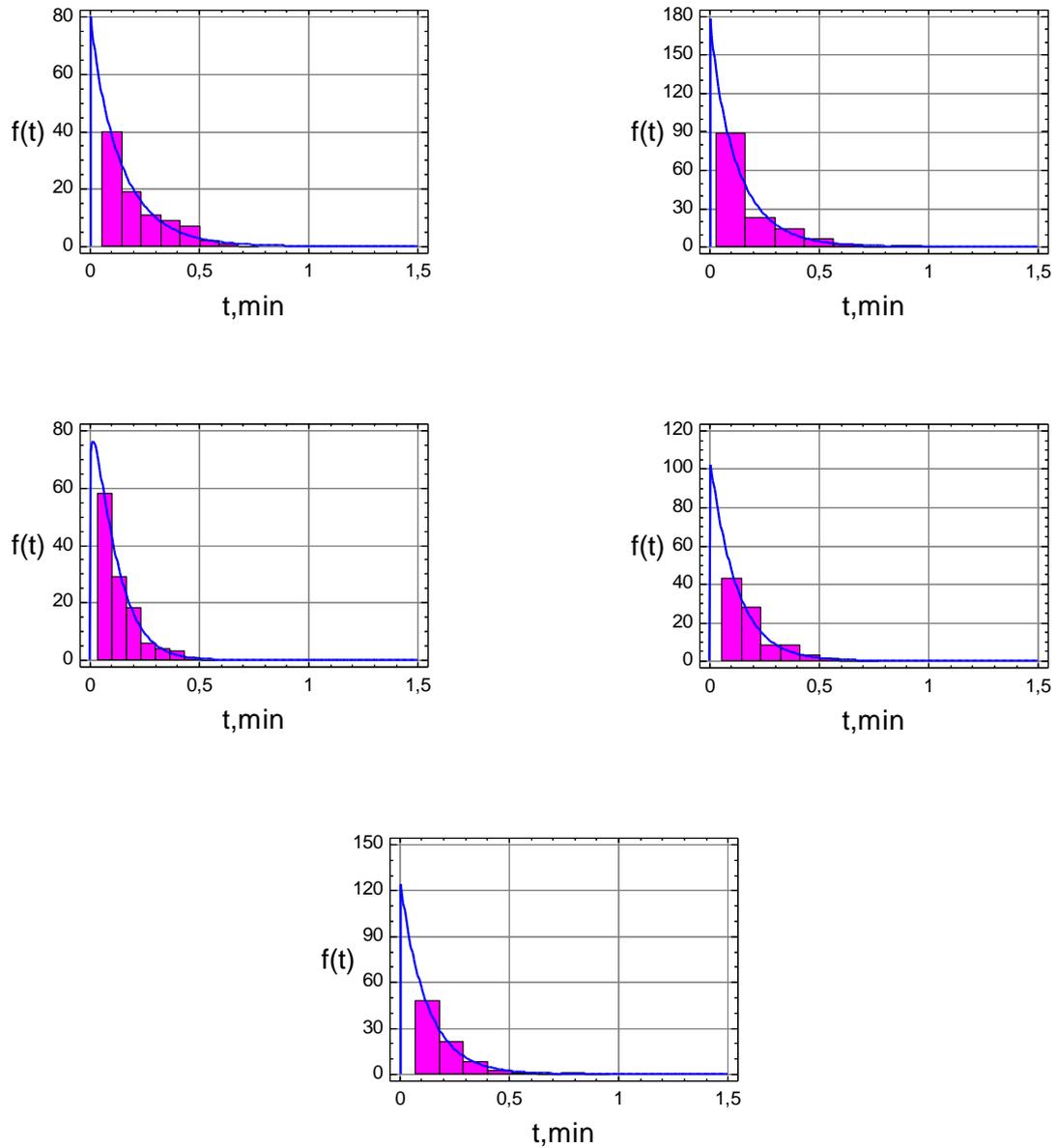


Рисунок 4.10г – Гистограммы и графики плотности распределения Вейбулла для эксперимента Г16-Г20

Данные рисунки показывают результаты проверки возможности применения распределения Вейбулла для описания t . В результате исследования гипотеза о возможности использования распределения Вейбулла для описания полученных данных t не была отвергнута (с более чем 90 % доверительным уровнем). Следовательно, как модель это распределение также может быть использовано.

Из проанализированных пяти распределений возможность применения нормального закона была отвергнута, остальные рассмотренные законы могут быть применены для описания моделируемого события «услышал – принял решение – начал движение».

Полученные данные по результатам математического исследования по доверительному уровню при использовании различных законов распределения приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Доверительный уровень возможности использования математических законов для исследования полученных данных

Закон распределения	Нормальный закон	Логарифмически нормальный закон	Гамма-распределение	Экспоненциальный закон	Распределение Вейбулла
Доверительный уровень использования, %	10	93	90	95	90

Анализ экспериментальных данных и проверка возможности применения рассмотренных законов распределения к результатам экспериментального исследования (критерий хи-квадрат, критерий Колмогорова – Смирнова [59]) позволяет сделать вывод о том, что для описания времени t протекания события «услышал – принял решение – пошел» предпочтительнее использовать экспоненциальный закон распределения с доверительным уровнем 95 % ($p=0,95$).

Для оценки эффективности применения системы «СОУЭ-ПК» на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта и описания моделируемого события выбираем экспоненциальный закон распределения, так как он наилучшим образом описывает ситуации с наиболее неблагоприятным течением обстоятельств [59].

На рисунке 4.11 показаны графики функции плотности распределения (по экспоненциальному закону) времени моделируемого события для различных способов оповещения. На рисунке 4.12 показаны графики интегральной функции экспоненциального распределения времени моделируемого события для различных способов оповещения.

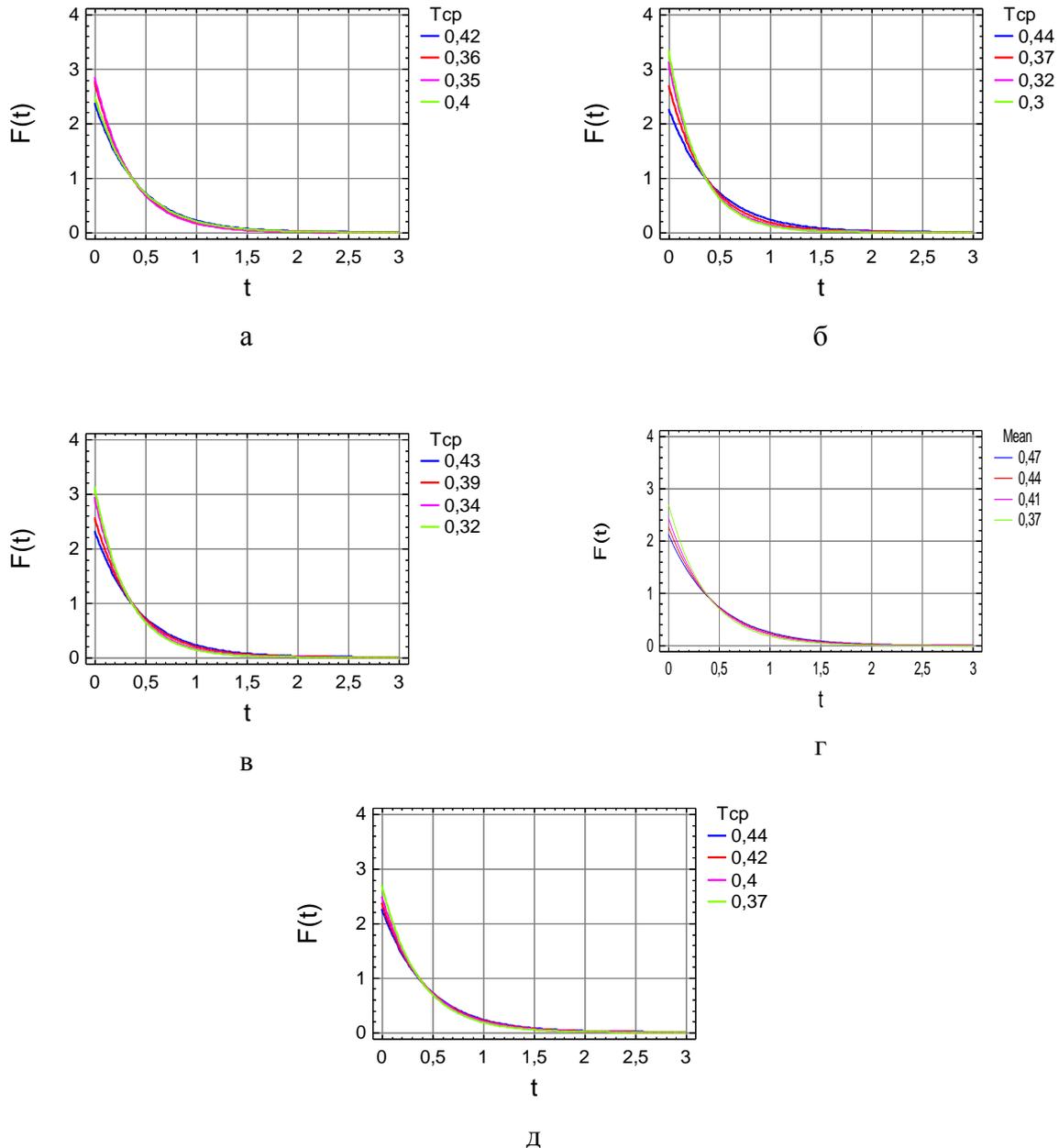


Рисунок 4.11 – Функция плотности распределения (экспоненциальный закон) времени t при различных способах оповещения в зданиях: а – Здание № 1, б – Здание № 2, в – Здание № 3, г – Здание № 4, д – Здание № 5

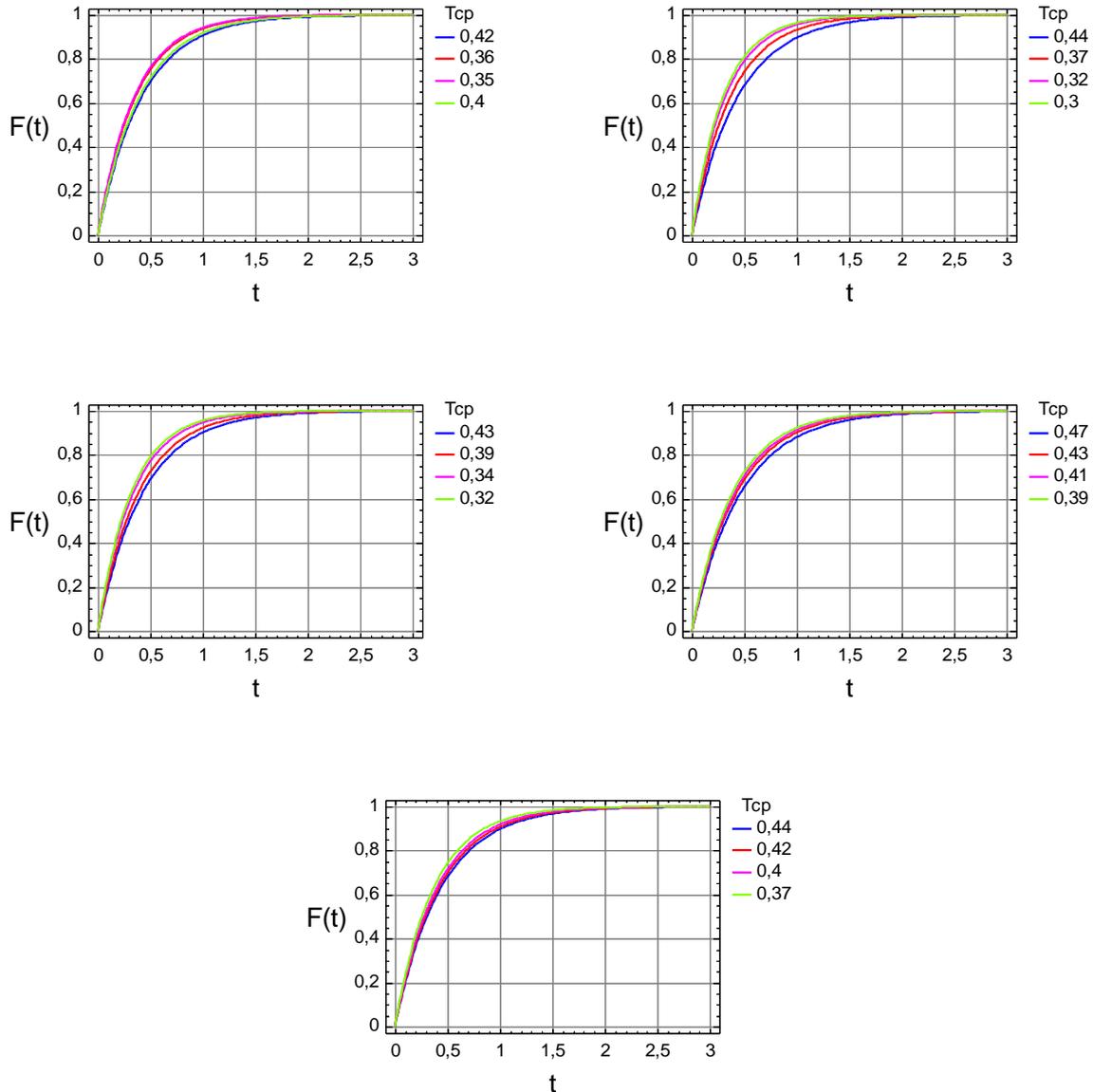


Рисунок 4.12 – Интегральная функция распределения (экспоненциальный закон)

времени t при различных способах оповещения в зданиях: а – Здание № 1,

б – Здание № 2, в – Здание № 3, г – Здание № 4, д – Здание № 5

Предлагаемый вариант системы «СОУЭ-ПК» с блокировкой работы ПК создаёт дополнительную мотивацию к эвакуации человека из потенциально опасного здания и тем самым способствует уменьшению времени события «услышал – принял решение – начал движение». Анализ нормативных документов, результатов наблюдений и экспериментальных исследований позволил построить на базе экспоненциального закона, как математической модели, зависимости процентного количества вышедших людей при

срабатывании СОУЭ от времени для различных вариантов ситуаций: вариант А соответствует системе «Стандартная АПС и СОУЭ + человек», вариант Б – соответствует варианту системы «Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук) + человек», вариант В – соответствует варианту системы «Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук+картинка)+ человек», вариант Г соответствует варианту системы «Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук+картинка+блокировка)+ человек».

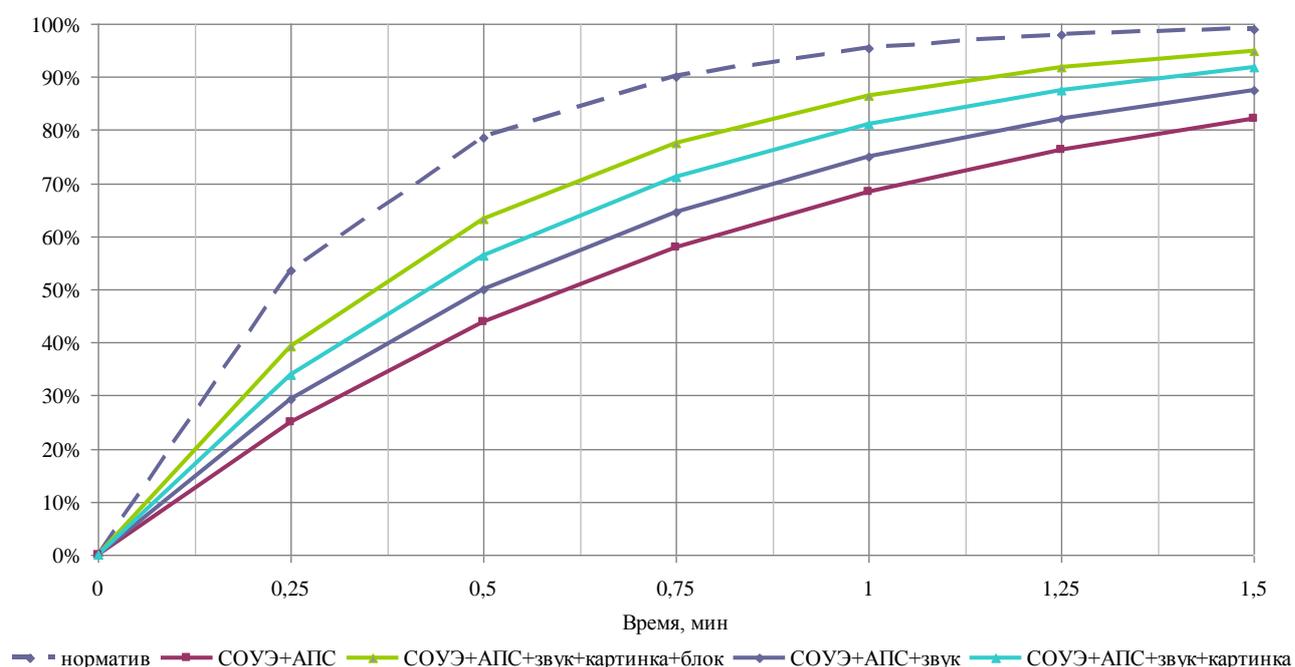


Рисунок 4.12 – Количество отреагировавших на сигнал оповещения (в %) при различных способах оповещения с течением времени

На основании выбранной модели экспоненциального закона распределения была выполнена сравнительная оценка эффективности оповещения при пожаре в зависимости от способа оповещения в сравнении с нормативными значениями, а также существующими традиционными способами оповещения.

Данные рисунка 4.12 показывают, что предлагаемый способ оповещения повышает процент отреагировавших на сигнал оповещения в среднем 15,38 % (на различных временных этапах). Также можно сделать вывод, что применение

предлагаемого способа оповещения людей на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта вынуждает людей реагировать на сигнал оповещения в соответствии с нормативным временем, приведенным в [47] по причине принудительного блокирования ПК пользователя и невозможности продолжения дальнейшей работы.

На основании использованной математической модели удалось получить следующие прогнозы: к моменту времени $t=0,5$ мин реагирование на стандартную АПС составит 43,77 %, на АПС+звук 49,93 %, на АПС+картинка на мониторах ПК+звук в колонках 56,44 % и на АПС+картинка на мониторах ПК+звук в колонках + принудительная блокировка ПК 63,16 %. Графически данные представлены на рисунке 4.13.

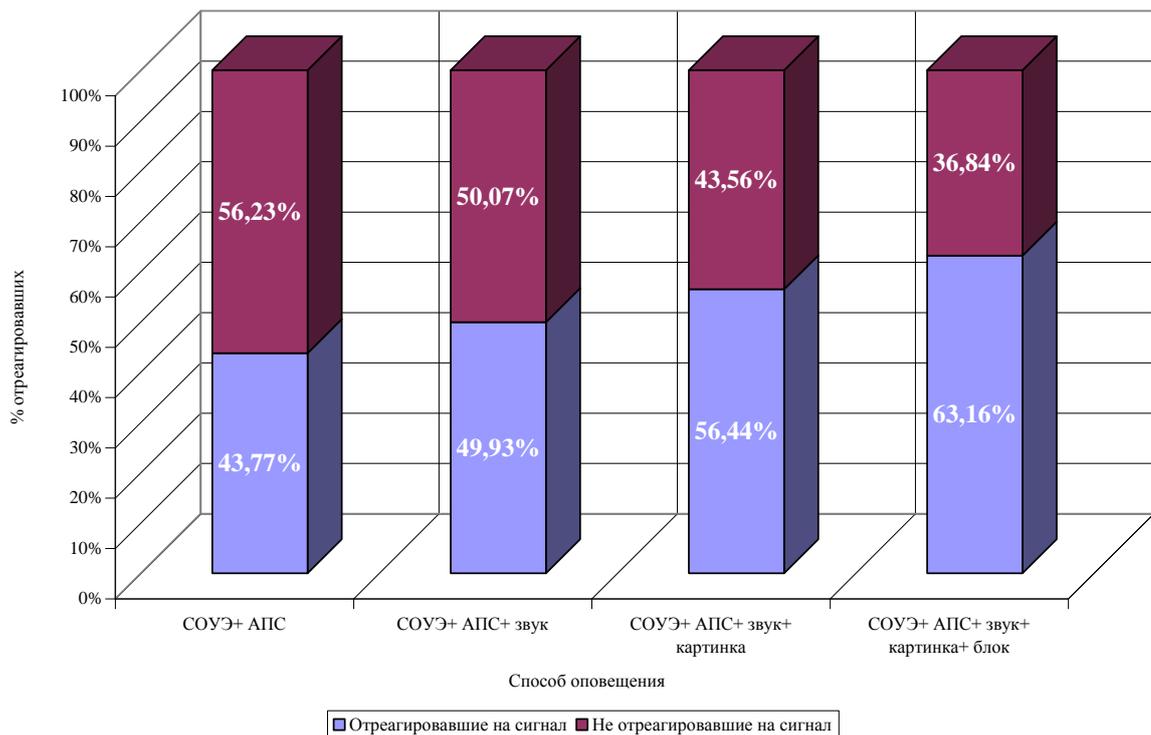


Рисунок 4.13 – Соотношение отреагировавших и не отреагировавших на сигнал через 0,5 мин после начала оповещения о пожаре, %

Следовательно, применение «СОУЭ-ПК» позволит повысить количество отреагировавших в момент времени 0,5 мин на 19,39 %, применительно к

существующему Зданию № 1 в абсолютных величинах (количестве людей) это составит 28 человек.

К моменту времени $t=1,0$ мин реагирование на стандартную АПС составит 68,38 %, на АПС+звук 74,93 %, на АПС+картинка на мониторах ПК+звук в колонках 81,09 % и на АПС+картинка на мониторах ПК+звук в колонках + принудительная блокировка ПК 86,43 %. Графически данные представлены на рисунке 4.14.

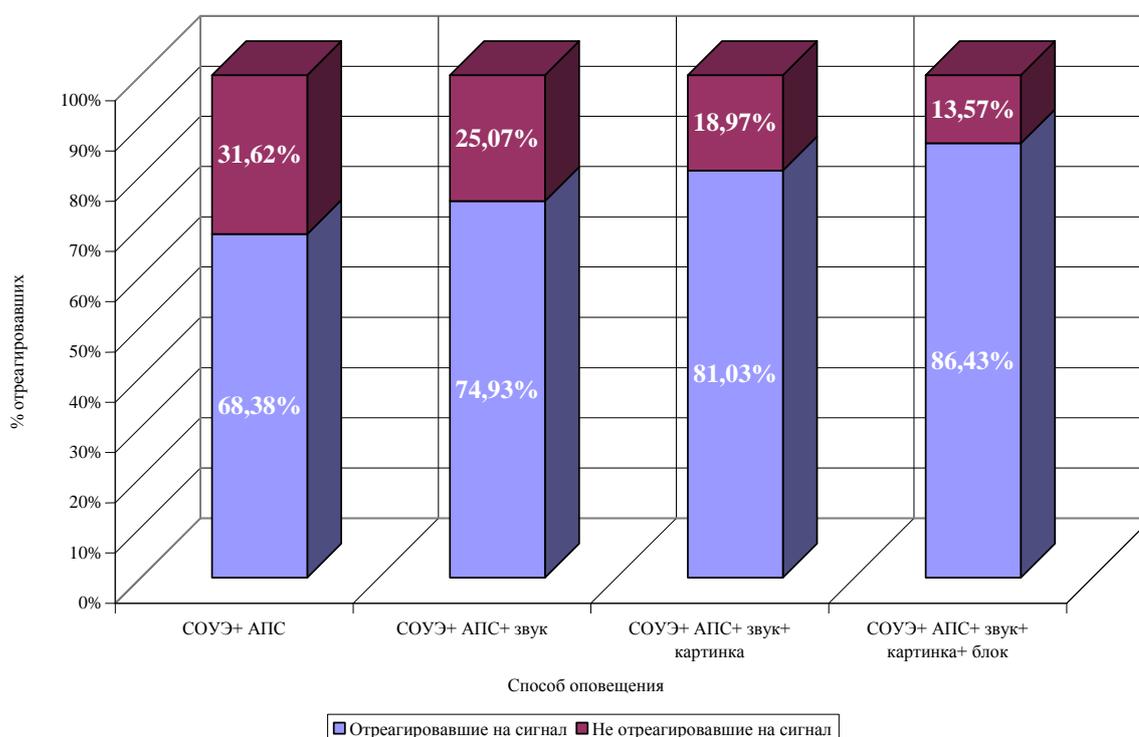


Рисунок 4.14 – Соотношение отреагировавших и не отреагировавших на сигнал через 1,0 мин после начала оповещения о пожаре, %

Следовательно, применение «СОУЭ-ПК» позволит повысить количество отреагировавших в момент времени 1,0 мин на 18,05 %, применительно к существующему Зданию № 1 в абсолютных величинах (количестве людей) это составит 26 человек.

К моменту времени 1,5 мин реагирование на стандартную АПС составит 82,22 %, на АПС+звук 87,44 %, на АПС+картинка на мониторах ПК+звук в

колонках 91,74 % и на АПС+картинка на мониторах ПК+звук в колонках + принудительная блокировка ПК 95,00 %. Графически данные представлены на рисунке 4.15.

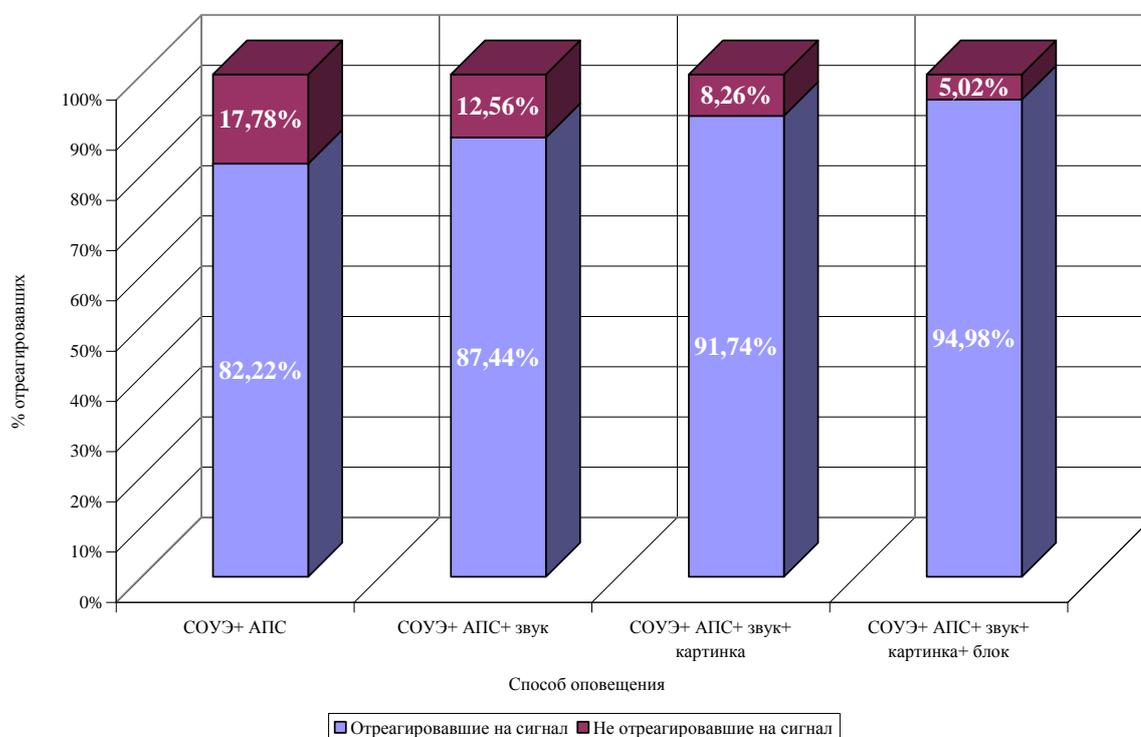


Рисунок 4.15 – Соотношение отреагировавших и не отреагировавших на сигнал через 1,5 мин после начала оповещения о пожаре, %

Следовательно, применение «СОУЭ-ПК» позволит повысить количество отреагировавших в момент времени 1,5 мин на 12,78 %, применительно к существующему Зданию № 1 в абсолютных величинах (количестве людей) это составит 18 человек.

Из данных рисунков 4.13-4.15 очевидно, что наибольшее влияние предлагаемый способ оповещения «СОУЭ-ПК» оказывает на начальных этапах оповещения людей о пожаре, как раз в то самое время, когда в реальных условиях пожара люди не до конца понимают опасность чрезвычайной ситуации и не всегда предпринимают необходимые для эвакуации действия.

Вывод по главе 4

1. Применение дублирующего способа оповещения «СОУЭ-ПК» оказывает заметное положительное влияние на время реагирования работников административных зданий ОАО «РЖД» на сигнал «Пожар». Особенно это заметно на начальных этапах оповещения людей о пожаре, как раз в то самое время, когда в реальных условиях пожара люди не до конца понимают опасность чрезвычайной ситуации и не всегда предпринимают необходимые для эвакуации действия. Применение «СОУЭ-ПК» позволит повысить количество отреагировавших на сигнал «Пожар» в момент времени 0,5 мин на 19,39 %.

2. Проанализированы пять математических распределений на возможности применения законов распределения к результатам экспериментального исследования; проведенный анализ указывает на то, что для описания времени реагирования работников административных зданий на сигнал «Пожар» t наиболее целесообразно использовать экспоненциальный закон распределения с доверительным уровнем 95 %.

3. Проведенное имитационное моделирование процесса эвакуации показывает, что снижение времени необходимого для начала эвакуации, вследствие применения дублирующего оповещения «СОУЭ-ПК», прямо влияет на фактическое время эвакуации работников при пожаре. Использование дублирующего оповещения «СОУЭ-ПК» сократит время эвакуации работников на 69,29 %.

4. Внедрение дополнительного, дублирующего способа оповещения снижает возможность воздействия опасных факторов пожара на работника в процессе эвакуации и способствует сокращению количества потенциальных погибших из числа работников административных зданий ОАО «РЖД», несвоевременно отреагировавших на стандартную систему оповещения о пожаре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертационного исследования поставленная в работе цель достигнута, задачи решены.

Результаты исследования, направленные на практическое решение задачи по повышению эффективности организации эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД» в условиях воздействия нештатных и чрезвычайных ситуаций.

Основными результатами работы являются следующие положения:

1. Изучены и систематизированы системы противопожарной защиты, используемые в административных зданиях ОАО «РЖД», в частности система оповещения и управления эвакуацией работников при пожаре.

2. Подробно разобран процесс эвакуации работников из здания как временной промежуток, выявлены интервалы, способствующие значительному увеличению времени эвакуации при нештатной ситуации. Проанализированы действия работников ряда административных зданий ОАО «РЖД» при получении сигнала «Пожар». Определены причины, по которым значительная часть работников игнорирует полученный сигнал и не предпринимает действий для начала эвакуации непосредственно при получении сигнала о пожаре.

3. Определена и обоснована необходимость создания дублирующей технической системы оповещения, принуждающей работников к немедленному началу эвакуации. В качестве канала связи предложено использовать существующую в административных зданиях локально вычислительную сеть.

4. Предложен способ дублирующего оповещения работников административных зданий ОАО «РЖД», базирующийся на применении разработанного автором программного комплекса «СОУЭ-ПК», который позволяет качественно дополнить существующую систему оповещения

большинства административных зданий. Определено, что интеграция предлагаемого программно-аппаратного комплекса в локально-вычислительную сеть ОАО «РЖД» позволит качественно дополнить системы оповещения и управления эвакуацией при пожаре, созданные и эксплуатируемые на объектах железнодорожной инфраструктуры в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности. А внедрение и поддержание дублирующего способа оповещения «СОУЭ-ПК» в систему противопожарной защиты административных зданий ОАО «РЖД» не повлечет за собой значительных финансовых и трудовых затрат.

5. Произведена адаптация математической модели реализующей принципы индивидуально-поточного движения работников из здания, для имитационного моделирования процесса эвакуации в исследуемых зданиях в зависимости от способа оповещения. Проведено имитационное моделирование процесса эвакуации работников административных зданий, на основе данных, полученных в результате натурного наблюдения за действиями людей при получении сигнала «Пожар».

6. Доказано и математически обосновано, что применение дублирующего способа оповещения «СОУЭ-ПК» оказывает положительное влияние на время реагирования работников административных зданий ОАО «РЖД» на сигнал «Пожар», что позволит значительно снизить количество проигнорировавших сигнал «Пожар» (в среднем на 19,39 %). Данные, полученные в результате внедрения дублирующего способа оповещения «СОУЭ-ПК» в систему противопожарной защиты действующих административных зданий ОАО «РЖД», наглядно демонстрируют эффективность предлагаемого способа и технического решения за счет снижения времени эвакуации людей из административных зданий на 69,29 %, что в свою очередь снижает возможность воздействия опасных факторов пожара на работников в процессе эвакуации и сокращается количество потенциальных погибших из числа работников административных зданий ОАО «РЖД».

Список сокращений и условных обозначений

АППЗ	Система автоматической противопожарной защиты
АПС	Автоматическая пожарная сигнализация
АУПТ	Автоматическая система пожаротушения
ДУ	Автоматическая система дымоудаления
ДЦУП	Дорожный центр управления перевозками
ЛВС	Локально вычислительная сеть
МЧС	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
ОАО «РЖД»	Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»
ОФП	Опасные факторы пожара
ПК	Персональный компьютер
ПКПП	Приемно-контрольный прибор пожарной сигнализации
СвЖД	Свердловская железная дорога
СОУЭ	Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре
СОУЭ-ПК	Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре – ПК
ФГП ВО ЖДТ России	Федеральное государственное предприятие «Ведомственная охрана железнодорожного транспорта Российской Федерации»

Список литературы

1. Положение о системе информационного реагирования ОАО «РЖД» на нештатные ситуации [Электронный ресурс] : приказ ОАО «РЖД» от 9 января 2017 г. № 1. – Режим доступа : <http://rly.su/ru/content/положение-о-системе-информационного-реагирования-оао-ржд-на-нештатные-ситуации>, свободный.
2. Годовой отчет компании ОАО «РЖД» за 2016 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ar2016.rzd.ru/ru#city-gets-closer>, свободный.
3. Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге ОАО «РЖД» [Электронный ресурс] : распоряжение ОАО «РЖД» от 8 декабря 2015 г. № 2855р. – Режим доступа : http://rly.su/sites/default/files/strategiya_garantirovannoy_bezопасnosti_dvizheniya.pdf, свободный.
4. Брушлинский, Н. Н. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 9, Т. 20. – С. 42-48.
5. О Концепции структурной реформы федерального железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ 15 мая 1998 года № 448. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/178699/>, свободный.
6. Техническая эксплуатация зданий и сооружений железнодорожного транспорта : учебное пособие для вузов ж.-д транспорта / В. С Казарновский [и др.] ; под ред. В. С. Казарновского. – М. : Маршрут, 2006. – 270 с.
7. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федеральный закон от 30 декабря 2001 № 197-ФЗ (ред. от 05.10.2015). – Режим доступа : <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=LAW;n=187053>, свободный.

8. О техническом регулировании : федеральный закон Российской Федерации от 27.12.2002 г. № 184–ФЗ ; с изм. и доп. – Екатеринбург : Калан, 2014.

9. Проектирование зданий железнодорожного транспорта : учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов железнодорожного транспорта / Н. И. Абрамов [и др.] ; под ред. В. Н. Мастаченко. – М. : УМК МПС России, 2000. – 336 с.

10. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация : учебник / научн. ред. А. А. Навацкий. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2005. – 335 с.

11. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. – М. : Пожнаука, 2009.

12. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123–ФЗ ; с изм. и доп. – Екатеринбург : Калан, 2014.

13. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : приказ МЧС России от 01.06.2011 № 274. – М. : Пожнаука, 2011.

14. ГОСТ 4.188-85. Система показателей качества продукции. Средства охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Номенклатура показателей : введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 сентября 1985 г. № 3179.

15. НПБ 58-97 Системы пожарной сигнализации адресные. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс] : введены в действие приказом ГУГПС МВД России от 31 декабря 1996 г. № 64. – Режим доступа : <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/3/3055/index.htm>

16. Эвакуация и поведение людей при пожарах : учеб. пособие / В. В. Холщевников [и др.]. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. – 262 с.

17. СТО РЖД 1.15.009-2013 «Система управления пожарной безопасностью в ОАО «РЖД». Основные положения» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 10.01.2014 № 13р.

18. СП 153.13130.2013 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Требования пожарной безопасности. – М. : Пожнаука, 2014.

19. ВНПБ 2.02/МПС-02 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации.

20. Дутов, В. Н. Психофизиологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре / В. Н. Дутов, И. Г. Чурсин. – М. : Защита, 1992.

21. Proulx G., Sime J. D. To Prevent “Panic” in an Underground Emergency: Why not Tell People The Truth? Proceed. of the Third Inter. Symp. on Fire Safety Science, 1991, pp. 843–852.

22. Proulx G. The Time Delay to Start Evacuation Upon Hearing a Fire Alarm. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, 1994.

23. Brennan P. Timing Human Response in Real Fires. Proceedings of the Fifth International Symposium on Fire Safety Science, 1997.

24. ISO 8201:1987. Acoustic-Audible emergency evacuation signal. International Standard Organisation, 2013.

25. NFPA 72–2013. National Fire Alarm Code. National Fire Protection Organisation, 2013.

26. РНД 73–45–89. Временное руководство по проектированию систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей при пожаре объектов народного хозяйства. – Новосибирск : Спецавтоматика, 1989. – 149 с.

27. Fahy R., Proulx G. Toward creating a database on delay times to start evacuation and walking speeds for use in evacuation modeling. 2nd Inter. Symp. on Human Behavior in Fire.(Shields et al), MIT, Boston, Interscience Communication Ltd, 2001, pp. 175–184.

28. НПБ 66-97 Извещатели пожарные автономные. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс] : утверждён в ГУГПС МВД РФ (25.08.1997), МЧС России (18.06.2003). – Режим доступа : <http://www.norm-load.ru/SNiP/Index1/4/4960.htm>.

29. НПБ 85-2000 Извещатели пожарные тепловые. Технические требования пожарной безопасности. Методы испытаний [Электронный ресурс] : утверждены приказом ГУГПС МВД России от 5 апреля 2001 г. № 22 ; дата введения в действие 1 июня 2001 г. – Режим доступа : <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/8/8923/index.htm>.

30. Собурь, С. В. Установки пожарной сигнализации : справочник / С. В. Собурь. – 2-е изд., с изм. – М. : Спецтехника, 2001. – 312 с.

31. НПБ 77-98 Технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс] : утверждены и введены в действие приказом ГУГПС МВД России от 24 декабря 1998 г. № 78. – Режим доступа : <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/7/7689/index.htm>.

32. Шильдс, Д. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 1. Анализ реальных пожаров и видеозаписей неанонсированных эвакуаций с целью количественного и качественного описания влияния персонала на ход эвакуации / Д. Шильдс // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – №1. – С. 44-52.

33. Беляев, С. В. Эвакуация зданий массового назначения / С. В. Беляев. — М. : Издательство Всесоюзной академии архитектуры, 1938. – С. 9-31.

34. Bryan J. L. Human behavior in fire and the development and maturity of a scholarly study area // Proceedings of the First International Symposium "Human Behavior in Fire". — Belfast, UK, 1998, P. 3-12.

35. Милинский, А. И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения : дис. ... канд. техн. наук / А. И. Милинский. – М., 1951. – С. 32-46.

36. Предтеченский, В. М. О расчете движения людских потоков в зданиях массового назначения / В. М. Предтеченский // Архитектурно-строительное

образование и научные основы проектирования. — М. : Стройиздат, 1983. — С. 37-41.

37. Копылов, В. А. Исследование параметров движения людей при вынужденной эвакуации : дис. ... канд. техн. наук / В. А. Копылов. — М., 1974. — С. 26-29.

38. Холщевников, В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Холщевников. — М., 1983. — С. 19-24.

39. Pauls J. L. Building Evacuation: Findings and Recommendations. Fires and Human Behavior. D. Canter, London, John Wiley and Sons, 1980, P. 251-276.

40. Pauls J. L. Evacuation and other movement in buildings: some high-rise evacuation models, general pedestrian movement models and human performance data needs // Proceeding of the Second International Conference "Pedestrian and Evacuation Dynamics". — London, 2003. P. 75-88.

41. Fruin J. J. Pedestrian Planning and Design. — Elevator World, 1971, p. 17, 24-28, 32-36.

42. Холщевников, В. В. Эвакуация и поведение людей при пожарах : учеб. пособие / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. — 212 с.

43. Холщевников, В. В. Натурные наблюдения людских потоков : учеб. пособие / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин, И. И. Исаевич. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. — 191 с.

44. Холщевников, В. В. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Жилищное строительство. — 2008. — № 8. — С. 24-26.

45. Шильдс, Д. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 3. Анализ системы подготовки персонала к действиям при пожаре и рекомендации по ее усовершенствованию / Д. Шильдс [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — № 6. — С. 48-56.

46. Самошин, Д. А. Применение концепции «Человек–Среда–Пожар» для понимания поведения персонала торговых комплексов при пожаре : дисс. ... канд. техн. наук / Д. А. Самошин. – М., 2005. – С. 17-54.

47. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : утв. приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009 ; ред. приказа МЧС 632 от 02.12.2015.

48. Sime J. Understanding Human Behavior in Fires: An Emerging Theory of Occupancy / Inaguration Lecture on 14 October, 1999. – University of Ulster, 1999.

49. Зырянова, Т. Ю. Концепция управления рисками в информационных системах / Т. Ю. Зырянова, Е. О. Чигринский // Транспорт Урала. – 2014. – № 1 (40). – С. 8-11.

50. Титова, Т. С. Разработка методических основ определения и оценки состояния потенциально-опасных объектов / Т. С. Титова, Р. Г. Ахтямов, Г. А. Бухарбаева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 342.

51. РНД 73-16-90 Методика по расчету показателей надежности системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей при пожаре.

52. Случайные величины и законы распределения [Электронный ресурс] // Прикладная и инженерная математика. – Режим доступа : http://www.simumath.net/library/book.html?code=Mat_Stat_random_values.

53. Переверзев, Е. С. Случайные процессы в параметрических моделях надежности / Е. С. Переверзев. – Киев : Наукова думка, 1987. – 240 с.

54. Биллinton, Р. Оценка надёжности электроэнергетических систем / Р. Биллinton ; пер. с англ. / Р. Биллinton, Р. Аллан. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.

55. Экспоненциальное (показательное) распределение [Электронный ресурс] // ЭлектроЭнергетические системы. – Режим доступа : <http://ee-system.ru/eksponencialnoe-pokazatelnoe-raspredelenie/>.

56. Вероятностные распределения и их свойства [Электронный ресурс] // HR-Portal. – Режим доступа : <http://www.hr-portal.ru/statistica/gl3/gl3.php#4>.

57. Переверзев, Е. С. Случайные процессы в параметрических моделях надежности / Е. С. Переверзев. – Киев : Наукова думка, 1987. – 240 с.

58. Дюк, В. В. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб. : ПИТЕР, 1997. – 240 с.

59. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. – М. : Мир, 1969. – 395 с.

60. Айвазян, С. А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных : справочное изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 471 с.

61. Чулков, Н. А. Надежность технических систем и техногенный риск : учебное пособие / Н. А. Чулков, А. Н. Деренок ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 150 с.

62. Рудченко, Г.И. Совершенствование способов и методов обеспечения пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации дошкольных образовательных учреждений : дисс. ... канд. техн. наук / Г.И Рудченко. – Волг., 2012. – С. 19-24.

63. Самошин, Д. А. Применение концепции «Человек–Среда–Пожар» для понимания поведения персонала торговых комплексов при пожаре : дисс. ... канд. техн. наук / Д. А. Самошин. – М., 2005. – С. 17-54.

64. Диспетчерскому центру управления перевозками (ДЦУП) Свердловской железной дороги исполнилось 10 лет. [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «РЖД». – Режим доступа : http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=656&id=82822&layer_id=4069 .

65. СНиП 2.08.02-89* Общественные здания и сооружения [Электронный ресурс] : утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 16 мая 1989 г. N 78. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/5200165>

66. СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения [Электронный ресурс] : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 1 сентября 2009 г. N 390. – Режим доступа : <http://снп.рф/снп/view/216>

67. СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 [Электронный ресурс] : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. N 635/10. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200092705>

68. Локальные вычислительные сети. [Электронный ресурс] // do.gendocs.ru. – Режим доступа : <http://do.gendocs.ru/docs/index-104365.html>

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

69. Шархун, С. В. Средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе сетевых технологий / С. В. Шархун // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – № 2, Т. 22. – С. 60-64 (0,2 п. л.).

70. Шархун, С. В. Средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе сетевых технологий / С. В. Шархун, Т. С. Колбин, П. В. Ширинкин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы : сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 20 сентября 2012 года, ФГБОУ ВПО Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России. – Воронеж, 2012. – С. 108-110 (0,1/0,03 п. л.).

71. Шархун, С. В. Моделирование пожара с учетом работы систем противопожарной защиты / С. В. Шархун, Т. С. Колбин, П. В. Казаринов // Техносферная безопасность. – 2014. – № 4 (5). – С. 10-20 (0,1/0,03 п. л.).

72. Шархун, С. В. Своевременное начало эвакуации при пожаре как основа ее эффективности / С. В. Шархун, Е. Н. Брюхов // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 5. – С. 54–57 (0,1/0,05 п. л.).

73. Шархун, С. В. Этапы эвакуации людей при пожаре / С. В. Шархун, Т. С. Колбин, Е. Н. Брюхов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций : сборник статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с международным участием, 17 апреля 2015 г. – Воронеж, 2015. – С. 255-259 (0,1/0,03 п. л.).

74. Шархун, С. В. Современное высотное строительство и его пожарная опасность / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина // Техносферная безопасность. – 2015. – № 4 (9). – С. 37-42 (0,1/0,05 п. л.).

75. Шархун, С. В. Анализ оснащённости подразделений пожарной охраны техническими средствами по спасению людей из высотного здания дорожного центра управления перевозками (ОАО «РЖД») / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина, С. А. Махнев // Техносферная безопасность. – 2016. – № 1 (10). – С. 33-36 (0,1/0,03 п. л.).

76. Шархун, С. В. О возможности применения дублирующего способа оповещения людей при пожаре на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина // Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур (SAFETY2016): сборник тезисов / Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Строительный институт ; НИЦ Надежность и ресурс больших систем и машин УрО РАН ; Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union; MARUEEB ; под редакцией В. Н. Алехина. – 2016. – С. 301-305.

77. Шархун, С. В. Снижение времени начала эвакуации при пожаре как основа обеспечения безопасности работников административных зданий ОАО «РЖД» / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина // Транспорт Урала. – 2016. – № 2 (49). – С. 34-38 (0,1/0,03 п. л.).

78. Шархун, С. В. О результатах натурного наблюдения за изменением времени реагирования персонала административных зданий ОАО «РЖД» на сообщение о пожаре при применении программного комплекса «СОУЭ-ПК» /

С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина, В. А. Штерензон // Техносферная безопасность. – 2017. – № 1 (14). – С. 13-18.

79. Шархун, С. В. Математическое исследование применения программного комплекса «СОУЭ-ПК» в административных зданиях ОАО «РЖД» / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина, В. А. Штерензон // Техносферная безопасность. – 2017. – № 1 (14). – С. 19-29.

80. Шархун, С. В. Анализ эффективности интеграции дублирующего способа оповещения в систему управления инфраструктурой железнодорожного транспорта на примере зданий ОАО «РЖД» » / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина, В. А. Штерензон // Транспорт Урала. – 2017. – № 1 (52). – С. 19-24.

81. Шархун, С. В. Применение дублирующего способа оповещения людей при пожаре «СОУЭ-ПК» в административных зданиях ОАО «РЖД» [Электронное текстовое издание] / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина // Материалы 5-й международной научно-практической конференции «Ройтмановские чтения». – М. : Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 108-111.

82. Шархун, С. В. Опыт применения дублирующего способа «СОУЭ-ПК» для оповещения людей при пожаре в административных зданиях ОАО «Российские Железные Дороги» [Электронное текстовое издание] / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина // Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы : м-лы Международн. науч.-практ. конф., 17 марта 2017 г. – Кокшетау, РГУ «КТИ КЧС МВД Республики Казахстан». – 2017. – С. 321-324.

83. Sharkhun S. V., Sirina N. F. Experience application of the duplicating way "WSEM-PC" for the notification of people at the fire in office buildings of JSC Russian Railways [Text] / S. V. Sharkhun, N. F. Sirina//Materials V of the international scientific and practical conference "Technician Tekhnologiya. Education. Safety". – Veliko Tarnovo: Scientific technical union of mechanical engineering "Industry 4.0", 2017. – 324 Pages 255-258.

84. Шархун, С. В. Результаты имитационного моделирования процесса эвакуации работников административных зданий ОАО «РЖД» на основе данных

натурного наблюдения при применении программного комплекса «СОУЭ-ПК» [Текст] / С. В. Шархун, Н. Ф. Сирина // Техносферная безопасность. – 2017. – № 2. – С. 8-14.

85. Шархун С.В. Дублирующий способ оповещения людей как метод снижения времени начала эвакуации при пожаре в административных зданиях ОАО «РЖД» [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. С 142-148.

86. Шархун С.В. Результаты интеграции дублирующего способа оповещения в систему противопожарной защиты инфраструктуры железнодорожного транспорта на примере административных зданий ОАО «РЖД» [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина // Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур (SAFETY2017) : м-лы Международн. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В.Н. Алехина. – Екатеринбург, 2017. С. 115-123

87. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре – ПК (СОУЭ-ПК) : свид. № 2012617518 / Шархун С. В. ; правообладатель : Шархун С. В. – заявка № 2012615195 ; дата поступления 22.06.2012 г. ; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 20.08.2012 г.

Приложения

Приложение А. Свидетельство о государственной регистрации программы
для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2012617518

«Система оповещения и управления эвакуацией людей
при пожаре - ПК» («СОУЭ-ПК»)

Правообладатель(ли): *Шархун Сергей Владимирович (RU)*

Автор(ы): *Шархун Сергей Владимирович (RU)*

Заявка № 2012615195

Дата поступления 22 июня 2012 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ

20 августа 2012 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



**Приложение Б. Результаты натурного наблюдения за действиями людей
при поступлении сигнала «Пожар»**

Таблица Б1 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ)

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
1	0,5500	0,0609	0,1604	0,5551	0,0984
2	0,1900	0,8037	0,5166	0,3746	0,0693
3	0,9600	0,1180	0,0608	0,1530	0,1542
4	0,7300	0,2772	0,4928	0,2969	0,1195
5	0,2800	0,3257	0,0444	0,3616	0,3156
6	0,8400	0,0475	0,5276	0,1554	0,7352
7	0,2200	0,2766	0,0097	0,0984	1,2060
8	0,4400	0,3356	0,0442	0,5030	0,0644
9	0,2600	0,1242	0,1031	0,5379	0,0614
10	0,6400	0,1318	0,0688	0,4610	0,7104
11	0,0200	0,6351	0,4611	0,3958	0,3800
12	0,0600	0,1555	0,0330	0,8212	0,1703
13	0,3200	0,0699	0,6820	0,4019	0,6608
14	0,1400	0,7655	0,0637	0,5111	1,0841
15	1,5200	0,4597	0,5347	0,1537	0,6611
16	0,3700	0,0649	0,4408	0,3907	0,0913
17	0,6100	0,1608	0,3542	0,4265	0,5175
18	0,1200	0,7129	1,4554	0,1112	0,0715
19	0,6300	0,4302	0,0509	0,9829	0,0141
20	0,0700	0,2026	0,0586	0,0529	0,2566
21	0,0800	0,4988	0,5605	0,0031	0,2593
22	0,0700	0,2229	0,1167	0,0791	0,2696
23	0,1400	0,4381	0,1084	0,5796	0,4721
24	0,0700	0,9371	0,1423	0,3321	0,2352
25	0,5000	1,1623	0,1723	0,1311	0,3304
26	2,2900	0,1245	0,5829	0,4335	0,3524
27	0,0500	0,4691	0,1157	0,3259	0,1201
28	0,0700	0,0962	0,3530	0,0098	0,0701
29	0,0200	0,1189	0,1766	0,0092	0,0156
30	0,1400	0,9728	1,0528	0,1246	0,0987
31	0,3800	0,0128	0,2784	0,4238	0,3725
32	0,1200	0,4112	0,2389	0,5546	0,0243

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
33	0,1408	0,2441	0,1038	0,7066	0,2024
34	0,1366	0,7679	0,1141	0,9283	0,0807
35	0,4967	0,1814	0,1131	0,3679	0,2293
36	0,2226	0,8020	0,0342	0,4135	0,3079
37	0,3442	0,1714	0,6263	0,1780	0,4428
38	0,1617	0,1301	0,4142	0,3528	0,0447
39	0,0903	0,4505	0,0562	0,0284	0,1741
40	0,1051	0,5756	0,8205	0,5262	0,2100
41	0,2131	0,0060	0,4469	1,6982	0,0236
42	0,1229	0,9238	0,0106	0,0677	0,4667
43	0,2204	0,0461	0,0749	0,0497	0,5404
44	0,2751	0,2346	0,3511	0,0100	0,1722
45	0,2224	0,0354	0,3635	0,3167	0,1322
46	0,2762	0,1569	0,3598	0,5095	0,2187
47	0,4923	0,0516	0,0553	0,3907	0,6024
48	0,0610	0,4922	0,3347	1,0143	0,0184
49	0,3367	0,0482	0,3229	0,5997	0,6557
50	0,1713	0,0155	0,2253	0,2413	0,0893
51	0,2139	0,0010	0,0728	0,0271	0,3896
52	0,0985	0,5438	0,1944	0,0635	0,3440
53	0,4988	0,7425	0,1965	0,9843	0,2022
54	0,3427	0,0594	0,1904	0,2712	0,1582
55	0,4849	0,2513	0,2183	0,2547	0,1899
56	0,2030	0,5186	0,1837	0,2966	0,0678
57	0,0032	0,0737	0,0379	0,4343	0,0953
58	0,2253	0,1210	0,0430	0,1776	0,1766
59	0,0384	0,2584	0,1335	0,1264	1,1693
60	0,4385	1,1030	0,0080	0,0474	0,2036
61	0,0617	0,0641	0,1274	0,4443	1,4464
62	0,3188	0,2203	0,2380	0,0293	0,0342
63	0,0272	0,2544	0,1681	0,2366	0,2859
64	0,5054	0,9419	0,9902	0,2935	0,3472
65	0,0993	0,7257	0,2862	1,4079	0,0467
66	0,9142	0,2548	0,1091	0,9293	0,0278
67	0,0927	0,1751	0,2727	0,4841	0,4386
68	0,9521	0,1193	0,4829	0,2859	0,4011
69	0,0075	0,2102	0,0043	1,2064	0,1003
70	0,7517	0,2957	0,2336	0,3523	0,3799
71	0,2265	0,3045	0,0585	0,0082	0,7330
72	0,1954	0,1338	0,0096	1,3314	0,2045
73	0,3771	0,0212	0,1279	1,2004	0,0861
74	0,6357	0,0567	0,0037	0,0559	0,1628
75	0,5139	0,1065	0,2972	1,5829	0,0142
76	0,1133	0,0026	0,6170	0,5560	0,3321
77	0,0858	0,0968	1,0675	0,0181	1,4775

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
78	0,1448	0,1760	0,0568	0,1894	0,1923
79	0,4626	0,2328	0,8615	0,0603	0,3516
80	0,2234	0,2670	0,0166	0,3467	0,2780
81	0,1454	0,1657	0,0065	0,2008	0,6876
82	1,0827	0,9084	0,4958	0,5956	0,5308
83	0,4859	0,0319	0,7642	0,2404	0,2909
84	0,2094	0,3326	0,8597	0,7127	0,0298
85	0,0240	0,0537	0,2514	0,2316	0,7240
86	0,1323	0,2355	0,0575	0,5816	0,0946
87	0,0591	0,2943	0,0976	0,1559	0,0948
88	0,0676	0,0525	0,4558	0,0149	0,2210
89	0,0076	0,0074	0,0750	0,3897	0,0802
90	0,7175	0,1089	0,4550	0,1862	0,0568
91	0,8987	0,2153	0,6807	0,2034	0,0956
92	0,5867	0,0899	0,1888	0,0338	0,1904
93	0,5757	0,0378	0,1265	0,1127	0,0303
94	0,0127	0,0204	0,5498	0,2848	0,5260
95	0,0949	0,1011	0,1887	0,6583	0,2729
96	0,0108	0,0075	0,2724	0,5483	0,9877
97	0,2007	0,0779	0,1332	0,1343	0,9020
98	0,2499	0,1804	0,2524	0,5635	0,0399
99	0,3145	0,0040	1,2458	0,1330	0,2277
100	0,0147	0,6168	0,2827	0,2240	0,6471
101	0,5769	0,0644	0,0193	0,9551	0,3229
102	0,1125	0,0964	0,3081	1,0787	0,4844
103	0,3938	0,4779	0,2964	0,4086	0,2119
104	0,0877	0,1352	0,2694	0,3425	0,1562
105	0,2447	0,1459	0,1564	1,7465	0,0162
106	0,5927	0,1168	0,0516	0,0179	0,2945
107	0,2915	0,0382	0,2985	0,5540	0,2004
108	0,3705	0,2874	0,0133	0,2069	0,3613
109	0,5602	0,1491	0,6612	0,3336	0,3734
110	0,0227	0,1357	0,4645	0,3026	0,0298
111	0,4777	0,5843	0,0081	0,0020	0,0934
112	0,5037	0,0984	0,0137	0,0840	0,0353
113	0,1074	0,1079	0,3370	0,2004	0,1500
114	0,2105	0,4146	0,1363	0,3534	0,2999
115	0,3641	0,2597	0,0832	0,1846	0,4860
116	0,7025	0,0644	0,1413	0,1066	0,1849
117	0,4201	0,4158	0,2486	0,2571	0,0622
118	0,3653	0,2612	0,3263	0,1267	0,4295
119	0,0760	0,1745	0,0790	0,1418	1,5007
120	0,8313	0,1420	0,3162	0,7392	0,1681
121	0,0606	0,3721	0,9472	0,4058	1,6802
122	0,2901	0,2950	0,6431	0,1202	0,1939

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
123	0,0354	0,1340	0,2799	0,0316	0,1958
124	0,1741	0,2220	0,3433	0,0046	0,1312
125	0,0508	1,0053	0,0409	0,4318	0,1703
126	0,6608	1,1461	0,4055	0,3328	0,0458
127	0,0511	0,2191	0,0383	0,3556	0,4110
128	0,0357	0,0172	0,0348	0,2401	0,4435
129	0,7451	0,8899	0,8062	1,9315	0,3034
130	0,0525	0,2466	0,0691	0,1538	0,4809
131	0,0265	0,1064	0,1055	0,0803	0,0098
132	0,2154	0,1006	0,4499	0,4490	0,1498
133	0,4555	0,0778	0,1252	1,1970	0,1216
134	0,2621	0,6169	0,0511	0,0002	0,1957
135	0,0606	0,2416	0,2495	0,0627	0,0734
136	0,2167	0,2179	0,2405	0,3113	1,0546
137	0,3328	0,2912	1,1823	0,3587	0,1635
138	0,0729	0,7654	0,9539	0,0961	0,5213
139	0,1010	0,7566	0,1455	0,0610	0,2481
140	0,5629	0,0477	0,0011	0,3808	1,1005
141	0,1432	0,1040	0,5559	0,2711	1,3324
142	0,0469	0,4197	0,4457	0,1177	0,0417
143	0,4094	0,3144	0,1198	0,0936	0,5989
144	0,3317	0,0776	0,4302	0,5619	0,0109
145	0,9768	1,3578	1,0535	0,2975	0,3585
146	0,3661	0,3659	0,2030	0,3512	0,2747
147	0,4785	0,3783	0,1867	0,2005	0,0228
148	0,8734	0,0256	0,0494	0,0464	0,5287
149	0,1256	0,1578	0,3673	0,2718	
150	0,0712	0,0831	0,0835	0,1924	
151	0,4144	0,2812	0,5123	1,0943	
152	0,0949	0,0860	0,0971	0,2808	
153	0,1228	0,2637	0,3491	0,2237	
154		0,5956	0,3170	0,4420	
155		0,4252	0,2361	1,0477	
156		0,4389	0,0653	0,0494	
157		0,0959	0,1436	0,2475	
158		0,6000	0,2294	0,5747	
159		0,3130	0,1078		
160		0,0800	0,1598		
161		0,1259	0,3061		
162		0,1497	0,0690		
163		0,1763			
164		0,4925			
165		0,0401			
166		0,0824			
167		0,2189			

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
168		0,2595			
169		0,4839			
170		0,3268			
171		0,7743			
172		0,2542			
173		0,4819			
174		0,3673			

Таблица Б2 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ), дополненным только системой звукового оповещения «СОУЭ-ПК»

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
1	0,5853	0,2800	0,1164	0,1725	0,2695
2	0,0412	0,0823	0,1133	0,2325	0,0069
3	0,8725	0,1493	0,1014	1,1391	0,1939
4	0,3520	0,4340	0,1807	0,2524	0,7779
5	0,1061	0,4918	0,0433	0,1100	0,7548
6	0,2633	0,0117	0,6943	0,6717	0,2625
7	0,2917	0,1333	0,2774	1,2053	0,1947
8	0,4604	0,1090	0,5139	0,0681	0,1460
9	0,0925	0,0041	0,0221	0,0616	0,3164
10	0,1547	0,1451	1,2136	0,0270	0,2005
11	0,6780	0,0862	0,0770	0,1029	0,6181
12	0,0715	0,1680	0,2759	0,3820	0,1922
13	0,2903	0,0541	0,9453	0,0430	0,2150
14	0,2438	0,1737	0,0148	0,1000	0,4785
15	0,0169	0,0318	0,0713	0,0760	0,0652
16	0,2190	0,0835	0,1238	0,1432	0,3067
17	0,2392	0,4330	0,1443	0,2835	0,1542
18	0,4650	0,1632	0,9286	0,7465	0,0654
19	0,3277	0,3442	0,5162	0,1893	0,0492
20	0,0165	0,2262	0,2727	0,4541	0,1242
21	0,2991	0,0861	0,1409	1,2732	0,0805
22	0,0995	0,0938	0,1413	1,0828	0,3533
23	0,6987	0,2300	0,0243	0,4567	0,8666
24	0,3937	0,3542	0,1506	0,1348	0,0556
25	0,1282	0,3961	0,0465	0,5224	0,3529
26	0,0227	1,0390	0,0380	0,0180	0,1805
27	0,2119	0,0053	0,3651	0,2415	0,4161
28	0,0269	0,2921	0,0465	0,0098	0,0883

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
29	0,1549	0,4883	0,1982	0,0414	0,3106
30	0,2688	0,2236	0,1992	0,0857	0,4248
31	0,1068	0,0430	0,0829	1,0467	0,0584
32	0,5892	0,0677	0,0946	0,1654	0,2246
33	0,0739	0,0816	0,1579	0,4588	0,2937
34	0,4217	0,0848	0,2621	0,3112	0,1695
35	0,5700	0,0371	0,2564	0,3310	0,0397
36	0,2038	1,0345	0,2292	0,1945	0,2353
37	0,1566	0,3976	0,1623	0,3901	0,2904
38	0,0691	0,0670	0,7291	0,5642	0,0998
39	0,1613	0,0439	0,1301	0,1980	0,0937
40	0,2021	0,0996	1,0920	0,0322	0,1427
41	1,0465	0,4027	0,1120	0,0230	0,3509
42	0,0092	0,3680	0,1539	0,0236	0,0755
43	0,4463	0,0420	1,1707	0,6725	0,0215
44	0,4020	0,0969	1,7798	0,2839	0,0112
45	0,5716	0,0797	0,0180	0,2355	0,1101
46	0,1709	1,3856	0,0285	0,0565	0,1057
47	0,1479	0,0044	0,6491	0,2762	0,1317
48	0,0472	0,0136	0,5468	0,3282	0,0767
49	0,1354	0,2727	0,0819	0,1562	1,1512
50	0,0597	0,0932	0,7383	0,2273	0,1014
51	0,5507	0,0830	0,5936	0,1969	0,2322
52	0,3820	0,1524	0,3289	0,7588	0,4836
53	0,3134	0,1145	0,3716	0,3058	0,3740
54	0,0015	0,2894	0,6349	0,5061	0,1968
55	0,0509	0,2828	0,0239	1,1824	0,4316
56	0,1936	0,1880	1,1324	0,3694	0,4863
57	0,5429	0,0353	0,1489	0,0514	0,0705
58	0,0902	0,4229	1,3026	0,0650	0,5544
59	0,2784	0,1614	0,2214	0,4974	0,2268
60	0,0120	0,3728	0,1403	0,1574	0,0925
61	0,1993	0,0412	0,0400	0,1515	0,1806
62	0,1638	0,4686	0,3162	0,9071	0,3128
63	0,3316	0,1792	0,1600	0,0381	0,0564
64	0,1879	0,1356	0,3742	0,3620	0,1559
65	0,0555	0,2537	0,2893	0,0269	0,6179
66	0,0678	0,0977	0,2419	0,1411	0,1579
67	0,4682	0,0913	0,4037	0,2895	0,3053
68	0,0737	0,1970	0,3962	0,2625	0,3802
69	0,0470	0,0007	0,5933	0,1377	0,1281
70	0,3038	1,0713	0,1056	0,1073	1,2315
71	0,1490	0,6528	0,0345	0,5620	0,8942
72	0,0752	0,2508	0,5323	0,0138	0,3465
73	0,5523	0,0948	0,4507	0,1474	0,2137

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
74	0,2265	0,5398	0,2667	0,4175	0,1091
75	0,0356	0,2447	0,1686	0,0246	0,1287
76	0,5366	0,6477	0,0970	0,9267	1,0083
77	0,0494	0,2139	0,1164	0,5701	0,0931
78	0,0860	1,0010	0,1220	0,2030	0,3794
79	0,0680	0,0384	0,6043	0,1129	0,1237
80	0,1753	0,0460	0,3313	0,2212	0,2223
81	0,6758	0,0142	0,0406	0,3724	0,0558
82	0,0093	0,2713	0,0571	0,1935	0,0084
83	0,0472	0,1077	0,4265	0,0495	0,8831
84	0,7029	2,3328	0,2773	0,1129	0,0316
85	0,3048	0,2099	0,1096	0,0970	0,0556
86	0,1877	0,1113	0,1316	0,2527	0,1198
87	0,2800	0,0481	0,0431	0,1459	0,3391
88	0,1055	0,6060	0,1609	0,0537	0,2030
89	0,0190	1,1851	0,2650	0,4909	0,0020
90	0,0306	0,6340	0,7471	0,1134	0,3948
91	0,9109	0,2196	0,0857	0,4039	0,2291
92	0,3319	0,5086	0,4723	0,5273	0,1959
93	0,1964	0,1470	0,0653	0,2337	0,2112
94	0,3615	0,6220	0,0459	0,4227	0,0307
95	0,4613	0,1472	0,0116	0,2547	0,1005
96	0,1850	0,1936	1,7823	0,0758	0,2500
97	0,1047	0,5850	0,5786	0,5174	0,2154
98	0,1864	0,9435	0,2586	0,5387	1,2042
99	0,2886	0,0076	0,4929	0,0286	0,0657
100	1,4577	0,1770	0,0254	0,5359	0,0681
101	0,0379	0,1244	0,0184	0,4549	0,5678
102	0,2007	0,3421	0,6931	0,7515	0,0155
103	0,8148	0,0167	0,1362	0,3046	0,4948
104	0,3859	0,1231	0,4387	0,4467	0,0328
105	0,0849	0,1886	0,4534	0,1287	0,0900
106	0,0614	0,8513	0,2698	1,0165	0,7071
107	0,4667	0,4739	0,1579	0,1456	0,1445
108	0,4611	0,0298	0,2811	0,1275	0,1483
109	0,0046	0,0262	0,0891	0,8004	0,8710
110	0,0733	1,0886	0,0803	0,1438	0,8440
111	0,7146	0,0305	0,0220	0,0410	0,5411
112	0,3742	0,0336	0,3560	0,2132	0,1469
113	0,3880	0,3061	0,7143	0,3709	0,0619
114	0,0066	0,2901	0,5164	0,3116	0,2021
115	0,4635	0,1944	0,7924	0,2823	0,0474
116	0,1781	0,3089	0,3455	0,2890	0,6206
117	0,0624	0,4473	0,5093	0,5167	0,3125
118	0,1606	0,3044	0,7458	0,0046	0,1352

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
119	0,2394	0,0160	0,3175	0,0873	0,3419
120	0,4224	0,1705	0,3844	0,3786	0,1249
121	0,2586	0,0023	0,5559	0,0398	0,2379
122	0,0764	0,1333	0,3676	0,0371	0,0283
123	0,5049	0,1944	1,0376	1,0661	0,0043
124	0,4198	0,1811	0,4905	0,1154	0,0131
125	0,2508	0,1259	0,0894	0,0238	0,5917
126	0,0560	0,0251	0,2059	0,6065	0,1398
127	0,4667	0,0198	0,7531	1,3034	0,2169
128	0,5281	0,2382	0,0096	0,0835	0,0419
129	0,4570	0,2031	0,5283	0,1911	0,1664
130	0,0889	0,9231	0,5981	0,0814	0,1191
131	0,0615	0,0258	0,2605	0,2853	0,7244
132	0,0391	0,5968	0,5780	0,0191	0,0077
133	0,0235	0,6158	0,1072	0,0079	0,1452
134	0,0468	0,3785	0,0370	0,2733	0,0179
135	0,0035	0,0198	0,3793	0,1817	0,4622
136	0,1418	0,1398	0,7383	0,3924	0,1596
137	0,3878	0,0303	0,0501	1,1015	0,4581
138	0,0947	0,0476	0,0152	0,2659	0,0741
139	0,2543	0,0289	0,2656	0,0262	0,1429
140	0,0995	0,0120	0,1413	1,5885	0,8169
141	0,2192	0,3062	0,8865	0,0486	0,0190
142	0,7405	0,2069	0,0935	0,1475	0,1491
143	1,5048	0,1854	0,1015	0,0850	0,0647
144	0,3896	0,3630	0,1254	0,0201	
145	0,1651	0,0496	0,2794	0,3882	
146	0,2336	0,0775	0,5989	0,0919	
147	0,1594	0,0589	0,1884	0,3082	
148	0,1175	0,1613	1,3210	0,4704	
149	0,6791	0,0081	1,0437	0,1300	
150	1,1751	1,1538	0,0180	0,7214	
151	0,0387	0,0572	0,6332	0,4287	
152	0,1083	0,2337	0,1973	0,8279	
153	0,1578	0,2047	0,2938	0,7430	
154	0,2175	0,0569	0,2153	0,0702	
155	0,1008	0,4244	0,1514	0,4639	
156	0,0609	0,8895		0,7896	
157	0,0216	0,0492		0,4658	
158	0,2531	0,2893		0,3074	
159		0,3062			
160		1,2474			
161		0,2294			
162		0,2375			
163		0,3874			

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
164		0,0265			
165		0,6889			
166		0,0952			
167		1,0188			
168		0,1038			
169		0,6016			
170		0,0646			
171		0,3262			
172					
173					
174					

Таблица Б3 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ), дополненным системой звукового и визуального оповещения «СОУЭ-ПК»

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
1	0,3481	0,0283	0,4977	0,1687	0,1270
2	0,1013	0,3506	0,3531	0,3620	0,0279
3	0,3122	0,3939	0,1493	0,0378	0,1748
4	0,0473	0,0254	0,2204	0,0785	0,0060
5	0,4346	0,7396	0,3292	0,0771	0,0400
6	0,0144	0,1964	0,3178	0,2283	0,1812
7	0,1569	0,1945	0,3426	0,0886	0,7104
8	0,0689	0,0309	0,1264	0,1916	0,0821
9	0,1313	0,3581	0,2543	0,0905	0,5254
10	0,3520	0,2950	0,0382	0,0025	0,0012
11	0,0077	0,3098	0,0288	0,3865	0,0276
12	0,0875	0,3672	0,0717	0,1643	0,1659
13	0,0220	0,0268	0,4093	0,3585	0,3360
14	0,8285	0,0255	0,3221	0,0799	0,5388
15	0,4981	0,5947	0,1903	0,0072	0,3313
16	0,4200	0,1059	0,4136	0,0256	0,4442
17	0,1079	0,0863	0,4378	0,5926	0,3201
18	0,6679	0,0805	0,4093	0,2706	0,3999
19	0,0186	0,1558	0,4306	0,6230	0,1164
20	0,0026	0,3573	0,8242	0,0284	0,0903
21	0,0148	0,2241	0,1968	0,5038	0,6688
22	0,0503	0,2360	0,0392	0,2178	0,1261
23	0,1636	0,3877	0,1241	0,2237	0,5014
24	0,4195	0,4080	0,0860	0,6440	0,1109

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
25	0,1859	0,2693	0,1033	0,3504	0,0117
26	0,0217	0,3004	0,0771	0,2647	0,3264
27	0,1991	0,1664	0,2817	0,2126	0,0198
28	0,3685	0,4513	0,8778	0,2291	0,1469
29	0,1834	0,0061	0,0476	0,2711	0,0089
30	0,6458	0,3422	0,0741	0,5712	0,1553
31	0,1622	0,2060	0,2106	0,1226	0,0059
32	0,1205	0,1635	0,1694	0,1629	0,2043
33	0,4699	0,1587	0,4346	0,0418	0,4859
34	0,1340	0,0615	0,4765	0,0812	0,0919
35	0,5825	0,2005	0,1325	0,0416	0,2841
36	0,0724	0,0223	0,0530	0,0716	0,1080
37	0,7257	0,0744	0,3749	0,1844	0,3930
38	0,4260	0,0500	0,0199	0,4534	0,0966
39	0,1953	0,6263	0,1102	0,0619	0,3519
40	0,2601	0,7678	0,0215	0,0620	0,1531
41	0,2657	0,1844	0,2756	0,4098	0,2061
42	0,0098	0,0030	0,0003	0,1685	0,6614
43	0,0059	0,1019	0,4238	0,2342	0,2549
44	0,0239	0,0814	0,3666	0,9410	0,1283
45	0,0068	0,0371	0,0311	0,0878	0,0366
46	0,2420	0,2289	0,2113	0,0239	0,0241
47	0,4508	0,1021	0,0884	0,0783	0,1032
48	0,0144	0,4884	0,7421	0,2014	0,4204
49	0,2032	0,1492	0,0497	0,0479	0,1113
50	0,0764	0,0832	0,2718	0,2622	0,3087
51	0,5629	0,2519	0,2020	0,0288	0,0517
52	0,1324	0,0005	0,1743	0,0493	0,1480
53	0,0609	0,0447	0,1607	0,0873	0,2524
54	0,0402	0,0827	0,1369	0,2010	0,5823
55	0,4331	0,0648	0,5916	0,1394	0,9904
56	0,0677	0,2293	0,0658	0,1941	0,0939
57	0,2393	0,1015	0,1204	0,1519	1,5824
58	0,0804	0,4161	0,2002	0,1632	0,1802
59	0,2272	0,2814	0,3973	0,0929	0,0394
60	0,0081	0,1351	0,1926	0,0184	0,0626
61	0,7156	0,3944	0,2805	0,0531	0,2081
62	0,2730	0,2714	0,3143	0,0988	0,0558
63	0,3130	0,3499	0,1807	0,0164	0,0114
64	0,1052	0,0680	0,6032	0,1807	0,7281
65	0,2593	0,0668	0,0660	0,1032	0,1804
66	0,0838	0,0899	0,5500	0,3963	0,2667
67	0,3492	0,0314	0,2299	0,8865	0,2014
68	0,5232	0,2363	0,2003	0,0205	0,0718
69	0,0467	0,3057	0,2720	0,0080	0,2678

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
70	0,0737	0,5302	0,1090	0,0168	0,0870
71	0,9462	0,0108	0,2006	0,3852	0,1444
72	0,4278	0,1696	0,0944	0,0373	0,0808
73	0,0663	0,3323	0,0748	0,2304	0,2623
74	0,5279	0,3305	0,3213	0,0971	0,0592
75	0,0694	0,2613	0,0155	0,1760	0,2198
76	0,4092	0,0769	0,1484	0,0062	0,0129
77	0,3166	0,5992	0,0351	0,0346	0,2110
78	0,1310	0,5120	1,2939	0,2132	0,1319
79	0,3228	0,0575	0,0992	0,0789	0,3130
80	0,0168	0,4302	0,1508	0,8060	0,1240
81	0,0777	0,5551	0,3529	0,5680	0,0700
82	0,2223	0,0441	0,3094	0,5099	0,2159
83	0,1120	0,1522	0,0095	0,0185	0,7969
84	0,1328	0,0694	0,5992	0,1545	0,4012
85	0,1116	0,4462	0,0873	0,1330	0,2274
86	0,1059	0,0239	0,1958	0,2622	0,1621
87	1,0625	0,0813	0,0293	0,7823	0,2437
88	0,0684	0,2416	0,4306	0,1707	0,0551
89	0,1112	0,6017	0,3442	0,0906	0,2025
90	0,2048	0,0151	0,2010	0,0754	0,0860
91	0,0452	0,1510	0,7261	0,1001	0,0885
92	0,6509	0,0527	0,0854	0,0211	0,0105
93	0,1581	0,4123	0,4386	0,1216	0,1245
94	0,0436	0,3166	0,0313	0,0294	0,1198
95	0,0828	0,7786	0,0269	0,1911	0,0638
96	0,0119	0,1423	0,0544	0,0760	0,3402
97	0,0240	0,2374	0,0794	0,0476	0,0045
98	0,3650	0,2456	0,4459	0,0525	0,0977
99	0,0512	0,3949	0,0608	0,5886	0,2246
100	0,0213	0,1556	0,0626	0,4663	0,4044
101	0,0722	0,0014	0,8626	1,0346	0,0215
102	0,5443	0,3466	0,5037	0,0355	0,0261
103	0,4466	0,8763	0,0042	0,2775	0,0290
104	0,0089	0,0320	0,0105	0,4458	0,2992
105	0,3602	0,0779	0,0713	0,1933	0,2213
106	0,3280	0,7191	0,4691	0,2959	0,1365
107	0,3007	0,3335	0,4431	0,0872	0,3368
108	0,5301	0,0310	0,4885	1,1971	0,2188
109	0,3421	0,0091	0,1051	0,2800	0,2034
110	0,1281	0,1160	0,0066	0,4060	0,3722
111	0,0137	0,1843	0,2640	0,0382	0,0894
112	0,0303	1,0463	0,0925	0,1367	0,1249
113	0,1779	0,0236	0,3274	0,1160	0,2288
114	0,1027	0,2785	0,0360	0,4772	0,0084

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
115	0,2709	0,1112	0,0494	0,1316	0,7750
116	0,1753	0,0300	0,0841	0,2774	0,2883
117	0,1678	0,0208	0,2440	0,0325	0,1388
118	0,5488	0,6059	0,3247	0,0352	0,0539
119	0,0355	0,1069	0,0293	0,2648	0,1797
120	0,1358	0,6430	0,3678	0,0106	0,0163
121	0,0083	0,4501	0,5787	0,0644	0,4272
122	0,1997	0,1376	0,0379	0,7252	0,0264
123	0,2251	0,5260	0,0036	0,3879	0,5711
124	0,2449	0,0524	0,2254	0,0949	0,0527
125	0,2819	0,1834	0,4893	0,1860	0,5894
126	0,0718	0,0548	0,3241	0,0311	0,1122
127	0,3550	0,1118	0,7292	0,2357	0,0820
128	0,1786	0,0588	0,2160	0,2973	0,0835
129	0,9409	0,2337	0,0504	0,1349	0,1534
130	0,0154	0,1048	0,0963	0,0020	0,3916
131	0,7843	0,1785	0,0390	0,0966	0,9291
132	0,0262	1,0591	0,1135	0,4667	0,1280
133	0,0378	0,1659	0,7821	0,3444	0,6274
134	0,3444	0,0982	0,2124	0,3696	0,1762
135	0,4432	0,0695	0,0523	0,0442	0,5267
136	0,0004	0,0112	0,9825	0,0290	0,3187
137	0,3867	0,0321	0,4732		0,0340
138	0,0938	0,2610	0,3465		0,4548
139	0,1943	0,0865	0,0282		0,1275
140	0,1047	0,0126	0,3043		0,2841
141	0,0196	0,1325	0,0490		0,5822
142	0,5851	0,6920	0,2662		0,8219
143	0,1931	0,1299	0,1821		0,0784
144	0,0068	0,2067	0,2981		0,3668
145	0,3592	0,1208	0,0379		0,0909
146	0,2861	0,0921	0,1033		0,1703
147	0,2310	0,2798	0,6864		0,2473
148	0,0244	0,1349	0,0206		0,1496
149	0,3046	0,2064	0,8294		0,3838
150	0,2889	0,0781	0,2133		
151	0,0627	0,6703	0,0302		
152	0,6090	0,1265	0,0065		
153	0,0616	0,1067	0,5423		
154	0,0027	0,1187	0,0590		
155	0,0365	0,0069	0,0037		
156	0,4313	0,5406	0,1986		
157	0,4081	0,1793	0,3310		
158	0,0113	0,2201	0,0471		
159	0,1662	0,4015	0,1744		

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
160	0,2140	0,2555	0,2361		
161	0,0077	0,1273	0,0415		
162	0,0313	0,3144	0,0089		
163	0,1309	0,4458	0,3639		
164		0,1817			
165		0,2683			
166		0,1553			
167		0,4402			
168		0,5351			
169		0,0027			
170		0,0493			
171		0,4393			
172		0,3720			
173		0,1011			
174		0,2126			

Таблица Б4 – Время реагирования работников зданий № 1-5 при стандартном способе оповещения (АПС+СОУЭ), дополненным полным комплексом «СОУЭ-ПК» (звуковое, визуальное оповещение и блокировка персонального компьютера)

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
1	0,0093	0,1845	0,0034	0,1604	0,1170
2	0,0776	0,1954	0,0251	0,3706	0,0701
3	0,0372	0,0085	0,1684	0,0261	0,1132
4	0,0354	0,0068	0,0533	0,1613	0,0103
5	0,0929	0,0518	0,0772	0,0013	0,3825
6	0,1258	0,0415	0,1108	0,1436	0,0456
7	0,0939	0,6952	0,0296	0,0111	0,0002
8	0,4345	0,0235	0,1441	0,2091	0,1303
9	0,0180	0,0837	0,0950	0,0226	0,0330
10	0,2883	0,1013	0,0844	0,0010	0,2884
11	0,2096	0,5955	0,1021	0,0574	0,0838
12	0,4289	0,0011	0,0870	0,4281	0,0021
13	0,0692	0,1111	0,0326	0,2247	0,0420
14	0,0766	0,1036	0,0868	0,0039	0,1517
15	0,3721	0,3223	0,4162	0,0250	0,1721
16	0,1930	0,1737	0,1046	0,1436	0,2988
17	0,1408	0,0922	0,1531	0,0805	0,0997
18	0,2653	0,0091	0,1591	0,0047	0,4117
19	0,2901	0,4525	0,0554	0,1863	0,2517
20	0,0288	0,0931	0,0143	0,3546	0,1965

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
21	0,1109	0,0897	0,0996	0,0164	0,2439
22	0,0627	0,0036	0,0886	0,0315	0,0968
23	0,3506	0,2409	0,0523	0,1027	0,0201
24	0,0342	0,4535	0,1249	0,0185	0,4004
25	0,0239	0,0174	0,0375	0,0697	0,0651
26	0,1677	0,0341	0,0230	0,0188	0,3689
27	0,2486	0,1379	0,0577	0,1095	0,2293
28	0,0669	0,1804	0,0416	0,0699	0,0772
29	0,4951	0,2258	0,0152	0,1467	0,0086
30	0,0861	0,1994	0,0186	0,1349	0,0308
31	0,1003	0,0783	0,1207	0,2355	0,0052
32	0,0702	0,0617	0,0640	0,0983	0,1600
33	0,0748	0,3439	0,0644	0,0095	0,1590
34	0,1721	0,1445	0,0182	0,1688	0,0755
35	0,0315	0,0172	0,1910	0,0129	0,0883
36	0,0804	0,0215	0,0109	0,0767	0,0189
37	0,0174	0,0088	0,0737	0,1487	0,0554
38	0,0007	0,0486	0,1520	0,2938	0,1864
39	0,3917	0,1627	0,0541	0,0123	0,0392
40	0,0948	0,0574	0,1049	0,0110	0,0249
41	0,3663	0,3529	0,0447	0,2367	0,0067
42	0,3877	0,1236	0,0173	0,1206	0,1997
43	0,0681	0,0088	0,0719	0,3439	0,0618
44	0,1553	0,0165	0,0171	0,0924	0,0473
45	0,1026	0,1095	0,0972	0,0684	0,0687
46	0,1504	0,0175	0,0969	0,1243	0,0224
47	0,0477	0,3888	0,1210	0,2016	0,0073
48	0,0334	0,0636	0,2509	0,1532	0,0483
49	0,1239	0,0654	0,2159	0,0853	0,7878
50	0,0646	0,0060	0,0593	0,1600	0,0164
51	0,0149	0,0189	0,1057	0,0090	0,0266
52	0,1760	0,0393	0,0681	0,1739	0,0786
53	0,0480	0,0615	0,4911	0,1866	0,1085
54	0,0043	0,0001	0,0488	0,0617	0,1099
55	0,4017	0,0453	0,0121	0,1610	0,0191
56	0,1942	0,0766	0,0709	0,0381	0,0639
57	0,3649	0,0591	0,1058	0,0134	0,0728
58	0,0702	0,0249	0,0587	0,0699	0,1560
59	0,0516	0,1286	0,0953	0,3358	0,0221
60	0,0080	0,3831	0,0516	0,3008	0,2446
61	0,0037	0,0663	0,0192	0,2657	0,1023
62	0,0253	0,1650	0,1098	0,0207	0,0100
63	0,0148	0,1780	0,0450	0,0173	0,0037
64	0,2709	0,1384	0,0792	0,0241	0,0188
65	0,3684	0,0266	0,0643	0,1879	0,0348

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
66	0,1377	0,0469	0,1708	0,3495	0,2940
67	0,0427	0,0411	0,0098	0,0666	0,0335
68	0,4250	0,0494	0,1961	0,0024	0,0285
69	0,5827	0,0389	0,1980	0,0658	0,0454
70	0,0076	0,0306	0,1357	0,3599	0,0916
71	0,2316	0,0435	0,0663	0,0312	0,1771
72	0,0370	0,0408	0,3594	0,0486	0,1055
73	0,1248	0,3633	0,2775	0,1573	0,0607
74	0,2010	0,0685	0,1875	0,4174	0,0399
75	0,0265	0,0839	0,0919	0,0988	0,0744
76	0,1910	0,0829	0,0051	0,0054	0,0030
77	0,1107	0,4007	0,2197	0,0569	0,0426
78	0,5014	0,0525	0,1208	0,1261	0,0632
79	0,0700	0,0047	0,2321	0,5621	0,0646
80	0,0280	0,1336	0,0306	0,1613	0,0485
81	0,0988	0,5487	0,1099	0,0309	0,1690
82	0,0574	0,1882	0,0706	0,0258	0,2825
83	0,0514	0,0213	0,3195	0,0501	0,1194
84	0,2688	0,0770	0,1998	0,0483	0,0835
85	0,1520	0,0715	0,3307	0,3667	0,0809
86	0,3118	0,1635	0,0404	0,0100	0,0085
87	0,4220	0,0225	0,2444	0,0175	0,1927
88	0,0154	0,0818	0,1976	0,1198	0,0154
89	0,1018	0,0481	0,0540	0,0595	0,0688
90	0,1849	0,0180	0,3822	0,2611	0,1983
91	0,0903	0,3492	0,0031	0,0883	0,1085
92	0,0248	0,0062	0,0719	0,1492	0,0318
93	0,1115	0,0236	0,2470	0,0298	0,0872
94	0,3529	0,1362	0,2380	0,1797	0,0438
95	0,0985	0,1650	0,0120	0,1802	0,0654
96	0,0988	0,0514	0,0040	0,0809	0,0817
97	0,1083	0,4728	0,2180	0,0320	0,0959
98	0,0009	0,1116	0,0423	0,1522	0,0263
99	0,2813	0,4867	0,0137	0,0496	0,0632
100	0,1719	0,0342	0,1245	0,1546	0,0301
101	0,4440	0,9246	0,0383	0,0784	0,2394
102	0,1098	0,1362	0,0281	0,0267	0,0290
103	0,0822	0,3411	0,0102	0,1348	0,0926
104	0,2763	0,1658	0,0702	0,0449	0,2489
105	0,1401	0,0360	0,0114	0,1780	0,0129
106	0,0387	0,0830	0,2081	0,1291	0,1847
107	0,0484	0,1753	0,0178	0,0087	0,0281
108	0,0154	0,1674	0,1146	0,1626	0,6209
109	0,0048	0,0078	0,0662	0,0335	0,1179
110	0,0062	0,1972	0,0572	0,2750	0,0671

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
111	0,2039	0,0905	0,1342	0,1387	0,0766
112	0,0828	0,1819	0,1691	0,1025	0,3389
113	0,0035	0,1217	0,1188	0,0858	0,0552
114	0,1493	0,1723	0,3572	0,1908	0,2926
115	0,0531	0,0121	0,0019	0,0400	0,1621
116	0,1328	0,0052	0,0478	0,0897	0,2401
117	0,0086	0,2058	0,0624	0,0709	0,0793
118	0,0577	0,0677	0,4242	0,0521	0,1043
119	0,0044	0,1608	0,0251	0,0947	0,2290
120	0,1727	0,1239	0,1581	0,4386	0,0809
121	0,2640	0,1810	0,0611	0,1262	0,2209
122	0,1526	0,1272	0,0250	0,0539	0,1407
123	0,0075	0,0601	0,0159	0,0043	0,4353
124	0,5939	0,0423	0,0713	0,2494	0,1801
125	0,2002	0,1667	0,1537	0,0547	0,0357
126	0,3249	0,0121	0,0597	0,0839	0,0000
127	0,0749	0,4718	0,0805	0,2027	0,0889
128	0,0076	0,1039	0,0692	0,0604	0,2040
129	0,0950	0,1064	0,0422	0,0062	0,1597
130	0,5175	0,1737	0,0702	0,1085	0,2385
131	0,1067	0,0365	0,1469	0,3837	0,0195
132		0,0597	0,2218	0,0105	0,0377
133		0,2184	0,1495	0,0068	0,3421
134		0,1009	0,2196	0,0345	0,1019
135		0,1221	0,0758	0,0180	0,3870
136		0,2241	0,2596	0,0183	0,0953
137		0,0315	0,0390	0,2033	0,2409
138		0,0446	0,0200	0,0138	0,1389
139		0,1185	0,1377	0,0742	0,1534
140		0,0369	0,2347	0,0162	0,0040
141		0,1425	0,0190	0,0372	0,1177
142		0,0550	0,0340	0,1107	0,0730
143		0,0774	0,0336	0,1090	
144		0,0218	0,0213	0,2589	
145		0,0017	0,0061	0,1292	
146		0,3168	0,0148	0,0214	
147		0,1075	0,0303	0,1573	
148		0,0278	0,0866		
149		0,3053	0,1213		
150		0,0497	0,0478		
151		0,0825	0,0205		
152		0,0353	0,0433		
153		0,0278	0,1793		
154		0,1325	0,2081		
155		0,3246	0,0846		

Участник наблюдения	Здание № 1	Здание № 2	Здание № 3	Здание № 4	Здание № 5
156		0,1439	0,1910		
157		0,1204	0,1184		
158		0,0572	0,0234		
159		0,1409	0,0321		
160		0,1580			
161		0,0594			
162		0,0215			
163		0,3636			
164		0,2604			
165		0,2735			
166		0,3043			
167		0,0193			
168		0,1306			
169		0,0639			
170		0,0476			
171		0,0282			
172		0,2789			
173					
174					