

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Методика построения информационно-управляющих систем
обеспечения пожарной безопасности объектов

Студент

Ю.А. Сляслина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н. И.И. Рашоян

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

Тольятти 2022

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения.....	6
Перечень обозначений и сокращений.....	7
1 Проблемы обеспечения пожарной безопасности при проектировании гарнизонов пожарной охраны.....	8
1.1 Общая характеристика г.о. Самара и Самарской области, и применяемых информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности.....	8
1.2 Оперативная обстановка с пожарами в Самарской области.....	12
2 Анализ возможности применения информационно-управляющих систем по обеспечению пожарной безопасности в пожарно-спасательных гарнизонах.....	16
2.1 Существующие информационно-управляющие системы по обеспечению пожарной безопасности и методики их построения.....	16
2.2 Разработка предложений по внедрению информационно-управляющей системы в Самарском пожарно-спасательном гарнизоне.....	46
3 Реализация методики построения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности в Самарском пожарно-спасательном гарнизоне.....	53
3.1 Результаты адаптации информационно-управляющей системы в Самарском пожарно-спасательном гарнизоне.....	53
3.2 Анализ и оценка эффективности применения предлагаемой имитационной системы.....	63
Заключение.....	67
Список используемых источников.....	70

Введение

Актуальность темы обусловлена необходимостью внедрения инновационной технологии информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности в России с целью выявления и устранения угроз промышленной безопасности. Использование информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности объектов позволяет моделировать различные ситуации и оперативно получать исчерпывающие результаты исследования.

Стремительная урбанизация приводит к возникновению разнообразных потребностей городского населения, наиболее важным из которых стоит признать обеспечение безопасности людей. Под данным действием понимается создание условий, способствующих продлению жизнестойкости и жизнеспособности промышленных, военных, медицинских, инфраструктурных объектов.

Почти ежедневно в городах случаются различные происшествия: транспортные аварии, обвал здания и т.п. Они оказывают негативное воздействие на отдельного человека и городское сообщество в целом. Значительную опасность для города представляют пожары, приводящие к огромным материальным и человеческим потерям.

Решение вопросов обеспечения пожарной безопасности путем предотвращения возникновения пожароопасных ситуаций требует применения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Данные системы ориентированы на воссоздание различных ситуаций и проведение экспериментов с их моделями.

Объект исследования: методика построения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности объектов.

Предмет исследования: информационно-управляющие системы обеспечения пожарной безопасности

Цель исследования: анализ методик построения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности и разработка предложений по их применению в Самарской области.

Гипотеза исследовательской работы направлена на обеспечение повышения пожаробезопасности разрабатываемой информационно-управляющей системы за счет проведения следующих процедур:

- проанализированы имеющиеся методики, обеспечивающие пожаробезопасность через информационно-управляющие системы;
- выбрана наиболее оптимальная система, рассмотрена степень ее соответствия условиям данного производственного объекта.

Решение ряда ниженазванных задач позволит достичь поставленную цель:

- выявить и рассмотреть имеющиеся проблемы в обеспечении пожаробезопасности при использовании информационно-управляющих систем на производственных объектах;
- оценить основные пожарные риски, имеющиеся на территории Самарского региона;
- спроектировать имитационную модель работы Самарского пожарно-спасательного гарнизона;
- выбрать наиболее оптимальную модель имитационного моделирования и произвести оценку адекватности ее применения на рассматриваемом объекте.

В данном исследовании в качестве теоретической и методологической базы были использованы научные разработки, учебные пособия, ряд различных публикаций по исследуемой тематике.

В исследовательской работе были использованы методы: системный анализ, теория управления, имитационное моделирование.

Экспериментальной и опытной площадкой исследовательской работы послужил Самарский пожарно-спасательный гарнизон.

Научная новизна исследования заключается в разработке рабочей имитационной модели, ранее не применявшейся и адаптированной к условиям

ПСГ города Самары, проверки ее адекватности и применении ее в ГУ МЧС России по Самарской области. С помощью представленной имитационной модели имеется возможность воссоздать во всем объеме деятельность Самарского пожарно-спасательного гарнизона, начиная от поступления тревожного вызова до возврата сил и средств гарнизона на места дислокаций.

Большое значение проводимых исследований с точки зрения теории состоит в классификации пожарных оперативных обстановок, в динамике их изменения на всей территории Самарского региона. Также данным исследованием проанализированы действующие имитационные модели, применяемые пожарными подразделениями в г. Самара.

Практическое значение проведенной исследовательской работы состоит в проведении совершенствования имитационной модели пожарно-спасательной деятельности, исполняемой Самарским гарнизоном на территории г.о. Самара.

Подлинные, соответствующие реальности результаты исследований, получены благодаря использованию официальной статистики и проведению проверок на соответствие действительным практическим значениям параметров.

Испытание системы и анализ результатов проводились на протяжении всех исследовательских работ, итоги которых были представлены:

Участие в международной научной конференции технико-научного журнала «Точная наука» №125, выступление на тему: Анализ возможных аварийных ситуаций на линейных производственно-диспетчерских станциях.

На защиту выносятся:

- теоретическое обоснование возникновения возможных рисков пожара на конкретном объекте;
- возможности предлагаемой имитационной модели в качестве информационно-управляющей системы обеспечения пожарной безопасности.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 32 рисунка, 11 таблиц, список используемой литературы (43 источника). Основной текст работы изложен на 74 страницах.

Термины и определения

В настоящей работе применяются следующие термины и определения:

Огнетушащий состав – «вещества и материалы, обладающие физико–химическими свойствами, которые позволяют создать условия для прекращения горения» [33].

Ороситель тонкораспыленной воды предназначен «для равномерного распыливания воды по защищаемой площади и объему путем создания тонкодисперсного потока огнетушащего вещества» [33].

Пожарный извещатель – «техническое средство, которое устанавливают непосредственно на защищаемом объекте для передачи тревожного извещения о пожаре на пожарный приемно–контрольный прибор и/или оповещения и отображения информации об обнаружении загораний» [33].

Противопожарная защита – это «совокупность организационно–технических мероприятий, конструктивных и объемно–планировочных решений, а также технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материальных потерь от пожара» [33].

Распыленная вода – «вода, которая увеличивает поверхность соприкосновения воды с горящим веществом, быстро превращается в пар и этим способствует тушению пожара» [33].

Тепловой поток — это «количество тепловой энергии, которое передается через изотермическую поверхность за единицу времени» [33].

Перечень обозначений и сокращений

В настоящей работе применяются следующие обозначения и сокращения:

АГ – автомобиль газодымозащитной службы;

АЛ – автолестница;

АР – автомобиль рукавный;

АЦ – автоцистерна пожарная;

ГДЗС – газодымозащитная служба;

ДАСВ – дыхательный аппарат со сжатым воздухом;

ДАСК – дыхательный аппарат со сжатым кислородом.

КИС – компьютерная имитационная система;

КОСМАС – компьютерная система моделирования аварийных служб;

КПП ГДЗС – контрольно–пропускной пункт газодымозащитой службы;

НБУ – начальник боевого участка;

НТ – начальник тыла;

НШ – начальник оперативного штаба;

СИЗОД – средства индивидуальной защиты органов дыхания;

1 Проблемы обеспечения пожарной безопасности при проектировании гарнизонов пожарной охраны

1.1 Общая характеристика г.о. Самара и Самарской области, и применяемых информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности

Городской округ Самара располагается на левом берегу Волги напротив Самарской Луки, с двух сторон ограничен устьями рек Самара и Сок. Округ лежит в 1098 км к востоку от Москвы, является сосредоточением железнодорожных путей и транспортных магистралей. Из всех приволжских городов по численности жителей уступает только Нижнему Новгороду.

«Географические координаты: 53°12' северной широты и 50°06' восточной долготы. Протяжённость в меридианном направлении – 50 км, в широтном – 20 км. Высота над уровнем моря 100 метров. Площадь территории города – около 541 км². с населением 1 171 598 чел. Городской округ Самара по численности населения вошёл в число крупнейших городов России и занял 6 место. На территории г.о. Самара население размещается неравномерно. Наиболее густо заселена центральная часть городского округа. Городское население составляет 80,5%. Плотность населения на территории города составляет 2444,3 чел/км². Наибольшая плотность – в агломерации городского округа Самара до 3847 чел/км²» [38].

«На земле жилой и общественно–деловой застройки приходится всего около 14,3% территории городского округа, а на земли, занимаемые производственными объектами – около 10%. При этом городской резерв застройки для размещения объектов гражданского и промышленного строительства составляет 1546 га» [38].

«На долю административных районов городского округа приходится 98,4% всех жителей. Самыми многочисленными районами являются:

Промышленный – 268,6 тыс. человек (23,6% всех жителей), Кировский – 229,4 тыс. чел. (20,1%)» [38].

«Самарская область расположена в юго–восточной части европейской территории России, в среднем течении крупнейшей в Европе реки Волги, и занимает площадь 53,6 тыс. кв. км, что составляет 0,31% территории России. На севере она граничит с Республикой Татарстан, на юге – с Саратовской областью, на востоке – с Оренбургской областью, на северо–западе – с Ульяновской областью. Губерния протянулась с севера на юг на 335 км и с запада на восток на 315 км» [38].

«Административно–территориальное деление области: 10 городских округов и 27 муниципальных районов. В составе районов – 13 городских и 292 сельских поселения» [38].

«В Самарской области проживает более трех миллионов человек. Основная часть городского населения – жители Самары и Тольятти. Важнейшими биоресурсами области являются заповедники и природные заказники, и в первую очередь, национальный парк Самарская Лука, Жигулевский государственный заповедник им. И.И. Спрыгина, заповедник Бузулукский бор» [38].

«Область располагает большим запасом полезных ископаемых. Основные из них – нефть и попутный газ. С возведением в 1957 г. Волжской ГЭС важнейшим гидроэнергетическим ресурсом стала вода Жигулевского моря, образовавшегося выше плотины. Выгодное географическое положение способствовало превращению Самарской области в мощный транспортный узел. Здесь проходят важнейшие воздушные линии, железнодорожные, автомобильные, и водные магистрали государственного значения» [38].

«Развитие индустрии позволило Самарской области войти в число крупнейших промышленных регионов России. Промышленный комплекс области – это более 450 крупных и средних и около десяти тысяч малых предприятий. Наибольшее развитие получили такие отрасли промышленности,

как машиностроение и металлообработка, топливная, электроэнергетическая, химическая и нефтехимическая, цветная металлургия» [38].

«Машиностроение представлено почти полным набором основных отраслей, среди которых ведущая роль принадлежит автомобильной промышленности. На долю Волжского автомобильного завода приходится около 70% всех легковых автомобилей, выпускаемых в России. В области действует крупный аэрокосмический комплекс. Топливная промышленность по объемам производства занимает второе место в России. Удельный вес производства основных нефтепродуктов, таких, как автомобильный бензин, дизельное топливо, топочный мазут, составляет 10–12%. По территории области проходят три крупнейших российских газопровода: Челябинск – Петровск, Уренгой – Петровск, Уренгой – Новопсков. Предприятия нефтехимической промышленности являются крупнейшими поставщиками синтетического каучука и изделий из пластмасс. Предприятия химической промышленности производят аммиак, различные удобрения, карбамид, желтый фосфор» [38].

Таким образом, «на территории региона сосредоточено много производств и сооружений, опасных (в случае аварии) по возможным последствиям социального, экономического и природоохранного характера. Это требует дальнейшего развития и совершенствования системы предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций» [38].

«На территории городского округа Самара расположено: 54 – особо важных объекта; 243 – объекта жизнеобеспечения; 77 – объектов государственной власти; 64 – пожароопасных объекта; 18 – взрывоопасных объектов; 12 – объектов с хранением СДЯВ; 6 – объектов ФСБ; 30 – объектов МЧС; 117 – объектов МВД. На территории городского округа Самара расположено 292 высотных здания, высота которых превышает 27 метров» [38].

«Гарнизонная служба в Самарском территориальном пожарно-спасательном гарнизоне организована в соответствии с Федеральным законом от 21.12.1994 № 69–ФЗ «О пожарной безопасности» [20], приказом МЧС России от 25.10.2017 № 467 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных

гарнизонах» [25] и постановлением Правительства Самарской области №15 от 31.01.2008 «О противопожарной службе Самарской области» [24].

«В состав Самарского территориального пожарно–спасательного гарнизона входят подразделения вне зависимости от форм собственности и организационно–правовых форм, к функциям которых отнесены профилактика и тушение пожаров, а также проведение аварийно–спасательных работ, расположенные в административных границах Самарской области» [31].

«Привлечение сил и средств на тушение пожаров и проведение аварийно–спасательных работ осуществляется на основании Плана привлечения сил и средств для тушения пожаров и проведения аварийно–спасательных работ на территории Самарской области и расписаниями выездов подразделений местных пожарно–спасательных гарнизонов для тушения пожаров» [31].

Самарский регион имеет местные пожарно-спасательные гарнизоны, число которых составляет пять:

- «Самарский местный пожарно–спасательный гарнизон в границах городских округов Самара, Кинель, городского поселения Нефтегорск, муниципальных районов Алексеевский, Богатовский, Большеглушицкий, Большечерниговский, Борский, Волжский, Кинельский, Красноярский, Нефтегорский» [31].
- «Тольяттинский местный пожарно–спасательный гарнизон в границах городских округов Жигулёвск, Тольятти, муниципальных районов Елховский, Исаклинский, Клявлинский, Кошкинский, Сергиевский, Ставропольский, Челно–Вершинский, Шенталинский» [31].
- «Сызранский местный пожарно–спасательный гарнизон в границах городских округов Октябрьск, Сызрань, муниципальных районов Сызранский, Шигонский» [31].
- «Новокуйбышевский местный пожарно–спасательный гарнизон в границах городских округов Новокуйбышевск, Чапаевск, муниципальных районов Безенчукский, Красноармейский, Пестравский, Приволжский, Хворостянский» [31].

- «Отраденский местный пожарно–спасательный гарнизон в границах городских округов Отрадный, Похвистнево, муниципальных районов Камышлинский, Кинель–Черкасский, Похвистневский» [31].

Информационно-управляющие системы обеспечения на данный момент применяются в Вооруженных силах Российской Федерации. Поэтому в настоящем исследовании предпримем попытку применить их в Самарском местном пожарно–спасательном гарнизоне.

1.2 Оперативная обстановка с пожарами в Самарской области

В таблице 1 представлен набор статистических показателей, характеризующих ситуацию с пожарами, за период 2016-2020 гг. – в частности количество пожаров, количество возгораний, число погибших, число пострадавших. Указанные данные, также представленные в виде графика, позволяют проанализировать динамику изменения ситуации с пожарами.

Исходя из представленных цифр, следует выявить тенденцию увеличения количества пожаров, что вызвано ростом жилых кварталов и приумножением числа используемых электроприборов. Обозначенная тенденция способствует возрастанию других показателей.

Таблица 1 – Характеристика состояния пожарной обстановки за 2016 – 2020 годы, на основании официальных статистических данных

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Динамика 2020-2016 гг.
Количество пожаров, ед.	3110	2854	2569	2761	11279	+8169
Количество возгораний	8226	5208	5022	9199	12548	+4322
Погибло людей, чел.	169	154	121	134	158	–11
Получили травмы, чел.	205	168	160	184	207	+2

Отразим данные по количеству пожаров и возгораний на рисунке 1.

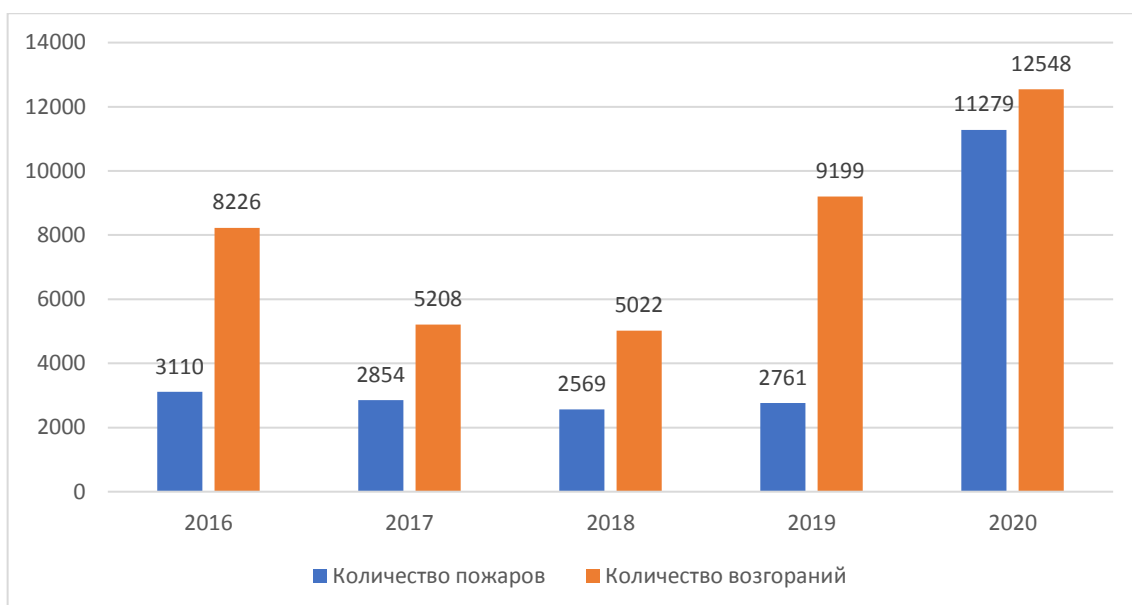


Рисунок 1 – Данные по количеству пожаров и возгораний за период с 2016 года по 2020 год по Самарской области

Далее отразим данные по количеству погибших и травмированных людей на рисунке 2.

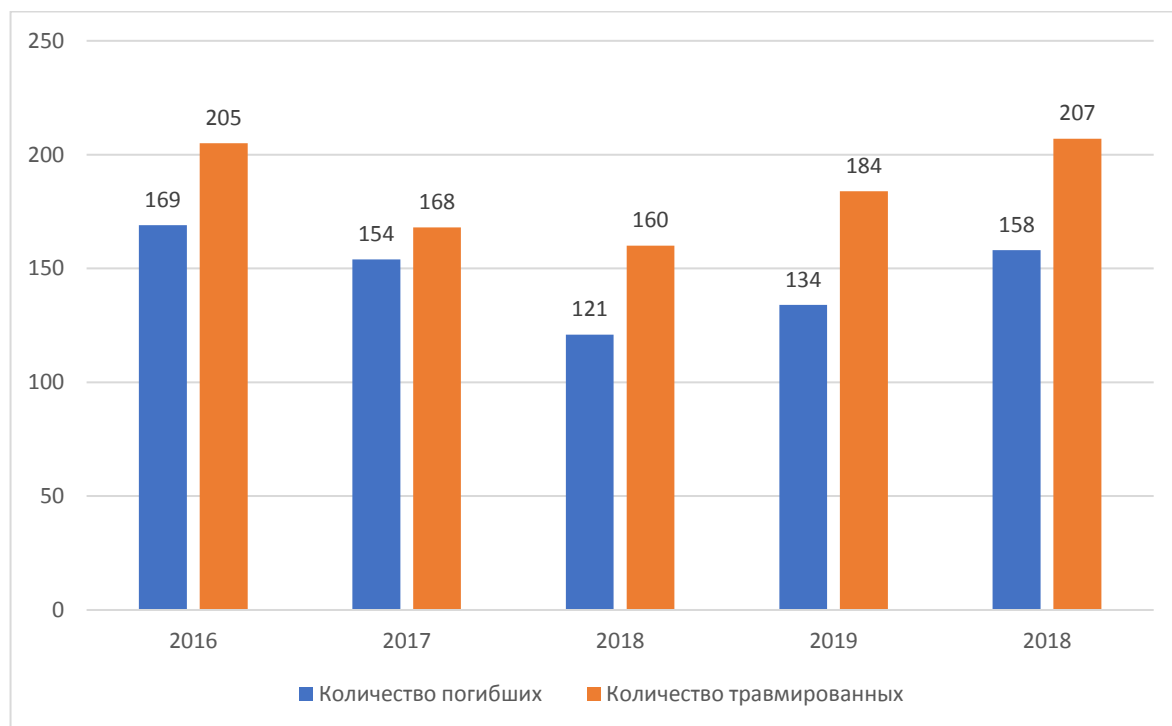


Рисунок 2 – Данные по количеству погибших и травмированных людей за период с 2016 года по 2020 год по Самарской области

Как видно из таблицы 1 и рисунков 1 и 2, рост общего количества пожаров (+8169) и количества возгораний (+4322) сопровождается сокращением числа погибших (-11 человек). Число пострадавших в течение всего анализируемого периода остается почти неизменным (+2 человека).

По повышенным номерам вызова подразделения отряда выезжали:

- «пожар 1-БИС – 179 раз;
- пожар №2 – 24 раза;
- пожар №3 – 1 раз» [31].

При оценке деятельности личного состава Самарского пожарно-спасательного гарнизона было выявлено удовлетворительное состояние подготовки служащих. Положительная динамика изменения результатов пожаротушения связана с проведением работ по обучению личного состава, улучшению состояния службы, обеспечению условий для эффективного тушения пожаров.

В течение 2020 года ни один служащий личного состава Самарского пожарно-спасательного гарнизона не получил травму.

Выводы по разделу

В первом разделе представлена общая характеристика городского округа Самара и Самарской области, описано их географическое положение относительно основных водоемов, определено расстояние от г.о. Самара до Москвы, установлены состояние дорожно-транспортной системы и численность населения.

«Самарская область располагается на юго-востоке европейской части России и стоит на берегу р. Волги. Границами субъекта выступают: север — Республика Татарстан, юг — Саратовская область, восток — Оренбургская область, северо-запад — Ульяновская область» [38]. Площадь Самарской области составляет более 53 тыс. км. (0,3% от всей площади России). Расстояние от северной границы до южной равняется 335 км, от западной до восточной — 315 км.

«Городской округ Самара включает социально значимые объекты: особо важные объекты – 54; объекты жизнеобеспечения – 243; объекты государственной власти – 77; объекты ФСБ – 6; объекты МВД – 117; объекты МЧС – 30» [38]. К перечню объектов повышенного риска относятся: пожароопасные объекты – 64, взрывоопасные объекты – 18; объекты с хранением СДЯВ – 12. В Самаре построены 292 здания высотой более 27 метров.

Также в первом разделе проведен анализ состояния пожарно-спасательных гарнизонов г.о. Самара и представлены выводы о ситуации с пожарами в Самарской области. Представлен набор статистических показателей, характеризующих ситуацию с пожарами, за период 2016-2020 гг. – в частности количество пожаров, количество возгораний, число погибших, число пострадавших. Указанные данные, также представленные в виде графика, позволили проанализировать динамику изменения ситуации с пожарами. Выявлена неблагоприятная тенденция увеличения общего количества пожаров (+8169) и возгораний (+4322). При этом сокращается число погибших на пожаре (-11 человек), а число пострадавших в целом оказывается стабильным (+2 человека).

2 Анализ возможности применения информационно-управляющих систем по обеспечению пожарной безопасности в пожарно-спасательных гарнизонах

2.1 Существующие информационно-управляющие системы по обеспечению пожарной безопасности и методики их построения

Итак, было выяснено, что чтобы понять принцип реализации применения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности необходимо начать не с полной системы объектов, а с одного конкретного объекта исследования, для этого предлагается ЛПДС «Самара». Поэтому для начала проанализированы особенности функционирования ЛПДС «Самара», в частности противопожарный режим в ЛДПС «Самара», который представляет собой комплекс мер и порядков реализации технологических процессов, ориентированных на устранение риска возникновения возгорания или пожаров.

Производственная площадка ЛПДС «Самара», входящего в состав АО «Транснефть – Приволга», содержит технологические структуры:

- «магистральные насосные;
- площадки фильтров-грязеуловителей;
- площадки управления задвижками;
- площадки регуляторов давления;
- площадка сбора и откачки утечек нефтепродукта (емкости сбора утечек и дренажа нефтепродукта с насосами откачки);
- площадки камер приема/пуска СОД;
- технологические трубопроводы с электрозадвижками, обратными клапанами и др. оборудованием» [10].

Производственная площадка ЛПДС «Самара» кроме основных технологических объектов содержит ряд вспомогательных:

- «операторная;
- административно-бытовые корпуса;

- склады, гаражи, мастерские;
- котельная;
- площадка хранения аварийного запаса;
- насосная пожаротушения;
- пожарное депо;
- противопожарные водоемы;
- помещение эл. подстанции;
- ЗС ГО;
- инженерные коммуникации – линии электроснабжения, связи, телемеханики и сигнализации, трубопроводы водоснабжения, канализации и теплоснабжения» [2].

В числе основных технологических процессов, применяемых в деятельности ОПО, находятся такие:

- «прием нефтепродуктов из МНПП, повышение давления и возврат нефтепродуктов в МНПП для дальнейшей транспортировки;
- перекачка нефтепродуктов в направлении ЛПДС «Пенза»;
- прием/пуск СОД» [8].

«Нефтепродукт по МНПП поступает на ЛПДС «Самара» через стационарную задвижку №1, расположенную в узле приема СОД. Далее нефтепродукт по трубопроводу диаметром 530 мм поступает через задвижку №2 на фильтры-грязеуловители Ф1, Ф2 (задвижки №№ 11, 12, 13, 14), где очищается от механических примесей, парафино-смолистых отложений и посторонних предметов. После фильтров-грязеуловителей нефтепродукт через задвижку №30 поступает на всос магистральных насосов от Н-1 до Н-4 (задвижки №№45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52), соединенные последовательно, с характером работы «из насоса в насос». В зависимости от заданного режима работы нефтепродукт может проходить через один, два или три насосных агрегата (один насосный агрегат постоянно находится в резерве)» [8].

«От магистральных насосов нефтепродукт через задвижку №31 поступает на узел регуляторов давления КР1, КР2 (задвижки №№ 167, 168, 169, 170) для

поддержания заданных величин давления. После узла регуляторов давления, нефтепродукт с давлением 5,4 МПа через станционные задвижки №№3, 4 поступает в МНПП» [6].

Линии трубопроводов, необходимые для осуществления требуемых технологических процессов, задействованы в операциях:

- «прием нефтепродуктов, поступающих на ЛПДС «Самара»;
- перекачку нефтепродуктов в МНПП;
- закрытый сбор и откачку утечек» [6].

Действующая система обеспечения промышленной безопасности на ЛПДС «Самара» включает:

- «проектирование, строительство, эксплуатация, расширение, реконструкция, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервация и ликвидация опасного производственного объекта;
- изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте;
- проведение экспертизы промышленной безопасности;
- подготовка и переподготовка работников опасного производственного объекта в не образовательных учреждениях» [4].

Таким образом, представлена характеристика технологических систем ЛДПС «Самара». Установлено, что перекачка нефтепродукта на данной станции осуществляется методом «из насоса в насос».

В ЛДПС «Самара» предусмотрено соблюдение противопожарного режима, что предполагает проведение систематических мероприятий по предотвращению возможных возгораний.

Осуществление противопожарного режима на ЛДПС «Самара» обязывает руководителя и иных ответственных лиц исполнять следующие требования:

- «соблюдение базовых правил, способствующих предотвращению возгораний. Это касается и надлежащей организации процессов производства (речь идет о недопущении пожаров при выполнении сотрудниками трудовых операций).

- своевременное проведение инструктирования и обучения для сотрудников компании.
- обеспечение безопасного использования факторов производства – оборудования, материалов, технологий, – способных оказаться источниками огня (пожароопасных факторов).
- поддержание средств тушения огня в исправном состоянии. При этом важно обеспечить их доступность. Для учета огнетушителей применяются специальные журналы учета.
- применение санкций за нарушение (несоблюдение) инструкций и правил, регламентирующих противопожарную защиту в компании. Повышенная ответственность возлагается в данном контексте на лиц, обязанных обеспечивать на предприятии (в подразделениях) охрану труда сотрудников и пожарную безопасность персонала» [5].

Таким образом, противопожарный режим в ЛДПС «Самара» представляет собой комплекс мер и порядков реализации технологических процессов, ориентированных на устранение риска возникновения возгорания или пожаров. Для обеспечения противопожарного режима на станции был разработан регламент, который устанавливает следующие направления деятельности:

- «график (расписание) проверок противопожарного состояния всех объектов предприятия, подлежащих регулярному контролю на предмет обеспечения пожарной безопасности. Назначается дата и время каждой такой проверки, осуществляемой уполномоченным представителем предприятия. По итогам внутренних проверок могут выявляться недостатки или нарушения, которые должны устраняться в назначенные сроки;
- назначение субъектов, отвечающих за противопожарную защиту на разных уровнях компании;
- противопожарное обучение (инструктирование), которое проводится при наличии конкретных оснований для определенных сотрудников компании. Данные инструктажи и обучающие курсы могут

- организовываться на базе самой организации. Возможно привлечение представителей сторонних обучающих организаций;
- установление в организации режима повышенной осторожности по соответствующим основаниям. Это могут быть угрозы аварий, терактов, катастроф, иных чрезвычайных происшествий;
 - назначение субъектов, отвечающих за поддержание первичных средств тушения огня в надлежащем состоянии. Уполномоченные лица следят за работоспособностью огнетушителей, датчиков, сигнализаций и прочих подобных устройств (приспособлений);
 - регламентирование действий (мер), осуществляемых при пожаре и возгораниях. Речь идет о действиях ответственных субъектов и прочих сотрудников компании. Особое внимание уделяется мерам по оповещению, эвакуации и тушению;
 - оснащение всех помещений организации специальными знаками, используемыми для противопожарного информирования;
 - программы инструктирования, журналы регистрации проведения противопожарных мер (инструктажей) в компании;
 - прочие направления, относящиеся к противопожарному режиму» [22].

В рамках обеспечения пожарной безопасности в ЛПДС «Самара» был введен перечень обязательных мер, контроль за исполнением которых осуществляет руководитель или иное ответственное лицо в порядке, установленном общим или локальным распорядительным актом.

ЛПДС «Самара» оборудована автоматической установкой пенного пожаротушения, которая включает в себя «пожарные насосы (2 шт. производительностью 450 м³/час), резервуары в готовым запасом пены средней кратности, резервуары с запасом пенообразователя, трубопроводы к местам возможного возникновения пожара от напорного узла» [21], представленного на рисунке 3.



Рисунок 3 – Напорный узел СППТ ЛПДС «Самара»

На ЛПДС «Самара» предусмотрен «кольцевой противопожарный водопровод с вмонтированными в него 85 пожарными гидрантами. Также на станции есть два противопожарных водоема вместимостью 650 и 750 м³ соответственно» [34]. На рисунке 4 представлен узел подключения водяного охлаждения ЛПДС «Самара».



Рисунок 4 – Узел подключения водяного охлаждения ЛПДС «Самара»

Табель пожарного расчета представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Табель пожарного расчета

Номер пожарного расчета	Должность	Действия пожарного расчета номера при пожаре
№1	Бригадир	В обязанности входит остановить всю работу сотрудников, вывести их в безопасное место – эвакуировать, осуществлять руководство в деятельности ДПД, вести наблюдение за ликвидацией пожара, за проведением спасательной операции людей и материальных ценностей до момента пока придут пожарные подразделения.
№2	Дежурный по СПТ	Передает сообщение о возгорании на диспетчерский пункт ПЧ, осуществляет надзор за система пожаротушения, встречает расчет ПЧ.
№3	Слесарь	Осуществляет подачу пожарных рукавов на зону горения пламени тления, обеспечивает открытие пенных пожарных кранов, если возникает в этом необходимость.
№4	Слесарь	В случае возникновения надобности в подъемном кране в зоне тушения пожара, подает кран и контролирует его использование.

Дислокация аварийно-спасательных служб ЛПДС «Самара» представлена на рисунке 5.

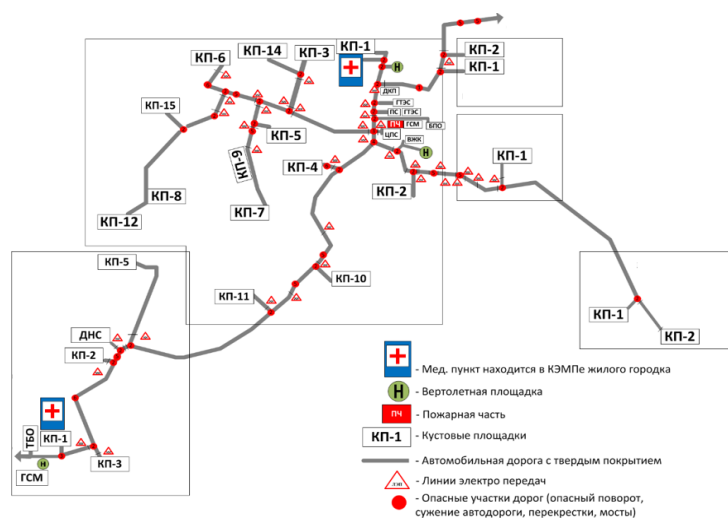


Рисунок 5 – Дислокация аварийно-спасательных служб объекта ЛПДС «Самара»

Для противопожарной защиты ЛПДС «Самара» предусмотрены:

- «система автоматической пожарной сигнализации;
- стационарная установка пенного тушения пожара, обеспечивающая автоматическое локальное тушение компрессоров;
- модульное автоматическое газовое пожаротушение в помещениях операторной и аппаратной;
- система порошкового пожаротушения в открытой сырьевой насосной;
- водяное охлаждение технологических аппаратов и оборудования на аппаратном дворе, при помощи стационарных лафетных стволов;
- полустационарная система газового (азотного) пожаротушения на открытой технологической установке;
- внутреннее противопожарное водоснабжение;
- наружное противопожарное водоснабжение» [39].

Пожарная безопасность обеспечивается рядом мер, в числе которых и система автоматической сигнализации, основанная на применении пожарных извещателей, установленных во всех рабочих помещениях: это и операторная, и компрессорная, сырьевая насосная установка.

Также в указанную систему входят ручные пожарные извещатели, установленные на наружной части здания и внутри помещений операторской. Они подсоединены к пункту связи пожарной части и используются для передачи сообщения о возгорании. Количество извещателей – 14 штук.

В насосной установлены взрывозащищенные извещатели пламени модели ИП 332-1/1, также подведенные к пункту связи пожарной части. Количество извещателей – 2 штуки.

Для ликвидации локального возгорания компрессоров ПК-1 И ПК-2 оборудована установка пенного пожаротушения. Она состоит из насосной станции, двух ёмкостей с запасом раствора пенообразователя, растворопроводов, четырех генераторов пены модели ГПС-600.

Также в компрессорной размещены три противопожарных крана ПК-1, 2, 3, которые располагаются на внутреннем противопожарном водопроводе (диаметр – 50 мм). Снаружи здания на восточной стене установлен сухотруб

(диаметр – 80 мм) с выводом на крышу. На обоих конца водопровода оборудованы головки для подключения пожарных рукавов (диаметр – 77 мм).

Процесс охлаждения технологического оборудования проводится водяным охлаждением при задействовании лафетных стволов ЛС-С20У, создающих водяной экран и обладающих следующими техническими характеристиками: $P_y = 0,4$ Мпа, $Q = 20$ л/с, $d_{насадка} = 28$ мм. Задействованы лафетные стволы в количестве четырех штук, установленные на вышках: вышка, высота которой 4,8 м имеет 3 ствола, вышка в 2,4 м – 1 ствол. При необходимости к ним может быть подключена передвижная пожарная техника.

Вблизи объекта расположен участок кольцевой сети наружного противопожарного водопровода (диаметр – 250 мм). При ликвидации пожара водяной напор в сети поднимается с 20 до 70 м. вод. ст.

Ближайшие к объекту пожарные водоисточники:

- «ПГ-322, на территории установки, на расстоянии 15 м с западной стороны компрессорной;
- ПГ-321, на территории установки на расстоянии 6 м с западной стороны;
- ПГ-255, на расстоянии 60 м с восточной стороны операторной;
- ПГ-323, на расстоянии 40 м до угла компрессорной, с северо-западной стороны;
- ПГ-292, на расстоянии 70 м до П-101, с юго-западной стороны» [3].

Ближайшие пожарные водоемы:

- «ПВ №3 (объемом 600 м³) находится на первом участке ТСП, на расстоянии 700 м (до площадки перед операторной установки);
- ПВ №2 (объемом 600 м³) находится на первом участке ТСП, на расстоянии 800 м (до площадки перед операторной установки);
- ПВ №4 (объемом 500 м³) находится на втором участке ТСП, на расстоянии 1150 м (до площадки перед операторной установки);
- градирня водоблока № 4 на расстоянии 950 м (до площадки перед операторной установки);
- градирня водоблока № 3 на расстоянии 1070 м (до площадки перед

операторной установки)» [35].

Обеспечение пожарной безопасности в ЛДПС «Самара» осуществляется согласно общим документам и локальным актам, которые, в частности, закрепляют порядок эвакуации и тушения возгораний.

На основании принятия на территории России ряда новых требований в правилах противопожарного режима, ЛДПС «Самара» установила следующие положения:

- «назначен ответственный за устройства для эвакуации и руководящий действиями сотрудников при блокировании эвакуационных путей;
- проинспектированы пути эвакуации и доступа МЧС, их свободный доступ, назначен ответственный по контролю над этими участками;
- выпущен запрет на хранение материалов в подвале, запрет на установку глухих решеток на подвальных окнах, служащих аварийными выходами;
- проведена проверка расположения огнетушителей и прописано их размещение (крепление на высоте не выше 1,5 м до верха устройства или расположение на отдельной подставке);
- указатели гидрантов обеспечены светоотражающим покрытием или электрическими световыми отметками;
- регламентировано проведение учений, когда выход людей организуется по пожарным лестницам как внутренним, так и наружным;
- выпущено указание о необходимости запертых дверей чердачных и подвальных объектов с указанием, где хранятся ключи;
- прописана необходимость регулярного контроля рабочей исправности механизмов закрывания противопожарных дверей;
- установлен запрет на монтаж приспособлений, мешающих нормальному функционированию дверей;
- произведена инспекция и указаны классы и категории взрыво- и пожароопасности складов и производственных участков, помещения обеспечены этими надписями;

- зарегистрирован новый журнал эксплуатации систем противопожарной защиты для записей итогов проверок» [7].

Подводя итог сказанному в разделе 4, стоит заключить, что улучшение состояния пожарной безопасности в ЛПДС «Самара» осуществлялось следующими способами: проведение частичной реконструкции производственного здания с использованием огнезащитных красок; установка противопожарных муфт (манжет) и уплотнений на внутренних инженерных сетях. Далее будут рассмотрены методы технического обеспечения мер по преграждению пожара при его возникновении в проемах стен и потолков, в местах размещения трубных соединений.

В качестве объекта выбрана ЛПДС «Самара», находящаяся под охраной Самарского пожарно-спасательного гарнизона. Причинами возникновения аварийных ситуаций и разливов могут стать:

- «перелив топлива при операции наполнения резервуара;
- при эксплуатации и проведении ремонтных работ на ТЗП возникновение паровоздушных смесей;
- испарение газоопасных веществ из топлива и появление источника возгорания в местах прямого контакта с топливом, например, на АЗС;
- вследствие изнашивания технологического оснащения ТЗП происходит нарушение герметичности резервуаров и трубопроводов, шлангов автоцистерн и т.п.;
- механическая неисправность технологического оснащения ТЗП, возникающая в результате влияния средств передвижения или осуществления техническим персоналом недоброкачественных ремонтных работ, приводящая к нарушению герметичности или повреждению защитных элементов оборудования ТЗП;
- нарушение герметичности системы подачи топлива автомашины вследствие аварии при ДТП;
- неправомерные поступки персонала, которые приводят к преднамеренному возникновению аварии» [1].

Развитие аварийной ситуации на ТЗП чревато опасностью, поскольку она создает:

- «заземление силового оборудования;
- автоматическая установка водяного пожаротушения;
- автоматическая установка пожарной сигнализации;
- наличие на ТЗП твердых гладких площадок с маслостойким покрытием и оборудование средствами для тушения пожара;
- выполнение площадок для стоянки автотранспорта с уклоном в сторону дренажных колодцев и установка трубопроводов с задвижками для отвода самотеком проливов в подземный аварийный резервуар при возможной разгерметизации патрубка автоцистерны;
- наличие аварийного резервуара и сливных трубопроводов, предназначенных для исключения возможности перелива топлива на территорию ТЗП;
- наличие на ТЗП системы заземления;
- заземление автомобильной цистерны при сливе к наружному контуру заземления через специальное устройство со световой индикацией» [9].

Профилактические меры по недопущению возможных аварийных (пожарных) ситуаций и минимизации выбросов потенциально опасных соединений включают следующее:

- «выброс легковоспламеняющихся паров, которые могут привести к возникновению пожара или взрыва;
- выброс легковоспламеняющихся жидкостей с последующим возгоранием; выброс токсичных газов;
- внутренние пожары/взрывы из-за попадания воздуха в оборудование, содержащее углеводороды;
- внутренние взрывы из-за попадания углеводородов в воздушные системы;
- пожары от самовозгорающихся материалов; разливы тяжелых углеводородов с загрязнением почвы/воды;

– загрязнение токсичными жидкостями и алкилами свинца» [23].

В случае неисправности ТРК при сливе ГСМ из цистерны в трубопровод, а также в случае закачки или откачки ГСМ с целью хранения и транспортировки может произойти утечка топлива. В результате утечки топлива на территории предприятия повышается риск возникновения экологической катастрофы, связанной с нарушением состояния почвы, флоры и грунтовых вод.

Угроза пожара возникает при проведении плановых и внеплановых ремонтных работ трубопровода или его отдельных частей, если во время ремонта производится недостаточно качественная очистка поверхности.

Риск возгорания автомобиля повышается в случае несвоевременного отключения топливного раздатчика в бензобаке. Угроза пожара на дыхательной арматуре возникает при полном или частичном нарушении целостности резервуара ГСМ. Пожар разлива приводит к появлению массовых очагов возгорания и огненных свечей на территории объекта, что в дальнейшем приводит к возгоранию оборудования и транспортных средств для перевозки топлива [17].

Появление и движение газозадышенного облака влечет за собой такие же последствия, как и взрыв смеси. В результате образуется ударная волна, способная уничтожить оборудование и технику с топливом, если они расположены в зоне действия детонационной волны.

На ЛПДС «Самара» могут возникнуть следующие аварийные ситуации:

- «полное разрушение автоцистерны;
- разгерметизация корпуса резервуара или трубопроводов его обвязки;
- переполнение топливного бака при выполнении операции налива бензина» [11].

Определим возможные причины возникновения аварии с помощью дерева отказов для каждой аварийной ситуации (рисунки 6-8).

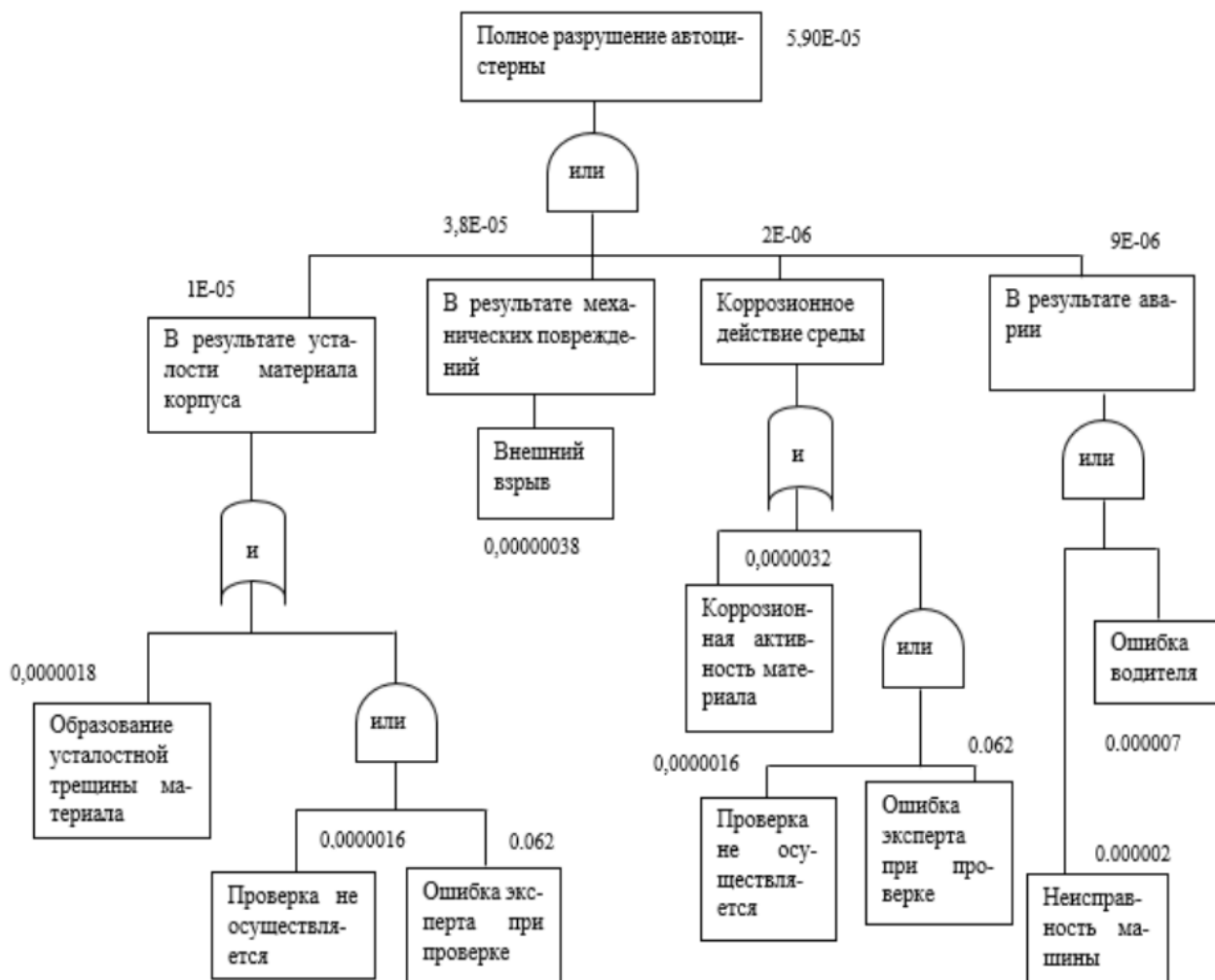


Рисунок 6 – «Дерево отказов» при полном разрушении автоцистерны [18]

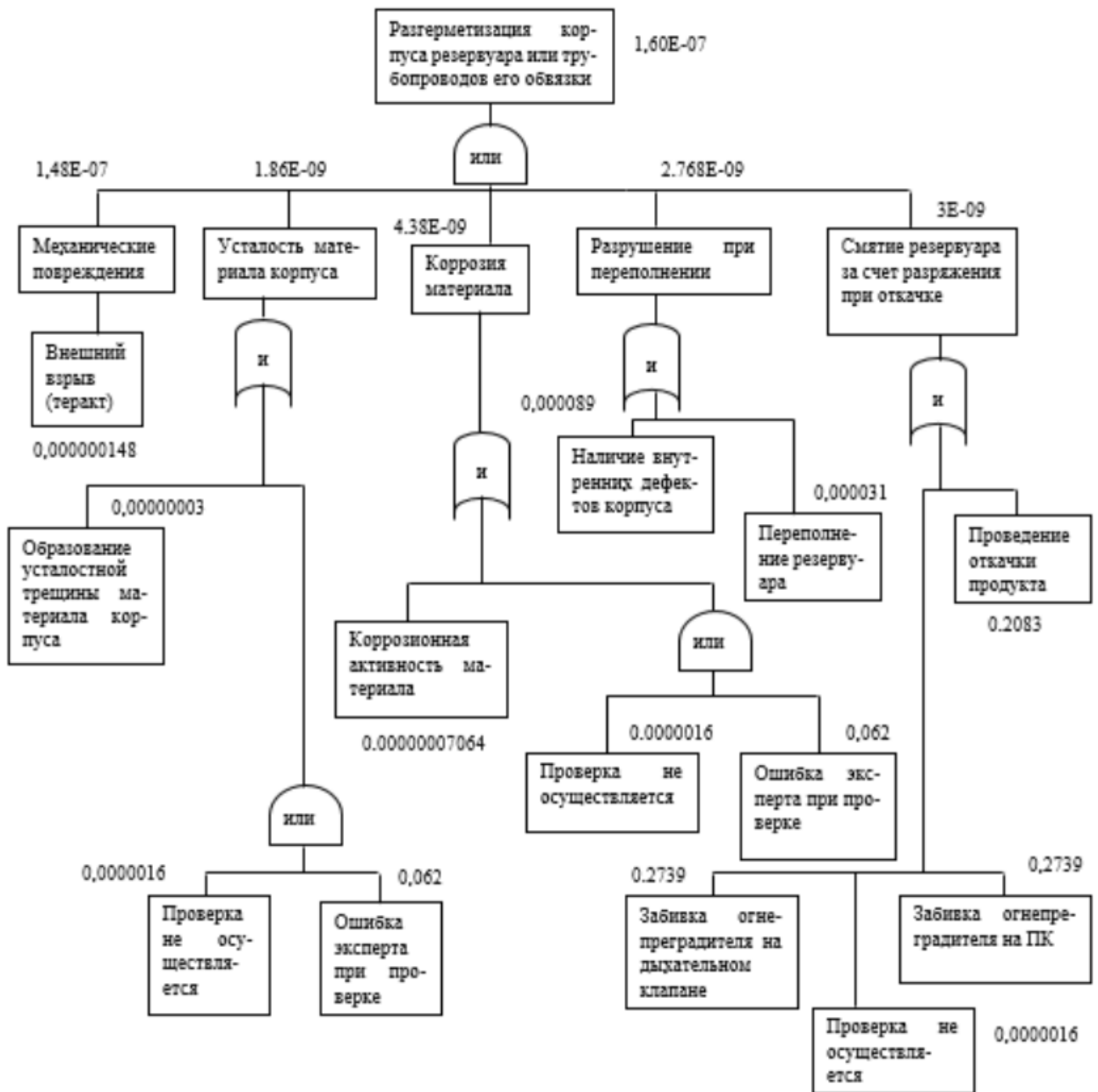


Рисунок 7 – «Дерево отказов» при разгерметизации корпуса резервуара или трубопроводов его обвязки [19]

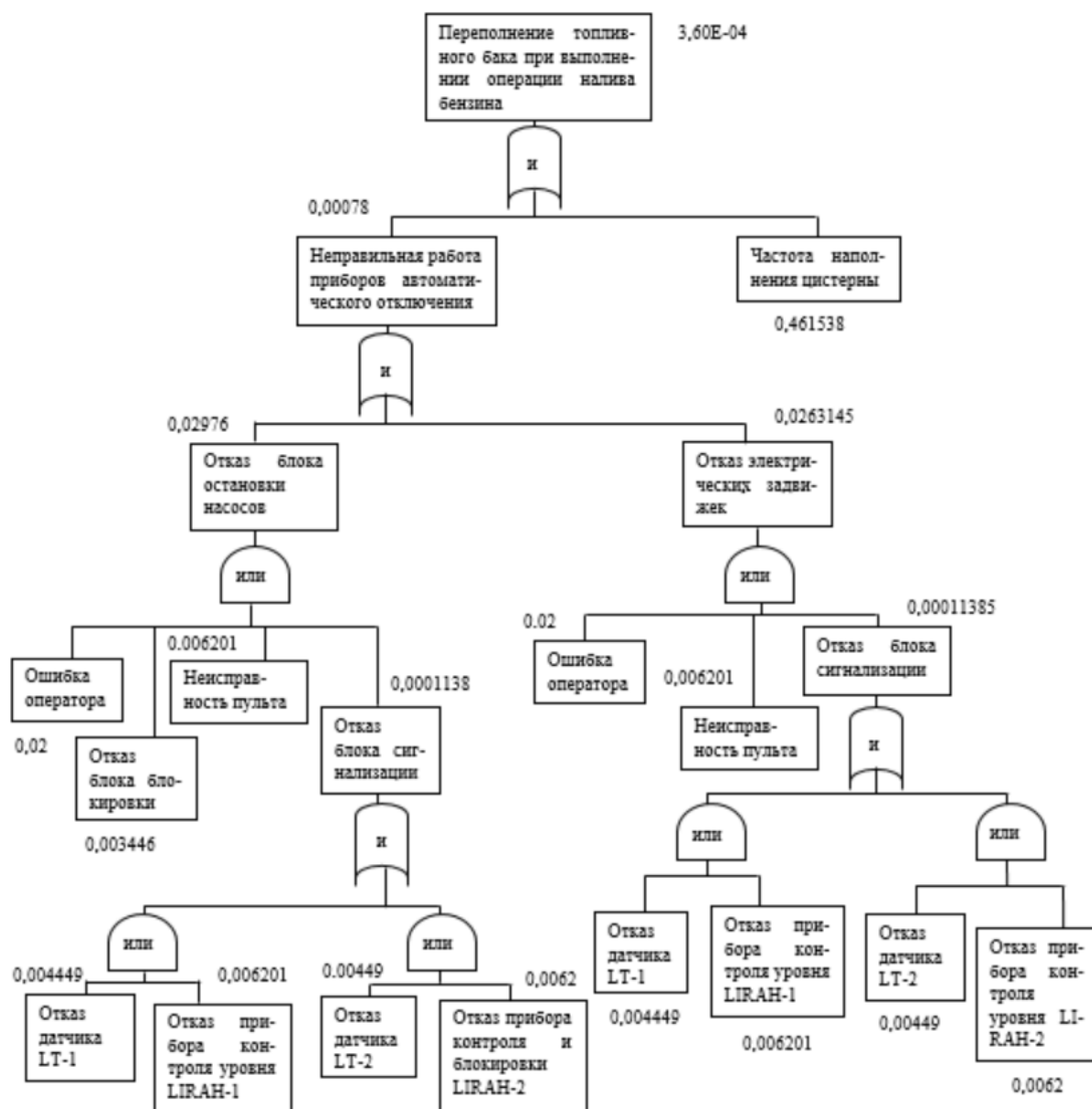


Рисунок 8 – «Дерево отказов» при переполнении топливного бака при выполнении операции налива бензина [37]

Для определения общей вероятности возникновения аварийной ситуации в ПО «AnyLogic» требуется рассчитать вероятности возникновения причин аварий по статистическим данным.

Вероятность возникновения теракта, который может привести к разгерметизации резервуара, находим из формулы:

$$P = \frac{N_a}{N_{\text{ОПО}} \cdot N_{\text{лет}}} \quad (1)$$

где N_a – количество аварий на ОПО за рассматриваемый период времени;

$N_{\text{ОПО}}$ – количество опасных производственных объектов в России;

$N_{\text{лет}}$ – рассматриваемый период времени, год [27].

$$P = \frac{1}{336000 \cdot 20} = 0,000000148 \text{ 1/год}$$

По аналогичной формуле находим вероятности возникновения ошибки водителя автотранспорта; образования усталостной трещины материала; коррозионной активности материала; перекрытия задвижек [12].

Вероятность проведения откачки продукта, которая может привести к разгерметизации резервуара, найдем по формуле:

$$P = \frac{T_{\text{опор}}}{T_{\text{год}}} \quad (2)$$

где $T_{\text{опор}}$ – время опорожнения автоцистерны.

$$T_{\text{опор}} = N \cdot \frac{V_{\text{ца}}}{Q_n} \quad (3)$$

где N – количество автоцистерн в день, шт/д;

$V_{\text{ца}}$ – объем автоцистерны, м³;

Q_n – производительность откачки, м³/ч [32].

$$T_{\text{опор}} = 20 \cdot \frac{30}{120} = 5 \text{ ч в день} = 1825 \text{ ч в год}$$

$$P = \frac{1825}{8760} = 0,2083 \text{ 1/год}$$

Огнепреградитель на клапанах может забиться инородными телами при возникновении сильного ветра, поэтому вероятность забивки огнепреградителя на клапанах рассчитаем по формуле:

$$P = \frac{t}{T_{\text{год}}} \quad (4)$$

где t – в среднем количество дней в году с сильным ветром равным 20 м/с, дн/год;

$T_{\text{год}} = 365$ дней [26].

$$P = \frac{100}{365} = 0,2739 \text{ 1/год}$$

Все рассчитанные вероятности заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Вероятности отказов для каждой аварийной ситуации

Событие	Вероятность отказа, 1/год
1. Полное разрушение автоцистерны	
Коррозионная активность материала	0,0000032
Проверка не осуществляется	0,0000016
Ошибка эксперта при проверке	0,062
Образование усталостной трещины материала	0,0000018
Внешний взрыв	0,0000004
Ошибка водителя	0,000007
Неисправность машины	0,000002
2. Разгерметизация корпуса резервуара или трубопроводов его обвязки	
Проверка не осуществляется	0,0000016
Ошибка эксперта при проверке	0,062
Образование усталостной трещины материала	0,00000003
Переполение резервуара	0,000031
Наличие внутренних дефектов корпуса	0,0000893
Внешний взрыв (теракт)	0,000000148
Коррозионная активность материала	0,00000007064
Проведение откачки продукта	0,2083
Забивка огнепреградителя на дыхательном клапане	0,2739

Продолжение таблицы 3

Событие	Вероятность отказа, 1/год
Забивка огнепреградителя на ПК	0,2739
3. Переполнение топливного бака при выполнении операции налива бензина	
Ошибка оператора	0,02
Неисправность пульта	0,006201
Отказ блока блокировки	0,003446
Отказ датчика LT-1	0,004449
Отказ прибора контроля уровня LIRAH-1	0,006201
Отказ датчика LT-2	0,004449
Отказ прибора контроля и блокировки LRASHH-2	0,0062
Частота наполнения цистерны	0,461538

Расчет вероятностей возникновения аварийных ситуаций в программном комплексе «AnyLogic» (инструмент имитационного моделирования).

Расчет вероятностей реализации сценариев аварий с помощью ДО При создании имитационной модели ДО в ПО «AnyLogic» были использованы следующие блоки (рисунок 9):

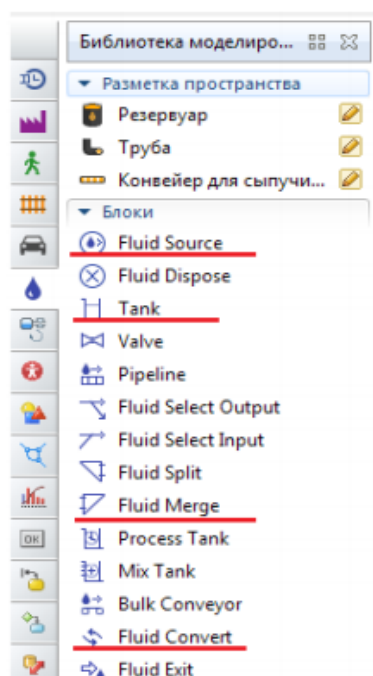


Рисунок 9 – Палитра инструментов, используемых при создании ДО в ПО «AnyLogic»

1. Fluid Source. «Генерирует поток. Как правило, является начальным блоком в Библиотеке Моделирования Поточков. Может работать как источник с неограниченной емкостью или как источник с ограниченным начальным объемом, который можно пополнить, вызвав функцию inject. Данный блок имеет желаемую выходную скорость, при этом фактическая скорость может быть меньше или равна желаемой скорости» [40].

2. Tank. «Контейнер для жидкости или сыпучих материалов с конечной вместимостью, ввод сверху и вывод снизу. При желании может содержать некоторую начальную жидкость. Резервуар также может служить источником жидкости или контейнером для утилизации с конечной емкостью» [41].

3. Fluid Merge. «Объединяет два потока в один; выходной расход равен сумме входных скоростей. Может работать в трех режимах:

- нейтральный. В нейтральном режиме ни один из входов не получает приоритет, и дополнительные ограничения не применяются. Если выход может принять больше, чем сумма максимальных скоростей входных потоков, то обе скорости ввода максимальны. В противном случае, «квоты» скоростей входных потоков распределяются неопределенно;
- пропорциональный. В пропорциональном режиме блок применяет дополнительное ограничение: скорость потока на входе 1 / доля 1 = скорость потока на входе 2/доля 2, поэтому скорости входных потоков зависят друг от друга так же, как и от допустимой скорости выходного потока» [42];
- приоритет. В режиме приоритета FluidMerge пытается максимизировать скорость приоритетного потока на входе. Иногда, чтобы избежать конфликтов приоритетов потока, может потребоваться настроить значения приоритетов (путем назначения целочисленных значений) для достижения желаемых глобальных приоритетов [13].

4. Fluid Convert. «Выходная скорость этого блока всегда равна входной скорости, умноженной на данный «коэффициент преобразования».

Коэффициент может быть, как больше 1, так и меньше 1 или 1, поэтому FluidConvert может как усиливать, так и уменьшать поток» [43].

Основные настройки при построении ДО представлены на рисунках 10-13.

ОшибкаОперат - FluidSource

Имя:

Отображать имя Исключить

Максимальная скорость:

Скорость:

Режим: Объем не ограничен
 Огранич. объем, inject() для пополнения

Начальный объем:

Другой приоритет:

Рисунок 10 – Начальный блок вероятности отказа элемента системы

ИЛИ - FluidMerge

Имя:

Отображать имя Исключить

Режим: Нейтральный
 Пропорциональный
 Приоритетный

Партия на выходе: Та же, что на входе 1
 Та же, что на входе 2
 Та же, что на приоритетном входе
 По умолчанию
 Другая

Рисунок 11 – Логический оператор «ИЛИ»

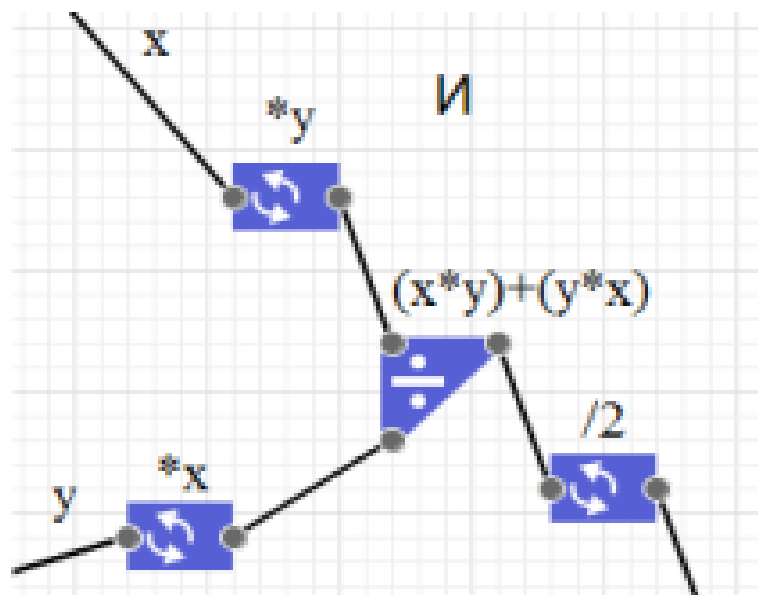


Рисунок 12 – Логический оператор «И»

Simulation - Простой эксперимент

Имя: Исключить

Агент верхнего уровня:

Максимальный размер памяти: M6

Модельное время

Режим выполнения: Виртуальное время (максимальная скорость)
 Реальное время со скоростью

Остановить:

Начальное время: Конечное время:

Начальная дата: Конечная дата:

Рисунок 13 – Настройки модели во времени

Все вышеуказанные значения заносим в ПО «AnyLogic» (рисунок 14).

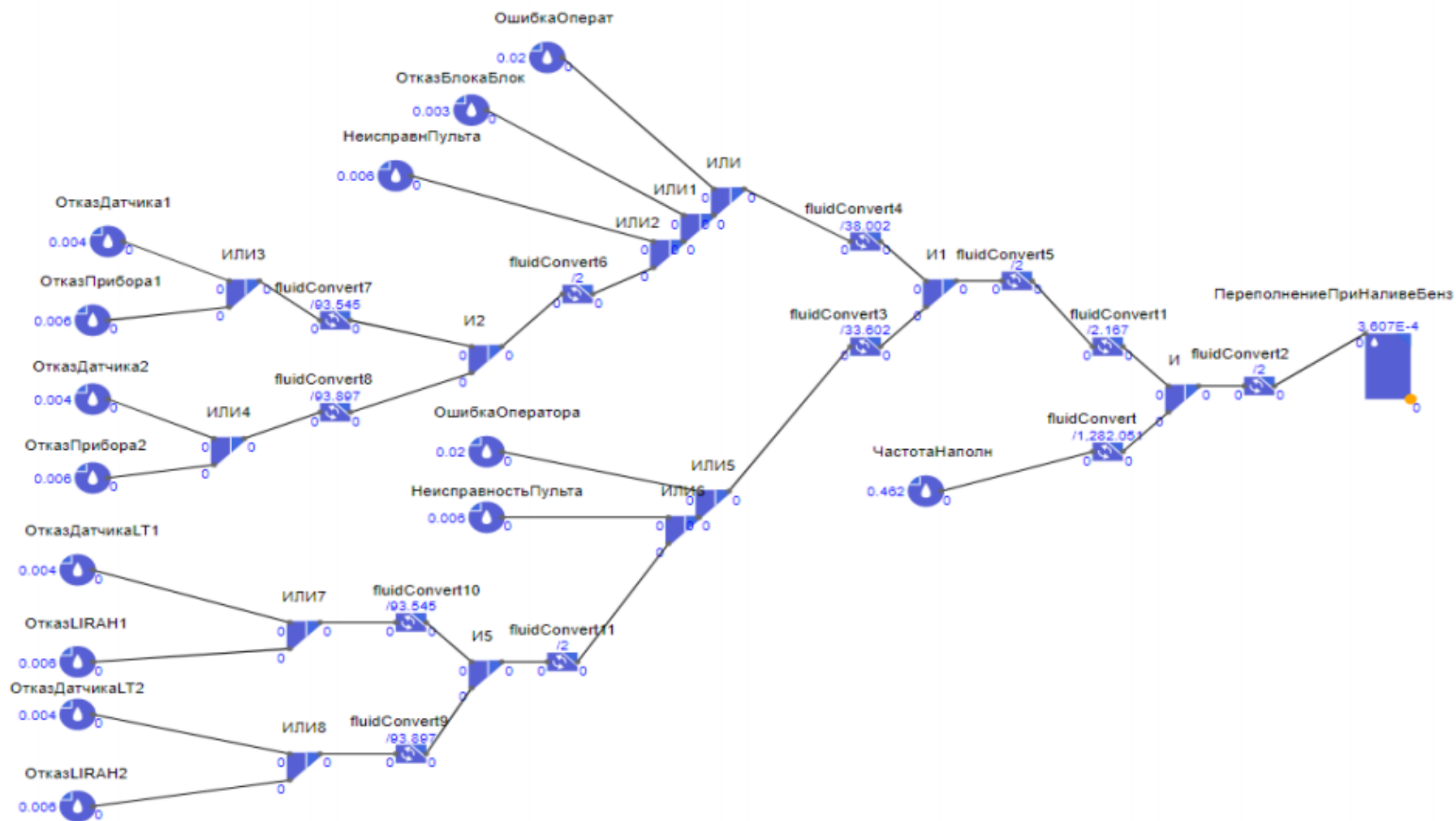


Рисунок 14 – Результат моделирования ДО для ДЭС №2 в ПО «AnyLogic»

Расчет вероятностей реализации сценариев аварий с помощью ДС При создании имитационной модели ДС в ПО «AnyLogic» были использованы аналогичные блоки Библиотеки Моделирования Поточков, что и при построении ДО, за исключением блока Fluid Split (рисунок 15):

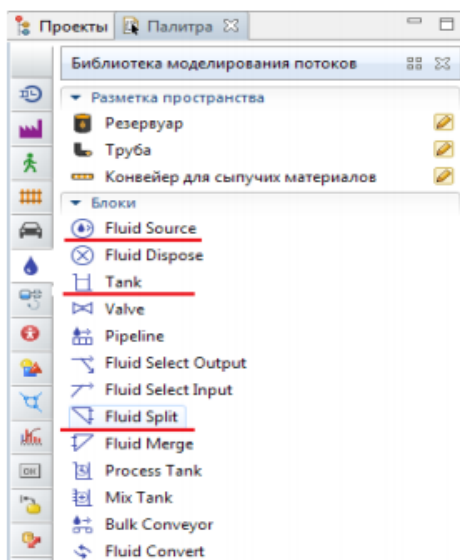


Рисунок 15 – Палитра инструментов, используемых при создании ДС в ПО «AnyLogic»

Fluid Split. «Разбивает входной поток на два разных потока; сумма скоростей выходных и входного потоков равны. Может работать в трех альтернативных режимах:

- нейтральный. В нейтральном режиме ни один из выходов не получает приоритет, и дополнительные ограничения не применяются. Если оба выхода вместе могут принять больше жидкости, чем может поступить на вход, поток распределяется между выходами неопределенно;
- пропорциональный. В пропорциональном режиме блок применяет дополнительное ограничение: скорость потока на выходе 1 / Доля 1 = скорость потока на выходе 2 / Доля 2, поэтому скорости выходных потоков зависят друг от друга так же, как и от скорости входного потока» [42];

– приоритет. В приоритетном режиме FluidSplit пытается максимизировать скорость приоритетного потока на выходе. Иногда, чтобы избежать конфликтов приоритета потоков, может потребоваться настроить значения приоритетов (путем назначения целочисленных значений) для достижения желаемых глобальных приоритетов [14]. Основные настройки при построении ДС представлены на рисунках 16–19.

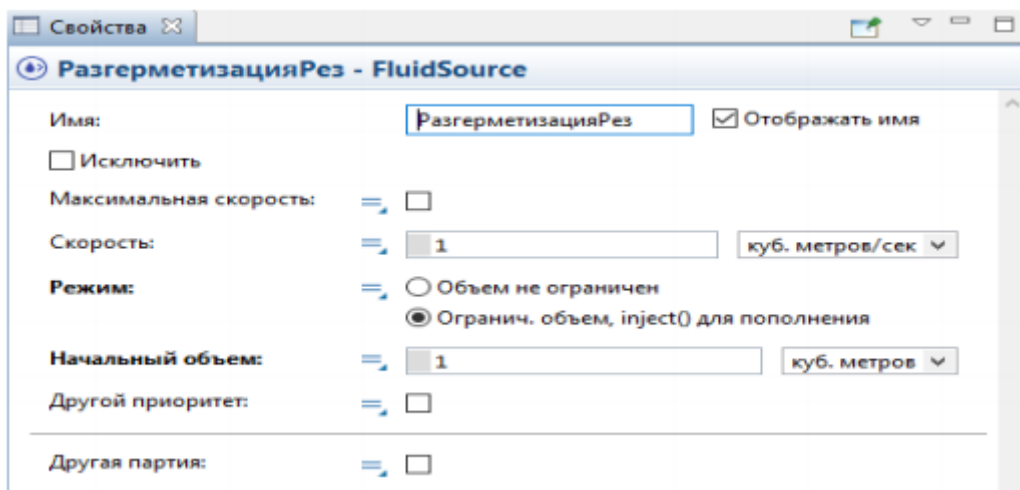


Рисунок 16 – Начальный блок события

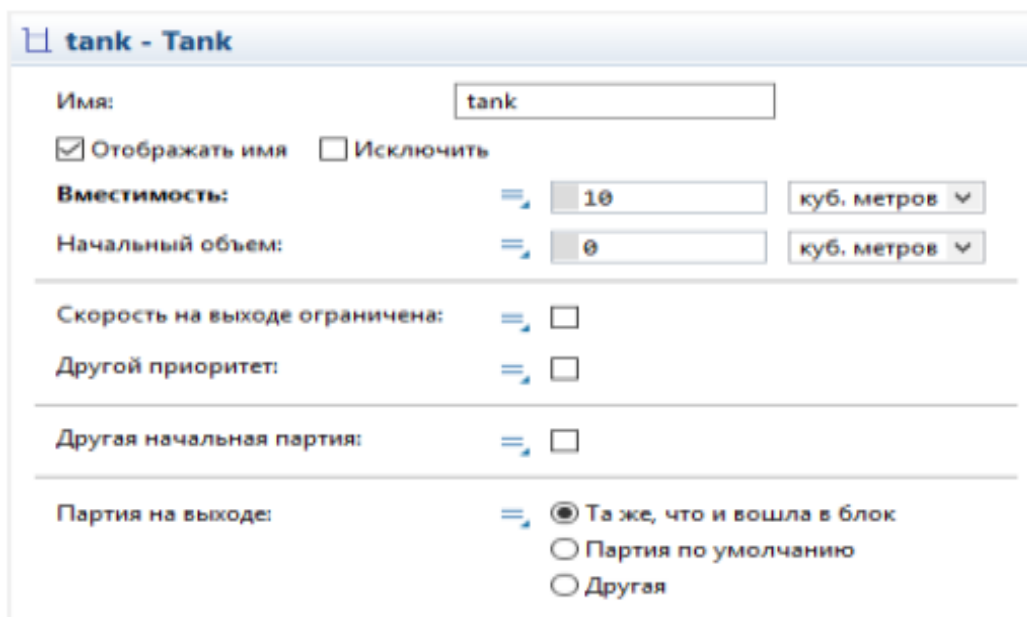


Рисунок 17 – Блок события

fluidSplit4 - FluidSplit

Имя: Отображать имя

Исключить

Режим: Нейтральный
 Пропорциональный
 Приоритетный

Доля 1:

Доля 2:

Скорость на выходе ограничена:

Рисунок 18 – Блок ветвления

Simulation - Простой эксперимент

Имя: Исключить

Агент верхнего уровня:

Максимальный размер памяти: МБ

Модельное время

Режим выполнения: Виртуальное время (максимальная скорость)
 Реальное время со скоростью

Остановить:

Начальное время: Конечное время:

Начальная дата: Конечная дата:

Рисунок 19 – Настройки модели во времени

Значения вероятностей возникновения инициирующих событий заносим в ПО «AnyLogic» (рисунок 20-21).

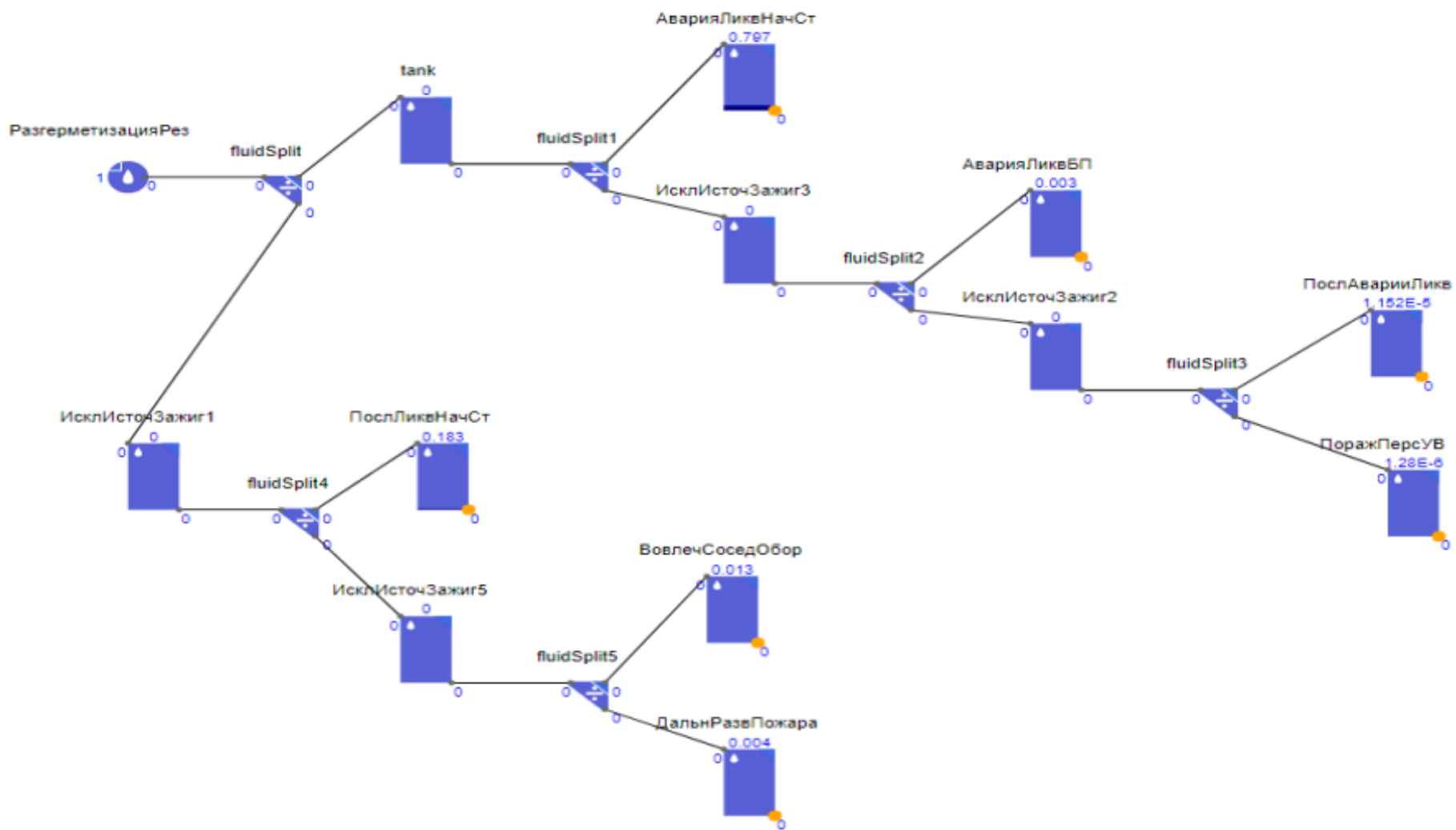


Рисунок 20 – Результат моделирования ДС для ДЭС №1 в ПО «AnyLogic»

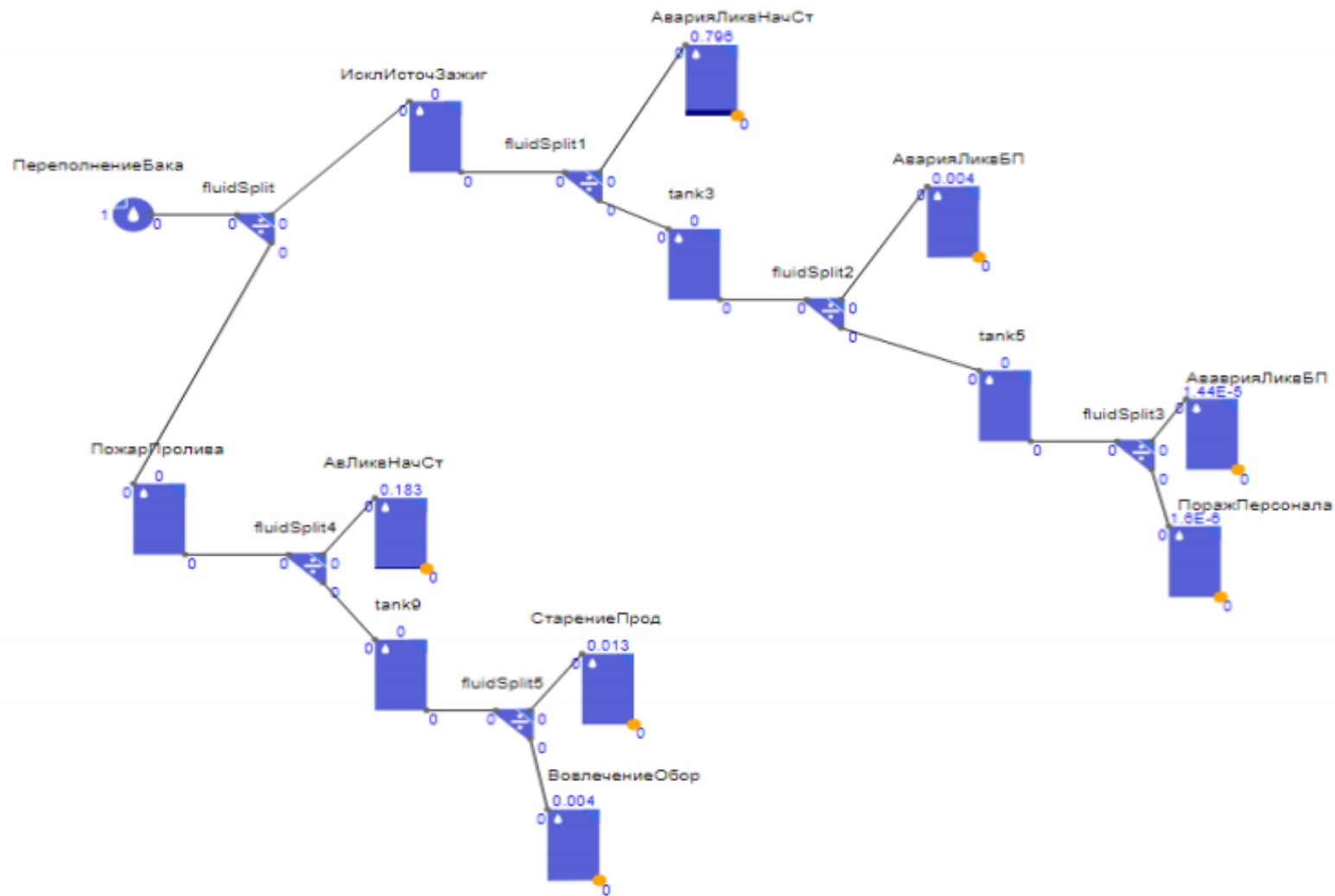


Рисунок 21 – Результат моделирования ДС для ДЭС №2 в ПО «AnyLogic»

Для определения частоты сценария развития аварийной ситуации частоту основного события умножают на условную вероятность конечного события [15]. Значения вероятностей реализации итоговых событий заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение частот реализации итоговых событий

Наименование оборудования	Сценарий	Частота (1/год)
Разгерметизация корпуса резервуара или трубопроводов его обвязки. Выброс ДТ.	C ₁₋₁	1,27x10 ⁻⁷
	C ₁₋₂	5,10x10 ⁻¹⁰
	C ₁₋₃	1,84x10 ⁻¹²
	C ₁₋₄	2,05x10 ⁻¹³
	C ₁₋₅	2,93x10 ⁻⁸
	C ₁₋₆	2,07x10 ⁻⁹
	C ₁₋₇	6,53x10 ⁻¹⁰
Переполнение топливного бака при выполнении операции налива бензина.	C ₂₋₁	2,86x10 ⁻⁴
	C ₂₋₂	1,43x10 ⁻⁶
	C ₂₋₃	5,18x10 ⁻⁹
	C ₂₋₄	5,76x10 ⁻¹⁰
	C ₂₋₅	6,59x10 ⁻⁵
	C ₂₋₆	4,65x10 ⁻⁶
	C ₂₋₇	1,47x10 ⁻⁶

Определение частот реализации итоговых событий поможет в дальнейшем моделировании вероятности возможных пожаров. Чтобы разработать информационно-управляющую систему обеспечения пожарной безопасности для Самарского гарнизона, рассмотрим результаты исследований патентных решений, выводы и рекомендации представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследований, выводы и рекомендации

Полученные результаты исследований	Анализ полученных результатов	Описание получаемых эффектов
Анализ имитационных систем средств пожарной сигнализации (патент	В уже существующих технических решениях происходит ознакомление обслуживающего и дежурного персонала работе со средствами пожарной автоматики [28]. «Передача информации от» [29].	«В предлагаемом решении осуществляется практическое обучение персонала работе со средствами пожарной автоматики» [28].

Продолжение таблицы 5

Полученные результаты исследований	Анализ полученных результатов	Описание получаемых эффектов
№189083, №2207631)	«абонентских комплектов к пультам централизованного наблюдения в устройствах централизованной имущественной и пожарной охраны объектов» [29]. В качестве недостатков уже существующих решений можно указать дороговизну моделей, а также «недостаточную надежность, которая связана с большим количеством ложных тревог из-за снижения уровня сигнала непрерывной частоты, передаваемого с охраняемого объекта при ухудшении параметров телефонной линии связи» [29].	«Позволяет расширить функциональные возможности предыдущих моделей [28]. «Увеличение зоны охраны объектов комплектом аппаратуры АТС системы охранно- пожарной сигнализации. Высокая функциональная надежность, имитационная стойкость и информативность. Возможность функционирования на волоконно-оптических линиях связи» [29].
Анализ имитационных систем распознавания пожаров на поверхности земли (патент № 2419148)	В существующем уровне решений происходит преодоление ограничений пространственной разрешающей способности [30]. В качестве недостатков уже существующих решений можно указать на «отличие относительно высокой пространственной разрешающей способностью, однако вследствие длительного времени обращения полярных спутников не удается достичь необходимой оперативности для эффективного распознавания пожаров» [30].	Техническое решение, которое предлагается в данной работе, обеспечивает автоматизацию выявления возгорания, и оно не содержит недостатков, присущих известным и применяемым способам [30].

Итак, стремительная урбанизация приводит к возникновению разнообразных потребностей городского населения, наиболее важным из которых стоит признать обеспечение безопасности людей. Под данным действием понимается создание условий, способствующих продлению жизнестойкости и жизнеспособности промышленных, военных, медицинских, инфраструктурных объектов.

Почти ежедневно в городах случаются различные происшествия: транспортные аварии, обвал здания и т.п. Они оказывают негативное

воздействие на отдельного человека и городское сообщество в целом. Значительную опасность для города представляют пожары, приводящие к огромным материальным и человеческим потерям.

Решение вопросов обеспечения пожарной безопасности путем предотвращения возникновения пожароопасных ситуаций требует применения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Данные системы ориентированы на воссоздание различных ситуаций и проведение экспериментов с их моделями.

2.2 Разработка предложений по внедрению информационно-управляющей системы в Самарском пожарно-спасательном гарнизоне

В современном мире уже невозможно представить практически любые виды деятельности без использования информационно-цифровых технологий, в том числе и оперативную деятельность поисково-спасательных групп (ПСГ), работу системы управления. В городах и иных поселениях для достижения эффективности организационной работы ПСГ необходимо внедрение современных средств, которые способны проанализировать оперативную работу ПСГ и её эффективность.

Современные инновационные методы позволяют осуществить данное направление работы с использованием имитационного моделирования, с помощью которого воссоздаются ситуации, имеющие любую сложность, любую степень детализации. Подобная методика позволяет вносить многие входные параметры и характеристики, описывающие данное поселение людей или производственный объект (городское, поселковое, объектовое), которые также определяют деятельность ПСГ, позволяют рассмотреть различные варианты комбинаций. Академия ГПС МЧС России разработала для таких целей имитационную модель КОСМАС. Эта модель признана наиболее эффективной не только в нашей стране, но и в других зарубежных странах. Используется и

другая разработка (КИС – компьютерная имитационная система), относящаяся к имитационному моделированию, позволяющая воссоздавать сложные процессы на основе многих более простых моделей, описывающих отдельные самостоятельные участки.

В настоящем исследовании был сделан выбор в пользу системы КОСМАС – это программа, представляющая подробный алгоритм действий в любых ситуациях и необходимых для этого деталей для ПСГ. В данной системе территория поселения представлена на основе дорожной сети и прилегающих пространств, на которых располагаются объекты различного назначения, например, медицинские учреждения, ПСП, технические станции и депо и др.

Пользователю предоставляется возможность при работе с данной моделью создавать комбинации различных условий в работе ПСГ и получать после обработки данных организационную структуру ПСГ, наиболее рациональной с экономической точки зрения. Было проведено исследование возможности применения системы КОСМАС в ГУ МЧС России по Самарской области. На рисунках 22–25 представлены некоторые фрагменты работы системы КОСМАС.

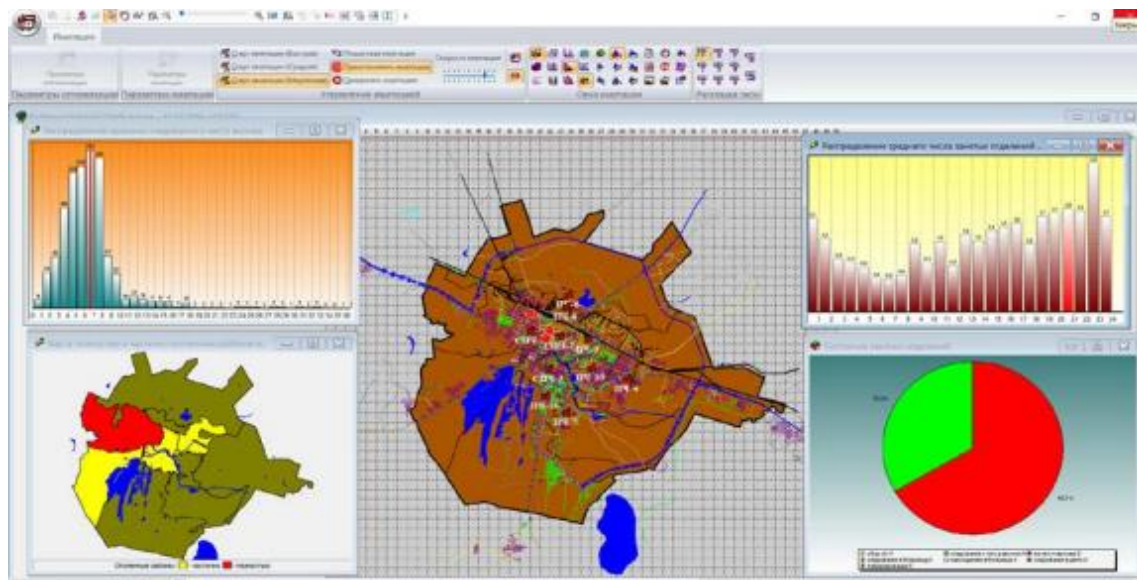


Рисунок 22 – Фрагмент работы КОСМАС, адаптированной к условиям ПСГ города Самары

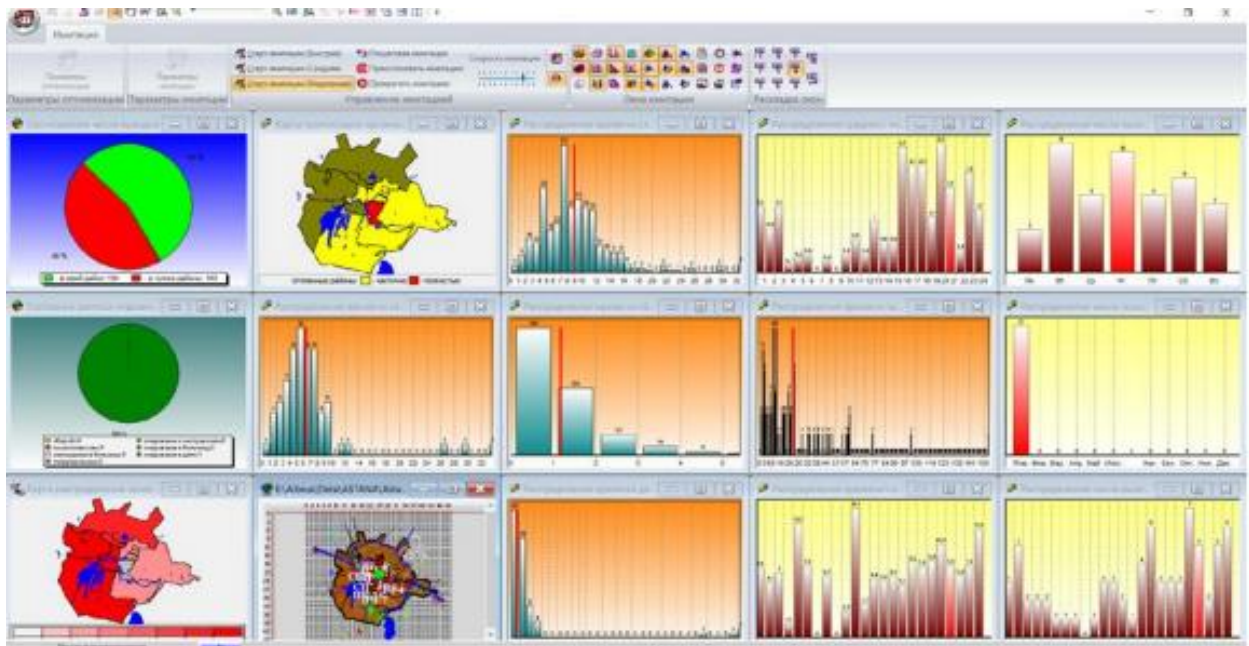


Рисунок 23 – Пример развернутой работы КОСМАС

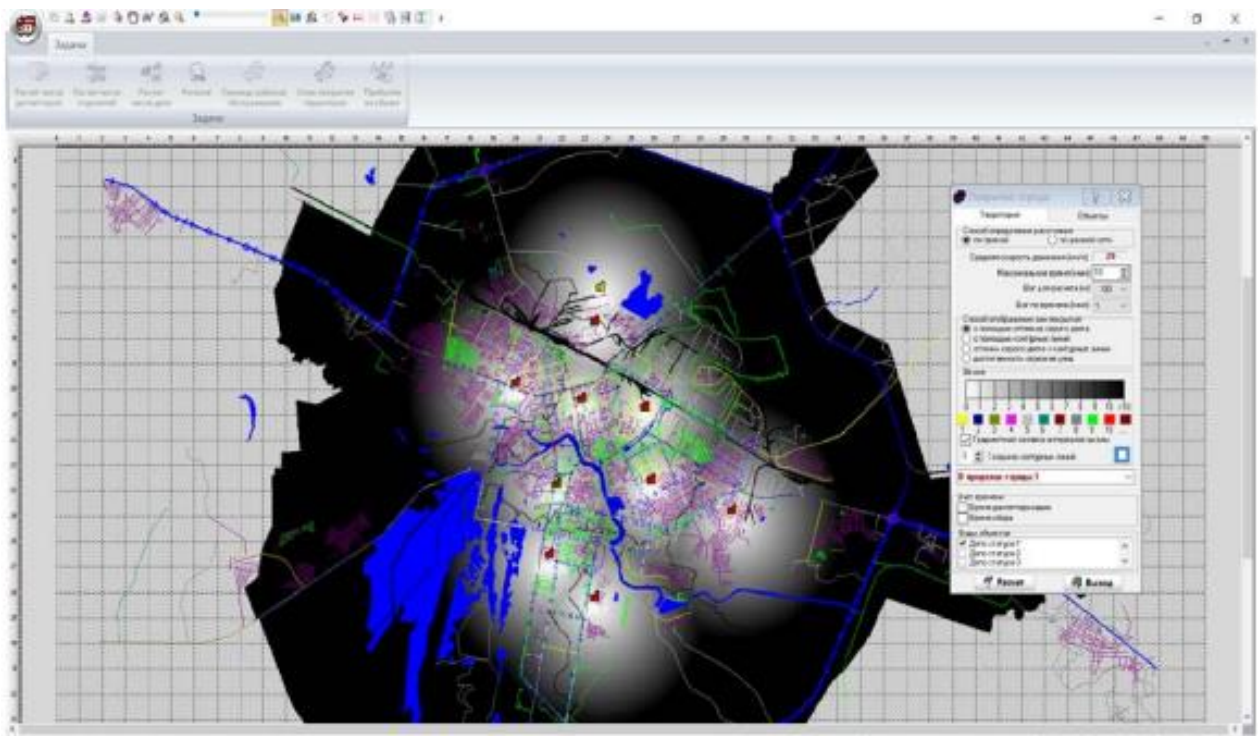


Рисунок 24 – Фрагмент зоны покрытия города при существующем варианте дислокации пожарных депо

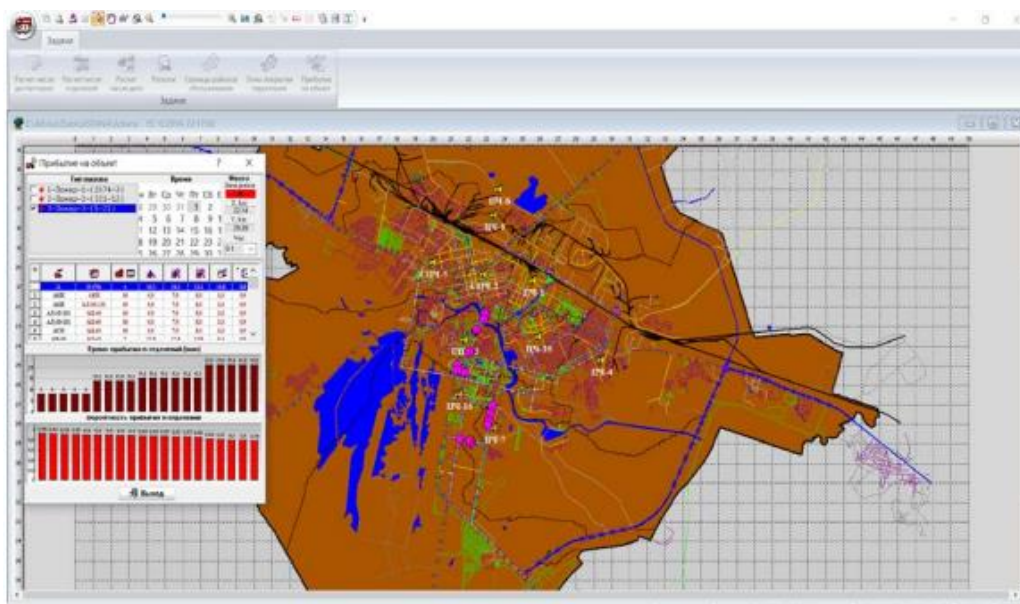


Рисунок 25 – Фрагмент имитации прибытия оперативных подразделений на объект

Система КОСМАС может быть использована для отслеживания эффективности действий оперативной работы ПСГ, для проведения общего исследования, для перспективного планирования работы. Эти исследования достигаются за счет применения трех этапов.

Первый этап – это период адаптации системы: проведение настроек для модели с вводом данных конкретных территорий, условий ПСГ, определяются и задаются необходимые характеристики объектов и территорий.

Второй этап обеспечивает анализ работы имитационной системы, для чего воссоздается ряд ситуаций, полученные результаты сравниваются с реальными действиями, полученными практикой, далее, при необходимости входные данные и условия могут быть скорректированы. Как правило, в целях подтверждения правильности и адекватности исследований на данной модели, проводят ряд прогонов с изменением входных параметров для одного выбранного года с наличием статистики:

- «распределение плотности потока вызовов во времени (по месяцам года, дням недели, часам суток);

- распределение плотности потока вызовов по территориальным единицам исследуемой территории;
- распределение плотности потока вызовов по «типам вызовов» (число вызываемой техники по вызовам);
- по распределению временных характеристик обслуживания вызовов (время диспетчеризации, сбора и выезда, следования к месту вызова, работы на месте вызова и др.)» [11].

Если работа модели обеспечивает (воссоздает) практически реальные ситуации с минимальными погрешностями, можно говорить об адекватности модели.

Третий этап – это этап проведения самого исследования, т.е. проводится ряд экспериментов (воссоздание ситуаций), которые позволяют проанализировать и оценить деятельность ПСГ в различных условиях.

В этих экспериментах корректируются характеристики системы (практически вся входная информация), что позволяет проанализировать влияние изменения данных на деятельность ПГС.

Предварительно следует отследить результаты работы модели с реально существовавшими условиями, затем, внося новые значения определенного параметра, анализируются полученные результаты, после чего оценивают влияние новых параметров на работу всей системы.

Имитационная модель позволяет определить эффективность принимаемых управляющих действий на получаемый результат, на работу параметров системы. Проведенные эксперименты завершают третий этап, после чего по полученным результатам (выходные параметры) следует приступить к анализу деятельности ПГС.

В алгоритм работы имитационной системы КОСМАС группой, в которую входил магистрант, были внесены изменения с целью отслеживания времени прибытия сил и средств ПСГ к району вероятного возникновения пожарной или иной ЧС большого масштаба в черте городской территории, после чего были проработаны условия г.о. Самара.

Имитационная система должна иметь возможность внесения изменений, появляющихся на территориях города – строительство новых объектов, транспортных путей, развязок, улиц и пр. Также были предусмотрены изменения в самих ПСГ – появление новых пожарных депо, изменение числа оперативных служб, изменение условий работы (число тревожных вызовов, интенсивности вызовов и пр.). Таким образом, постоянная корректировка входных параметров в имитационной модели обеспечивает ее адекватность.

Результативность, безотказность работы системы во многом обеспечивается множеством входных данных, которые подразделяются на следующие блоки:

1. «Топографические параметры города – данный блок содержит актуализированную и обработанную соответствующими программными средствами обновлённую электронную карту города, которая содержит следующие векторные примитивы» [16]:

- «контур исследуемой территории – 1 полигон;
- дорожная сеть – 32 666 отрезков, общей протяженностью 2 521 км;
- реки и водоемы – 80 полигонов;
- железнодорожные пути – 223 отрезков;
- районы города – 3 полигона;
- здания и сооружения – 16 248 полигонов;
- места дислокации подразделений ПСГ – 10 точек» [16].

2. «Параметры ПСГ – исходными данными в этом блоке является» [16]:

- «10 пожарных депо;
- число и типы оперативных отделений, их параметры;
- распределение оперативных отделений по пожарным депо;
- численность личного состава;
- расписание режимов работы» [16].

3. «Статистические параметры деятельности оперативных подразделений ПСГ – данный блок включает в себя» [16]:

- «распределение плотности потока вызовов подразделений во времени (по месяцам, дням недели и часам суток);
- распределение плотности потока вызовов в пространстве (по территориальным единицам);
- структура вызовов;
- частота использования различных типов и численности оперативных отделений на вызовах» [36].

Выводы по второму разделу

Итак, было выяснено, что чтобы понять принцип реализации применения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности необходимо начать не с полной системы объектов, а с одного конкретного объекта исследования, для этого предлагается ЛПДС «Самара». Поэтому для начала проанализированы особенности функционирования ЛПДС «Самара», в частности противопожарный режим в ЛДПС «Самара», который представляет собой комплекс мер и порядков реализации технологических процессов, ориентированных на устранение риска возникновения возгорания или пожаров.

Далее проведены исследования потенциальных рисков по возникновению и развитию чрезвычайных ситуаций на предприятии, в рамках которого определялся перечень вероятных причин проявления ЧС с использованием дерева отказов для каждой аварийной ситуации и рассчитаны вероятности возникновения причин аварий по статистическим данным в программном комплексе «AnyLogic».

После этого был проведен анализ известных технических решений уже для комплекса объектов Самарского пожарного гарнизона. По результатам исследований патентных решений сделаны следующие выводы и рекомендации: из общего количества предлагаемых имитационных систем можно выделить имитационную систему охранно-пожарной сигнализации согласно патенту №2207631. Система может быть использована для отслеживания эффективности действий оперативной работы ПСГ, для проведения общего исследования, для перспективного планирования работы.

3 Реализация методики построения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности в Самарском пожарно-спасательном гарнизоне

3.1 Результаты адаптации информационно-управляющей системы в Самарском пожарно-спасательном гарнизоне

Этап адаптации имитационной системы связан с вводом всех исходных сведений по характеристикам и условиям современного города, ПСГ; на данном этапе проводятся настройки КИС, проверяется соответствие (адекватность) получаемых результатов от КОСМАС реальным ситуациям и имеющимся оперативным данным ПСГ по г. Самара за период с 2018 по 2020 годы. Среди обязательных требований, которым должны соответствовать компьютерные модели процессов и технологий, находится степень адекватности (соответствие точности описания, воспроизводства в практическом применении) реальным событиям.

Для данной модели степень соответствия проверялась по полученным результатам ряда экспериментов – прогонов за определенный период времени. Был взят отрезок один год с имеющимися основными статистическими данными, такими, как количество вызовов за каждый месяц года, за неделю, по дням недели, по времени суток, число вызовов по районам города, по количеству времени обслуживания вызова и др. Сравнительный анализ реальных данных и выходных данных от имитационной модели показал следующее расхождение: наименьшее расхождение в пределах от 0% до 8% зафиксировано в числе вызовов по дням недели; максимальное расхождение от 2% до 50% - вызовы по времени суток.

Таблица 6 приводит сведения по распределению вызовов по месяцам года.

Таблица 6 – Распределение числа вызовов по месяцам

Месяцы года	Число вызовов			Доля, %
	Реальные данные	Результаты моделирования	Расхождение, %	
Январь	231	228	0,8	7,29
Февраль	218	234	7,01	8,31
Март	178	166	5,99	6,01
Апрель	320	316	3,01	9,89
Май	258	249	1,01	9,01
Июнь	251	222	14,1	6,9
Июль	256	239	1,1	7,9
Август	259	279	9,2	10,6
Сентябрь	333	321	4,3	11,1
Октябрь	271	242	11,1	8,2
Ноябрь	252	289	17,1	10,4
Декабрь	212	220	0,9	6,8
Всего	3112	3014	0,72	100

Отразим данные таблицы 6 в графическом виде на рисунке 26.

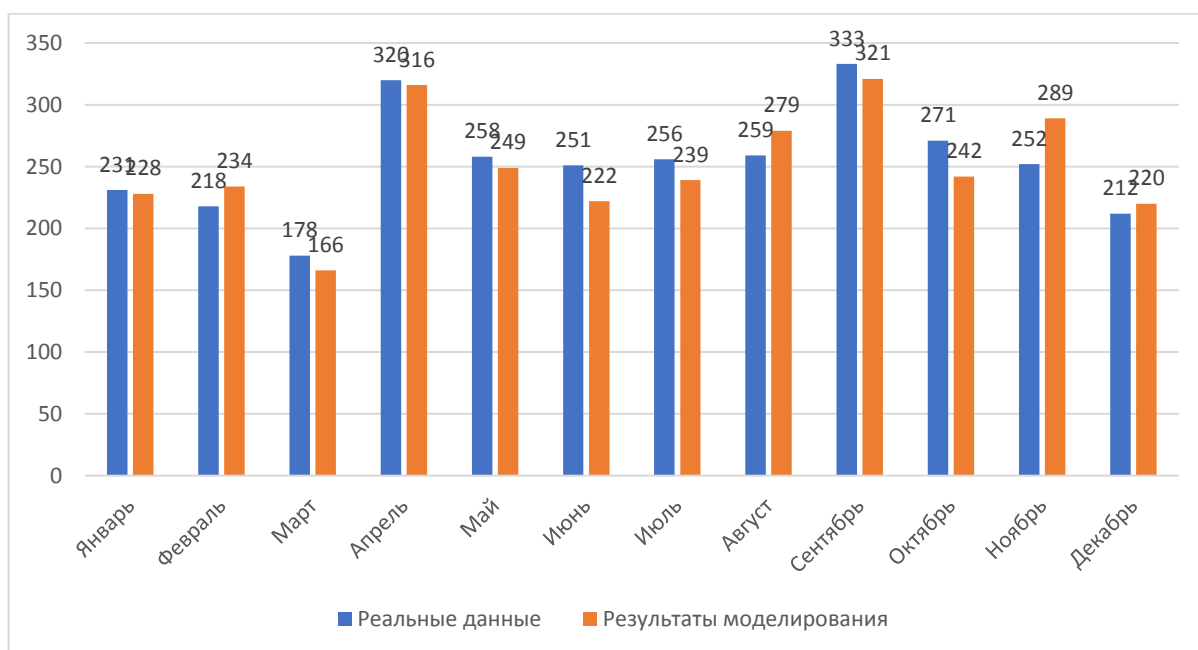


Рисунок 26 – Распределение реальных данных с результатами моделирования вызовов по месяцам

Распределение числа вызовов по дням недели отражено на рисунке 27.

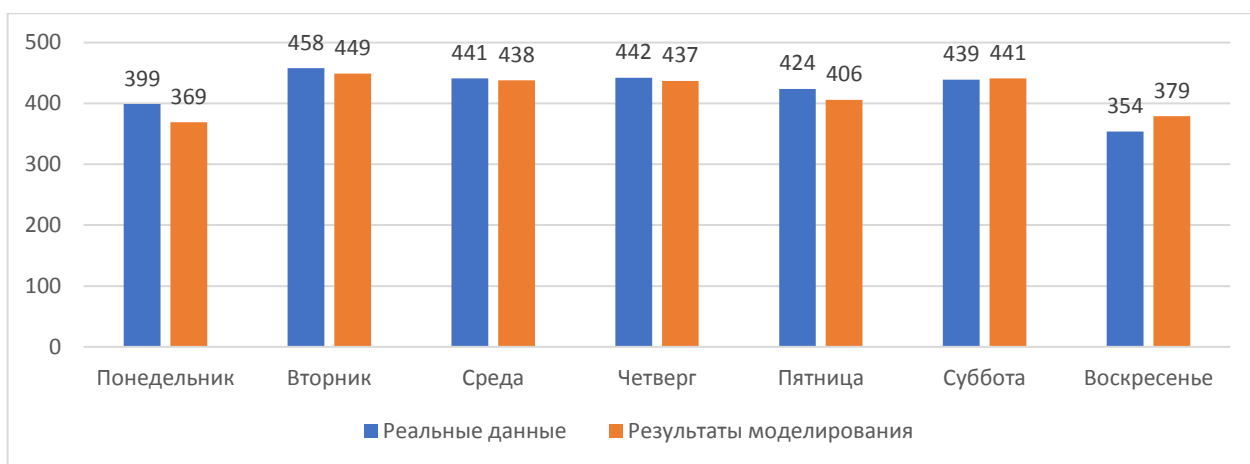


Рисунок 27 – Распределение реальных данных с результатами моделирования вызовов по дням недели

Распределение числа вызовов по часам суток на рисунке 28.

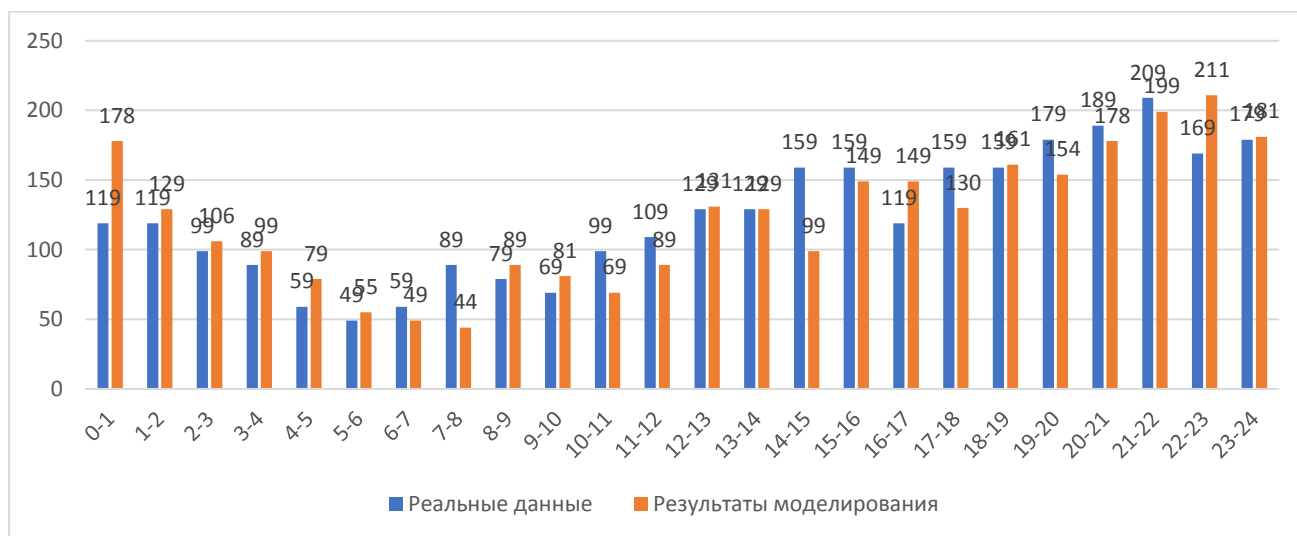


Рисунок 28 – Распределение реальных данных с результатами моделирования числа вызовов по часам суток

Было проведено количественное сопоставление вызовов от разных городских территорий. Методом моделирования были получены следующие данные, представленные рисунком 29.

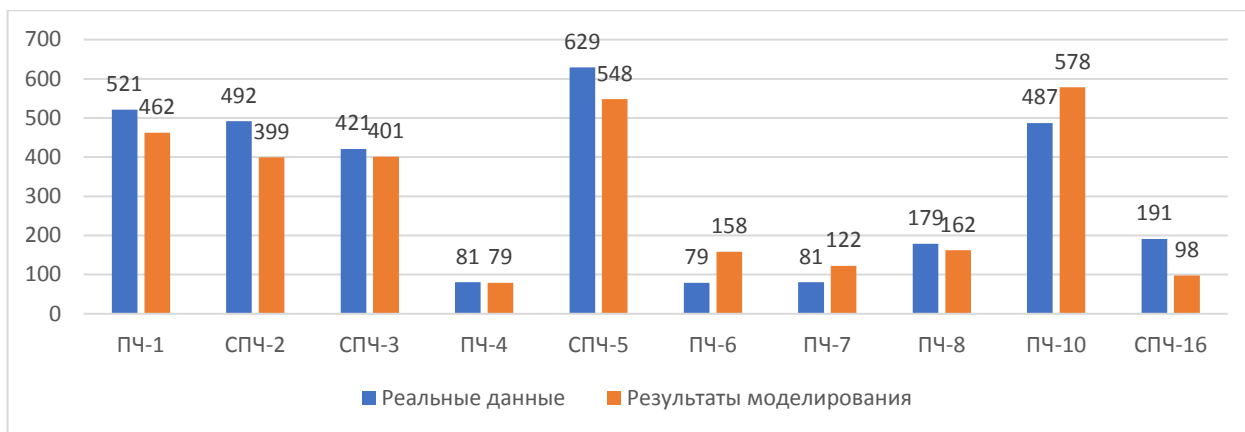


Рисунок 29 – Распределение реальных данных с результатами моделирования вызовов по районам обслуживания

Анализируя реально существующие данные по интенсивности вызовов от районов обслуживания пожарных частей с полученными результатами от имитационной модели, следует отметить отклонение от 4% до 90%.

Полученные сравнительные данные по параметру «Время прибытия пожарно-спасательного подразделения на объект вызова» с распределением времени в пределах 0 – 10 мин и интервал более 10 мин приводятся таблицей 7.

Таблица 7 – Распределение времени прибытия к месту вызова

Интервалы времени прибытия, мин	Число вызовов		Расхождение, %
	Реальные данные	Результаты моделирования	
0-5	119 (14%)	109 (12%)	6,9
5-10	471 (61%)	198 (59%)	8,1
>10	211 (27%)	201 (26%)	7,2
Всего	801	508	3,33

Отразим данные таблицы 7 в графическом виде на рисунке 30.

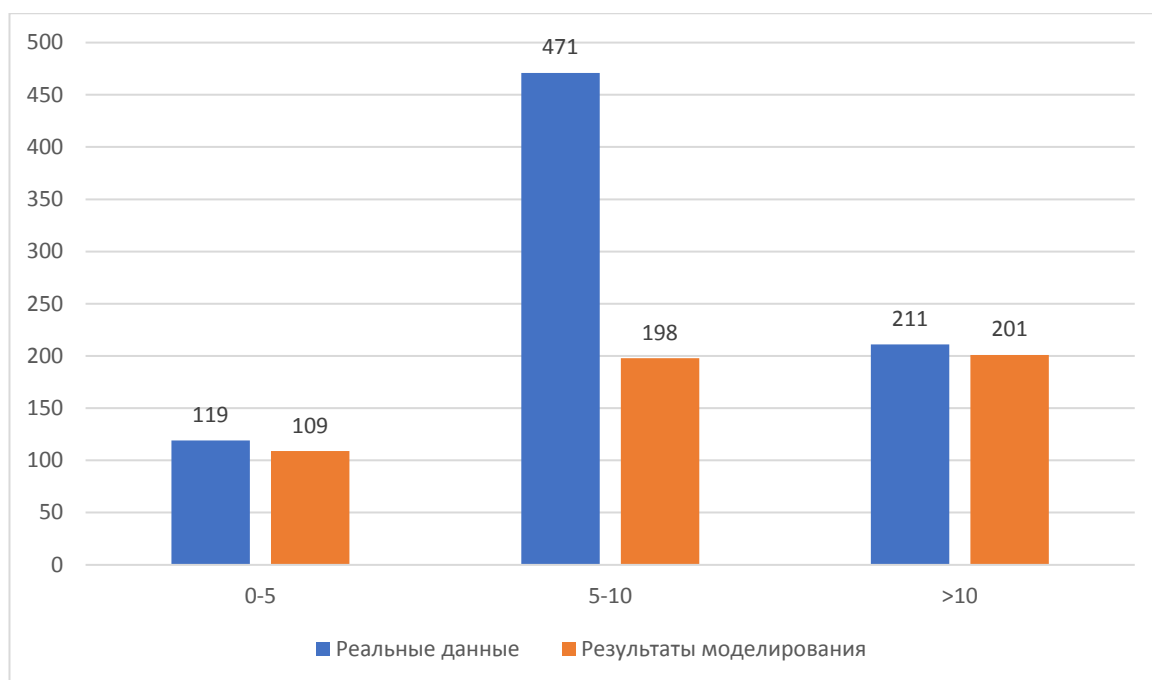


Рисунок 30 – Распределение реальных данных с результатами моделирования времени прибытия к месту вызова

Сопоставление действительно реальных данных о времени прибытия на объект, с которого поступал вызов и результатов обработки информации моделью, показало отличие в пределах от 6 до 8%.

Таблица 8 содержит сведения по распределению действий ПСП по прибытию к месту вызова, полученные от процесса моделирования и реального.

Таблица 8 – Распределение времени занятости на месте вызова

Интервалы времени занятости на месте вызова, мин	Число вызовов		Расхождение, %
	Реальные данные	Результаты моделирования	
0-15	319 (47%)	299 (45%)	5,1
15-30	201 (31%)	178 (28%)	13,4
30-60	121 (9%)	109 (15%)	1,2
60-120	29 (4%)	49 (7%)	70,2
>120	6 (1%)	15 (5%)	49,8
Всего	676	649	2,1

Отразим данные таблицы 8 в графическом виде на рисунке 31.

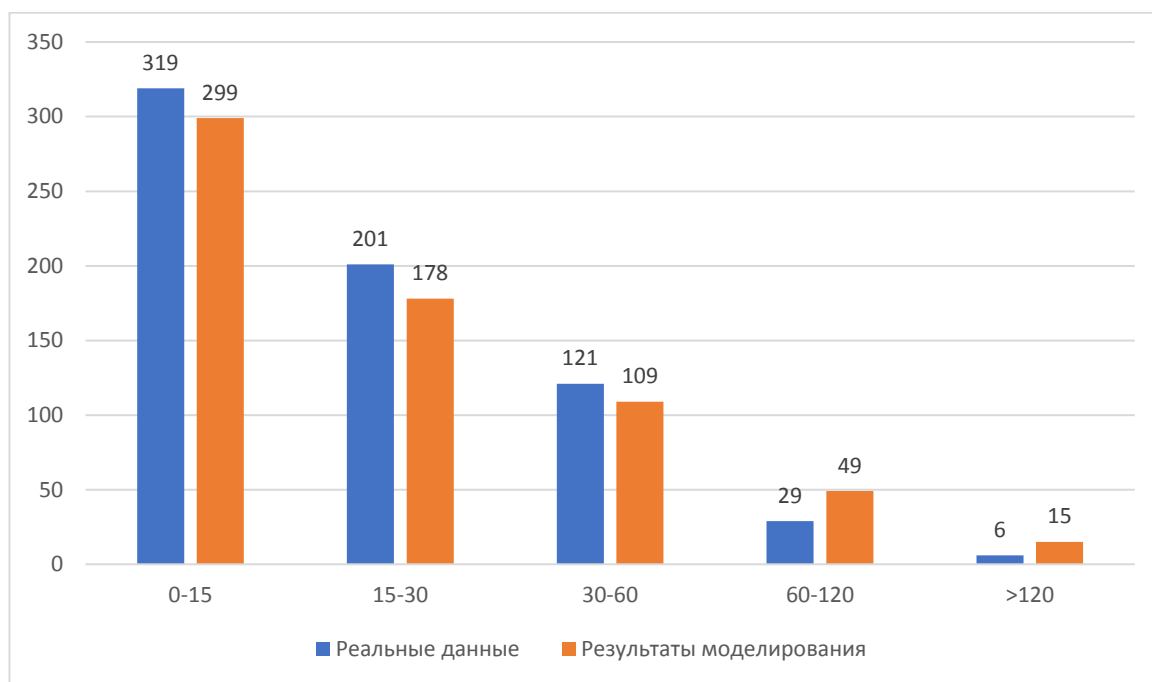


Рисунок 31 – Распределение реальных данных с результатами моделирования времени занятости на месте вызова

Сопоставление реального распределения действий с данными, полученными от процесса моделирования, показало наличие несовпадения временных данных по распределению задействования от 4% до 67%. Проведенный анализ всех сопоставлений реально существующих данных с проведенными расчетами в процессе моделирования установил, что предлагаемые имитационные модели адекватны. Соответственно, с уверенностью можно констатировать наличие у них достаточной степени сходимости, что позволяет данные модели использовать в практической деятельности.

Эффективность работы КИС достигается через обеспечение необходимого количества входных параметров и их достоверности. Рисунок 32 представляет алгоритмическую схему, которая выполняется в процессе работы имитационной модели, представляющей оперативную работу ПСП.

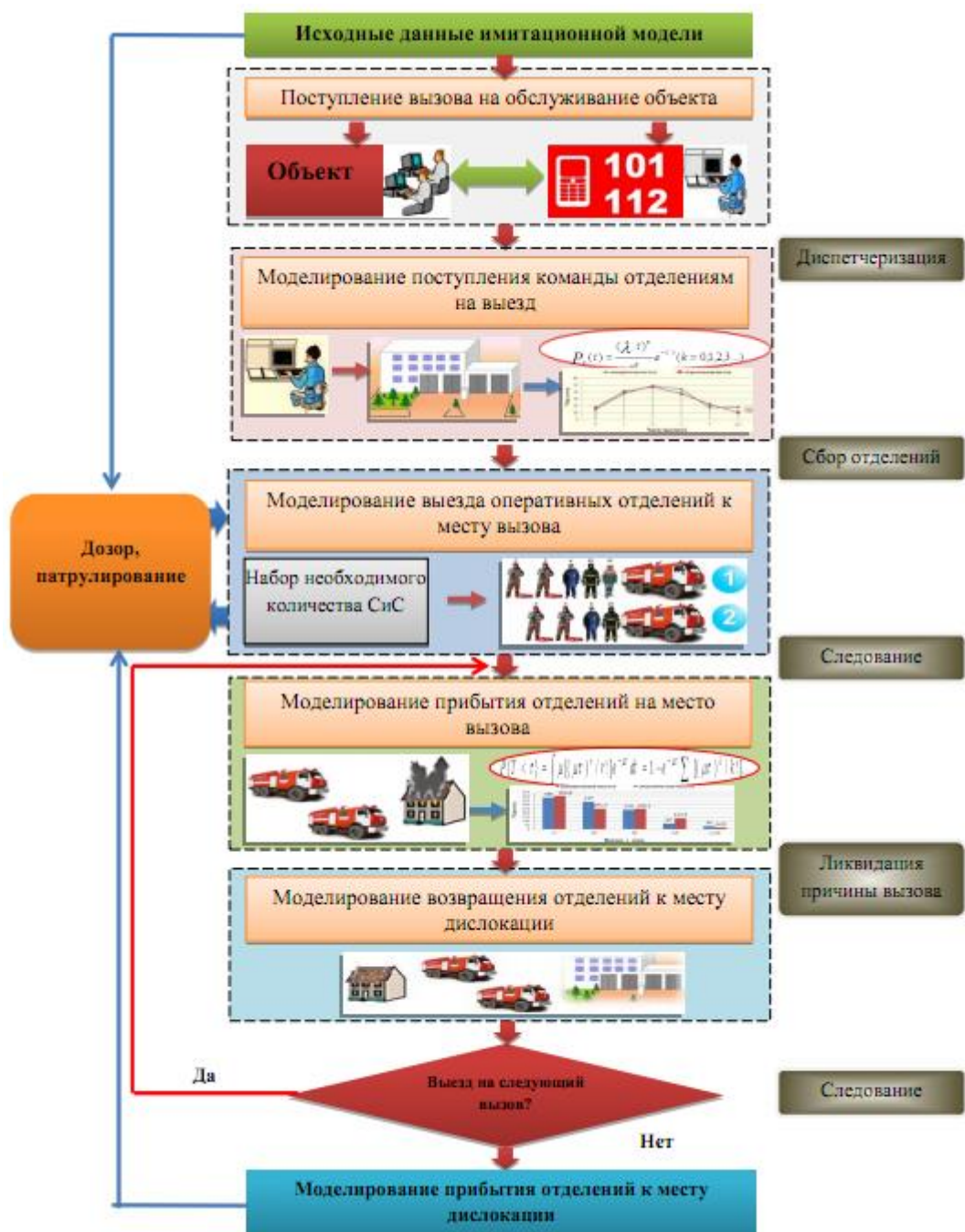


Рисунок 32 – Укрупненный алгоритм работы имитационной модели оперативной деятельности ПСП объекта ЛПДС «Самара»

Алгоритм и соответственно программа имитируют действия, которые выполняются с момента поступления тревожного сигнала о ЧС от конкретного объекта до момента возвращения персонала, технических средств, транспорта к местам своих дислокаций по окончании аварийно-спасательных работ и ликвидации ситуаций. В момент поступления тревожного вызова на

диспетчерский пульт оперативной службы пожарной части, происходит процесс моделирования последовательности действий сбора, выдвижения сил и средств достаточного объема к объекту ЧС. Так как любой диспетчерский пульт оперативных служб ПЧ г. Самара обладает современным программным обеспечением, процесс сборов и выдвижения необходимых сил и средств протекает автоматически, реально на данный процесс диспетчеризации уходит не более минуты.

Тревожный вызов – это поступающий сигнал при срабатывании систем пожаротушения или автоматических систем пожарной сигнализации. Сотрудники оперативной диспетчерской службы определяют местонахождение срабатывания системы, организуется выезд на место тревожного сигнала. При наличии реального возгорания, сотрудники дежурного подразделения в срочном порядке передают сообщение на пульт единой дежурной диспетчерской службы – ЕДДС, после чего включается процесс диспетчеризации. Далее, на основании расписания выездов, в соответствии с характерными особенностями объекта, с которого поступил тревожный вызов, будет смоделированы (определены) в нужном объеме противопожарные силы и средства, направляющиеся для ликвидации ЧС из близ располагаемых пожарных депо.

На следующем шаге будет смоделирован каждому оперативному подразделению вариант отправки и прибытия ПСП к объекту, подавшему вызов, при этом модель принимает в расчет реально сложившиеся ситуации на транспортных путях в городе, их пропускную способность в данное время. Для г. Самара в качестве рекомендаций было предложено использование автомобилей быстрого реагирования, позволяющие в кратчайшие сроки доставить к месту вызова личный состав и технические противопожарные средства и обеспечивающие ликвидацию возгорания еще на стадии его развития.

Затем идет процесс по созданию модели занятости сил и средств пожарно-спасательных подразделений, прибывающих к объекту с ЧС. Модель рассчитывает длительность занятости, используя для этих целей действительные статистические данные распределений времени.

При завершении всех аварийно-спасательных работ на объекте вызова ПСП возвращаются на места своих дислокаций, после чего они вновь готовы к выполнению своих обязательств. Компьютерные имитационные модели позволяют не только моделировать весь процесс деятельности пожарно-спасательных подразделений при получении сигнала тревоги, но также создают модели для ведения патрулирования территорий города, для чего требуется ввести данные для патрулирования и дозора. В реальной жизни во время проведения патрулирования (дозора) возможны тревожные вызовы. В этом случае, личный состав и технические средства патруля (дозора) будут направлены к объекту вызова, и, при завершении всех требуемых работ на объекте, продолжит ведение патрулирования (дозора).

3.2 Анализ и оценка эффективности применения предлагаемой имитационной системы

Для проведения процедуры расчета параметров экономической результативности предложенных мер понадобится сформировать план финансирования, а также рассчитать смету. Разработанный план финансового обеспечения представлен в таблице 9.

Таблица 9 – План финансового обеспечения мероприятия

Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
Внедрение имитационной модели	План мероприятий по улучшению условий труда на 2022 г.	201 450	4 кв. 2022 г.	Главный инженер

Смета расходов на мероприятие представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Смета расходов на мероприятие

Наименование рабочей зоны	Внедрение имитационной модели
Стоимость оборудования, руб.	111 000
Стоимость проектирования, руб.	30 000
Стоимость монтажных работ, руб.	60 450
Итого, руб.	201 450

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = Y - Z \quad (5)$$

где \mathcal{E}_r – годовой экономический эффект, руб.;

Y – величина потерь организации при пожаре, руб.;

Z – затраты на реализацию мероприятия, руб.

$$\mathcal{E}_r = 450000 - 201450$$

Итак, предварительно экономический эффект является положительным значением.

Экономическая эффективность мероприятия:

$$\mathcal{E}_r = \frac{Y}{Z} \quad (6)$$

$$\mathcal{E}_r = \frac{450000}{201450} = 2,23$$

Данные, которые были использованы для последующего расчета представлены в таблице 11.

Чистый экономический эффект:

$$\text{ЧЭЭ} = \sum \text{Э}_t - \text{З}_t \quad (7)$$

где Э_t – результаты, достигнутые на t -ом шаге расчета;

З_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения.

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (\text{Э}_t - \text{З}_t + A_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t} \quad (8)$$

где Э_t – результаты, достигнутые на t -ом шаге расчета;

З_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения;

A_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге;

T – горизонт расчета;

E – норма дисконта.

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = T - \frac{\text{ЧДД}_T}{\text{ЧДД}_{T+1} - \text{ЧДД}_T} \quad (9)$$

Индекс доходности:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^T (\text{Э}_t + A_t)(1+E)^{T-1}}{\sum_{t=0}^T K_T(1+E)^{T-1}} \quad (10)$$

где Э_t – результаты, достигнутые на t -ом шаге расчета;

З_t – затраты, осуществляемые на этом шаге, включая капитальные вложения;

A_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге;

T – горизонт расчета;

E – норма дисконта.

Результаты расчет экономической эффективности предлагаемого мероприятия представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Интегральные показатели эффективности мероприятия

Наименование показателей	Значение показателей по годам, руб.				
	1	2	3	4	5
Капитальные вложения	201 450	0	0	0	0
Ежегодные затраты	-	12500	12500	12500	12500
Амортизация	-	2500	2500	2500	2500
Эффект	248550	248550	248550	248550	248550
ЧЭЭ	47100	236050	236050	236050	236050
ЧДД с нарастающим итогом	37680	190840	190840	190840	190840
Срок окупаемости	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Индекс доходности	1,27				

Из проведенного расчета в таблице 15 видно, что предлагаемое мероприятие является привлекательным и вложение средств в этот проект увеличит экономическую эффективность мероприятия, обеспечивающего пожарную безопасность в 1,27 раза.

Выводы по третьему разделу

В третьем разделе дано общее описание имитационной системы, а также проведена адаптация имитационной системы для Самарского пожарно-спасательного гарнизона и проверка ее адекватности к существующим условиям. Современные инновационные методы позволяют осуществить данное направление работы с использованием имитационного моделирования, с помощью которого воссоздаются ситуации, имеющие любую сложность, любую степень детализации. Система КОСМАС может быть использована для отслеживания эффективности действий оперативной работы ПСГ, для проведения общего исследования, для перспективного планирования работы.

В алгоритм работы имитационной системы КОСМАС в 2016 году были внесены изменения с целью отслеживания времени прибытия сил и средств ПСГ к району вероятного возникновения пожарной или иной ЧС большого масштаба в черте городской территории, после чего были проработаны условия г.о. Самара. Для данной модели степень соответствия проверялась по полученным результатам ряда экспериментов – прогонов за определенный период времени. Был взят отрезок один год с имеющимися основными статистическими данными, такими, как количество вызовов за каждый месяц года, за неделю, по дням недели, по времени суток, число вызовов по районам города, по количеству времени обслуживания вызова.

Таким образом, в предлагаемой модели алгоритм и соответственно программа имитируют действия, которые выполняются с момента поступления тревожного сигнала о ЧС от конкретного объекта до момента возвращения персонала, технических средств, транспорта к местам своих дислокаций по окончании аварийно-спасательных работ и ликвидации ситуаций. В момент поступления тревожного вызова на диспетчерский пульт оперативной службы пожарной части, происходит процесс моделирования последовательности действий сбора, выдвижения сил и средств достаточного объема к объекту ЧС. Так как любой диспетчерский пульт оперативных служб ПЧ г. Самара обладает современным программным обеспечением, процесс сборов и выдвижения необходимых сил и средств протекает автоматически, реально на данный процесс диспетчеризации уходит не более минуты.

Заключение

Выбранная тема магистерской диссертации: Методика построения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности объектов.

В первом разделе представлена общая характеристика городского округа Самара и Самарской области, описано их географическое положение относительно основных водоемов, определено расстояние от г.о. Самара до Москвы, установлены состояние дорожно-транспортной системы и численность населения.

Площадь Самарской области составляет более 53 тыс. км. (0,3% от всей площади России). Расстояние от северной границы до южной равняется 335 км, от западной до восточной – 315 км.

Городской округ Самара включает социально значимые объекты: особо важные объекты – 54; объекты жизнеобеспечения – 243; объекты государственной власти – 77; объекты ФСБ – 6; объекты МВД – 117; объекты МЧС – 30. К перечню объектов повышенного риска относятся: пожароопасные объекты – 64, взрывоопасные объекты – 18; объекты с хранением СДЯВ – 12. В Самаре построены 292 здания высотой более 27 метров.

Также в первом разделе проведен анализ состояния пожарно-спасательных гарнизонов г.о. Самара и представлены выводы о ситуации с пожарами в Самарской области. Выявлена неблагоприятная тенденция увеличения общего количества пожаров (+8169) и возгораний (+4322). При этом сокращается число погибших на пожаре (–11 человек), а число пострадавших в целом оказывается стабильным (+2 человека). Итак, стремительная урбанизация приводит к возникновению разнообразных потребностей городского населения, наиболее важным из которых стоит признать обеспечение безопасности людей. Под данным действием понимается создание условий, способствующих продлению жизнестойкости и жизнеспособности промышленных, военных, медицинских, инфраструктурных объектов.

Почти ежедневно в городах случаются различные происшествия: транспортные аварии, обвал здания и т.п. Они оказывают негативное воздействие на отдельного человека и городское сообщество в целом. Значительную опасность для города представляют пожары, приводящие к огромным материальным и человеческим потерям.

Решение вопросов обеспечения пожарной безопасности путем предотвращения возникновения пожароопасных ситуаций требует применения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Данные системы ориентированы на воссоздание различных ситуаций и проведение экспериментов с их моделями.

Итак, было выяснено, что чтобы понять принцип реализации применения информационно-управляющих систем обеспечения пожарной безопасности необходимо начать не с поной системы объектов, а с одного конкретного объекта исследования, для этого предлагается ЛПДС «Самара». Поэтому для начала проанализированы особенности функционирования ЛПДС «Самара», в частности противопожарный режим в ЛДПС «Самара», который представляет собой комплекс мер и порядков реализации технологических процессов, ориентированных на устранение риска возникновения возгорания или пожаров.

Далее во втором разделе проведены исследования потенциальных рисков по возникновению и развитию чрезвычайных ситуаций на предприятии, в рамках которого определялся перечень вероятных причин проявления ЧС с использованием дерева отказов для каждой аварийной ситуации и рассчитаны вероятности возникновения причин аварий по статистическим данным в программном комплексе «AnyLogic».

После этого был проведен анализ известных технических решений уже для комплекса объектов Самарского пожарного гарнизона. По результатам исследований патентных решений сделаны следующие выводы и рекомендации: из общего количества предлагаемых имитационных систем можно выделить имитационную систему охранно-пожарной сигнализации согласно патенту №2207631. Система может быть использована для отслеживания эффективности

действий оперативной работы ПСГ, для проведения общего исследования, для перспективного планирования работы.

В третьем разделе дано общее описание имитационной системы, а также проведена адаптация имитационной системы для Самарского пожарно-спасательного гарнизона и проверка ее адекватности к существующим условиям.

Современные инновационные методы позволяют осуществить данное направление работы с использованием имитационного моделирования, с помощью которого воссоздаются ситуации, имеющие любую сложность, любую степень детализации.

Система КОСМАС может быть использована для отслеживания эффективности действий оперативной работы ПСГ, для проведения общего исследования, для перспективного планирования работы.

В алгоритм работы имитационной системы КОСМАС в 2016 году были внесены изменения с целью отслеживания времени прибытия сил и средств ПСГ к району вероятного возникновения пожарной или иной ЧС большого масштаба в черте городской территории, после чего были проработаны условия г.о. Самара.

Для данной модели степень соответствия проверялась по полученным результатам ряда экспериментов – прогонов за определенный период времени. Был взят отрезок один год с имеющимися основными статистическими данными, такими, как количество вызовов за каждый месяц года, за неделю, по дням недели, по времени суток, число вызовов по районам города, по количеству времени обслуживания вызова. Алгоритм и соответственно программа имитируют действия, которые выполняются с момента поступления тревожного сигнала о ЧС от конкретного объекта до момента возвращения персонала, технических средств, транспорта к местам своих дислокаций по окончании аварийно-спасательных работ и ликвидации ситуаций. В момент поступления тревожного вызова на диспетчерский пульт оперативной службы пожарной части, происходит процесс моделирования последовательности действий сбора, выдвижения сил и средств достаточного объема к объекту ЧС. Так как любой

диспетчерский пульт оперативных служб ПЧ г. Самара обладает современным программным обеспечением, процесс сборов и выдвижения необходимых сил и средств протекает автоматически, реально на данный процесс диспетчеризации уходит не более минуты. Сопоставление реального распределения действий с данными, полученными от процесса моделирования, показало наличие несовпадения временных данных по распределению задействования от 4% до 67%. Проведенный анализ всех сопоставлений реально существующих данных с проведенными расчетами в процессе моделирования установил, что предлагаемые имитационные модели адекватны. Соответственно, с уверенностью можно констатировать наличие у них достаточной степени сходимости, что позволяет данные модели использовать в практической деятельности

Таким образом, в предлагаемой модели алгоритм и соответственно программа имитируют действия, которые выполняются с момента поступления тревожного сигнала о ЧС от конкретного объекта до момента возвращения персонала, технических средств, транспорта к местам своих дислокаций по окончании аварийно-спасательных работ и ликвидации ситуаций. В момент поступления тревожного вызова на диспетчерский пульт оперативной службы пожарной части, происходит процесс моделирования последовательности действий сбора, выдвижения сил и средств достаточного объема к объекту ЧС. Так как любой диспетчерский пульт оперативных служб ПЧ г. Самара обладает современным программным обеспечением, процесс сборов и выдвижения необходимых сил и средств протекает автоматически, реально на данный процесс диспетчеризации уходит не более минуты.

Список используемых источников

1. Алымов В. Т. Техногенный риск. Анализ и оценка / В.Т. Алымов, Н.П. Таросова. М. : Академкнига, 2018. 113 с.
2. Балынин И. В. Практическая реализация риск–ориентированного подхода: многообразие методов и принципов // Экономический анализ: теория и практика. 2016. №10. С. 79–92.
3. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России. М. : Академия МЧС России, 2017. 178 с.
4. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе: учебник. М. : Академия ГПС МЧС России, 2018. 255 с.
5. Буйко К. В. Организация надзорной деятельности в области производственной безопасности в странах «группы восьми» // Журнал «Безопасность труда в промышленности». №8. 2016. С. 26–31.
6. Вакарёв А. А. Перспективы научных исследований в области управления в чрезвычайных ситуациях // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2018. № 2–1(10). С. 59–62.
7. Водахова В. А., Максимов А. В., Матвеев А. В. Комплексная математическая модель процесса управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 2 (34). С. 85–96.
8. Гражданкин А. И. Категорирование опасных производственных объектов по уровню риска и масштабу возможных последствий аварий, в том числе в условиях аномальных внешних (природных и техногенных) воздействий и злоумышленных действий // ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность». 2018. №4. С. 108–112.
9. Захаров И. А. Анализ пожарной обстановки в крупных городах // Системы безопасности. 2019. №2. С. 203–205.

10. Киндеев Т. В. Управление рисками: учебное пособие. Владимир, 2016. 230 с.
11. Котков Д. В. Моделирование оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайны ситуаций. 2018. №1. С. 307–309.
12. Крупкин А. А., Максимов А. В., Матвеев А. В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Вестник Санкт–Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 4. С. 30–34.
13. Максимов А. В., Матвеев А. В., Попивчак И. И. Перспективные направления информационно–аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. 2018. № 2(30). С. 113–117.
14. Максимов А. В., Матвеев А. В. Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Вестник Санкт–Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 1. С. 62–68.
15. Матвеев А. В. Стратегическое планирование сил и средств МЧС России // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2017. № 4(20). С. 32–42.
16. Матвеев А. В. Математическое моделирование оптимизации структуры комплексных аварийно–спасательных центров МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 4 (40). С. 105–111.
17. Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 13.05.2015 № 188. URL: http://www.idgca.org/doc/fz_188–130515.pdf (дата обращения: 15.04.2022).
18. Методическое руководство по оценке степени риска аварий: Руководящий документ. М. : ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2016. 120 с.

19. Моделирование сложных процессов и систем: сборник трудов секции №12 Международной научно–практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». М. : ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2019. 126 с.

20. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69–ФЗ (ред. от 16.04.2022). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 29.04.2022).

21. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 22 июля 2020 г. № 1084. URL: <http://docs.cntd.ru/document/565358934> (дата обращения: 03.04.2022).

22. О федеральном государственном пожарном надзоре [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 12 апреля 2012 года № 290 (ред. от 01.03.2022). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902341612> (дата обращения: 23.04.2022).

23. О применении риск–ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 (ред. от 15.01.2022). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_203819/ (дата обращения: 24.04.2022).

24. О противопожарной службе Самарской области [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Самарской области №15 от 31.01.2008 (ред. от 28.03.2022). URL: <https://docs.cntd.ru/document/945018710> (дата обращения: 30.04.2022).

25. Об утверждении Положения о пожарно–спасательных гарнизонах [Электронный ресурс] : Приказ № 467 от 25.10.2017 (ред. от 28.02.2020). URL: <https://docs.cntd.ru/document/542610976> (дата обращения: 24.04.2022).

26. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс] : Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г.

№ 382 (ред. от 02.12.2015). URL: <https://base.garant.ru/12169057/> (дата обращения: 05.04.2022).

27. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс] : Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 (ред. от 14.12.2010). URL: <https://base.garant.ru/196118/> (дата обращения: 07.04.2022).

28. Пат. 189083 Российская Федерация. Имитационная система средств пожарной сигнализации / А.С. Куппель, С.В. Наследников, С.Б. Ульянович, Е.А. Слободянюк, Б.М. Нуриев: заявитель и патентообладатель ООО «Газпромдобыча Уренгой». №2018130906; заявл. 27.08.2018. Бюл. №14. 5 с.

29. Пат. 2207631 Российская Федерация. Имитационная система охранно–пожарной сигнализации / Н.П. Шуревский, В.А. Щербаков, В.А. Моторин, М.Н. Беспалов: заявитель и патентообладатель ООО «Научно–технический центр «АИР». №2001125454; заявл. 17.09.2001. Бюл. №18. 4 с.

30. Пат. 2419148 Российская Федерация. Имитационная система распознавания пожаров на поверхности земли / М. Дзавальи, М. Константины: заявитель и патентообладатель С.п.А. Телеспацио (It). №2009106190; заявл. 27.07.2007. Бюл. №14. 6 с.

31. Пожарно–спасательные гарнизоны Самарской области [Электронный ресурс] : МЧС России. Главное управление по Самарской области. URL: <https://63.mchs.gov.ru/glavnoe–upravlenie/sily–i–sredstva/pozharno–spasatelnye–garnizony> (дата обращения: 02.04.2022).

32. Порядок проведения оценки пожарного риска [Электронный ресурс] : Информация от 27.11.2014. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420289391> (дата обращения: 01.04.2022).

33. Присяжнюк Н. Л., Соловьева Т. Н. Пожарная опасность и пожарный риск. М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. 315 с.

34. Рыхтикова Н. А. Анализ и управление рисками организации: учеб. пособие. М. : ФОРУМ: ИНФРА–М, 2017. 240 с.

35. Субачев С. В. Имитационное моделирование развития и тушения пожаров в системе подготовки специалистов противопожарной службы // Прикладная информатика. 2018. №4. С. 27–37.
36. Терехнев В. В., Терехнев, А. В. Управление силами и средствами на пожаре. М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. 261 с.
37. Файзуллина А. А. Система внутреннего контроля: риск-ориентированный подход // Молодой ученый. 2017. №14. С. 464–467.
38. Характеристика Самарской области [Электронный ресурс] : МЧС России. Главное управление по Самарской области. URL: <https://63.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta> (дата обращения: 10.04.2022).
39. Anu M. Introduction to modeling and simulation // State University of New York at Binghamton Department of Systems Science and Industrial Engineering Binghamton, NY, U.S.A. 2017. №4. P. 7–13.
40. Faingloz L. Simulation Modelling Application in Real-time Service Systems // Transport and Telecommunication Institute. 2017. №17. P. 200–205.
41. Halting F. Simulation Modelling // Oxford Bibliographies in Ecology. 2017. №9. P.35–39.
42. Kelton D. Simulation Modelling & Analysis // Second Edition. 2016. №2. P.21–29.
43. World Fire Statistics // Официальный сайт Центра пожарной статистики. [Electronic resource]. URL: <https://www.ctif.org/world-fire-statistics> (date of the application 6.11.2020).