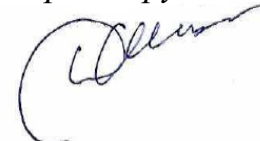


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

На правах рукописи



Шалявин Денис Николаевич

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

2.10.1. Пожарная безопасность

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент
Семенов Алексей Олегович

Иваново – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ	10
1.1. Анализ выполнения циклических работ газодымозащитниками на крупных и затяжных пожарах.....	10
1.2. Обзор иностранных и отечественных литературных источников по тематике исследования.....	14
1.3. Методы оценки функциональных возможностей пожарных при выполнении циклических работ на пожарах	22
1.4. Проведение экспериментального тестирования для оценки у газодымозащитников субъективных перцептивных реакций	41
1.5. Анализ информационных и технических решений мониторинга безопасности газодымозащитников при выполнении циклических работ при тушении пожаров	47
1.6. Выводы по главе 1.....	55
ГЛАВА 2. СИСТЕМА ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ РАБОТ В ПРОЦЕССЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ	56
2.1. Имитационная система планирования и оценки циклических работ при тушении пожаров	56
2.2. Разработка критериев оценки режимов выполнения циклических работ при тушении пожаров	72
2.3. Функциональная структура программного комплекса	79
2.4. Практические рекомендации по применению программного обеспечения планирования циклических работ при тушении пожаров	83
2.5. Выводы по главе 2.....	93

ГЛАВА 3. КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПЛАНИРОВАНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ РАБОТ В ПРОЦЕССЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ.....	95
3.1. Практические рекомендации по применению полученных результатов исследования.....	95
3.2. Устройство мониторинга безопасности газодымозащитника.....	115
3.3. Информационные ресурсы мониторинга безопасности участников тушения пожара.....	120
3.4. Выводы по главе 3.....	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	133
Приложение 1	148
Приложение 2	151
Приложение 3	152
Приложение 4	153

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Одной из задач, обозначенных в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400, является достижение целей обеспечения государственной и общественной безопасности посредством комплексного развития подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований в соответствии с решаемыми ими задачами, повышение уровня их технической оснащенности, усиление социальной защищенности их сотрудников, совершенствование системы профессиональной подготовки специалистов. Практика борьбы с пожарами в Российской Федерации требует от личного состава пожарной охраны работы в условиях непригодной для дыхания среды, чрезмерных физических и психологических нагрузок. К этим нагрузкам добавляется то, что пожарным, работающим в сложных условиях, часто приходится повторно выходить на место тушения пожара с минимальным временем восстановления. Длительная рабочая деятельность без должного физического восстановления подвергает пожарных риску возникновения различных симптомов из-за накопления усталости, таких как задержка реакции на раздражитель, снижение двигательной функции. Появление таких симптомов на месте тушения пожара может привести к серьезным последствиям, возникающим в результате ошибок в индивидуальном восприятии уровней возникающих опасностей. Поэтому актуальными являются вопросы оценки реализации циклических работ пожарными в непригодной для дыхания среде при планировании тактики тушения пожаров и мониторинг их состояния безопасности. В исследовании рассматривается социотехническая система: человек (газодымозащитник, участник тушения пожара) – средство защиты (дыхательный аппарат на сжатом воздухе, оснащенный системой дистанционного мониторинга) – внешняя среда (непригодная для дыхания среда, нагретая продуктами горения при пожаре). В данной системе

осуществляется мониторинг трех параметров: показателя снижения давления в баллоне дыхательного аппарата – параметр средства защиты человека от внешней среды; температура окружающей среды – параметр воздействия на человека опасных факторов пожара; оценка состояния человека – показатель работоспособности. Предполагается, что наличие данных по трем показателям достаточно полно характеризует мониторинг в системе человек – средство защиты – внешняя среда и является достаточным для качественного предварительного планирования тактики тушения пожаров с выполнением циклических работ в непригодной для дыхания среде.

Степень разработанности темы исследования

В разработку теоретических процедур мониторинга безопасности участников тушения пожара, учитывающих первые два показателя социотехнической системы, существенные результаты внесли отечественные и зарубежные ученые: Н. Г. Топольский, С. В. Соколов, А. А. Таранцев, А. Д. Ищенко, А. В. Матюшин, А. А. Порошин, Д. В. Тараканов, В. М. Стрелец, P. Dollar, G. Cottrell и др.

Однако вопросы планирования тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ, связанные с оценкой физических возможностей газодымозащитников, остались не изучены. Таким образом, решаемая в диссертации **задача** состоит в разработке научных основ по оценке и планированию циклических работ в процессе тушения пожаров. Результаты решения данной научной задачи имеют важное значение для развития отрасли знаний в области планирования тактики тушения пожаров и соответствуют п. 8 «Разработка научных основ тактики тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» паспорта научной специальности 2.10.1. «Пожарная безопасность».

Объектом исследования является процесс выполнения циклических работ при тушении пожаров, а **предметом исследования** – система оценки циклических работ при тушении пожаров.

Цель исследования – разработка научных основ оценки реализации циклических работ при планировании тактики тушения пожаров.

Для достижения поставленной цели в диссертации определены следующие **задачи**:

1. Провести анализ специфики реализации циклических работ при тушении пожаров с учетом функциональных возможностей участников тушения пожара.

2. Разработать систему оценки реализации циклических работ при планировании тактики тушения пожаров.

3. Разработать комплекс технических решений для предварительного планирования циклических работ при тушении пожаров.

4. Разработать практические рекомендации по применению результатов исследования при выполнении циклических работ в процессе тушения пожаров.

Научная новизна. В процессе выполнения диссертации получены следующие научные результаты:

– разработана модель динамики режимов работы и отдыха участников тушения пожаров при выполнении циклических работ. В отличие от известных, в модели на основе уровня работоспособности определяются критические значения времени пребывания участников тушения пожаров в режимах работы и отдыха;

– разработан критерий для оценки реализации циклических работ при тушении пожаров. В отличие от известных, данный критерий позволяет оценить способность участников тушения пожаров выполнить режим работы и отдыха;

– предложена концепция системы оценки функциональных возможностей участников тушения пожара при выполнении циклических работ в процессе тушения пожаров.

Теоретическая значимость работы заключается в создании системы оценки реализации циклических работ в непригодной для дыхания среде, а практическая значимость состоит в разработке комплекса технических средств, включающих в себя устройства мониторинга безопасности газодымозащитника, баз данных и программного обеспечения для оценки циклических работ в процессе тушения пожаров. Проблематика исследования соответствует Указу Президента РФ от

01.01.2018 г. № 2 «Об утверждении основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года» и п. 8 паспорта научной специальности 2.10.1. «Пожарная безопасность».

Методология и методы исследования. Для решения научных задач в комплексе применялись методы аналитического и эмпирического уровней исследования, а именно: на аналитическом уровне – методы математического моделирования, теории принятия решений при многих критериях; на эмпирическом уровне – методы планирования эксперимента-наблюдения и элементы теории вероятности и математической статистики. При разработке информационных ресурсов была использована технология объектно-ориентированного программирования, построенная на основе теории алгоритмов и реляционных моделей данных. Для определения перцептивных реакций у газодымозащитников на интенсивность нагрузки в условиях эксперимента была использована модифицированная шкала Борга.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Система оценка реализации циклических работ при тушении пожаров, включающая в себя модель динамики режимов работы и отдыха участников тушения пожаров при выполнении циклических работ, и критерий для оценки способности реализации циклических работ при тушении пожаров.

2. Комплекс технических ресурсов, включающих в себя устройство мониторинга безопасности газодымозащитника, баз данных и программного обеспечения тушения пожаров с выполнением циклических работ.

3. Практические рекомендации по применению результатов исследования при выполнении участниками тушения пожара циклических работ в непригодной для дыхания среде.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и адекватность результатов исследования достигается применением апробированного математического аппарата, корректным использованием исходных данных с проверкой достоверности полученных экспериментальных

данных с помощью t-критерия Стьюдента и согласованностью с результатами работ других авторов.

Основные результаты работы обсуждались на международных научно-технических конференциях: Системы безопасности (Москва, АГПС МЧС России, 2023 г.); Пожарная и аварийная безопасность (Иваново, ИПСА ГПС МЧС России, 2023 г.); Актуальные проблемы пожарной безопасности (Балашиха, ВНИИПО МЧС России, 2020); Школа молодых ученых и специалистов МЧС России (Санкт-Петербург, УГПС МЧС России, 2020 г).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 работ, из них 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК России для публикации научных результатов по специальности 2.10.1. Пожарная безопасность, 1 – в изданиях, входящих в международные базы научного цитирования (Scopus), 1 – монография, получены свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, патент на полезную модель, свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Личный вклад автора. В совместных публикациях результаты, связанные с разработкой системы оценки реализации циклических работ в непригодной для дыхания среде при планировании тактики тушения пожаров, получены автором лично. Из совместных работ с д-ром техн. наук, профессором [Топольским Н. Г.], д-ром психол. наук, доцентом Шмелевой Е. А., д-ром техн. наук Таракановым Д. В., канд. техн. наук, доцентом Ульевым Д. А., канд. техн. наук, доцентом Семеновым А. О., канд. техн. наук Гринченко Б. Б. в диссертационную работу включены только те результаты, которые принадлежат лично автору.

Внедрение результатов работы. Разработанные теоретические положения информационно-аналитического обеспечения использованы:

- в деятельности Ивановского гарнизона пожарной охраны при планировании действий по тушению пожаров;
- в деятельности Московского гарнизона пожарной охраны при планировании действий по тушению пожаров;
- при разработке учебных и методических материалов пособий на кафедре пожарно-строевой, физической подготовки и газодымозащитной службы (в составе

УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 147 страниц. Работа иллюстрирована 42 рисунками, содержит 28 таблиц и 4 приложения. Список литературы включает в себя 125 наименований.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

1.1. Анализ выполнения циклических работ газодымозащитниками на крупных и затяжных пожарах

Затяжной пожар – это неконтролируемое горение, работы по тушению которого продолжаются более 180 минут для городов, 240 минут для сельской местности и обособленных объектов промышленности. Для таких пожаров активная фаза тушения как интервал времени от момента локализации пожара и до его ликвидации составляет не менее 30 % от общей продолжительности тушения пожара, то есть 60 минут для города и 80 минут для сельской местности и обособленных объектов промышленности. В такой ситуации времени защитного действия современных аппаратов со сжатым воздухом будет недостаточно, что требует повторных включений и, как следствие, особого мониторинга условий труда и отдыха на пожаре. В этой связи условия труда и отдыха являются определяющим фактором планирования действий по тушению пожара [1].

При работе по тушению крупных и затяжных пожаров современные пожарные подвергаются воздействию высоких температур окружающей среды и высокого уровня воздействий тепловых потоков, что приводит к повышению температуры тела и усталости. Для защиты пожарных от агрессивной среды и увеличения рабочего времени используется боевая одежда пожарного (БОП) и дыхательные аппараты со сжатым воздухом (ДАСВ). Использование данного защитного снаряжения способствует снижению воздействия на пожарного тепловых потоков, но повышает риск преждевременного появления симптомов усталости. Также во время тушения крупных и затяжных пожарах довольно часто возникают ситуации, когда воздух в дыхательном аппарате заканчивается раньше необходимого времени работы в непригодной для дыхания среде. Это может

происходить вследствие значительных размеров объекта или при возникающих непредвиденных сложностях в процессе тушения пожара. Звену газодымозащитной службы (звено ГДЗС) при разведке пожара приходится преодолевать большие расстояния для нахождения очага пожара, вследствие чего время работы у очага становится меньше. Тем самым требуется неоднократный выход из непригодной для дыхания среды (НДС) всего звена для пополнения запаса воздуха. В таких случаях позиция, с которой подавались огнетушащие вещества, оставляются, и горение восстанавливается, набирает силу и распространяется [2].

Приведем несколько случаев выполнения циклических работ при тушении пожаров на объектах различных отраслей.

Рассмотрим материалы из описания пожара, произошедшего в столярной мастерской и лесопильном цехе по адресу: Архангельская область, г. Каргополь, пер. Дорожный, 3. Площадь пожара составила 128 м². Для тушения пожара было привлечено одно подразделение пожарной охраны. Организована работа четырех звеньев ГДЗС и подано на тушение пожара 4 пожарных ствола. Расстояние до очага пожара составило 35 м. Общее время работы звена ГДЗС составило 354 мин. (от подачи первого ствола до ликвидации открытого горения). За это время звенья ГДЗС успели сменить баллоны по 12 раз [2].

Крупный пожар произошёл в здании энергоцеха (АО «РСК Ямал») по адресу: Ямало-Ненецкий автономный округ, Пуровский район, пгт. Уренгой, улица северная промзона, строение № 24. Площадь пожара составила 200 м². В тушении пожара были задействованы 3 автоцистерны (АЦ) и 6 АЦ на резерв. Организована работа пяти звеньев ГДЗС и подано на тушение пожара 5 пожарных стволов. Общее время работы звена ГДЗС составило 260 мин. (от подачи первого ствола до ликвидации открытого горения). За это время звенья ГДЗС успели сменить баллоны по 8 раз [2].

Крупный пожар произошёл на ферме ООО «Беркат» по адресу: Смоленская область, д. Слобода. Площадь пожара составила 80 м². К тушению пожара было привлечено несколько подразделений Государственной противопожарной службы (ГПС). Организована работа двух звеньев ГДЗС и подано на тушение пожара 2

ствола. Общее время работы звена ГДЗС составило 182 мин (от подачи первого пожарного ствола до ликвидации открытого горения). За это время звенья ГДЗС успели сменить баллоны по 6 раз [2].

Крупный пожар произошел 30 января 2015 года в 22:09 по адресу: г. Москва, Нахимовский проспект, дом 51. Возгорание произошло на третьем этаже трёхэтажного здания.

Первые пожарно-спасательные подразделения прибыли к месту пожара в 22:15. В здании произошло частичное обрушение кровли на площади в 1 тыс. м². Площадь пожара составила около 2000 м². Примерно в 0:07 31 января распространение пожара было остановлено. Вечером 31 января Главное управление МЧС России по Москве заявило, что угроза книгохранилищу снята, все очаги пожара рядом с ним ликвидированы. В 23:24 пожар был полностью ликвидирован

В последующие дни продолжались аварийно-спасательные работы. До утра 1 февраля велась проливка здания, 2 февраля осуществлялась откачка воды. Тушение пожара заняло 27 часов, в нём приняли участие более 202 человек личного состава и 58 единиц техники. Один из пожарных был госпитализирован с отравлением продуктами горения

На пожаре было организовано два контрольно-пропускных пункта газодымозащитной службы (КПП ГДЗС). В ходе тушения пожара заправлено 959 воздушных баллонов.

При использовании ГДЗС на месте пожара учтены:

- замкнутость помещений книгохранилища и отсутствие проемов;
- снижение тактической возможности звеньев ГДЗС вследствие высокой температуры и влажности (при движении к месту работы при среднеобъемной температуре порядка 60 °С и относительной влажности воздуха 100 % время работы газодымозащитников в СИЗОД допускается до 5 мин.); малой продолжительности работы при каждом включении (путь следования к месту работы составлял порядка 60 м в условиях плотного задымления и высокой температуры, близко расположенных книжных стеллажей, нагромождений книг на путях продвижения звеньев ГДЗС); непосредственное время работы по тушению пожара на позициях у газодымозащитников составляло не более 5 мин.;
- использование дыхательных аппаратов продолжительного времени защитного действия не представлялось возможным ввиду того, что дыхательные мешки ДАСК теряют свои физические свойства и происходит слипание стенок из-за расплавления. Завод-изготовитель ограничивает время защитного действия не более 15 мин., при температуре окружающей среды до 90 °С);
- количество включений и суммарное время работы в СИЗОД превысили допустимые величины, которые не должны превышать в течение суток более трех аппаратосмен (на пожаре суммарное время работы в СИЗОД отдельных газодымозащитников доходило до 7 аппаратосмен) [3].

На каждом посту безопасности были созданы резервные звенья ГДЗС.

Для обеспечения максимального уровня безопасности личного состава, были задействованы новейшие технические средства:

- датчики неподвижного состояния «Маяк спасателя» и «MSA AUER»;
- светящиеся путевые тросы для обозначения маршрутов продвижения к месту выполнения поставленных задач;
- системы ориентирования в задымленном пространстве «Courant Faster»;
- тепловизоры.

Во всех приведенных случаях суммарное время работы в СИЗОД превысили допустимые величины, которые не должны превышать в течение суток более трех аппаратосмен.

Таким образом, анализ рассмотренных пожаров показал, что на них отсутствовали условия для непрерывной работы звеньев ГДЗС из-за недостатка воздуха в ДА. Чем меньше воздуха в ДА, тем чаще приходится делать входы в задымленную зону, тем самым снижая общую эффективность работы и повышая нагрузку на личный состав. При тушении данных пожаров, как правило, учитывался только критерий защитного действия дыхательного аппарата, но не учитывались физические возможности пожарных, а именно, при планировании тактики тушения пожаров звеньями ГДЗС не учитывали уровень усталости пожарных при выполнении циклических работ в НДС.

1.2. Обзор иностранных и отечественных литературных источников по тематике исследования

Для проведения литературного обзора были рассмотрены научные труды, учебные пособия, учебники, опубликованные в период с 1990 по 2023 год на русском и английском языках. Поиск производился с помощью реферативных баз данных, а также библиотек различных учебных и научных организаций. В качестве ключевых слов для поиска использовались следующие слова и словосочетания: «работоспособность пожарных», «циклические работы пожарных», «психофизическое восстановление пожарных», «адаптация пожарных к физическим нагрузкам», «утомление пожарных», «режимы работы и восстановления пожарных». По результатам аналитического поиска были отобраны 32 работы об основных современных научных исследованиях режимов работы и восстановления пожарных при выполнении циклических работ.

Влияние различных факторов на физические восстановления пожарных после длительных и тяжелых нагрузок рассматривается в работах отечественных и зарубежных ученых. Так, С. Г. Каврига в предлагаемой им методике оценки уровня адаптации к физическим нагрузкам в условиях теплового воздействия для оценки

физической работоспособности газодымозащитников использует тест по скорости восстановления ЧСС (функциональная проба Physical Working Capacity (PWC170) и Гарвардский степ-тест) [4, 5].

К. Рольс, С. Ж. Люпъен [6, 7] полагают, что стресс связан с человеческими ошибками и ухудшением производительности, а гормоны стресса, такие как кортизол, подавляют когнитивные функции человека и функции внимания. Глюкокортикоидные гормоны (кортизол и кортикостерон) являются эффекторными гормонами, при этом нейроэндокринная система гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси динамично увеличивается при воздействии экологических и психологических стрессоров. Длительная рабочая деятельность подвергает пожарных риску возникновения различных симптомов из-за накопления усталости, таких как задержка реакции на раздражитель, снижение двигательной функции и нарушения в вегетативной нервной системе. Появление таких симптомов на месте тушения пожара может привести к серьезным последствиям, возникающим в результате ошибок в индивидуальном суждении.

Й. Хашимото [8] сообщал о важности перерывов на отдых и замены пожарных даже после того, как небольшие пожары были локализованы, так как это может помочь избежать несчастных случаев или смертей в результате переутомления и предотвратить снижение работоспособности из-за мышечной усталости. Однако пожарные склонны оптимистично оценивать свою собственную физическую форму и статус из-за их предыдущего опыта выполнения задач в суровых условиях.

В исследованиях Д. М. Баур [9, 10] указывает, что недостаточный уровень физических способностей может подвергнуть пожарных риску перенапряжения и травм. В пожаротушении выносливость имеет значительную корреляцию со способностью к тушению пожара и слабостью в состоянии дыхательного метаболизма из-за продолжения тяжелой деятельности, данные факторы приводят пожарных к серьезным последствиям или острой усталости.

Задачи определения требований к режиму труда и отдыха при тушении пожаров в исследованиях ставили перед собой ученые под руководством Д. Дикина, а также Т. Роджерса [11].

Для изучения профилей восстановления вегетативной нервной системы у пожарных К. Т. Эберсол [12] используют неинвазивные маркеры показателей восстановления сердечного ритма и variability сердечного ритма, выявляя различия в параметрах частоты сердечных сокращений (ЧСС) во время 10-минутного восстановления в положении сидя после субмаксимальной и максимальной физической нагрузки ($p < 0,001$). Variability сердечного ритма указывала на неполное восстановление, показатели не вернулись к значениям до теста [13]. Дальнейшие их исследования показали, что большее повышение лактата после 10-минутного восстановления, вероятно, из-за физиологической нагрузки, может препятствовать полному восстановлению вегетативной нервной системы до состояния покоя.

Исследование Д. Хостлера [14] в области влияния интервалов работ на пожарах на восстановление и последующую производительность показало, что в условиях максимальной сердечно-сосудистой нагрузки во время тушения пожара увеличение рабочего интервала усиливало тепловой стресс и негативно влияло на производительность сразу после восстановительного периода.

Также авторами было установлено, что увеличение количества рабочих интервалов с двух до трех перед структурированным восстановлением может повлиять на последующую производительность, что, в свою очередь, ставит под угрозу безопасность пожарных и готовность к последующей работе.

В ходе проведенного в данной работе экспериментального исследования у многих испытуемых более часа была повышена частота сердечных сокращений после завершения всех учебных мероприятий. Учитывая высокую долю сердечных приступов со смертельным исходом, которые происходят в течение нескольких часов после тушения пожара, необходимы исследования более длительных интервалов восстановления.

Ф. Гендрон [15] провел экспериментальное тестирование. Тринадцать пожарных-мужчин участвовали в двух разных симуляциях, которые включали два идентичных 25-минутных периода работы, между которыми находился период восстановления либо 20, либо 5 минут. Каждый участник прошел три тестирования в лаборатории в течение трёх дней. Во время первого посещения были проведены предварительные измерения, выполнялся тест с 6-минутной ходьбой. Две симуляции пожаротушения, нагрузка в которых распределена равномерно, были выполнены во время последних двух посещений. Их проводили примерно в одно и то же время суток, чтобы контролировать возможные эффекты циркадных ритмов. Частоту сердечных сокращений в состоянии покоя измеряли после 10-минутного сидячего отдыха перед обеими симуляциями тушения пожара. Участники выполнили тест с ходьбой и задачи по пожаротушению, надев средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения. Перерыв в работе составлял не менее 72 ч.

Цель исследования А. Уолкера [17] – выявление влияния повышенных температур на пожарных, работающих в зоне воздействия тепловых потоков при выполнении циклических работ. Участники были одеты в боевую одежду пожарного, включающую сапоги пожарного, шерстяные носки, комплект боевой одежды пожарного, нательного белья, перчаток пожарного и шлема. Участники имели дыхательный аппарат со сжатым воздухом, вес аппарата 9,6 кг. Совокупный вес комплекта обмундирования и средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения составил примерно 22 кг.

Участники выполняли установленную задачу по поиску и спасению условного пострадавшего, состоящую из двух 20-минутных замеров в специально построенной тепловой камере, разделенных 10-минутным промежуточным периодом отдыха в сидячем положении. Во время моделирования участники должны были осуществить разведку многокомнатного помещения, содержащего несколько вариантов конфигураций мебели, которые, вероятно, будут встречаться при типичном пожаре в доме. Поиск проводился в темноте и дыму, и пожарным требовалось обнаружить тайник с пластиковыми контейнерами, содержащими

пенообразователь (20 кг), и вернуть их индивидуально к исходному местоположению. Участникам было дано указание проводить разведку, используя заранее установленные методы, которые включали в себя передвижение ползком. Работая в парах, оба участника после выполнения поиска контейнера выходили на свежий воздух.

В ходе исследования получены следующие результаты:

- значительное повышение температуры тела было зафиксировано на конечном этапе второй нагрузки в сравнении с первой;
- значительное увеличение частоты сердечных сокращений. По сравнению с первым экспериментом анализ показал умеренное увеличение частоты сердечных сокращений в конце второго 20-минутного моделирования.

Норма расхода воздуха была значительно увеличена во время второго 20-минутного моделирования по сравнению с первым экспериментом.

А. Н. Красильников и Е. Г. Турбина отмечают, что адаптация – это индивидуальный процесс приобретения человеком ранее отсутствующей устойчивости к различным факторам внешней среды, в результате чего формируется возможность работать в сложных условиях и решать задачи, ранее неразрешимые [18].

Адаптационный процесс включает в себя срочный и долговременный процессы, их механизмы необходимо рассматривать с позиции теории Г. К. Анохина [19]. В процессе пожаротушения повышение работоспособности пожарного обеспечивается за счет активизации релаксационного механизма срочной адаптации, деятельность организма человека чаще всего протекает на пределе его физиологических возможностей, при полной мобилизации функциональных резервов, но не всегда в полной мере обеспечивает необходимый адаптационный эффект, что обуславливает падение работоспособности.

Переход от срочного, во многом несовершенного, этапа к долговременному означает важный момент адаптационного процесса и характеризуется тем, что в результате постепенно количественно-качественно накопления вида изменений организм человека приобретает новые состояния: из неадаптированного

превращается в адаптированный, из нетренированного в тренированный. Такая адаптация обеспечивает усвоение человеком ранее недостижимой по своим объемам и интенсивности физической нагрузки.

Высокая интенсивность энергообмена в условиях экстремальных физических нагрузок вызывает накопление метаболитических интермедиатов в организме, а в условиях физического стресса наблюдается многократное увеличение содержания в крови и моче основных стрессорных гормонов.

В условиях чрезвычайной ситуации пожарные выполняют действия в стрессовых условиях, находясь в защитной одежде и дыхательном аппарате со сжатым воздухом. Общий вес снаряжения и ДАСВ составляет около 21–22 кг, что значительно увеличивает потребность в энергии (Baker et al. [20], 2000; Dreger et al. [21], 2006; Selkirk and Mc Lellan, 2004 [22]). Кроме того, пожарные подвергаются воздействию высоких температур, что еще больше нагружает сердечно-сосудистую систему (Barr et al., 2010 [23]).

Х. Ву и М. Вангом были предложены модели прогнозирования взаимосвязи между процентом резерва частоты сердечных сокращений и допустимой продолжительностью работы как для коротких, так и для длительных периодов работы (Wu and Wang, 2001 [24], 2002 [25]).

Дж. Бос показал, что реальная продолжительность выполнения заданий – работа внутри помещения в ДАСВ – составила 23 и 21 мин., хотя рекомендации содержали 17 и 4 мин. соответственно, т. е. в реальном тушении пожара эти временные интервалы превышают рекомендации по энергетической нагрузке [26].

Работоспособность пожарных, помимо прочих переменных, зависит от аэробных возможностей, показателем которых выступает максимальное поглощение кислорода, определяемое как максимальный объем кислорода, потребляемого за одну минуту (в мл), на единицу массы тела, рассчитанный во время физической нагрузки и показывающий способность организма использовать и транспортировать кислород к мышцам. Он считается наиболее достоверным показателем сердечно-сосудистой выносливости.

Максимальный объем кислорода зависит от способности кардиореспираторной системы удовлетворять потребности мышц в кислороде и способности мышц использовать кислород и вырабатывать аденозинтрифосфорную кислоту аэробным путем. Использование кислорода увеличивается прямо пропорционально рабочей нагрузке, пока не достигнет максимального объема кислорода, после чего количество используемого кислорода не меняется, даже если нагрузка увеличивается. Физическая работа продолжается посредством аэробного гликолиза. Начинает накапливаться молочная кислота, становится трудно справляться с нагрузкой. Данное физическое состояние носит индивидуальный характер и зависит от антропометрических, функциональных, анатомических параметров человека.

О необходимости индивидуального подхода к режимам работы и восстановления пожарных свидетельствуют результаты ряда исследований.

Д. Саклика отмечает, что статический объем легких не может быть улучшен с помощью физических упражнений. Однако максимальное потребление кислорода при регулярных физических нагрузках можно увеличить [27].

К. Элснер и Ф. Колхорст (2008) обнаружили, что потребление кислорода при выполнении задач по тушению пожаров в реальном времени составляет около 62 % от максимального [28]. В исследовании Дж. Билзона (2001) было установлено, что метаболические потребности при симуляции пожаротушения на корабле могут достигать пиковых значений в 43 мл кислорода/кг/мин., что эквивалентно 82 % от максимального [29]. Следовательно, необходимо, чтобы пожарные были физически здоровыми для поддержания оптимальной работоспособности и обеспечения своей безопасности, а также безопасности своих коллег и пострадавших.

Многочисленные исследования продемонстрировали необходимость поддержания высокого уровня аэробных возможностей для пожарных-спасателей (Bilzon et al., 2001[30]; Bos et al., 2004[31]; Elsner and Kolkhorst, 2008[32]). Г. Вандерсмиссен на основе проведенных исследований оценки кардиореспираторной подготовленности бельгийских пожарных на основе

максимального поглощения кислорода пришел к выводу о необходимости тестирования физической нагрузки, специфичной для конкретной задачи, а также разработки и следования строгому протоколу тестирования [33].

Анализ кинетики сердечного ритма у пожарных позволил Д. Корнеллу установить, что более высокий уровень кардиореспираторной выносливости связан с улучшением кинетики ЧСС после субмаксимальной и максимальной нагрузки, что обуславливает возможное положительное влияние кардиореспираторной выносливости на восстановление вегетативной нервной системы у пожарных [34].

М. Р. Мейсон, изучая в имитационном тесте с максимальным усилием влияние вызванного тренировкой утомления на работоспособность пожарных и время восстановления, обнаружили, что эффективность работы через 10 мин. после тренировки была на 40 % ниже исходного уровня, но не отличалась от него через 60 мин. после нее. Потребление воздуха через 10 мин. после тренировки было больше исходного, при этом различий между исходным потреблением и через 60 мин. после нее не было обнаружено. Полученные результаты свидетельствовали о том, что высокоинтенсивная тренировка с максимальным усилием снижает работоспособность пожарных через 10 мин. и изменяет реакцию через 60 мин. после нее [35].

А. Р. Джагим обосновал физиологические требования самостоятельного курса управления потреблением дыхательных ресурсов для пожарных и предложили способ определения работоспособности. Занятия были высокоаэробными, при этом на протяжении всей дистанции достигались околوماксимальные значения ЧСС. Регистрировались время прохождения курса, начальное давление и его изменения в воздушном баллоне, пройденное расстояние посредством переносного датчика, интегрированного с акселерометром и телеметрией для оценки кинематики движений, энергозатрат и пульса. Тренинг включал продвижение по рукавной линии, спасение (перетаскивание пострадавшего), подъем по лестнице. Пожарные повторяли цикл занятий до тех пор, пока давление воздуха в аппарате не достигало 200 атм. (или 13,79 бар), после лежали до тех пор, пока давление не достигало нуля. Результаты показали, что более молодые и низкорослые (или с более низким

индексом массы тела) пожарные, как правило, показывают более высокие результаты и достигают более высокой степени работоспособности. В конечном счете, эти результаты свидетельствовали в пользу комплексной программы тренировочных занятий под нагрузкой для пожарных, включающей широкий спектр силовых и аэробных тренировок [36].

1.3. Методы оценки функциональных возможностей пожарных при выполнении циклических работ на пожарах

Для успешного выполнения поставленных задач пожарным необходимо иметь полноценное физическое, психическое, социальное здоровье. Для определения уровня здоровья у действующих пожарных определяют степень его физической работоспособности. Это необходимо для адекватной оценки планирования и выполнения пожарными поставленных задач по тушению пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. Так, для формирования звеньев газодымозащитной службы у пожарных в настоящий момент не учитывается уровень их физической работоспособности. Это может повлечь негативные последствия, при которых один из газодымозащитников из состава звена ГДЗС с пониженным уровнем работоспособности может не справиться с поставленной задачей, из-за чего эффективности работы всего звена ГДЗС может быть сведена к минимуму.

Определение уровня физической работоспособности пожарных должно быть одной из приоритетных задач подразделений пожарной охраны. Работоспособность пожарных – это показатель эффективности распределения его собственных ресурсов при тушении пожаров или проведения аварийно-спасательных работ. Уровень работоспособности пожарных показывает, насколько он физически способен качественно и быстро решать поставленные перед ним задачи по спасению людей или тушению пожаров. Эта характеристика напрямую связана с продуктивностью человека, причем как с краткосрочной, так и с долгосрочной перспективой.

В настоящее время физическая работоспособность газодымозащитников широко исследуется, представляя несомненный интерес для специалистов пожарно-технического, медико-биологического и психофизического направлений. Это качество является также определяющим во многих видах тренировочной деятельности пожарных, необходимым в служебной деятельности, тренируемым и косвенно отражающим состояние физического развития и здоровья, его пригодность к выполнению поставленных задач на пожарах или ликвидации последствий различных чрезвычайных ситуаций.

Физическая работоспособность показывает, какие объёмы двигательной активности способен выполнять газодымозащитник до того, как почувствует утомление [37]. Она зависит от состояния здоровья и уровня физической подготовки. Уровень физической подготовки пожарных влияет на объем выполняемых поставленных задач при действиях по тушению пожаров или спасению людей. Для определения уровня физической работоспособности газодымозащитника в настоящий момент рекомендовано проводить Гарвардский степ тест, кроме которого существует еще значительное количество тестов. Проведем аналитический обзор наиболее распространенных из них.

1. Гарвардский степ тест

Данный тест применяется для оценки времени восстановления организма после краткосрочной высокоинтенсивной нагрузки [38]. В основе показателей данного теста лежат показатели частоты сердечных сокращений сердечно-сосудистой системы (насколько быстро показатели ЧСС возвращаются к исходным показателям после полученной нагрузки) [39].

Оборудование, применяемое для Гарвардского степ теста: секундомер, степ-доска или скамейка высотой не более 50 см для мужчин и 43 см для женщин, пульсометр. Для усвоения периодичности захода на степ-доску необходимо вести счет: «раз-два» – 1 секунда, «три-четыре» – 1 секунда. На счёт «раз» испытуемый ставит одну ногу на степ, «два» вторую ногу ставит на степ. Таким образом за 1 секунду испытуемый поднимается обоими ногами на степ-доску. На счет «три-

четыре» тестируемый спускается на пол. В таком темпе участник теста выполняет 30 восхождений в минуту, тест выполняется 5 минут. При выполнении подъема и спуска ноги необходимо ставить на полную стопу, а туловище должно быть полностью прямым. Движения рук сохраняют полную свободу и двигаются как при обычной ходьбе. После выполнения восхождений тестируемый принимает удобное положение сидя и отдыхает 1 минуту, в это время начинается восстановительный процесс организма. На второй, третьей и четвертой минутах восстановления подсчитывается пульс за 30 секунд. Так получается три величины, по которым идет подсчет индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ), из полученных результатов делаются выводы о физической подготовленности испытуемого. Таким образом, выносливость человека определяется быстротой восстановления ЧСС в нормальное состояние после нагрузки. Рассчитывать ИГСТ (индекс Гарвардского степ-теста) можно по формуле (1.1):

$$\text{ИГСТ} = \frac{\text{продолжительность работы (с)} \cdot 100}{5,5 \cdot \text{число ударов пульса (с}^{-1}\text{)}} \quad (1.1)$$

Более точно можно рассчитать ИГСТ, если пульс считать 3 раза – в первые 30 секунд на 2-й, 3-й и 4-й минутах восстановления. В этом случае ИГСТ вычисляются по формуле (1.2):

$$\text{ИГСТ} = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2} \quad (1.2)$$

где: t – время восхождения на ступеньку (с);

f_1 , f_2 , f_3 – число пульсовых ударов за 30 секунд на 2-й, 3-й и 4-й минутах восстановления.

Показатели оценки работоспособности согласно индексу Гарвардского степ-теста представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Показатели оценки работоспособности

ИГСТ	Оценка
55	Слабая
55–64	Ниже средней
65–79	Средняя
80–89	Хорошая
90	Отличная

Исходя из полученных в ходе тестирования показателей и на основании приведенных в таблице 1.1 значений определяется уровень работоспособности человека.

2. Тест PWC170

Первые буквы английского термина PWC означают «физическая работоспособность» – Physical Working Capacity) [40]. Данный тест определяет способность человека переносить аэробные нагрузки. В качестве критерия теста используются фиксированные значения частоты сердечных сокращений. Пороговые значения частоты сердечных сокращений PWC130, PWC150 и PWC170 являются общепринятыми и эмпирически установленными параметрами для соответствующих из тестируемых групп; упрощенный вариант, средний вариант, сложный вариант [41, 42]. Зависит от уровня подготовки человека. Тест PWC170 ориентирован на достижение определенной ЧСС (170 сердечных сокращений в 1 минуту). Испытуемому предлагается выполнение на велоэргометре или в степ-тесте двух пятиминутных нагрузок умеренной мощности с интервалом 3 мин., после которых измеряют ЧСС. Расчет показателя PWC170 производится по следующей формуле (1.3):

$$PWC_{170} = W_2 + (W_2 - W_1) \cdot \frac{170 - f_1}{f_1 - f_2}, \quad (1.3)$$

где: W_1 и W_2 – мощность первой и второй нагрузки;

f_1 и f_2 – ЧСС в конце первой и второй нагрузки, уд. мин⁻¹.

В настоящее время считается общепринятым, что ЧСС, равная 170 уд. мин^{-1} , с физиологической точки зрения характеризует собой начало оптимальной рабочей зоны функционирования кардиореспираторной системы, а с методической – начало выраженной нелинейности некривой зависимости ЧСС от мощности физической работы. Существенным физиологическим доводом в пользу выбора уровня ЧСС в данной пробе служит и тот факт, что при частоте пульса больше 170 уд. мин^{-1} рост минутного объема крови если и происходит, то уже сопровождается относительным снижением систолического объема крови. Проба PWC170 рекомендована Всемирной организацией здравоохранения для оценки физической работоспособности человека. Перспективы использования этой пробы в пожарных подразделениях очень широки, так как принцип ее пригоден для определения как общей, так и специальной работоспособности пожарных.

3. Проба Летунова

Предназначена для оценки адаптации организма пожарного к скоростной работе и работе на выносливость. Проба складывается из трех нагрузок, различных по продолжительности и виду выполняемого действия [43]. После окончания каждой нагрузки и на протяжении всего периода отдыха между ними регистрируют частоту сердечных сокращений и артериальное давление (АД). Оценка теста производится путем изучения типов реакции организма на нагрузку. Проба Летунова наиболее информативна в соревновательном периоде, когда появление тех или иных атипических реакций может быть результатом нарушения тренировочного режима или неправильного его построения.

Оборудование для определения пробы: секундомер, (метроном), тонометр, аппарат для измерения артериального давления. Порядок проведения обследования по методике: при проведении пробы испытуемый выполняет последовательно три нагрузки. На первом этапе он делает 20 приседаний за 30 сек. Вторая нагрузка (выполняется через три минуты после первой) состоит в 15-секундном беге на месте в максимальном темпе. И наконец, через 4 минуты испытуемый выполняет третью – 3-минутный бег на месте в темпе 180 шагов в 1

минуту. После окончания каждой нагрузки на протяжении всего периода отдыха регистрируется восстановление ЧСС и АД. Пульс считается по 10-секундным интервалам.

Результаты пробы Летунова оцениваются путем изучения типов реакции [44]. У хорошо тренированных людей наблюдается нормотонический тип реакции на пробу, который выражается в том, что под влиянием каждой нагрузки отмечается в различной степени выраженное учащение пульса (но не более 140 уд/мин.), повышение максимального АД (160–180 мм рт. ст.), а минимальное АД остается без изменений или незначительно снижается (до 50–60 мм рт. ст.). Важным критерием нормотонической реакции является быстрое восстановление ЧСС и АД до уровня покоя. Так, после 20 приседаний полное восстановление может наблюдаться уже на 2-й минуте релаксации, после второй нагрузки – на 3-й минуте, после третьей – на 4 минуте. Замедление восстановления выше приведенных показателей свидетельствует о недостаточной тренированности человека.

4. Тест на определение максимального потребления кислорода (МПК)

Общим принципом тестирования МПК является выполнение нагрузки, интенсивность которой равна (или больше) индивидуальной «критической мощности». Способность организма поглощать кислород определяется нашими физическими и физиологическими параметрами. Сюда входят объём лёгких (или жизненная ёмкость лёгких), размер сердца и его способность проталкивать большое количество крови за одно сокращение, эластичность сосудов, качество крови [45]. Пол, возраст и наличие лишнего веса также определяют уровень МПК [46].

Максимальное потребление кислорода может быть определено с помощью максимальных проб (прямой метод) и субмаксимальных проб (непрямой метод). Для определения МПК прямым методом используются чаще всего велоэргометр или тредбан и газоанализаторы. Для этого на испытуемого надевают маску на рот и нос, подключают к датчикам компьютера, и он бежит по беговой дорожке или

крутит велотренажёр. Нагрузка увеличивается ступенями по скорости/мощности и наклону или только по скорости с неизменным наклоном. Там, где он сказал «стоп», и будет его показатель МПК, который, в свою очередь, соответствует определённому пульсу и уровню лактата в крови. При применении прямого метода от испытуемого требуется желание выполнить работу до отказа, что не всегда достижимо. Поэтому было разработано несколько методов непрямого определения МПК, основанных на линейной зависимости МПК и ЧСС при работе определенной мощности. Эта зависимость выражается графически на соответствующих номограммах. Для нетренированных лиц и спортсменов скоростно-силовых видов спорта МПК вычисляется по формуле (1.4):

$$\text{МПК} = 1,7PWC_{170} + 1240, \quad (1.4)$$

где PWC_{170} – мощность физической нагрузки на велоэргометре.

Для определения МПК у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта В. Л. Карпман (1987) предлагает следующую формулу (1.5):

$$\text{МПК} = 2,2PWC_{170} + 1070. \quad (1.5)$$

Высокие показатели максимального потребления кислорода у спортсменов всех возрастных групп отражают положительное влияние тренировочных нагрузок на аэробные возможности организма [47]. Оценочные параметры МПК приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Оценочные параметры максимального потребления кислорода

Пол	Возраст (лет)	Оценка				
		Низкое	Ниже среднего	Среднее	Выше среднего	Отличное
Женщины	16–18	<23	23–27	28–33	34–38	>38
	19–29	<21	21–25	26–31	32–36	>36
	30–39	<16	16–20	21–26	27–32	>32
	40–50	<11	11–17	18–24	25–31	>31
Мужчины	16–18	<34	34–41	42–50	51–58	>58
	19–29	<35	35–42	43–50	51–58	>58
	30–39	<28	28–35	36–44	45–52	>52
	40–50	<22	22–27	28–35	36–41	>41

5. Метод определения физической работоспособности, проба Руфье

Оборудование, применяемое в тесте: секундомер или часы с секундной стрелкой, пульсометр. Проба проводится следующим образом. После 5-минутного отдыха у испытуемого измеряют пульс в положении сидя (P_1). Далее необходимо сделать 30 приседаний за 45 секунд, после чего исследуемый садится, и в течение первых 15 секунд вновь фиксируются показания пульса (P_2). Третьим показателем (P_3) является число сердечных ударов за последние 15 секунд первой минуты отдыха после приседаний. Индекс Руфье (I) рассчитывается по следующей формуле (1.6) [48]:

$$I = \frac{4 \times (P_1 + P_2 + P_3) - 200}{10} \quad (1.6)$$

где: I – Индекс Руфье;

P_1 – пульс в положении сидя, уд. мин⁻¹;

P_2 – показания пульса после нагрузки в течение первых 15-ти секунд, уд. мин⁻¹;

P_3 – показания пульса за последние 15 секунд первой минуты отдыха после приседаний, уд. мин⁻¹.

Оценка результатов пробы Руфье по возрастной категории приведена в таблице 1.3 [49].

Таблица 1.3 – Оценка результатов про Руфье

Уровень	15 лет и старше	13–14 лет	11–12 лет	9–10 лет
Низкий	15	16,5	18	19,5
Удовлетворительно	11–15	12,5–16,5	14–18	15,5–19,5
Средний	6–10	7,5–11,5	9–13	10,5–14,5
Выше среднего	0,5–5	2–6,5	3,5–8	5–9,5
Высокий	0	1,5	3	4,5

6. Тест Конкони

На основании изменений частоты сердечных сокращений при выполнении физической нагрузки можно определить порог анаэробного обмена (ПАНО). По мере нарастания сложности выполняемой физической нагрузки частота сердечных сокращений повышается [50, 51]. Однако в какой-то момент линейная зависимость нарушается, и повышение частоты сердечных сокращений перестает быть адекватным, происходит излом функции зависимости ЧСС от сложности нагрузки (рисунок 1.1).

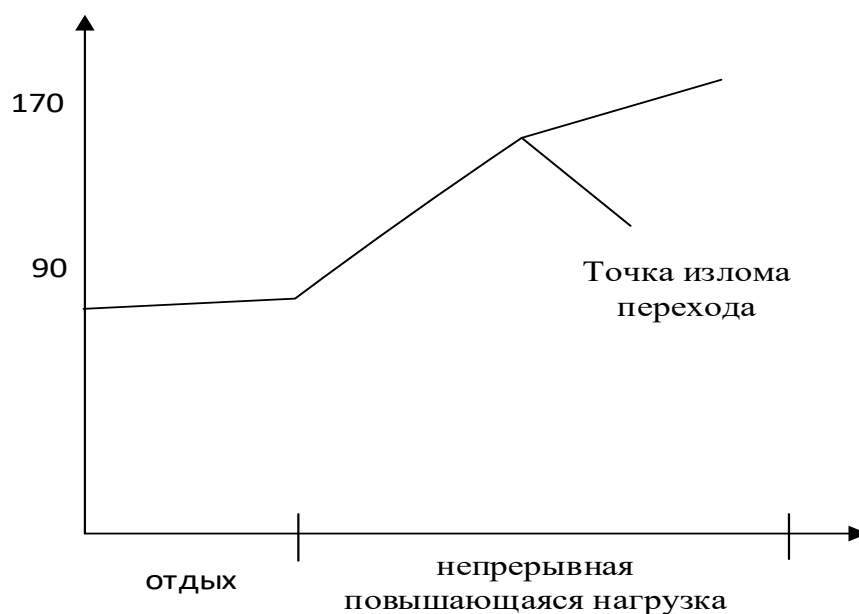


Рисунок 1.1 – Зависимость между ЧСС и сложностью получаемой нагрузки

Анаэробный порог – это самый высокий уровень, при котором организм может выдержать нагрузки без затвердения мышц.

Авторы теста считают, что точка излома соответствует частоте сердечных сокращений на уровне порога анаэробного обмена [52, 53]. Результаты теста достаточно корректны для ведения тренировочного процесса и динамических наблюдений у человека. Определение порога анаэробного обмена методом Конкони наиболее подходит лицам, занимающимся оздоровительной физической культурой. Для проведения теста выбирается вид физической нагрузки (бег, гребля, езда на велосипеде, бег на лыжах, езда на велоэргометре, бег на беговой дорожке и т. д.). В начале теста нагрузка очень маленькая (40–50 % от максимальной). Затем через определенный временной интервал нагрузка повышается на 3–7 % до достижения максимума. Желательно, чтобы достижению максимума предшествовало выполнение 8–10 этапов нагрузки. На каждом этапе фиксируется время и мощность (скорость) физической нагрузки, а также частота сердечных сокращений.

Удобным вариантом выполнения теста Конкони является пробегание отрезков по 200 или 400 метров с нарастающей скоростью. Желательно, чтобы прирост скорости проходил плавно, а регистрация ЧСС проводилась бы каждые 5 секунд. Такой тест более всего подходит бегунам, но его также можно использовать при тестировании спортсменов других видов спорта.

7. Тест Купера

Тест назван в честь создателя – учёного Кеннета Купера. В 1968 г. он придумал универсальное 12-минутное испытание, позволяющее определить, насколько хорошо подготовлен человек к изнурительным физическим нагрузкам в сравнении с установленной нормой [54].

Тест Купера применяют для проверки физических возможностей людей с помощью простых упражнения. Суть теста заключается в следующем: человек выполняет простые предложенные упражнения (бег, плавание, бег на лыжах) в течение 12 минут. По итогам выполненной работы (максимально пройденному расстоянию) определяют уровень физической работоспособности. Результаты

необходимо также привязывать к возрасту тестируемого, чтобы исключить влияние возрастных изменений на уровень оценки.

Выполнение упражнений теста являются «аэробными», то есть нагрузками с использованием кислорода. При выполнении данных упражнений сложность их такова, что кислород, протекающий в крови, используется клетками, во время отдыха дефицит кислорода в крови восстанавливается [55].

Данный тест подходит для любых уровней физически развитых людей, так как сложность выполняемых нагрузок выбирается самим тестируемым. Например, при 12-минутном беге испытуемый может выполнять бег, но при закислении (затвердевании) мышц или сбитии дыхания перейти на шаг, и не факт, что это повлияет на оценку по итогам теста.

При выполнении упражнения теста у тестируемого может быть, задействовано 2/3 мышц организм, таким образом, тест носит глобальный характер.

При оценке переносимости нагрузок имеется возможность оценить по косвенным признакам состояние сердечно-сосудистой системы [56]. Оценка работоспособности по тесту Купера представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Оценка работоспособности 12-минутного бега по тесту Купера

Возраст, лет	Оценка				
	Отлично	Хорошо	Средне	Плохо	Очень плохо
20-29	Более 2800 м	2400-2800 м	2200-2399 м	1600-2199 м	Менее 1600 м
30-39	Более 2700 м	2300-2700 м	1900-2299 м	1500-1899 м	Менее-1500 м
40-49	Более 2500 м	2100-2500 м	1700-2099 м	1400-1699 м	Менее-1400 м
50	Более 2400 м	2000-2400 м	1600-1999 м	1300-1599 м	Менее 1300 м

8. Лестничный тест Маргария

С помощью лестничного теста Маргария (МАМ) можно определить анаэробные возможности организма, т. е. адаптацию организма к работе в бескислородных условиях. Эта адаптация важна для определения развития скоростных возможностей организма. С помощью данного теста определяется

мощность бега вверх по лестнице с максимальной скоростью за небольшое время [57].

Оборудование, применяемое при организации данного теста: лестница, длиной примерно 5 м, высотой подъёма 2,6 м, наклоном более 30° (преодолевается за 5–6 с) (примерное время максимального бега), секундомер. Методика выполнения: испытуемый находится на расстоянии 1–2 м от лестницы и по команде выполняет тест. Фиксируется время в секундах [58]. Измеряется высота ступеней, подсчитывается их количество, определяется общая высота подъёма по формуле (1.7):

$$\text{МAM} = \frac{(P \dots h)}{t}, \quad (1.7)$$

где P – вес, кг;

h – высота подъёма, м;

t – время, сек.

Для людей с пониженной работоспособностью МAM составляет 60...80 кгм/с, с высокой – 80...100 кгм/с. Для перевода в ватты необходимо полученное значение умножить на 9,8, а для перевода в килокалории в минуту – на 0,14.

9. Тест Вингейта

Анаэробный тест Вингейта был разработан в Институте Вингейта (Израиль) в 70-х гг. прошлого столетия. В настоящее время тест является одним из наиболее популярных в мире способов оценки анаэробной работоспособности спортсменов и прочно закрепился в практике тестирования [59].

На практике наиболее часто используется 30-секундный тест Вингейта. В качестве разминки человек осуществляет педалирование на велоэргометре в течение 60 секунд на легкой сложности. Далее устанавливается сложность сопротивления вращения педалей на уровне 7,5 % от массы тестируемого [60]. После этого по команде тестируемый начинает педалирование на максимальной частоте оборотов в течение 30 секунд. При этом изучаются такие показатели, как

максимальная анаэробная мощность (W) (она достигается на пятой секунде и позволяет судить о разной реакции); абсолютная и средняя анаэробная мощность (среднее количество работы за 30-секундный период); индекс усталости (утомления) который определяется по формуле (1.8):

$$\text{Индекс усталости} = \frac{\text{Максимальная мощность} - \text{минимальная мощность}}{\text{Максимальную мощность}} * 100\%. \quad (1.8)$$

Абсолютная средняя анаэробная мощность работы, выполненная при Вингейт-тесте взрослым молодым человеком мужского пола, составляет около 600 Вт, максимальная – около 950 Вт, минимальная — около 300 Вт, индекс утомления – в среднем 0,65. Также очевидно: чем больше эта мощность, тем больше механической работы может выполнить человек.

10. Тест Новакки

Тест применяется для прямого определения общей физической работоспособности у людей. Суть его заключается в определении времени, в ходе которого тестируемый способен выдержать физическую нагрузку возрастающей мощности [61, 62]. Как правило, тест выполняется на велоэргометре и носит индивидуальный характер. Нагрузка выражается в ваттах на 1 кг массы тела Вт/кг (1 Вт = 6 кгм/мин).

Методика проведения: тестируемый осуществляет педалирование велоэргометра, при мощности 1 Вт/кг. Каждые две минуты выполнения работы мощность нагрузки увеличивается на 1 Вт/кг. Работа продолжается до тех пор, пока испытуемый не сможет выполнять педалирование. При данном тестировании необходимо соблюдать все меры безопасности, как при любой работе с предельными нагрузками.

Оценка заключается в следующем: если тестируемый прекратил работу на 10-й минуте, т. е. на 2-й минуте 5-й ступени мощности, аналогичной нагрузке 5 Вт/кг, то, сопоставив эти данные с табличными, можно заключить, что у него общая физическая работоспособность соответствует высокому уровню. Для более точной

оценки функциональной готовности необходима регистрация продолжительности работы до отказа в секундах. Параметры оценки работоспособности по тесту Новакки представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Оценка работоспособности по тесту Новакки

Мощность нагрузки, Вт/кг	Время работы на каждой ступеньке (мин.)	Оценка результатов тестирования
2	1	Низкая работоспособность у не тренированных
3	1	Удовлетворительная работоспособность у не тренированных
3	2	Нормальная работоспособность у не тренированных
4	1	Удовлетворительная работоспособность у спортсменов
4	2	Хорошая работоспособность у спортсменов
5	1–2	Высокая работоспособность у спортсменов
6	1	Очень высокая работоспособность у спортсменов

11. Проба Котова –Дешина

Данное тестирование оценивает адаптацию сердечно-сосудистой системы к нагрузкам на выносливость.

Методика проведения: в начале исследования у тестируемого измеряется значения ЧСС и артериального давления. Далее тестируемый выполняет упражнение бег на месте с высоким подъемом бедра в темпе 180 шагов в минуту [63]. Длительность упражнения зависит от пола тестируемого, для женщин оно составляет 2 минуты, для мужчин 3 минуты. После окончания выполнения упражнения тестируемый садится и у него по окончании каждой минуты измеряется пульс и артериальное давление, измерение происходит на протяжении 5 минут [64].

Данный тест оценивает степень физического восстановления после выполненной нагрузки. Если значения ЧСС и АД восстанавливаются до сходного значения на 3-й минуте, то восстановление расценивается как отлично, 4-й минуте – хорошее, на 5-й – удовлетворительное, если восстановление происходит более 5 минут, то считается неудовлетворительным.

12. Проба Мартинэ-Кушелевского

Данная проба является наиболее распространенной из функциональной. Методика проведения: в начале теста у тестируемого измеряются показатели ЧСС и АД. Показатели должно быть взяты у тестируемого после отдыха. Далее тестируемый выполняет дозированную нагрузку: 20 приседаний за 30 секунд. После выполнения упражнения тестируемый быстро садится, и у него в течение 5 минут снимаются показатели пульса и артериального давления [65]. Все сведения заносятся в протокол исследования. Оценка пробы выполняется по типу работа – восстановление.

Данный тест оценивает степень физического восстановления после выполненной нагрузки. Если значения ЧСС и АД восстанавливаются до сходного значения на 5-й минуте, то восстановление расценивается как удовлетворительное, на 4-й минуте – хорошее, неудовлетворительное – если ЧСС и АД не восстановилось. Для физически подготовленных людей восстановление длительностью более 3-х минут считается неудовлетворительным [66].

13. Проба Кверга

Данная проба применяется для определения общей работоспособности человека [67]. Методика выполнения: тестируемый выполняет 30 приседаний за 30 секунд, затем выполняет бег на месте с максимальной частотой за 30 секунд, далее 3-минутный бег на месте с частотой 180 шагов, подскоки со скакалкой (или их имитация) в течение 1 минуты. Общее время выполнения нагрузки должно составлять 5 минут. Сразу по окончании нагрузки в положении сидя на полу у тестируемого снимаются показатели ЧСС в течение 30 секунд, повторно через 2 минуты и через 4 минуты.

Оценка работоспособности определяется по формуле (1.9) [68]:

$$\text{Идекс Кверга} = \frac{t_{\text{раб}} * 100}{2 * (P_1 + P_2 + P_3)}, \quad (1.9)$$

где $t_{\text{раб}}$ – общее время работы, сек.

Показатели оценки работоспособности по индексу Кверга: больше 105 – очень хорошая работоспособность, 99–104 – хорошая работоспособность, 98–93 – удовлетворительная работоспособность, меньше 93 – слабоудовлетворительная работоспособность.

Для определения наиболее оптимального способа определения функциональных возможностей пожарных при выполнении циклических работ проведен анализ рассмотренных методик, который представлен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Анализ методик оценки функциональных возможностей людей

№	Название метода	Краткая характеристика	Достоинства при проведении циклических работ	Недостатки при проведении циклических работ
1	Гарвардский степ тест	Данный тест применяется для оценки времени восстановления организма после краткосрочной высокоинтенсивной нагрузки	Методическая простота выполнения, отсутствие потребности в использовании специального измерительного оборудования	Отсутствие принятия во внимание антропометрических данных у испытуемых при определении физической нагрузки
2	Тест PWC170	Данный тест определяет способность человека переносить аэробные нагрузки. В качестве критерия теста используются фиксированные значения частоты сердечных сокращений	Преимуществам данной методики является высокая точность оценки физической работоспособности у людей по величине PWC170, с ориентацией на индивидуальные особенности испытуемого	Неверная подборка мощности нагрузок может существенно снижать точность оценочных суждений. Также эмоциональное состояние испытуемого может отражаться на результатах теста
3	Проба «Летунова»	Предназначена для оценки адаптации организма человека к скоростной работе и работе на выносливость	Информативна при появлении тех или иных атипических реакций, это может быть результатом нарушения тренировочного режима или неправильного его построения	Массовое использование данной методики не представляется возможным из-за ее ориентации на 1–4 человек и отсутствия в большом количестве тонометров

Продолжение таблицы 1.6

№	Название метода	Краткая характеристика	Достоинства при проведении циклических работ	Недостатки при проведении циклических работ
4	Проба Руфье	После 5-минутного отдыха у испытуемого измеряют пульс в положении сидя (P ₁). Далее необходимо сделать 30 приседаний за 45 секунд, после чего исследуемый садится, и в течение первых 15-ти секунд вновь фиксируются показания пульса (P ₂). Третьим показателем (P ₃) является число сердечных ударов за последние 15 секунд первой минуты отдыха после приседаний	Методическая простота выполнения тестирования. Минимальное применяемое дорогостоящее оборудование	Методика тестирования не учитывает антропометрические данные человека при выполнении физической нагрузки
5	Тест Купера	Испытуемый выполняет простые предложенные упражнения (бег, плавание, бег на лыжах) в течение 12 минут	Методическая простота выполнения тестирования. Минимальное наличие оборудования	Проведение данного теста не всегда дает объективную оценку физической работоспособности человека. Не рекомендуется данное тестирование выполнять слишком часто
6	Тест Конкони	На основании изменений частоты сердечных сокращений при выполнении физической нагрузки можно определить порог анаэробного обмена (ПАНО)	Результаты теста достаточно корректны для ведения тренировочного процесса и динамических наблюдений у человека	Метод носит изнуряющий характер и тем самым небезопасен для испытуемого

Продолжение таблицы 1.6

№	Название метода	Краткая характеристика	Достоинства при проведения циклических работ	Недостатки при проведения циклических работ
7	Лестничный тест Маргария	С помощью лестничного теста Маргария (МAM) можно определить анаэробные возможности организма, т.е. адаптацию организма к работе в бескислородных условиях	Выполнение теста Маргария является методически простым в исследовании физической работоспособности людей. Для проведения теста требуется минимум оборудования	Низкая точность в оценке физической работоспособности человека
8	Тест Вингейта	Тестируемый выполняет педалирование на максимальной частоте оборотов в течение 30 секунд	С помощью данного тестирования получается высокая информативность полученных оценок физической работоспособности	Тестирование крайне тяжелое и приводит к значительному закислению организма
9	Тест Новакки	Суть теста заключается в определении времени, в ходе которого тестируемый способен выдержать физическую нагрузку возрастающей мощности	Методически простое выполнение данного тестирования. Минимум дорогостоящего оборудования	Метод небезопасен для тестируемого, так как выполняются предельные и около-предельные нагрузки. При данном тестировании необходимо соблюдать все меры безопасности, как при любой работе с предельными нагрузками

Продолжение таблицы 1.6

№	Название метода	Краткая характеристика	Достоинства при проведении циклических работ	Недостатки при проведении циклических работ
10	Проба Мартинэ-Кушелевского	Методика проведения: в начале теста у тестируемого измеряется показатели ЧСС и АД. Показатели должны быть взяты у тестируемого после отдыха. Далее тестируемый выполняет дозированную нагрузку, после выполнения упражнения тестируемый быстро садится, и у него в течение 5 минут снимаются показатели пульса и артериального давления	Методическая простота выполнения данного тестирования. Минимум используемого оборудования	Низкая точность в оценке физической работоспособности человека. Не учитывает антропометрические данные человека
11	Проба Кверга	Методика выполнения: тестируемый выполняет 30 приседаний за 30 секунд, затем выполняет бег на месте с максимальной частотой за 30 секунд, далее 3-х минутный бег на месте с частотой 180 шагов, подскоки со скакалкой (или их имитация) в течение 1 минуты. Сразу по окончании нагрузки в положении сидя на полу у тестируемого снимаются показатели ЧСС в течение 30 секунд, повторно через 2 минуты и через 4 минуты	Методическая простота выполнения данного тестирования. Минимум используемого оборудования	Низкая точность в оценке физической работоспособности человека. Не учитывает антропометрические данные человека

Анализ методов оценки работоспособности свидетельствует о необходимости разработки практико-ориентированной системы оценки реализации циклических работ при тушении пожаров, которая будет основана на показателях ЧСС и критерии Борга при оценке субъективных реакций.

1.4. Проведение экспериментального тестирования для оценки у газодымозащитников субъективных перцептивных реакций

С учетом результатов проведенного информационного-литературного обзора исследований было проведено экспериментальное тестирование (эксперимент). Цель эксперимента – выявить соответствие (несоответствие) субъективных перцептивных оценок и объективных показателей интенсивности нагрузки.

Исследование проводилось на кафедре пожарно-строевой, физической подготовки и ГДЗС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России во время проведения практических занятий по дисциплине «Организация газодымозащитной службы». В исследовании приняло участие 30 обучающихся в возрасте 20–23 лет, со всех получено добровольное согласие на участие в исследовании.

База исследования: лаборатория функциональной диагностики кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и ГДЗС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

В ходе тестирования применялось следующее оборудование: секундомер Casio HS-80TW-1E, пульсометр Polar H10, беговая дорожка DFC T635, ноутбук DELL, боевая одежда пожарного тип У, дыхательный аппарат со сжатым воздухом АП «Омега»-1-АТ68.

Участники тестирования на тренажере «Беговая дорожка» в боевой одежде пожарного с использованием ДАСВ должны были выполнить тестовые задания, которые представлены в таблице 1.7. Данные тестовые задания были предусмотрены программой дисциплины «Организация газодымозащитной службы» [69].

Таблица 1.7 – Условия и продолжительность выполнения упражнения

Этап подготовки	Продолжительность	Скорость, км/ч	Угол подъема, %
Разминка	240	6,5	0
Разминка	300	7,2	0
Выполнение работы средней тяжести	240	9,0	0
Выполнение работы высокой тяжести	180	11,5	10

Во время выполнения заданий с помощью нагрудного датчика пульса показатели ЧСС фиксировались и дистанционно передавались на планшет экспериментатора. Непрерывный мониторинг ЧСС был необходим для объективной оценки тяжести переносимой испытуемым нагрузки в ходе выполнения нагрузки. Объективная оценка тяжести перенесенной нагрузки оценивалась с помощью интервалов показателей ЧСС постоянных психофункциональных нагрузок в виде пульсовых зон [70, 71]. Шкала объективной оценки тяжести перенесенных психофизических нагрузок представлена на рисунке 1.2.

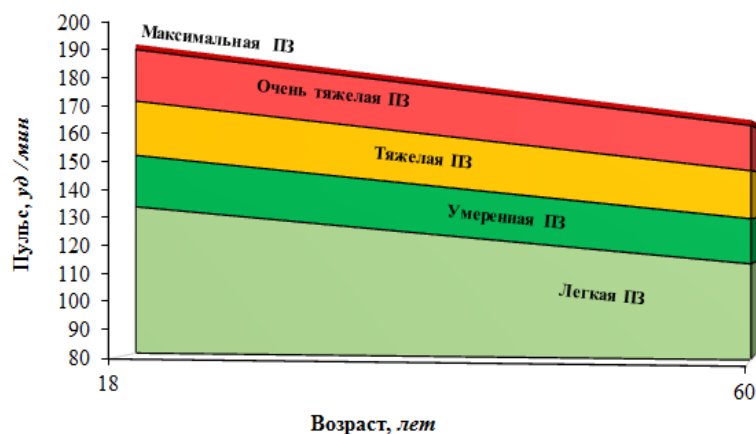


Рисунок 1.2 – Связь между показателями ЧСС в ПЗ и возрастом газодымозащитников

В ходе проведения тестирования нами были использованные ограничения в виде показателей ЧСС не более 170 уд/мин., т. к. данные значения пульса считаются критерием предельной физической нагрузки. Если у испытуемого пульс

переходил граничные значения данного показателя, он немедленно прекращал выполнение задания и переходил с бега на медленный шаг.

После выполнения упражнения тестируемому для определения перцептивных реакций на тяжесть нагрузки предлагалось заполнить бланк, содержащий опросник в форме таблицы в соответствии с модифицированной шкалой Борга [72, 73] (таблица 1.8). В таблице были предложены зоны с указанием тяжести нагрузки. Оригинальная шкала Борга задает интервалы нагрузки от 0 до 20 баллов [74], для нашего исследования применялась десятибалльная модифицированная шкала. Испытуемый должен был оценить собственное ощущение тяжести нагрузки по шкале от 1 до 10. При этом баллу «1» соответствовало отсутствие тяжести нагрузки, а баллу «10» – предельная нагрузка.

Таблица 1.8– Модифицированная шкала БОРГА.

Шкала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Субъективные ощущения	Работать можно продолжительное время			Работается на верхней границе зоны комфорта		Тяжело поддерживать интенсивность нагрузки		Работа выполняется практически на пределе		Работа на пределе

В ходе экспериментального исследования проведена оценка соответствия субъективных ощущений на тяжесть нагрузки и объективных показателей интенсивности нагрузки.

В ходе исследования выявлены:

- субъективная оценка тестируемыми тяжести полученной нагрузки в ходе выполнения тестового задания (рисунок 1.3);
- тяжесть нагрузки, объективно выполненной тестируемыми в ходе эксперимента. Данная тяжесть установлена с помощью показателей ЧСС, полученных от тестируемых по завершении выполнения упражнения (рисунок 1.4).

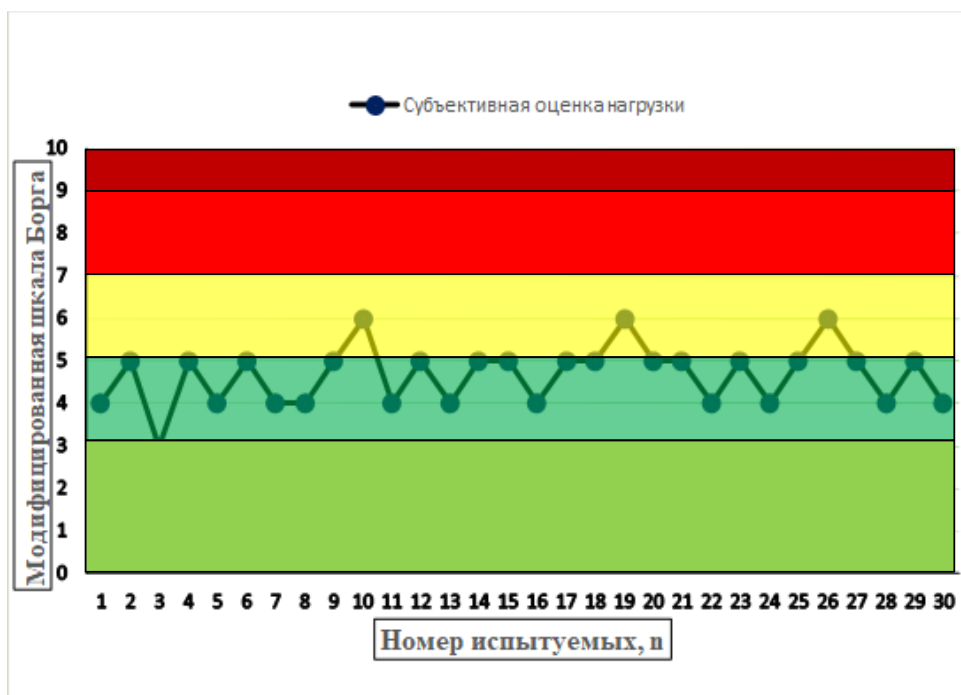


Рисунок 1.3 – Результаты тестирования перцептивных реакций

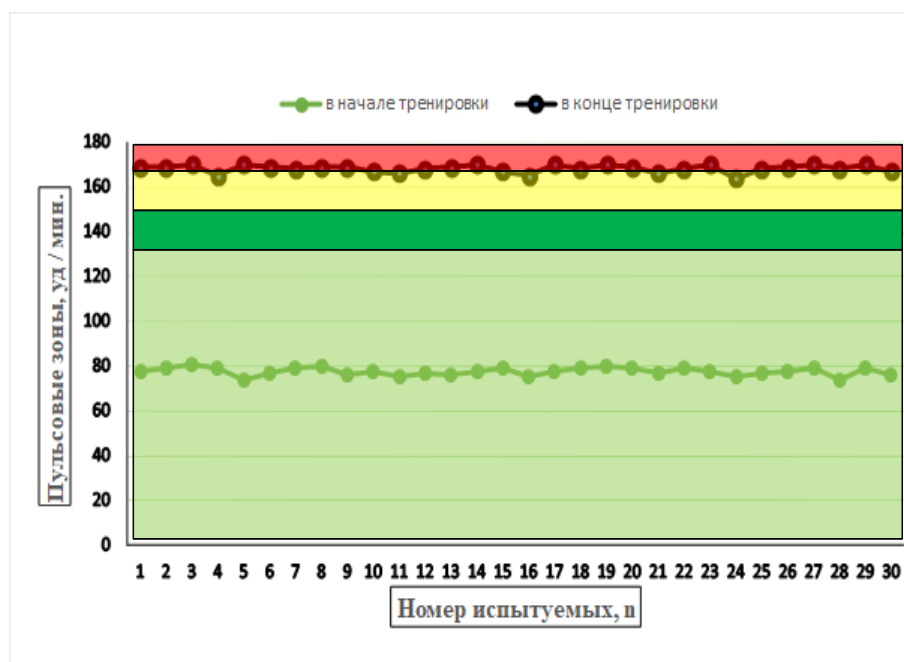


Рисунок 1.4 – Результаты объективной оценки получаемой нагрузки

Полученные результаты показывают, что при выполнении работ высокой интенсивности при показателях ЧСС в верхних границах предельных значений (около 170 уд/мин.), тестируемые субъективно оценивали полученную нагрузку

как среднюю, аналогичную той, при которой значения пульса не превышают 130–140 уд/мин.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что тестируемые необъективно оценивали свое состояние при выполнении работ высокой интенсивности. В связи с этим может возникнуть проблема неоправданных рисков в неправильных действиях газодымозащитников при тушении пожаров или спасению людей. Это может быть связано с тем, что на фоне усталости происходит задержка реакции на раздражитель, снижение двигательной функции и нарушения в вегетативной нервной системе. Появление таких симптомов на месте тушения пожара может привести к серьезным последствиям из-за ошибок как на индивидуальном восприятии уровней возникающих опасностей, так и на групповом (в составе звена ГДЗС).

Для исключения ошибок в индивидуальном восприятии уровней возникающих опасностей была модифицирована общеизвестная модель управления безопасностью газодымозащитников в непригодной для дыхания среде [75], которая, в свою очередь, обеспечивает мониторинг фактических и плановых значений риска наступления деструктивного события, связанного с недостатком дыхательных ресурсов, а также неудовлетворительного физического состояния газодымозащитника.

Предложенная в работе [75] модель управления рассматривает процесс управления газодымозащитниками без учёта восприятия ими психофизической нагрузки, что при оценке возможности использования модели управления на затяжных пожарах является существенным препятствием ее эффективного применения. В работе [76] предполагается, что существует возможность построить корреляционную зависимость между субъективным и объективным восприятием повышенной психофизической нагрузки на основе шкалы Борга. Поэтому в работе было предложено модифицировать модель управления, добавив в ее перцептивные оценки восприятие психофизической нагрузки пожарным. Общая структура модифицированной модели, представленная в виде совокупности вычислительных модулей, изображена на рисунке 1.5.

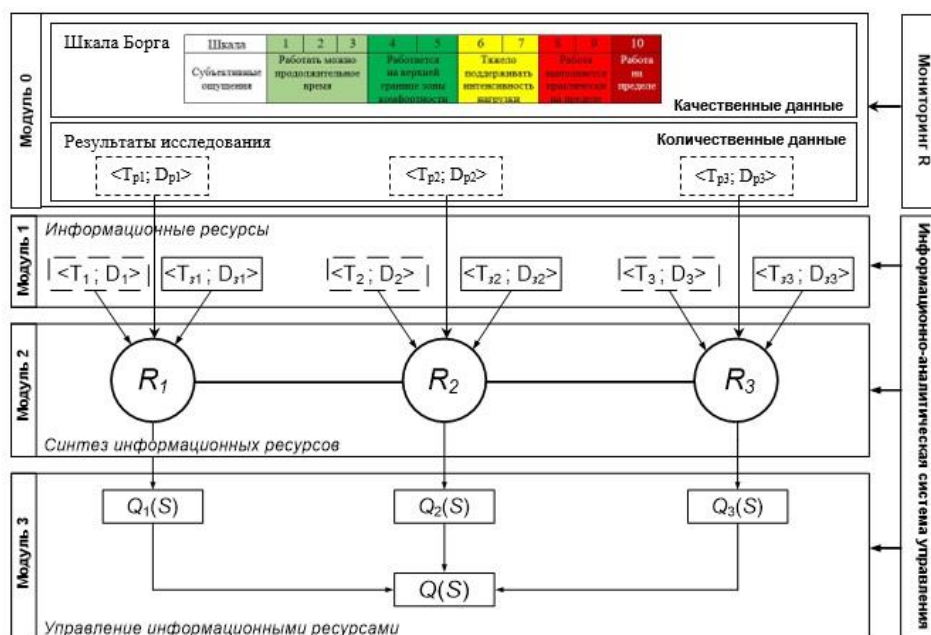


Рисунок 1.5 – Структура проблемно-ориентированной модели управления риском

Методы проектирования и практической реализации систем дистанционного мониторинга для решения задач обеспечения безопасности предусматривают применение декомпозиционного подхода, позволяющего представить структуру системы в виде совокупности подсистем – модулей. Исходя из специфики задач, стоящих перед системами управления безопасностью, можно определить три основных модуля: информационный модуль контроля дыхательных ресурсов газодымозащитников; модуль цифровой обработки информационных ресурсов; аналитический модуль оценки уровня риска наступления деструктивного события [75, 76].

Модуль 0. Информационные ресурсы мониторинга работоспособности участников тушения пожара, учитывающие закон его распределения в пульсовых зонах. Модуль, в отличие от известных, включает в себя как качественные, так и количественные данные для эффективного мониторинга работоспособности участников тушения пожара. Качественные данные основаны на общеизвестной шкале субъективных оценок тяжести работы, количественные данные необходимо получить в результате исследования.

Модуль 1. Информационный модуль включает в себя средства сбора данных о текущих значениях дыхательных ресурсов газодымозащитников в баллоне ДА.

Модуль 2. Синтез информационных ресурсов позволяет хранить, накапливать и обобщать данные, а также позволяет использовать их как совокупность данных в целом, так и их фрагменты при анализе риска наступления деструктивного события.

Модуль 3. Аналитический модуль оценки уровня риска позволяет производить анализ фрагментов данных о текущих значениях дыхательных ресурсов в баллоне ДА, сравнивая их с приемлемыми значениями риска, зависящими от специфики реализации работ в НДС.

1.5. Анализ информационных и технических решений мониторинга безопасности газодымозащитников при выполнении циклических работ при тушении пожаров

Практика борьбы с пожарами в непригодной для дыхания среде показала необходимость применения сил и средств газодымозащитной службы, которая для выполнения боевых действий на пожарах использует в основном дыхательные аппараты со сжатым воздухом [77]. Данные аппараты обеспечивают условия безопасности газодымозащитников от опасных факторов пожара, однако они ограничены временем защитного действия. Современные дыхательные аппараты используют совместно с модулями сбора и передачи информации. Данные модули можно отнести к телеметрическим системам мониторинга, необходимым для контроля параметров безопасности газодымозащитников. Как правило, такие модули относятся к вспомогательным системам персональной безопасности газодымозащитников [77].

Основным направлением развития дыхательных аппаратов со сжатым воздухом (ДАСВ) в последние годы является создание серий дыхательных аппаратов, оснащенных различными электронными устройствами. Данные устройства позволяют повысить информативность пользователя о параметрах работы аппарата, состоянии окружающей среды, сигнализируют о нештатных

ситуациях с пользователями и передают необходимые данные на контролирующий пост [77].

Системы телеметрии, входящие в состав дыхательных аппаратов, должны обеспечить выполнение следующих минимальных функций [78, 79]:

- передачу в автоматическом или ручном режиме различных видов сигналов о состоянии пользователя;
- определение величины давления воздуха в баллоне аппарата;
- расчет величин оставшегося времени работы в непригодной для дыхания среде;
- приём сигналов с внешней приемо-передающей аппаратуры.

Анализ информационных и технических решений мониторинга безопасности участников тушения пожара приведен в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Анализ информационных и технических решений мониторинга безопасности участников тушения пожара.

№	Наименование	Краткое описание и их достоинства	Недостатки
1.	Система телеметрии DrägerBodyguard 7000	Объединены блок-сигналы бедствия, манометр и регистратор данных. Постоянная индикация давления и остающегося времени работы. Идентификатор пользователя и уровень заряда батареи также регистрируются для эффективного последующего анализа [80]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника
2.	Система телеметрии DrägerBodyguard II	Непрерывно контролируются давление, оставшееся время работы на базе текущего расхода воздуха и температура; выдаются предупредительные сигналы (звуковые/оптические) согласно установленным пользователем уровням тревоги. Все данные автоматически регистрируются [81]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника

Продолжение таблицы 1.9

№	Наименование	Краткое описание и их достоинства	Недостатки
3.	Система телеметрии DrägerBodyguard 1000	Датчик неподвижного состояния со звуковым сигнализатором для остальных членов звена ГДЗС [82]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника
4.	Система телеметрии Dräger PSS® Merlin	Используется вместе с Bodyguard и поддерживает ручной и автоматический сигналы тревоги. Могут быть показаны следующие данные: давление, оставшееся время работы, прошедшее время [83]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника
5.	Alpha Personal Network	Представляет собой набор компонентов для: оценки давления сжатого воздуха в баллоне (alphaMITTER), расчета остаточного времени защитного действия и передачи данных на пост контроля (alphaSCOUT), сбора всех данных о газодымозащитниках на персональном компьютере (alphaBASE) [84]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника
6.	Система телеметрии Spirolink	Позволяет принимать решения для обеспечения безопасности пожарных, контролирует давление в баллоне, производит расчет оставшегося времени работы, передает данные температуры окружающей среды и состояние газодымозащитников	Отсутствует блок контроля индивидуального физического состояния газодымозащитника
7.	Система телеметрии Spiropulse	Интегрированная система отслеживания, которая позволяет команде отслеживать владельца. Ультразвуковая технология указывает направление, а также путь к владельцу	Отсутствует блоки контроля состояния дыхательного аппарата и физического состояния газодымозащитника
8.	Система телеметрии Alert ATS	Комплекс технических средств телеметрии для пожарных и спасателей, который позволяет контролировать рабочие параметры пожарных, такие как текущее давление в баллоне, время до срабатывания сигнального устройства и температуру окружающей среды [85, 86]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника

Продолжение таблицы 1.9

№	Наименование	Краткое описание и их достоинства	Недостатки
9.	ПТС «Светофор»	Устройство индикации предназначено для применения в пожарно-спасательных подразделениях в условиях проведения аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, для контроля запаса воздуха в баллонах дыхательных аппаратов и расчета параметров работы в непригодной для дыхания среде [87]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника
10.	ПТС «Иволга»	Устройство контроля работоспособности и месторасположения пожарного ПТС «Иволга» предназначено для применения в пожарно-спасательных подразделениях в условиях проведения аварийно-спасательных работ для поиска газодымозащитника, находящегося в непригодной для дыхания среде, при возникновении с ним нештатной ситуации [88]	Отсутствует блок дистанционного контроля функционального состояния газодымозащитника
11.	Онлайн-калькулятор ГДЗС fireman.club	Калькулятор позволяет производить расчет параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) при наличии интернет-соединения с помощью персонального компьютера или мобильного телефона. Преимущества данного калькулятора заключается в скорости расчета параметров, быстрого ввода данных о показателях давления в баллоне, изменения этих данных в процессе работы	Требует интернет-соединения, что сказывается на его надежности, вводятся числовые данные о давлении в баллоне только кратные 5
12.	Онлайн-калькулятор ГДЗС fireguys	Принцип действия данного калькулятора аналогичен калькулятору, представленному выше. Основным отличием от предыдущего калькулятора является отсутствие возможности настройки характеристик СИЗОД [89]	Для работы требуется интернет-соединение, используется только для некоторых видов дыхательных аппаратов

Продолжение таблицы 1.9

№	Наименование	Краткое описание и их достоинства	Недостатки
13.	Приложение для ПК «Калькулятор ГДЗС»	Представляет собой программное обеспечение для расчета параметров ГДЗС посредством ввода данных о давлении в баллонах и выбором условий работы звена ГДЗС. Калькулятор не требует интернет соединения, что позволяет поддерживать стабильную работу на протяжении всего времени необходимого использования	Невозможность изменить настройки СИЗОД
14.	Приложение для Android «Расчеты СИЗОД ГДЗС»	Калькулятор позволяет производить расчеты параметров работы в мобильном телефоне на базе операционной системы Android. Простота пользования; возможность производить расчет без интернет-соединения	Ошибки приложения/сбои в работе; присутствует реклама, если включено интернет-соединение
15.	Приложение для IOS «Fireman.club»	Принцип расчета аналогичен браузерному калькулятору fireman.club, представленному выше	Сбои работы в приложении и присутствие рекламы при включенном интернет-соединении
16.	Экспонометры и расчетные справочники ГДЗС	Данные технические средства являются вспомогательными приборами и не производят расчет параметров работы в СИЗОД в автоматическом режиме. Принцип работы заключается в получении результатов из имеющихся баз данных	При работе с такими средствами постовому на посту безопасности ГДЗС необходимы навыки работы с данным устройством, а также необходимость производить расчет недостающих данных [90, 91, 92]
17.	Комплекс «Маяк спасателя» (Руководство по эксплуатации СПНК.425624.013 РЭ РЭ Ред.1.3, 2011 г.)	Предназначен для совместного использования с дыхательными аппаратами, на которых размещена система определения и индикации давления (СОИД). Значения передаются на мобильную приемно-передающую станцию, где отображаются на цифровых индикаторах [93]	Определение прогнозных параметров безопасности основано на детерминированном подходе

Продолжение таблицы 1.9

№	Наименование	Краткое описание и их достоинства	Недостатки
18.	Система информационной поддержки управления звеньями газодымозащитной службы при ликвидации пожаров в зданиях (Патент на изобретение РФ № 2605682, МПК G08B25/00, 2016 г.)	Система снабжена модулем, позволяющим рассчитывать предельно допустимые значения параметров, а также модулем, позволяющим получать прогнозные значения параметров. Программное обеспечение предназначено для цифровой обработки результатов измерения и отображения на интерфейсе приложения следующей информации: место возникновения пожара на планировке этажа здания, время, необходимое для ликвидации горения в помещении очага пожара, оставшееся время защитного действия дыхательных аппаратов, астрономическое время подачи команды на выход из непригодной для дыхания среды пожара, время, необходимое для подачи огнетушащего вещества, при котором пожар будет ликвидирован [94]	Недостатком вышеуказанной системы является её сложность, а также то, что её работа основана на детерминированном подходе к моделируемым параметрам безопасности, т. е. расчеты данных основаны на средних значениях параметров, не учитывающих индивидуальность каждого газодымозащитника в составе звена
19.	Персонализированное устройство информационной поддержки газодымозащитника (Патент на изобретение РФ № 186673, МПК G08B21/12, G08B17/10 2019 г.)	Предназначено для совместного использования с дыхательным аппаратом, на котором размещена система определения и индикации давления, содержащее блок сбора-передачи данных, выполненный с возможностью взаимодействия по беспроводным каналам связи с системой определения и индикации давления, индикатор информации [95]	Возможность передачи сигнала от системы определения и индикации давления о результатах измерений абсолютных значений давления баллона дыхательного аппарата только непосредственно газодымозащитнику, использующего данное устройство. Сложность считывания графической информации при работе в непригодной для дыхания среде

Продолжение таблицы 1.9

№	Наименование	Краткое описание и их достоинства	Недостатки
20.	Программное обеспечение для информационно-аналитической системы управления газодымозащитниками на пожарах в техногенных чрезвычайных ситуациях (RU 2017663825)	Программа предназначена для аналитической обработки и визуализации информации, получаемой на персональный компьютер от системы управления газодымозащитниками на пожарах в техногенных чрезвычайных ситуациях. Область применения: дистанционный объективный контроль за параметрами работы газодымозащитников в непригодной для дыхания среде при пожарах [96]	Не позволяет давать оценку выполнения работ по критериям человеческих способностей газодымозащитника и по функциональной возможности дыхательного аппарата
21.	Firefighter Assistant (RU2021669824)	Программа позволяет оперативно производить расчеты параметров работы звена газодымозащитной службы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания. В программе представлены окна для ввода следующих параметров: давление включения и давление у очага для каждого газодымозащитника, температура воздуха для расчета коэффициента сжимаемости воздуха, условия работы газодымозащитников, время включения звена и время обнаружения очага пожара, объем баллона [97]	Не позволяет давать оценку выполнения работ по критериям человеческих способностей газодымозащитника и по функциональной возможности дыхательного аппарата
22.	Программное средство для оценки параметров работы газодымозащитного оборудования при пожарах и чрезвычайных происшествиях (RU2020612223)	Программа предназначена для аналитической обработки и визуализации информации, получаемой на персональный и портативный компьютер от систем дистанционного мониторинга параметров безопасности. Функциональные возможности: программа позволяет осуществлять обработку информации от дистанционных систем мониторинга, а также решать комплекс управленческих задач, необходимых для планирования работы газодымозащитников на пожарах [98]	Не позволяет давать оценку выполнения работ по критериям человеческих способностей газодымозащитника и по функциональной возможности дыхательного аппарата

Окончание таблицы 1.9

№	Наименование	Краткое описание и их достоинства	Недостатки
23	Программное средство для расчета параметров работы звеньев газодымозащитной службы на пожарах (RU 2015610223)	Программа реализует расчет значений параметров работы газодымозащитников на пожарах. Предназначена для автоматизации работы поста безопасности газодымозащитной службы на пожарах. Программа рассчитывает потери давления в баллонах дыхательных аппаратов за счет скорости падения давления, что в свою очередь позволяет определить время работы в непригодной для дыхания среде, а также прогнозировать время подачи команды на выход из непригодной для дыхания среды. Для удобства использования программа оснащена базами данных и графическим интерфейсом, визуализирующим параметры работы в виде диаграмм [101]	Не позволяет давать оценку выполнения работ по критериям человеческих способностей газодымозащитника и по функциональной возможности дыхательного аппарата

Постановка задачи исследования

Проведенный анализ подтвердил актуальность выбранной тематики исследования. В результате анализа выявлено, что средства дистанционного мониторинга (системы телеметрии) в настоящее время имеют высокие темпы развития, но при этом некоторые вопросы в данной области остаются неизученными, а именно, исследование надежности функционирования технических элементов систем мониторинга в условиях работы в непригодной для дыхания среды.

Проведенное экспериментальное тестирование показало, что газодымозащитники не всегда могут адекватно оценивать свое физическое состояние. Таким образом, одним из способов повышения уровня безопасности газодымозащитников является контроль физического состояния при тушении пожаров в условиях непригодной для дыхания среды.

1.6. Выводы по главе 1

Проведенный анализ случаев выполнения циклических работ газодымозащитниками на крупных и затяжных пожарах показывает, что суммарное время работы в СИЗОД, как правило, превышает все допустимые величины, которые не должны превышать в течение суток более трех аппаратосмен. Превышение рекомендуемых величин работ в СИЗОД, является следствием отсутствия общепринятых методик оценки и планирования тактических действий пожарных при выполнении циклических работ при тушении крупных и затяжных пожаров.

Анализ отечественных и иностранных источников показывает актуальность исследования и определяет необходимость разработки аналитической системы, средств и устройств мониторинга безопасности участников тушения пожара.

На основе проведенного исследования установлено, что измеренные перцептивные реакции пожарных на уровень восприятия нагрузки пожарными при сложных условиях работы неадекватны получаемой нагрузке. Из этого следует, что есть вероятность возникновения рисков переоценки пожарными своих физических возможностей при тушении пожаров и проведения АСР, что может привести к негативным последствиям. Для решения этой проблемы была разработана проблемно-ориентированная модель управления риском реализации циклических работ при тушении пожаров.

Анализ систем дистанционного мониторинга параметров безопасности показывает высокие темпы развития систем управления безопасностью участников тушения пожара. Совершенствование и практическое внедрение систем мониторинга параметров безопасной работы газодымозащитников обеспечит эффективное выполнение задач, а также повысит уровень планирования циклических работ в процессе тушения пожара.

ГЛАВА 2. СИСТЕМА ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ РАБОТ В ПРОЦЕССЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

2.1. Имитационная система планирования и оценки циклических работ при тушении пожаров

К временным ресурсам при проведении циклических работ на крупных и затяжных пожарах относятся: время выполнения задач; временные интервалы и периоды труда и отдыха, которые являются важным аспектом для обеспечения непрерывности работы организационной системы и снижения негативного воздействия деструктивных событий на окружающую среду.

Для оптимизации процесса правильного выбора временных ресурсов режимов труда и отдыха при циклических работах предлагается применять имитационное моделирование. Имитационное моделирование играет важную роль в решении задач распределения ресурсов, особенно в тех случаях, когда требуется оптимизация или анализ сложных систем. Имитационное моделирование позволяет создавать виртуальные копии реальных систем и проводить эксперименты с ними, чтобы оценить возможные последствия различных решений и стратегий.

В задачах распределения ресурсов имитационное моделирование может быть использовано для определения оптимальных конфигураций ресурсов, таких как оборудование, человеческие возможности, материальные затраты и т. д., а также для анализа производительности и эффективности различных стратегий распределения ресурсов [103, 104, 105]. Это позволяет руководителям принимать более обоснованные решения в области распределения ресурсов, что в свою очередь может привести к повышению эффективности работы и улучшению материально-технических результатов.

Таким образом, имитационное моделирование является важным инструментом для решения задач распределения ресурсов и помогает руководителям пожарной охраны принимать обоснованные и эффективные решения в области подготовки специалистов, а также при проведении действий по тушению пожаров и ликвидации последствий ЧС.

Имитационное моделирование в динамических системах распределения ресурсов обладает рядом ключевых преимуществ [106]:

- имитационные модели позволяют исследовать различные стратегии распределения временных ресурсов – интервалов активности и отдыха, что позволяет, варьируя условия в рассматриваемых сценариях, оптимизировать распределение ресурсов для сохранения производительности при минимизации энергопотребления;

- управление ресурсами в организационных системах учитывает случайные события (риски), такие как отказы отдельных элементов и/или внезапные изменения нагрузки. Имитационное моделирование позволяет создавать сценарии с различными стохастическими элементами для тестирования стратегий управления и их оценки.

Работа в НДС на крупных и затяжных пожарах предусматривает организацию большого количества звеньев ГДЗС (более трех звеньев ГДЗС). При формировании трех и более звеньев ГДЗС создается контрольно-пропускной пункт ГДЗС (КПП ГДЗС), который возглавляет начальник КПП ГДЗС, входящий в состав оперативного штаба на месте пожара. Начальник КПП ГДЗС выступает в качестве лица, принимающего решение при организации работы звеньев ГДЗС на пожаре, и отвечает за обеспечение их безопасности. Однако ввиду работы в непригодной для дыхания среде более трех звеньев ГДЗС увеличивается объем поступающей информации, которую необходимо своевременно обрабатывать, что не может не оказывать непосредственного влияния на процесс планирования тактики тушения пожаров или проведения аварийно-спасательных работ [107].

Методика оптимизации тактического планирования ресурсов газодымозащитников при циклических работах будет работать по алгоритму, представленному на рисунке 2.1.

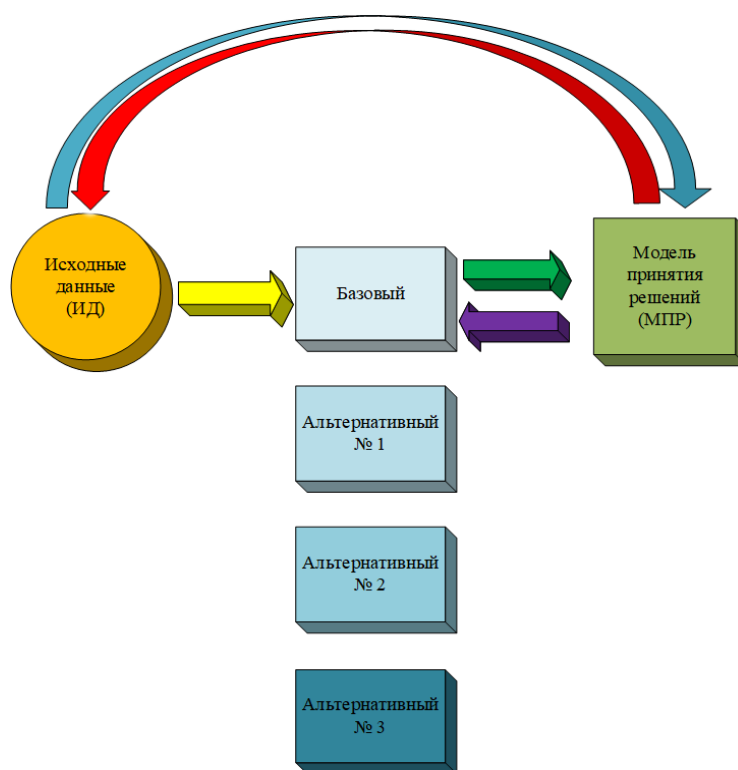


Рисунок 2.1 – Схема методики оптимизации тактического планирования ресурсов при циклических работах газодымозащитников

В блок ввода исходных данных заносятся предполагаемые временные ресурсы режимов труда и отдыха. На основании введенных исходных данных формируется несколько режимов труда и отдыха (базовый (предполагаемый) и три альтернативных). С учетом уровня работоспособности газодымозащитников сформированные режимы обрабатываются с помощью динамической модели режимов работы (нагрузки) и отдыха (восстановления), и визуализируется динамика физического состояния газодымозащитников при выполнении всех предполагаемых циклов работ.

Для визуализации динамики используются разработанные модели «Динамическая модель режимов работы (нагрузки) и отдыха (восстановления)» и «Дискретно-событийная модель физических состояний газодымозащитников при

повторных циклических работах». Для индикации состояний при циклических работах в модели динамики применяется расчет векторных оценок этапов нагрузки и восстановления. С помощью расчета векторных оценок определяется физическое состояние на каждом этапе циклической (повторной) работы, и на основании полученных данных строится циклограмма. Для определения возможности и способности газодымозащитников выполнять циклические работы разработан критерий риска выполнения поставленных задач, который коррелируется с общеизвестной шкалой Борга. Все расчеты производятся в автоматическом режиме с помощью программного комплекса планирования циклических работ при тушении пожаров.

Базовый вариант предусматривает равномерное распределение времени работы в повторных циклах, например, 3 цикла по 15 минут, общее время работы составит 45 минут. При альтернативном варианте № 1 время работы в повторных циклах будет увеличиваться от меньшего к большему, например, первый цикл составит 10 минут, второй 15 минут и третий 20 минут, общее время работы также составит 45 минут. Альтернативный вариант № 2, наоборот, предусматривает уменьшение время работ в циклах от большего к меньшему, например, первый цикл 20 минут, второй 15 минут и третий 10 минут, общее время работы составит также 45 минут. Альтернативный вариант № 3 предназначен для анализа исходных данных и будет являться деструктивным. При введенных исходных данных альтернатива № 3 не должна быть допустимой и не может быть рекомендованной разработанной системой оценки.

Динамическая модель режимов работы (нагрузки) и отдыха (восстановления)

Модель объединяет уровень работоспособности исполнителей работ и время выполнения работы в том или ином режиме (рисунок 2.2).

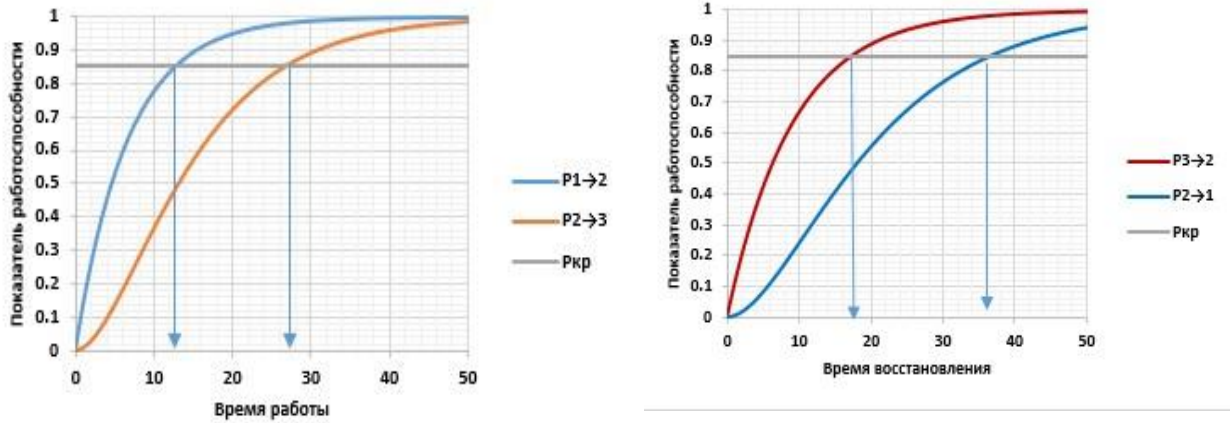


Рисунок 2.2 – Функции распределения режимов нагрузки и восстановления от уровня работоспособности

Интенсивности переходов различных режимов работ рассчитываются по формуле (2.1):

$$P_n = 1 - \exp(-\lambda_{1 \rightarrow 2} \tau_{1-2}). \quad (2.1)$$

Если $\lambda_{1 \rightarrow 2} \neq \lambda_{2 \rightarrow 3}$, то применяется формула (2.2):

$$P_n = 1 - \frac{\lambda_{2 \rightarrow 3}}{\lambda_{2 \rightarrow 3} - \lambda_{1 \rightarrow 2}} \exp(-\lambda_{1 \rightarrow 2} \tau_{1-3}) + \frac{\lambda_{1 \rightarrow 2}}{\lambda_{2 \rightarrow 3} - \lambda_{1 \rightarrow 2}} \exp(-\lambda_{2 \rightarrow 3} \tau_{1-3}). \quad (2.2)$$

Если $\lambda_{1 \rightarrow 2} = \lambda_{2 \rightarrow 3}$, то применяется следующая формула (2.3):

$$P_n = 1 - \exp(-\lambda_{1 \rightarrow 2} \tau_{1-3}) + (\lambda_{1 \rightarrow 2} \tau_{1-3}) \exp(-\lambda_{1 \rightarrow 2} \tau_{1-3}), \quad (2.3)$$

где $\lambda_{1 \rightarrow 2}$ – интенсивность перехода из 1-го режима (легкого) во 2-й (средний); $\lambda_{2 \rightarrow 3}$ – интенсивность перехода из 2-го режима (среднего) в 3-й (тяжелый).

Данные параметры принимаются для первого цикла

$$T_{1 \rightarrow 2} = \tau_{1-2} - 0; \quad (2.4)$$

$$T_{2 \rightarrow 3} = \tau_{1-3} - T_{1 \rightarrow 2}, \quad (2.5)$$

Время пребывания участников тушения пожаров в том или ином функциональном состоянии при выполнении второго и третьего цикла работ умножают на коэффициенты нагрузки (K_n) K_{H2} – для второго цикла и K_{H3} – для третьего цикла.

Интенсивности перехода режимов отдыха рассчитываются по формуле (2.6):

$$P_g = 1 - \exp(-\mu_{3 \rightarrow 2} \tau_{3-2}). \quad (2.6)$$

Если $\mu_{3 \rightarrow 2} \neq \mu_{2 \rightarrow 1}$, то применяется формула (2.7):

$$P_B = 1 - \frac{\mu_{3 \rightarrow 2}}{\mu_{3 \rightarrow 2} - \mu_{2 \rightarrow 1}} \exp(-\mu_{2 \rightarrow 1} \tau_{3-1}) + \frac{\mu_{2 \rightarrow 1}}{\mu_{3 \rightarrow 2} - \mu_{2 \rightarrow 1}} \exp(-\mu_{3 \rightarrow 2} \tau_{3-1}). \quad (2.7)$$

Если $\mu_{3 \rightarrow 2} = \mu_{2 \rightarrow 1}$, то применяется формула (2.8):

$$P_B = 1 - \exp(-\mu \tau_{3-1}) + (\mu \tau_{3-1}) \exp(-\mu \tau_{3-1}), \quad (2.8)$$

где $\mu_{3 \rightarrow 2}$ – интенсивность перехода из 3-го режима (тяжелый) во 2-й (средний);

$\mu_{2 \rightarrow 1}$ – интенсивность перехода из 2-го режима (средний) в 3-й (тяжелый).

Время пребывания участников тушения пожаров в том или ином функциональном состоянии при отдыхе между вторым и третьим циклом работ умножают на коэффициенты восстановления (K_B) K_{B2} – для второго цикла и K_{B3} – для третьего цикла.

Модель применяется следующим образом: при заданном уровне работоспособности выбирается значение P_n , с помощью которого в случае оценки режима труда по формуле (2.1), а в случае режима отдыха по формуле (2.6) определяются прогнозируемые значения времени нахождения организма человека в том или ином режиме работы (легкий, средний, тяжелый). Разработанная модель

является основой процедуры оценки физических состояний человека при циклических работах в процессе тушения пожаров.

*Дискретно-событийная модель физических состояний
при повторных циклических работах*

Для решения задач многокритериальной оптимизации широко используется метод векторных оценок.

Для расчета векторных оценок этапов нагрузки и восстановления применяются формулы, представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет векторных оценок состояний

Состояние	Исходные данные	Правила расчета векторных оценок состояний ($X_1; X_2; X_3$), ед. вр.
Работа после полного восстановления		
$S_{11}; S_{12}; S_{13}$	$T_P;$ $T_{P(1-2)};$ $T_{P(2-3)}.$	Если $T_P \leq T_{P(1-2)}$, то $X_1=T_P; X_2=0; X_3=0$. Если $T_P > T_{P(1-2)}$ и $T_P \leq T_{P(1-2)} + T_{P(2-3)}$, то $X_1= T_{P(1-2)}; X_2=T_P- T_{P(1-2)}; X_3=0$. Если $T_P > T_{P(1-2)} + T_{P(2-3)}$, то $X_1= T_{P(1-2)}; X_2= T_{P(2-3)}; X_3=T_P-(T_{P(1-2)} + T_{P(2-3)})$, где T_P – время работы; X_1, X_2, X_3 – режимы работы
Работа после частичного восстановления		
$S_{21}; S_{22}$	$T_P;$ $T_{P(2-3)}=T_P^{**}$	Если $T_P \leq T_{P(2-3)}$, то $X_1=0; X_2=T_P; X_3=0$. Если $T_P > T_{P(2-3)}$, то $X_1=0; X_2= T_{P(2-3)}; X_3= T_P- T_{P(2-3)}$.
Работа без восстановления		
S_{31}	T_P	Во всех случаях $X_1=0; X_2=0; X_3=T_P$
Восстановление после тяжелой работы		
N_{11}	$T_B;$ $T_{B(3-2)};$ $T_{B(2-1)}$	Если $T_B \leq T_{B(3-2)}$, то $Y_3=T_B Y_2=0; Y_3=0$.
N_{12}		Если $T_B > T_{B(3-2)}$ и $T_B < T_{B(3-2)} + T_{B(2-1)}$, то $Y_3= T_{B(3-2)}; Y_2=T_B- T_{B(3-2)}; Y_3=0$.
N_{13}		Если $T_B > T_{B(3-2)} + T_{B(2-1)}$, то $Y_3= T_{B(3-2)}; Y_2= T_{B(2-1)}; Y_3=T_B-(T_{B(3-2)} + T_{B(2-1)})$. где T_B – время восстановления; Y – этап восстановления
Восстановление после нормальной работы		
N_{21}	$T_B;$	Если $T_B \leq T_{B(2-1)}$, то $Y_3=0; Y_2=T_B; Y_1=0$.
N_{31}	$T_{B(2-1)}=T_B^*$	Если $T_B > T_B^*$, то $Y_3=0; Y_2=T_B^*; Y_1= T_B-T_B^*$
Восстановление после легкой работы		
N_{13}	T_B	$Y_3=0; Y_2=0; Y_1= T_B$

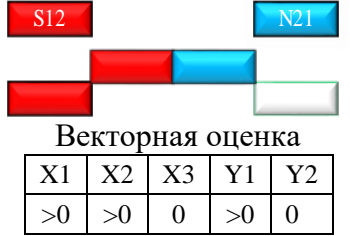
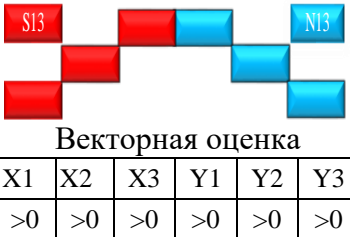
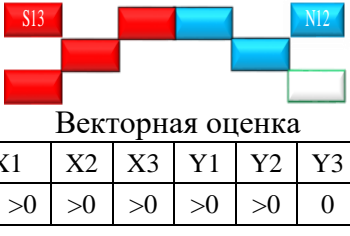
*Идентификация состояний в системе планирования
повторных циклических работ*

Правила идентификации состояний и описаний работ представлены в циклограмме (таблица 2.2). Циклограмма отображает векторную оценку состояний организма газодымозащитника на разных этапах цикла работ (легкая, средняя, тяжелая) и статуса восстановления (не восстановился, частичное восстановление, полное восстановление) с характеристикой функционального состояния при работе и восстановлении (дыхание, пульс, потоотделение, речь).

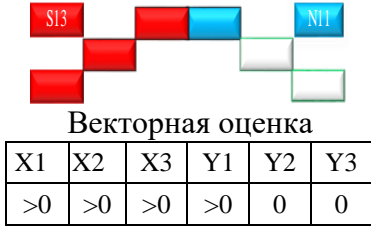
Таблица 2.2 – Идентификация и описания состояний в циклограмме

Наименование цикла работ	Буквенно-цифровое обозначение цикла	Графическое отображение в циклограмме и векторная оценка состояний	Описание цикла работ												
Легкая работа – полное восстановление	S11 – N31	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" data-bbox="651 1137 1021 1227"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	0	0	>0	0	0	<p>Выполнение работ происходит при небольшом росте значения пульса, дыхание ровное, можно спокойно вести беседу. Минимальное потоотделение. Напряжение при выполнении работ отсутствует. После работы, отдых происходит до полного восстановления, при этом пульс снижается до номинального значения</p>
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	0	0	>0	0	0										
Средняя работа – полное восстановление	S12 – N22	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" data-bbox="651 1527 1021 1617"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	>0	>0	0	>0	>0	0	<p>Выполнение работ происходит при состоянии пульса 0,7–0,8 от максимального. При работе наблюдается учащенное сердцебиение, дыхание учащенное. Среднее потоотделение. Разговор возможно вести отрывками по несколько фраз. После работы отдых происходит до полного восстановления, при этом пульс снижается до номинального значения</p>
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
>0	>0	0	>0	>0	0										

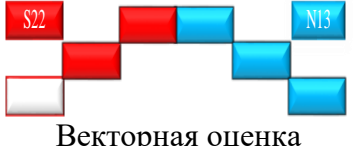


Продолжение таблицы 2.2

Наименование цикла работ	Буквенно-цифровое обозначение цикла	Графическое отображение в циклограмме и векторная оценка состояний	Описание цикла работ												
Средняя работа – частичное восстановление	S12 – N21	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" data-bbox="687 566 999 647"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	>0	>0	0	>0	0	<p>При выполнении данного вида работ происходит повышение значений состояния пульса до 0,7–0,8 от максимального. При работе наблюдается учащенное сердцебиение, дыхание интенсивное. Среднее потоотделение. Разговор возможно вести отрывками по несколько фраз. После работы происходит отдых до частичного восстановления, пульс остается на том же уровне или минимально снижается</p>		
X1	X2	X3	Y1	Y2											
>0	>0	0	>0	0											
Тяжелая работа – полное восстановление	S13 – N13	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" data-bbox="655 1081 1027 1164"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	>0	>0	>0	>0	>0	>0	<p>При выполнении данного вида работ происходит повышение значений состояния пульса до 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбивое. Разговор вести затруднительно (невозможно). Повышенное потоотделение. После работы отдых происходит до полного восстановления, при этом пульс снижается до номинального значения. Отдых может продолжаться длительное время</p>
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
>0	>0	>0	>0	>0	>0										
Тяжелая работа – частичное восстановление	S13 – N12	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" data-bbox="655 1621 1027 1704"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	>0	>0	>0	>0	>0	0	<p>При выполнении данного вида работ происходит повышение значений состояния пульса до 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбивое. Разговор вести затруднительно (невозможно). Повышенное потоотделение. После работы происходит отдых до частичного восстановления, пульс снижается до значения 0,7–0,8 от максимального</p>
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
>0	>0	>0	>0	>0	0										

Продолжение таблицы 2.2

Тяжелая работа – не восстановился	S13 – N11	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	>0	>0	>0	>0	0	0	При выполнении данного вида работ происходит повышение значений состояния пульса до 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение. Повышенное потоотделение. После тяжелой работы восстановления не происходит
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
>0	>0	>0	>0	0	0										
Варианты повторных циклов работ (второй и последующий)															
Средняя работа после частичного восстановления – полное восстановление	S21 – N22	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	>0	0	>0	>0	0	Повторная работа начинается после частичного восстановления, с пульса 0,7–0,8 от максимального. При работе наблюдается учащенное сердцебиение, дыхание учащенное. Среднее потоотделение. Разговор возможно вести отрывками по несколько фраз. После работы отдых происходит до полного восстановления, при этом пульс снижается до номинального значения
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	>0	0	>0	>0	0										
Средняя работа после частичного восстановления – частичное восстановление	S21 – N21	 <p style="text-align: center;">Векторная оценка</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	>0	0	0	>0	0	Повторная работа начинается после частичного восстановления, с пульса 0,7–0,8 от максимального. При работе наблюдается учащенное сердцебиение, дыхание учащенное. Среднее потоотделение. Разговор возможно вести отрывками по несколько фраз. После работы восстановление не происходит, пульс остается на том же значении 0,7–0,8 от максимального или минимально снижается
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	>0	0	0	>0	0										

Продолжение таблицы 2.2

Тяжелая работа после частичного восстановления – полное восстановление	S22 – N13	 <table border="1" data-bbox="657 385 1027 470"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	>0	>0	>0	>0	>0	Повторная работа начинается после частичного восстановления, с пульса 0,7–0,8 и повышаясь до значений 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбитое. После работы отдых происходит до полного восстановления, при этом пульс снижается до номинального значения
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	>0	>0	>0	>0	>0										
Тяжелая работа после частичного восстановления – частичное восстановление	S22 – N12	 <table border="1" data-bbox="657 792 1027 878"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	>0	>0	0	>0	>0	Повторная работа начинается после частичного восстановления с пульса 0,7–0,8 и повышаясь до значений 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбитое. Разговор вести затруднительно (невозможно). Повышенное потоотделение. После работы происходит отдых до частичного восстановления, пульс снижается до значения 0,7–0,8 от максимального
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	>0	>0	0	>0	>0										
Тяжелая работа после частичного восстановления – не восстановился	S22 – N11	 <table border="1" data-bbox="657 1339 1027 1424"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	0	>0	0	>0	>0	Повторная работа начинается после частичного восстановления, с пульса 0,7–0,8 и повышаясь до значений 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбитое. Разговор вести затруднительно (невозможно). Повышенное потоотделение. После работы восстановления не происходит
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	0	>0	0	>0	>0										
Тяжелая работа без восстановления – полное восстановление	S31 – N13	 <table border="1" data-bbox="657 1742 1027 1827"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	0	>0	>0	>0	>0	Повторная работа начинается без восстановления с пульса 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбитое. Разговор вести затруднительно (невозможно). После работы отдых происходит до полного восстановления, при этом пульс снижается до номинального значения
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	0	>0	>0	>0	>0										

Окончание таблицы 2.2

Наименование цикла работ	Буквенно - цифровое обозначение цикла	Графическое отображение в циклограмме и векторная оценка состояний	Описание цикла работ												
Тяжелая работа без восстановления – частично восстановился	S31 – N12	 <table border="1" data-bbox="660 555 1024 640"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	0	>0	0	>0	>0	Повторная работа начинается без восстановления с пульса 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбивое. Разговор вести затруднительно (невозможно). Повышенное потоотделение. После работы происходит отдых до частичного восстановления, пульс снижается до значения 0,7–0,8 от максимального
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	0	>0	0	>0	>0										
Тяжелая работа без восстановления – не восстановился	S31 – N11	 <table border="1" data-bbox="660 1070 1024 1155"> <thead> <tr> <th>X1</th> <th>X2</th> <th>X3</th> <th>Y1</th> <th>Y2</th> <th>Y3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>>0</td> </tr> </tbody> </table>	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	0	0	>0	0	0	>0	Повторная работа начинается без восстановления с пульса 0,8–0,95 от максимального. При такой работе наблюдается ускоренное сердцебиение, дыхание сбивое. Разговор вести затруднительно (невозможно). Повышенное потоотделение. После работы восстановление не происходит
X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3										
0	0	>0	0	0	>0										

На основании идентификации состояний и расчета векторных оценок была разработана дискретно-событийная модель физических состояний при повторных циклических работах. Дискретно-событийная модель представляет из себя блок-схему режима труда и отдыха при повторных циклах работ (рисунок 2.3). В данной модели спрогнозированы варианты событий режима труда и отдыха при выполнении циклических работ.

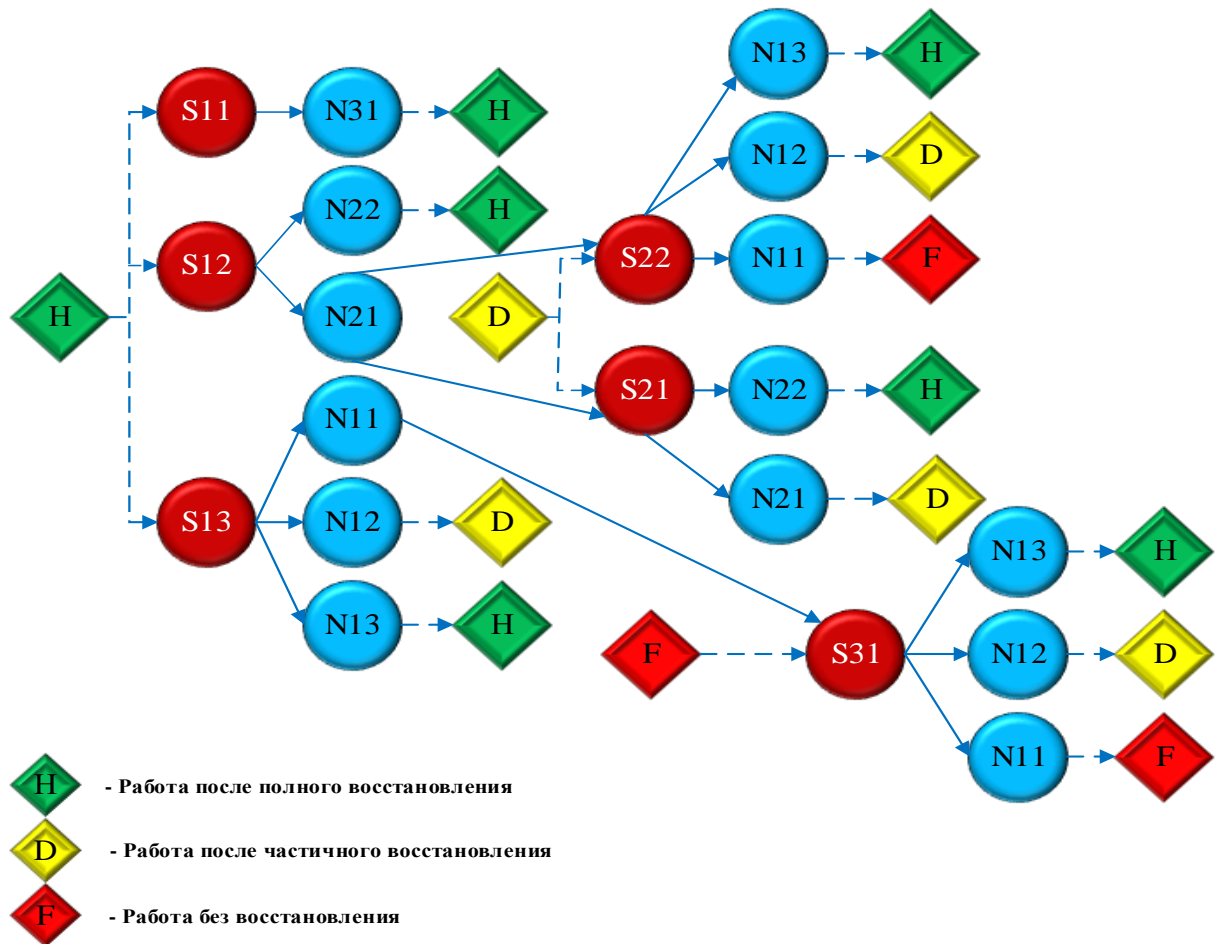


Рисунок 2.3 – Дискретно-событийная модель физических состояний при повторных циклических работах

Дискретно-событийная модель физических состояний будет основываться на следующих особенностях: для представления выполнения повторных (циклических) работ были использованы события-«сообщения», которые определяют степень восстановления перед началом выполнения этапов работ; в соответствии с уровнями восстановления, предусмотренными перед началом работ, было определено 3 группы сообщений: работа после полного восстановления (H), работа после частичного восстановления (D), работа без восстановления (F).

На основании выбранного принципа моделирования в модели были реализованы следующие компоненты: тяжелая работа, средняя работа, легкая работа, полный отдых, частичный отдых, без отдыха. Данные компоненты были

использованы для построения структуры дискретно-событийной модели физических состояний при циклических работах.

Подходы к выполнению циклических работ реализованы в виде трех генераторов сообщений, учитывающих степень восстановления работоспособности. Сообщения моделируют поток управленческих решений о временных интервалах отдыха, с которых начинается следующий этап выполнения циклических работ.

Динамические модели режимов труда и отдыха при повторных циклических работах представлены активными событиями (временные интервалы отдыха и работы), что позволяет определять логику выполнения повторных этапов работ. Каждому режиму труда и отдыха в узле был назначен отдельный объект (модель), учитывающий особенности (сложность) выполнения нагрузки после периодов восстановления. Разные сложности работ могут выполняться при разном уровне восстановления. В зависимости от типа восстановления и видов выполняемых работ модели формируются следующие режимы труда и отдыха (события в модели) (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – События в модели

Режим труда	Буквенно-цифровое отображение	Режим отдыха после работы
Выполнение повторной легкой работы после полного восстановления	H - S11 – N31	Полное восстановление
Выполнение повторной средней работы после полного восстановления	H - S12 – N22 H - S12 – N21	Полное восстановление, частичное восстановление
Выполнение повторной тяжелой работы после полного восстановления	H - S13 – N11 H - S13 – N12 H - S12 – N13	Полное восстановления, частичное восстановление, без восстановления
Выполнение повторной средней работы после частичного восстановления	D – S21 – N22 D – S21 – N21	Полное восстановление, частичное восстановление
Выполнение повторной тяжелой работы после частичного восстановления	D – S21 – N11 D – S21 – N12 D – S21 – N13	Полное восстановления, частичное восстановление, без восстановления
Выполнение повторной тяжелой работы без восстановления	F – S31 – N11 F – S31 – N12 F – S31 – N13	Полное восстановления, частичное восстановление, без восстановления

Разработанная дискретно-событийная модель физических состояний при повторных циклических работах позволяет обеспечить адекватность оценки и оптимальность планирования режима труда и отдыха при выполнении повторных видов работ. Это достигается путем прогнозного анализа всех предполагаемых событий режима труда и отдыха при выполнении данных видов работ.

*Построение циклограмм режимов труда и отдыха
при повторных работах*

Вариативность режимов труда и отдыха газодымозащитников при циклических работах представлена на рисунке 2.4.

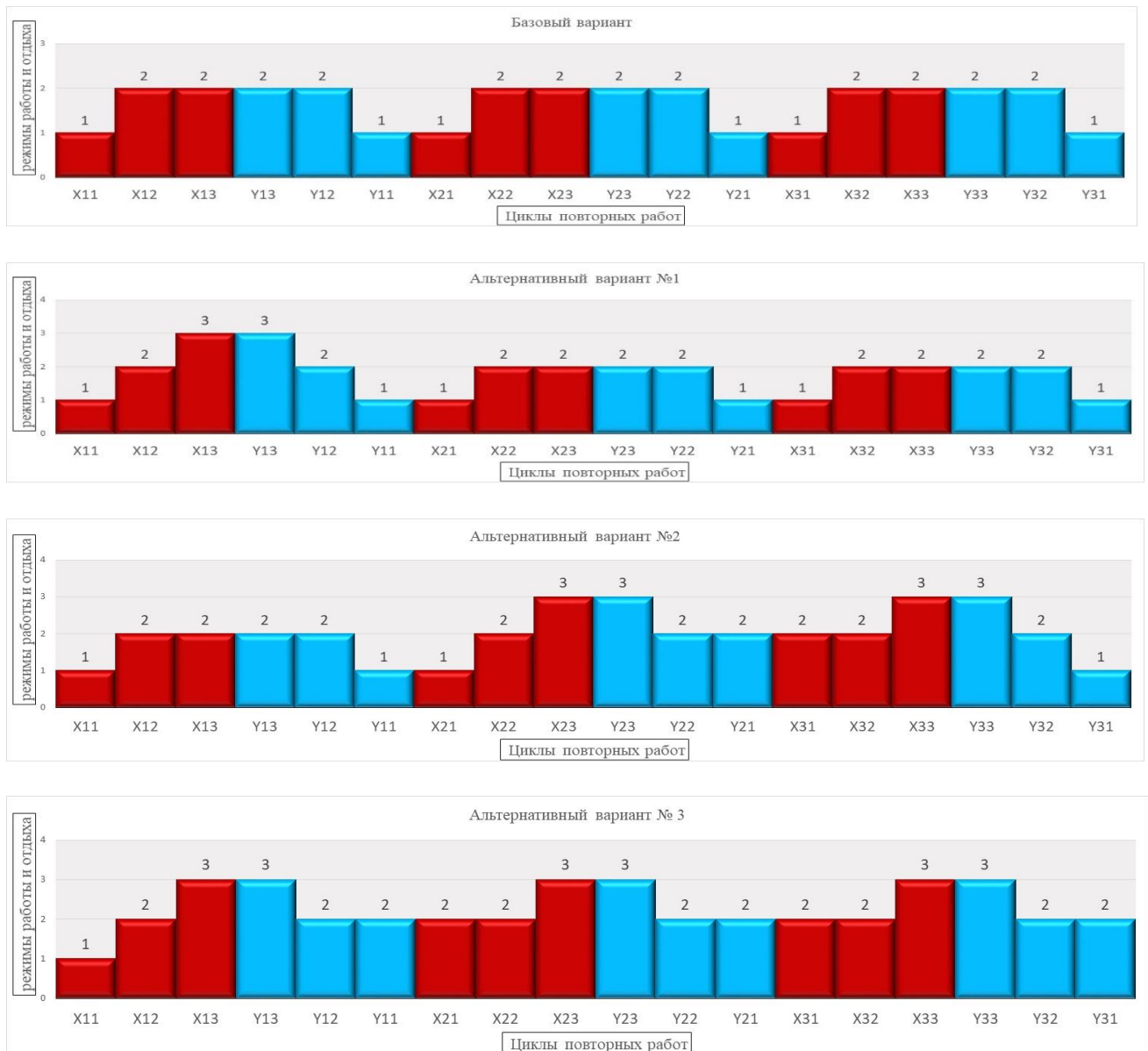


Рисунок 2.4 – Циклограммы планирования выполнения повторных циклических работ

Из анализа построенных циклограмм видно, что повторный рабочий процесс делится на три этапа: 1-й цикл – «работа-отдых», 2-й цикл – «работа – отдых» и 3-й цикл «работа – отдых». По циклограмме можно судить о сложности циклических работ и о полноте восстановления, которое происходит по окончании очередного этапа рабочего процесса. При этом сложность работ (красный цвет) оценивается по шкале: «1» – легкая работа, «2» – средняя работа, «3» – тяжелая работа. Аналогичным способом представлены процедуры восстановления после циклов работ (синий цвет): «1» – полное восстановление, «2» – частичное восстановление, «3» – без восстановления.

Имитационное моделирование в динамических системах распределения ресурсов, реализованное в пожаротушении при циклических работах газодымозащитников, позволило построить вариативные циклограммы, предоставляющие возможность выбора варианта режима труда и отдыха, которые оптимально распределяют время при проведении циклических работ в процессе работы в непригодной для дыхания среде. Методика оптимизации планирования ресурсами при циклических работах на пожаре предусматривает базовый и альтернативные варианты распределения времени (равномерное, от меньшего к большему, от большего к меньшему, недопустимый). Разработанная модель динамики режимов работы (нагрузки) и отдыха (восстановления) газодымозащитников объединяет уровни работоспособности исполнителей работ и время выполнения работы в том или ином режиме. Построенные циклограммы отображают векторную оценку состояний организма газодымозащитника на разных этапах циклов работ и статуса восстановления с характеристикой функционального состояния организма. Дискретно-событийная модель состояний газодымозащитников при циклических работах построена с учетом компонентов, отражающих принцип ее построения: тяжелая работа, средняя работа, легкая работа, полный отдых, частичный отдых, без отдыха. В зависимости от типа восстановления и видов выполняемых работ формируются различные режимы труда и отдыха. Разработанная технология оптимизации тактического планирования ресурсов на основе имитационного моделирования может быть

использована при проведении повторных (циклических) работ на крупных и затяжных пожарах.

2.2. Разработка критериев оценки режимов выполнения циклических работ при тушении пожаров

При выполнении пожарными физического труда в течение долгого периода времени может работать как одна группа мышц, так и несколько, при этом может происходить переутомление организма. Переутомление организма может вызвать принятие не правильных управленческих решений по тушению пожаров или действий по спасению людей. Для исключения переутомления организма пожарных при планировании длительных циклических работ необходимо учитывать их человеческие способности. Для успешного выполнения тактических задач при циклических работах на крупных и затяжных пожарах должен быть грамотно спланирован режим труда и отдыха звеньев ГДЗС с учетом их психофизических индивидуальных возможности (уровень работоспособности). Наиболее сложный процесс планирования циклических работ на пожарах – это грамотное распределение временных ресурсов режима труда и отдыха.

Работа пожарных на крупных и затяжных пожарах довольно часто проходит в непригодной для дыхания среде (НДС). Работа в НДС на крупных и затяжных пожарах может быть обусловлена неоднократным (повторным) включением в ДА, так как время защитного действия ДА не всегда позволяет выполнить поставленную тактическую задачу газодымозащитнику, связанную со спасением людей или ликвидацией пожара. Время защитного действия ДА зависит от типа дыхательного аппарата и объема баллона со сжатым воздухом.

В настоящее время пожарными при работе в НДС, в основном, применяются дыхательные аппараты со сжатым воздухом. Время защитного действия такого типа ДА зависит от объема баллона со сжатым воздухом. Расход воздушной смеси также зависит от степени усталости и уровня психофизической подготовки газодымозащитника, так как эти факторы влияют на частоту дыхания.

Таким образом, при циклических работах на пожарах в ходе планирования действий по тушению пожара необходимо учитывать не только параметры безопасности ДА, но и индивидуальные человеческие возможности газодымозащитника.

Расчет критерия планирования будет производиться по трем параметрам «Способность», «Возможность» и независимые факторы (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Структура критерия оценки планирования способности выполнения циклических работ на пожаре

Критерий «Способность» (восстанавливаемый критерий) показывает, сможет ли газодымозащитник выполнять поставленную задачу при повторном цикле работ, и достаточно ли он восстановился после первого и последующего цикла работ.

Критерий «Возможность» (невосстанавливаемый критерий) показывает, хватит ли газодымозащитнику дыхательных ресурсов в баллоне ДА на все время выполнения поставленных задач.

Однако стоит отметить, что при планировании циклических работ существуют и независимые факторы, такие как поломка ДА, плохое самочувствие газодымозащитника, угроза жизни и здоровью пожарного. При проявлении таких факторов работу начинать запрещено, и при формальной задаче управления они не могут быть учтены.

Нормированный «восстанавливаемый» критерий рассчитывается для каждого этапа в отдельности (у нас три этапа) по формулам (2.9–2.10):

$$L = \frac{1}{1+Rcn}; \quad (2.9)$$

$$R_{сп} = \frac{A_H X_1 + B_H X_2 + C_H X_3}{A_B Y_1 + B_B Y_2 + C_B Y_3}, \quad (2.10)$$

где A_H, B_H, C_H – коэффициенты выполнения циклов работ;

A_B, B_B, C_B – коэффициенты восстановления после выполнения циклов работ; $X_1, X_2,$

X_3 – векторные оценки этапа нагрузки, мин.;

Y_1, Y_2, Y_3 – векторные оценки этапа восстановления, мин..

Формулы для расчета данных коэффициентов приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Условия расчета критерия планирования по параметру «Способность»

Обозначение	Формула	Минимум	Максимум	Примечание
A_H $T_{P(1-2)}=T_P^*$	$A_H=1 \cdot (X_1/T_P^*)$	>0	1, так как X_1 по условию не может быть больше T^*	
B_H $T_{P(2-3)}=T_P^{**}$	$B_H=2 \cdot (X_2/T_P^{**})$	$=0$	2, так как X_1 по условию не может быть больше T^*	A_H+B_H максимально может быть равно 3
C_H	$C_H=3 \cdot (X_3/(T^{***}))$ $T^{***}=T_P^*+2 \cdot (T^{**}-T^*)$, но не более $4x$	$=0$	4	$A_H+B_H+C_H$ максимально не может быть более 7
A_B $T_{B(3-2)}=T_B^*$	$A_B=1 \cdot (Y_1/T_B^*)$	$=0$	1	
B_B $T_{B(2-3)}=T_B^{**}$	$B_B=2 \cdot (Y_2/T_B^{**})$	$=0$	2	
C_B	$C_B=3 \cdot (Y_3/(T^{***}))$ $T^{***}=T_P^*+2 \cdot (T^{**}-T^*)$, но не более $4x$	>0	4	$A_B+B_B+C_B$ максимально не может быть более 7

Нормированный критерий планирования по параметру «Способность» будет иметь значения при следующих условиях:

$K_R > 0$ и $K_R < 0,5$, когда числитель больше, чем знаменатель (нагрузка превышает восстановление).

$K_R = 0,5$: числитель равен знаменателю (нагрузка равна восстановлению).

$K_R > 0,5$ и $K_R < 1,0$, когда числитель меньше, чем знаменатель (нагрузка меньше восстановления).

Коэффициенты выполнения циклов работ при нагрузке и восстановлении выбраны таким образом, чтобы удовлетворять модифицированной (10-балльной) шкале Борга [72]. Сопоставление результатов расчета критерия L в совокупности с событиями в модели (S-N) и соответствующие им значения оценки по шкале Борга представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Сопоставление оценок по критерию L с оценками по шкале Борга

Наименование цикла работ	Буквенно-цифровое обозначение цикла	Оценка цикла по шкале Борга	Оценка цикла по критерию (L)
Легкая работа – полное восстановление	S11 – N31	1-2	0,85
Нормальная работа – полное восстановление	S12 – N22	3-4	0,66
Нормальная работа – частичное восстановление	S12 – N21	5	0,5
Тяжелая работа – полное восстановление	S13 – N13	5	0,5
Тяжелая работа – частичное восстановление	S13 – N12	6-7	0,33
Тяжелая работа – не восстановился	S13 – N11	8-9	0,14
Нормальная работа после частичного восстановления – полное восстановление	S21 – N22	3-4	0,66
Нормальная работа после частичного восстановления – частичное восстановление	S21 – N21	5	0,5
Тяжелая работа после частичного восстановления – полное восстановление	S22 – N13	5	0,5
Тяжелая работа после частичного восстановления – частичное восстановление	S22 – N12	6-7	0,33
Тяжелая работа после частичного восстановления – не восстановился	S22 – N11	8-9	0,14
Тяжелая работа без восстановления – полное восстановление	S31 – N13	5	0,5
Тяжелая работа без восстановления – частично восстановился	S31 – N12	6-7	0,33
Тяжелая работа без восстановления – не восстановился	S31 – N11	8-9	0,14

Нормированный («невосстанавливаемый») критерий «Возможность» рассчитывается также для каждого этапа по отдельности по следующим формулам (2.11–2.12).

$$L = \frac{1}{1 + W} ; \quad (2.11)$$

$$W = \frac{W_{\Phi}}{W_0} , \quad (2.12)$$

где W_0 – имеющийся запас ресурса (объем воздуха в баллоне дыхательного аппарата), л;

W_{Φ} – прогнозируемый запас ресурса, который будет израсходован в процессе реализации выбранной схемы циклической работы, л.

Расчет фактического расхода дыхательных ресурсов при циклических работах производится по следующей формуле (2.13):

$$W_{\Phi} = G_1 X_1 + G_2 X_2 + G_3 X_3 , \quad (2.13)$$

где – G_1, G_2, G_3 - расход дыхательных ресурсов при легкой, средней и тяжелой работе, л;

X_1, X_2, X_3 – циклы выполняемых циклических работ.

Для расчета данных критериев разработаны критические значения ресурсов по запасу воздуха на основе требований по запасу воздуха при работе в НДС, которые представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Критические значения ресурсов по запасу воздуха при работе в НДС

Критерий	Запас ресурса	Коэффициент запаса
0	1 (нет запаса)	0,5
150 %	1,5 (Полугорный запас)	0,6
200 %	2 (двойной запаса)	0,75

Если коэффициент запаса = 0,5, то циклическая работа в непригодной для дыхания среде будет выполняться без запаса дыхательных ресурсов; если коэффициент запаса = 0,6, то работа в НДС будет выполняться с полуторным запасом дыхательных ресурсов; если коэффициент запаса = 0,75, то работа газодымозащитников будет выполняться с двойным запасом дыхательных ресурсов.

Оценка риска невыполнения циклической работы при тушении пожара построена на общеизвестном утверждении, что риск является двумерной величиной. Поэтому правила оценки риска неудачи при выполнении циклических работ рассчитываются по формуле (2.9):

$$R = B(L)B(R), \quad (2.14)$$

где $B(L)$ и $B(R)$ – дискретные функции для балльной оценки критериев выбора.

Вербальные оценки риска представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Вербальные оценки риска

Значение риска R	Пренебрежим	Незначительный	Средний	Выше Среднего	Высокий	Недопустимый
Баллы R_i	«9»	«6»	«4»	«3»	«1–2»	«0»

Правила назначения баллов при оценке риска представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Правила назначения баллов при оценке риска

K	L	Условие	Баллы (BK)	Значение	Баллы (BL)
K^*	L^*	$K \in [0; K^*)$	«0»	$L \in [0; L^*)$	«0»
		$K \in [K^*; K^{**})$	«1»	$L \in [L^*; L^{**})$	«1»
K^{**}	L^{**}	$K \in [K^{**}; K^{***})$	«2»	$L \in [L^{**}; L^{***})$	«2»
K^{***}	L^{***}	$K \in [K^{***}; 1)$	«3»	$L \in [L^{***}; 1)$	«3»

По умолчанию в модели принято: $K^*=L^*=0,5$; $K^{**}=L^{**}=0,6$; $K^{***}=L^{***}=0,75$, но данные значения могут быть изменены на основе практики применения модели.

Для оценки риска способности реализации циклических работ при тушении пожаров разработана шкала, которая дает оценку выполнения поставленных задач по тушению пожаров или проведению аварийно-спасательных работ в комплексе по двум параметрам «Способность» и «Возможность». Разработанная шкала оценки риска коррелирует с общеизвестной шкалой оценки перцептивных реакций человека «Борга» (рисунок 2.6 а, рисунок 2.6 б, таблица 2.8), учитывающей только параметр «Способность».

Возможность	[0,75;1,00)	0	3	6	9
	[0,60;0,75)	0	2	4	6
	[0,50;0,6)	0	1	2	3
	[0,00;0,5)	0	0	0	0
		[0,0;0,5)	[0,5;0,6)	[0,6;0,75)	[0,75;1,00)
		Способность			

Рисунок 2.6 а – Шкала оценки риска способности реализации циклических работ на пожарах

Возможность	[0,75;1,00)	0	3	6	9
	[0,60;0,75)	0	2	4	6
	[0,50;0,6)	0	1	2	3
	[0,00;0,5)	0	0	0	0
		[0,0;0,5)	[0,5;0,6)	[0,6;0,75)	[0,75;1,00)
		Способность			

Рисунок 2.6 б – Шкала оценки риска способности реализации циклических работ на тренировочных занятиях

Для оценки риска способности реализации циклических работ при тушении пожаров и при проведении тренировочных занятий разработана шкала, которая дает оценку выполнения поставленных задач по тушению пожаров или проведению аварийно-спасательных работ, а также выполнению тренировочных упражнений в комплексе по двум параметрам «Способность» и «Возможность».

Шкала оценки риска способности реализации циклических работ на пожаре и тренировочных занятиях показывает, что если значение риска 9, то риск неудачи проведения работ оценивается понятием «Пренебрежим». Если оценка риска 6 или 4, то риск оценивается, как «Незначительный». Если оценка риска 3, то риск «Средний». Если оценка риска 2, то риск будет «Выше среднего». Если оценка риска 1, то риск «Высокий», и если 0, то выполнение работ «Недопустимо». В

случае проведения тренировочных занятий при оценке от 0 до 3 выполнение циклических упражнений не рекомендовано.

Разработанный критерий для оценки способности реализации циклических работ при тушении пожаров и при проведении профессиональной подготовки позволяет качественно планировать тактические действия по тушению пожаров с выполнением циклических работ, а также эффективно планировать тренировочные занятия газодымозащитников в рамках профессиональной подготовки

2.3. Функциональная структура программного комплекса

Рассматривая информационную часть комплекса информационно-технических решений с позиций системного анализа, стоит отметить, что это иерархическая, многоуровневая система сбора и анализа данных, которая состоит из двух основных подсистем: подсистемы оценки вариантов реализации циклических работ и подсистемы анализа вариантов реализации циклических работ. Для описания структуры информационно-технической системы воспользуемся блочно-модульным подходом. Для этого построим блочно-модульную структуру информационной системы, которая предполагает декомпозицию общей структуры системы на функциональные модули с определением их содержания в виде совокупности блоков, а также связи с другими модулями в процессе определения основных подсистем информационной системы. На рисунке 2.7 представлена общая структура программного комплекса.

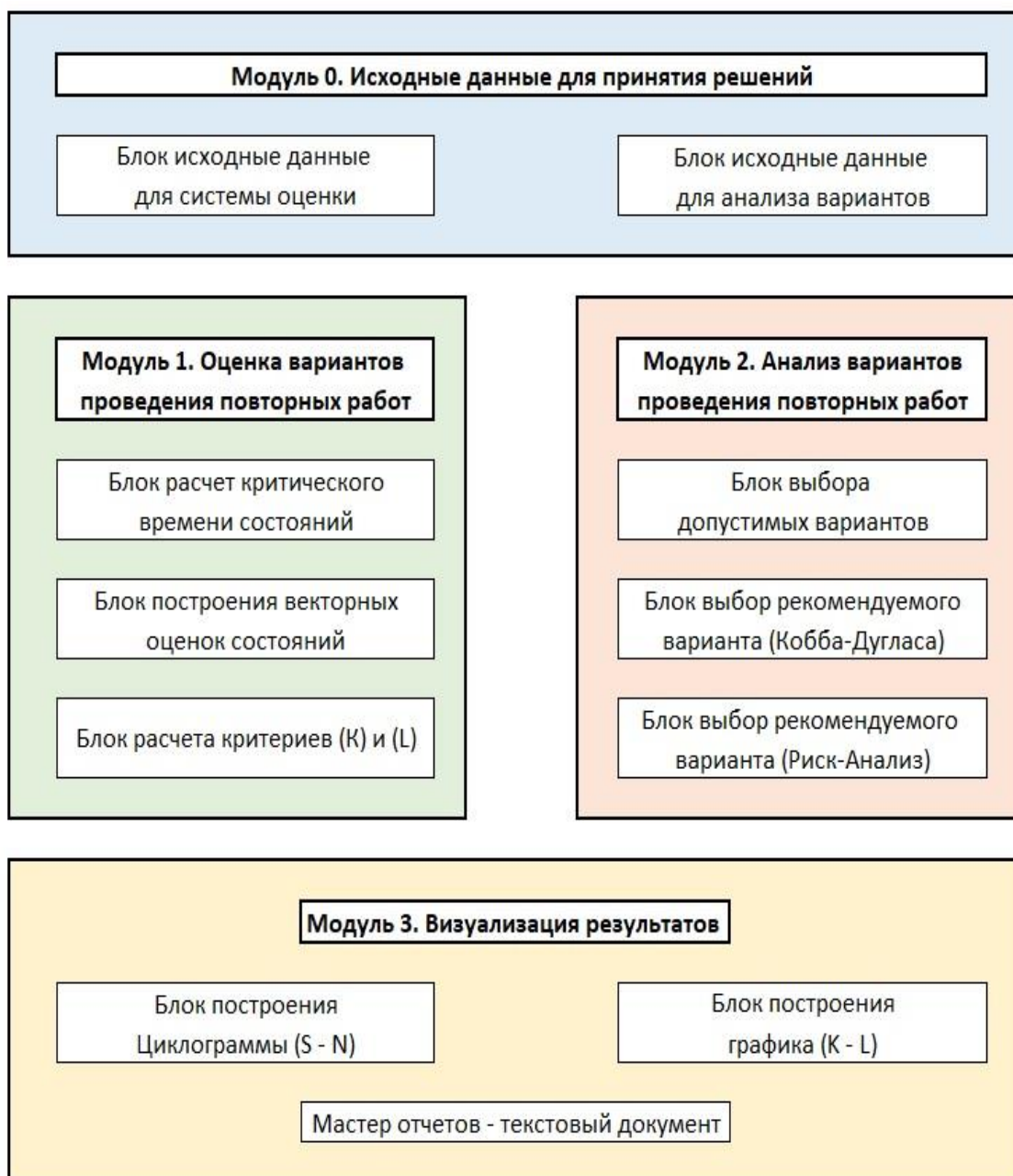


Рисунок 2.7 – Блочно-модульная структура информационного комплекса

Структура программного комплекса состоит из четырех основных модулей, каждый из которых классифицируется по назначению: подготовительный; основной и обеспечивающий. Описание характеристик элементов блочно-модульной структуры программного комплекса представлено в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Характеристика элементов блочно-модульной структуры программного комплекса

Название	Модуль 0. «Исходные данные для принятия решений»	Модуль 1. «Оценка вариантов проведения циклических работ»	Модуль 2. «Анализ вариантов проведения циклических работ»	Модуль 3. «Визуализация результатов»
Классификация	Подготовительный	Основной		Обеспечивающий
Цель модуля	Подготовка исходных данных	Формирование векторных оценок вариантов по критериям К и L	Многоуровневый анализ для определения допустимых и рекомендуемых вариантов	Обеспечение удобного восприятия результатов анализа
Содержание модуля (блоки)	Блок исходных данные для оценки вариантов	Блок расчета критического времени состояний	Блок выбора допустимых вариантов	Блок построения циклограммы (N - S)
	Блок исходных данных для анализа вариантов	Блок построения векторных оценок	Блок выбора рекомендуемого варианта с использованием функции Кобба-Дугласа	Блок построения графика (K - L)
	Справочная информация для формирования рекомендаций	Блок расчета критериев К и L	Блок выбора рекомендуемого варианта с использованием функции «Риск-Анализ»	Блок мастера отчета о результатах оценки и анализа вариантов
Результат работы модуля	Подготовленные и структурированные данные, необходимые для оценки и анализа режимов работы	Векторные оценки вариантов реализации циклических работ по критериям (K и L)	Выбор наилучшего варианта реализации циклических работ и предоставление рекомендаций по его реализации	Структурированные и удобные для восприятия результаты анализа и оценки циклических работ

Исходя из цели, которую реализуют модули программного комплекса, модули объединены в тематические подсистемы: подсистема 1 – «Комплексная оценка вариантов проведения циклических работ»; подсистема 2 – «Многоуровневый анализ вариантов проведения циклических работ». Распределение блоков модулей по тематическим подсистемам представлено в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Распределение блоков программного комплекса по подсистемам

Наименование подсистемы Модули	Подсистема 1. «Комплексная оценка вариантов проведения циклических работ»	Подсистема 2. «Многоуровневый анализ вариантов проведения циклических работ»
Модуль 0. «Исходные данные для принятия решений»	Блок исходные данные для системы оценки	Блок исходные данные для анализа вариантов
Модуль 1. «Оценка вариантов проведения циклических работ»	Блок расчет критического времени состояний Блок построения векторных оценок состояний (S) и (L) Блок расчета критериев (K) и (L)	Не присутствует в подсистеме
Модуль 2. «Анализ вариантов проведения циклических работ»	Не присутствует в подсистеме	Блок выбора допустимых вариантов Блок выбор рекомендуемого варианта (Кобба-Дугласа) Блок выбор рекомендуемого варианта (Риск-Анализ)
Модуль 3. «Визуализация результатов»	Блок построения Циклограммы (S–N) Блок построения графика (K–L)	Мастер отчетов – текстовый документ

Визуальное представление алгоритмической структуры программного комплекса предусматривает декомпозицию на несколько основных слоев-уровней, то есть представляет информационную систему в виде многоуровневой (слоистой) архитектуры программного комплекса (layered system). При этом каждый слой выполняет определенную функцию, обладает строго определенными отношениями с другими слоями и может быть изменен без влияния или незначительным влиянием на другие слои. В рассматриваемом случае целесообразно определить три основных слоя:

Слой C0 – «Исходные данные» (Data Access Layer), который предоставляет доступ к данным, необходимым для оценки и анализа вариантов циклических работ. Данный слой хранит данные о значениях параметров расчета, указанных по умолчанию, и позволяет взаимодействовать с реляционными базами данными, а также может быть адаптирован под взаимодействие с системами мониторинга безопасности пожарных. Данный слой в архитектуре программного комплекса отвечает за отображение той части пользовательского интерфейса, которая предназначена для обработки пользовательского ввода исходных данных.

Слой C1 – «Вычислительный слой», включает в себя совокупность математических моделей, алгоритмов и правил (механизмов) управления для реализации целей основных подсистем программного комплекса. Данный слой не участвует в пользовательском интерфейсе, вычислительные процедуры скрыты от пользователя, однако в программном комплексе представлен блок – «Мастер отчета», в котором пользователь может получить как основные, так и второстепенные (промежуточные) результаты расчета.

Слой C2 – «Результаты вычислений» (Presentation layer) – в совокупности включает в себя часть пользовательского интерфейса, выводит результаты совокупного взаимодействия слоев C0 и C1 (несущих основную функциональную нагрузку программного комплекса).

2.4. Практические рекомендации по применению программного обеспечения планирования циклических работ при тушении пожаров

Практическое применение разработанных методов планирования и оценки тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в непригодной для дыхания среде реализуется с помощью программного комплекса управления профессиональными рисками при организации проведения циклических работ на пожаре (далее – программный комплекс).

Программный комплекс предназначен для аналитической обработки данных при выполнении циклических работ при тушении пожаров. Цель работы программного комплекса – выбор наиболее предпочтительного варианта режима

проведения циклических работ с учетом предполагаемых рисков с целью повышения безопасности труда пожарных и планирования тактики тушения пожаров.

Интерфейс программного комплекс представлен на рисунке 2.8.

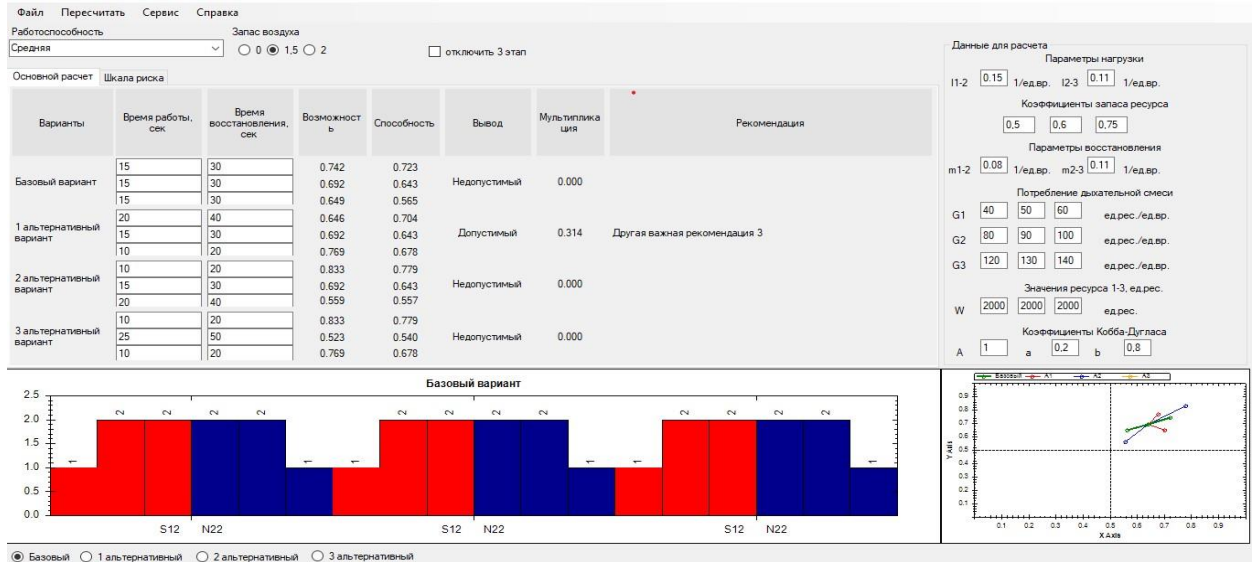


Рисунок 2.8 – Интерфейса программного комплекса

Данный программный комплекс может применяться для системы планирования тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в непригодной для дыхания среде. С помощью моделей динамики режимов работы (нагрузки) и отдыха (восстановления) и дискретно-событийной модели физических состояний программный комплекс с учетом времени восстановления и уровня работоспособности: 1) определяет интенсивности переходов из одного режима работы в другой; 2) графически идентифицируют на циклограмме состояния режимов труда и отдыха при циклических работах в НДС; 3) с помощью критерия планирования и по шкале риска оценивает варианты выполнения циклических работ.

Рассмотрим алгоритм работы программного обеспечения планирования тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в непригодной для дыхания среде (рисунок 2.9).

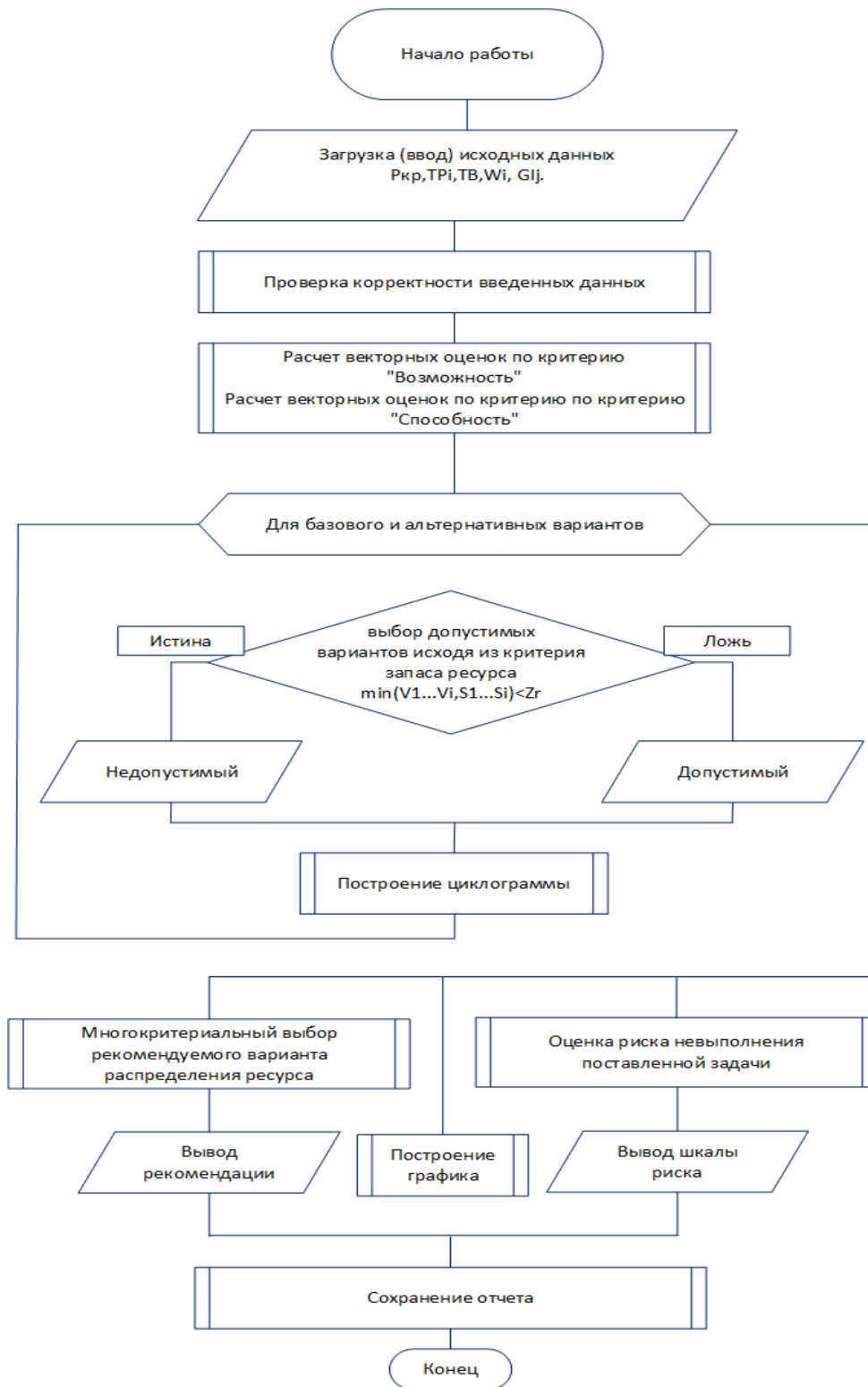


Рисунок 2.9 – Алгоритм работы программного обеспечения

Во вкладке исходные данные (ИД) вносятся временные показатели вариантов выполнения циклических работ, уровень физической работоспособности газодымозащитников, коэффициент запаса дыхательных ресурсов (рисунок 2.10),

предполагаемое потребление дыхательных ресурсов участниками тушения пожара и объем баллона применяемого дыхательного аппарата на каждый цикл выполняемых работ (рисунок 2.11).

Работоспособность: Средняя Запас воздуха: 0 1,5

Основной расчет | Шкала риска

Варианты	Время работы, сек	Время восстановления, сек
Базовый вариант	15	30
	15	30
	15	30
1 альтернативный вариант	20	30
	15	30
	10	30
2 альтернативный вариант	10	30
	15	30
	20	30
3 альтернативный вариант	25	30
	10	30
	5	30

Рисунок 2.10 – Ввод исходных данных временных показателей и уровня работоспособности

Потребление дыхательной смеси

G1	40	50	60	ед.рес./ед.вр.
G2	80	90	100	ед.рес./ед.вр.
G3	120	130	140	ед.рес./ед.вр.

Значения ресурса 1-3, ед.рес.

W	2000	2000	2000	ед.рес.
---	------	------	------	---------

Рисунок 2.11 – Ввод исходных данных по потреблению дыхательной смеси и объему баллона

Ввод временных показателей режима труда и отдыха при выполнении циклических работ в НДС происходит следующим образом: в базовый вариант вводится равномерное распределение времени выполнения каждого этапа работ. Альтернативный вариант № 1 предусматривает уменьшение времени работ на каждом из этапов, в альтернативном варианте № 2, наоборот, происходит увеличение времени выполнения работ, альтернативный вариант № 3 является деструктивным, т. е. предназначен для анализа исходных данных. Альтернативный вариант № 3 не должен быть допустимым и не илжет быть рекомендован разработанной системой оценки.

Потребление дыхательной смеси вносится в ручном режиме на основе детерминированного подхода [77]. Объем баллона заносится также вручную и зависит от вида применяемого дыхательного аппарата со сжатым воздухом.

После ввода ИД программное обеспечение проводит проверку на их корректность и с помощью математических моделей проводит расчет векторных оценок по параметрам «Способность» и «Возможность» (рисунок 2.12) и делает выбор допустимых значений для вариантов (базовый, альтернативные) выполнения циклических работ в НДС исходя из заданного запаса ресурса.

Возможность	Способность	Вывод
0.742	0.723	
0.692	0.643	Допустимый
0.649	0.613	
0.646	0.630	
0.692	0.643	Допустимый
0.769	0.759	
0.833	0.834	
0.692	0.643	Недопустимый
0.559	0.467	
0.432	0.334	
0.690	0.690	Недопустимый
0.870	0.863	

Рисунок 2.12 – Иллюстрация поиска допустимых значений

В программном комплексе также предусмотрено графическое отображение расчётных значений векторных оценок (рисунок 2.13).

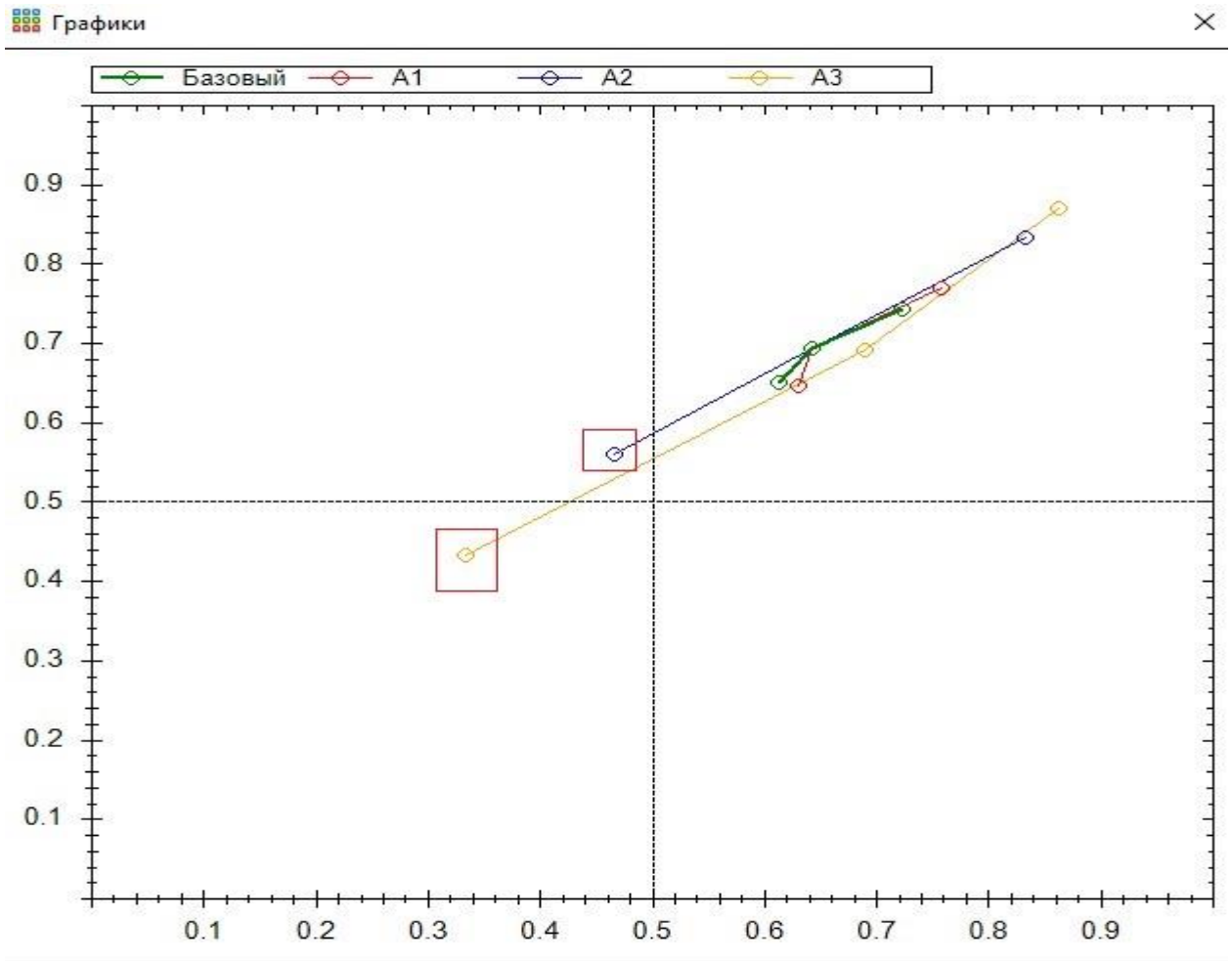


Рисунок 2.13 – Графическое отображение векторных оценок

Для иллюстрации вариативности режимов труда и отдыха газодымозащитников при циклических работах в программном комплексе проводится построение циклограмм для всех рассматриваемых вариантов проведения работ. Пример построения циклограмм в программном комплексе представлен на рисунке 2.14.

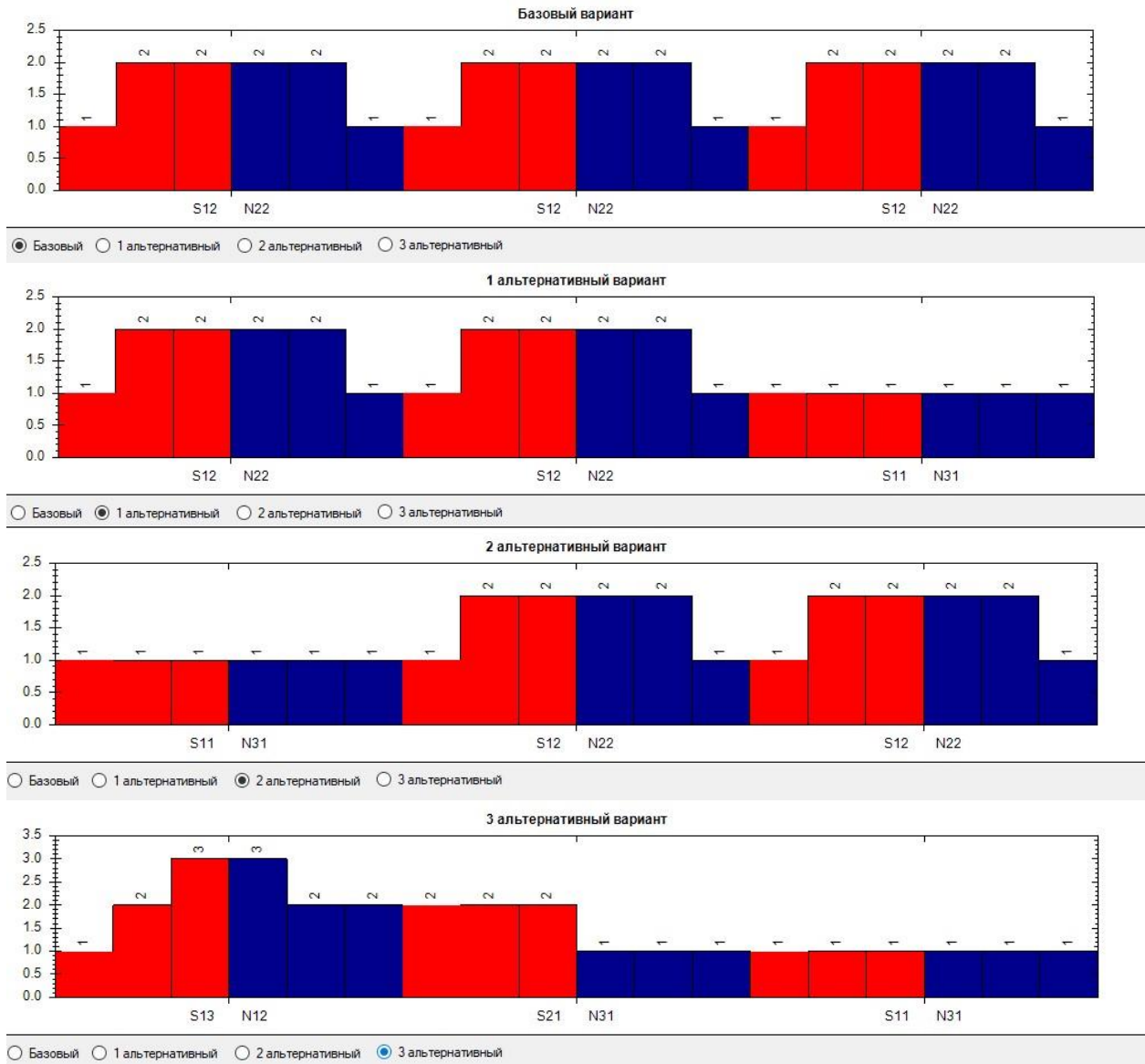


Рисунок 2.14 – Построение циклограмм в программном комплексе

По построенным в программе циклограммам можно судить о сложности циклических работ и о полноте восстановления, которое происходит по окончании очередного этапа рабочего процесса. При этом сложность работ (красный цвет) оценивается по шкале: «1» – легкая работа, «2» – средняя работа, «3» – тяжелая работа. Аналогичным способом представлены процедуры восстановления после циклов работ (синий цвет): «1» – полное восстановление, «2» – частичное восстановление, «3» – без восстановления. В циклограмме также иллюстрируется буквенно-цифровое отображение цикла работ и восстановления.

Для оценки риска способности успешной реализации циклических работ при тушении пожаров при циклической работе в программном комплексе применяется разработанная шкала риска, которая верифицируется со общепринятой шкалой оценки перцептивных реакций человека «Борга». Шкала риска в программном комплексе находится в отдельной вкладке и представлена на рисунке 2.15.

Работоспособность: Средняя

Запас воздуха: 0 1.5 2 (1.5 selected)

отключить 3 этап

Основной расчет: Шкала риска

Базовый вариант	2	2	4	Незначительный
	2	2	4	Незначительный
	2	2	4	Незначительный
1 альтернативный вариант	2	2	4	Незначительный
	2	2	4	Незначительный
	3	3	9	Пренебрежим
2 альтернативный вариант	3	3	9	Пренебрежим
	2	2	4	Незначительный
	1	0	0	Недопустимый
3 альтернативный вариант	0	0	0	Недопустимый
	2	2	4	Незначительный
	3	3	9	Пренебрежим

Рисунок 2.15 – Шкала оценки рисков в программном комплексе

Из рисунка видно, что в альтернативных вариантах № 2 и № 3 при выполнении циклических работ прогнозируется недопустимый риск на первом и третьем цикле как по параметру «способность», так и по параметру «возможность».

Вывод рекомендации многокритериального выбора в программном комплексе представлен на рисунке 2.16.

Основной расчет		Шкала риска							
Варианты	Время работы, сек	Время восстановления, сек	Возможность	Способность	Вывод	Мультипликатор	Рекомендация		
Базовый вариант	15	30	0.742	0.723	Допустимый	0.276			
	15	30	0.692	0.643					
	15	30	0.649	0.565					
1 альтернативный вариант	20	30	0.646	0.630	Допустимый	0.314	Наиболее оптимальный вариант		
	15	30	0.692	0.643					
	10	30	0.769	0.759					
2 альтернативный вариант	10	30	0.833	0.834	Недопустимый	0.000			
	15	30	0.692	0.643					
	20	30	0.559	0.467					
3 альтернативный вариант	35	30	0.432	0.334	Недопустимый	0.000			
	10	30	0.690	0.690					
	5	30	0.870	0.863					

l1-2	<input type="text" value="0.15"/>	1/ед.вр.	l2-3	<input type="text" value="0.11"/>	1/ед.вр.
Коэффициенты запаса ресурса					
	<input type="text" value="0.5"/>		<input type="text" value="0.6"/>		<input type="text" value="0.75"/>
Параметры восстановления					
m1-2	<input type="text" value="0.08"/>	1/ед.вр.	m2-3	<input type="text" value="0.11"/>	1/ед.вр.
Потребление дыхательной смеси					
G1	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="60"/>	ед.рес./ед.вр.	
G2	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="90"/>	<input type="text" value="100"/>	ед.рес./ед.вр.	
G3	<input type="text" value="120"/>	<input type="text" value="130"/>	<input type="text" value="140"/>	ед.рес./ед.вр.	
Значения ресурса 1-3, ед.рес.					
W	<input type="text" value="2000"/>	<input type="text" value="2000"/>	<input type="text" value="2000"/>	ед.рес.	
Коэффициенты Кобба-Дугласа					
A	<input type="text" value="1"/>	a	<input type="text" value="0.2"/>	b	<input type="text" value="0.8"/>

Рисунок 2.16 – Вывод рекомендации многокритериального выбора

Из рисунка видно, что наиболее предпочтительным вариантом режима труда и отдыха при циклических работах является альтернативный вариант № 2, так как его расчетное значение самое большое из всех допустимых. Данный режим работы предусматривает уменьшение время работ в циклах от большего к меньшему, первый цикл 20 минут, второй 15 минут и третий 10 минут, время отдыха везде остается неизменным 30 минут.

Результаты проведенных программном комплексом расчетов сохраняются в отчете в формате PDF. В отчете формируется три раздела:

Раздел 1. Анализ и планирование циклических работ на пожаре в условиях НДС. Цель данного раздела – определить наличие или отсутствие допустимых вариантов реализации циклических работ на пожаре в условиях НДС.

Раздел 2. Рекомендации для тактической подготовки пожарных. Цель данного раздела состоит в выборе рекомендуемого варианта реализации циклических работ из допустимых. Рекомендуемый вариант необходим для разработки плана проведения профессиональной подготовки пожарных для повышения устойчивости организма к выбранному режиму проведения циклических работ.

Раздел 3. Оценка условий охраны труда. Цель данного раздела – оценить величину профессионального риска при проведении циклических работ на пожаре в условиях НДС, что необходимо при обеспечении охраны труда и разработки системы мероприятий, необходимых для обеспечения сохранения жизни и здоровья пожарных в процессе выполнения трудовой деятельности, связанной с циклическими работами в условиях НДС.

Информация, представленная в отчете, позволит сопоставлять прогнозируемые и фактические значения оценок реализации циклической работы на пожаре и в дальнейшем корректировать режимы труда и отдыха при выполнении циклических работ на основе сопоставления данных.

При условии, что все запланированные режимы труда и отдыха циклических работ являются недопустимыми, в программном комплексе имеется функция планирования работ только на два цикла. Реализация данной функции представлена на рисунке 2.17.

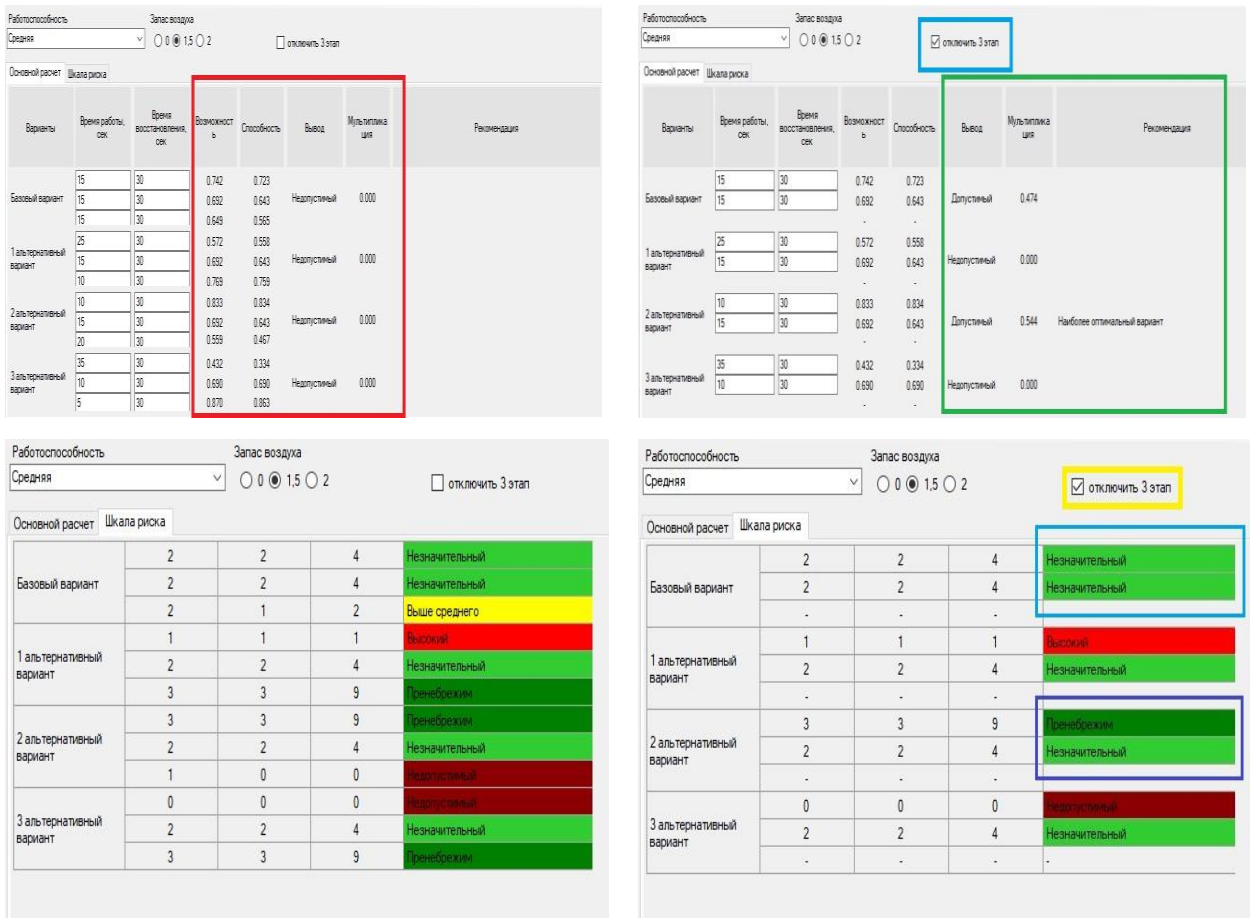


Рисунок 2.17 – Функция отключения третьего этапа

Разработанный программный комплекс повысит качество планирования тактики тушения пожаров с применением циклических работ. Это будет достигнуто путем внедрения в процесс планирования циклических работ при тушении пожаров автоматизированных средств расчета временных показателей оптимальных режимов труда и отдыха. С помощью шкалы оценки риска способности успешной реализации циклических работ в НДС в программном комплексе визуально можно спрогнозировать степень опасности выполнения работ.

2.5. Выводы по главе 2

1. Имитационное моделирование в динамических системах распределения ресурсов, реализованное в пожаротушении при циклических работах газодымозащитников, позволило оптимально распределять время при проведении циклических работ в непригодной для дыхания среде. Методика оптимизации тактического планирования ресурсов при циклических работах на пожаре предусматривает базовый и альтернативные варианты распределения времени. Разработанная модель динамики режимов работы (нагрузки) и отдыха (восстановления) газодымозащитников объединяет уровни работоспособности исполнителей работ и время выполнения работы в том или ином режиме. Дискретно-событийная модель состояний газодымозащитников при циклических работах разработана с учетом компонентов, отражающих принцип ее построения: тяжелая работа, средняя работа, легкая работа, полный отдых, частичный отдых, без отдыха. В зависимости от типа восстановления и видов выполняемых работ формируются различные режимы труда и отдыха. Разработанная технология оптимизации тактического планирования ресурсов на основе имитационного моделирования может быть использована при проведении повторных (циклических) работ на крупных и затяжных пожарах.

2. Разработанный критерий оценки, реализованный в пожаротушении при циклических работах газодымозащитников, позволит более качественно и безопасно выполнять тактические задачи пожарными подразделениями при

тушении крупных и затяжных пожаров. Разработанный критерий объединяет два параметра, основанных на технических возможностях дыхательного аппарата и способности газодымозащитника выполнять циклические работы. Данный критерий оптимально учитывает риски возникновения деструктивных событий при реализации циклических работ в непригодной для дыхания среде с учетом не только времени защитного действия ДА (критерий К), но и способности газодымозащитника (критерий L) выполнять поставленные задачи по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. Критерий, учитывающий способность газодымозащитника выполнять работы с учетом нагрузки и восстановления хорошо сопоставляется с общеизвестной шкалой оценки перцептивных реакций «Борга». Разработанная шкала риска на основе параметров «Способность» и «Возможность» позволяет более качественно оценивать реализацию циклических работ газодымозащитниками на крупных и затяжных пожарах, а также в процессе проведения учебно-тренировочных занятий. В зависимости от оценки риска реализации циклических работ шкала показывает, каким риском можно пренебречь и при каком риске реализация работ запрещена.

3. Разработанный программный комплекс повысит качество планирования тактики тушения пожаров с применением циклических работ. Это будет достигнуто путем внедрения в процесс планирования тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в НДС автоматизированных средств расчета временных показателей оптимальных режимов труда и отдыха, а также автоматического многокритериального выбора предпочтительных вариантов работ. С помощью шкалы оценки риска способности реализации циклических работ в НДС в программном комплексе визуально можно спрогнозировать степень опасности выполнения работ.

ГЛАВА 3. КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПЛАНИРОВАНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ РАБОТ В ПРОЦЕССЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

3.1. Практические рекомендации по применению полученных результатов исследования

Для планирования тактики проведения циклических работ при тушении пожаров разработана структурная схема (рисунок 3.1).

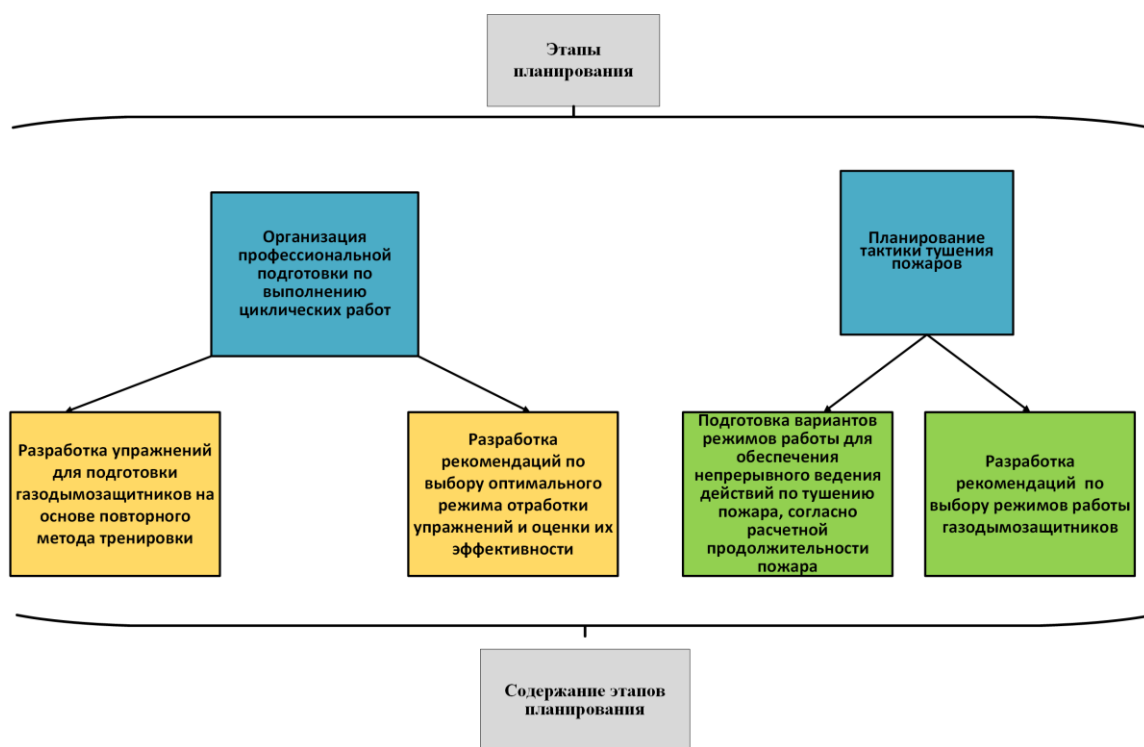


Рисунок 3.1 – Структурная схема тактики проведения циклических работ при тушении пожаров

Структура планирование тактики проведения циклических работ на пожарах состоит из двух этапов:

1 этап. Организация профессиональной подготовки по выполнению циклических работ, который включает в себя:

- разработку упражнений для подготовки газодымозащитников на основе повторного метода тренировки;

- разработку рекомендаций по выбору оптимального режима отработки упражнений и оценки их эффективности.

2 этап. Планирование тактики тушения пожаров, который включает в себя:

- подготовку вариантов режимов работы для обеспечения непрерывного ведения действий по тушению пожара согласно расчетной продолжительности пожара;

- разработку рекомендаций по выбору режимов работы газодымозащитников.

Рассмотрим, как реализовано на практике планирование циклических работ при тушении пожаров.

Рабочие процессы при тушении пожаров требуют от личного состава пожарной охраны работы в условиях непригодной для дыхания среды (НДС), чрезмерных физических и психологических нагрузок.

К этим нагрузкам добавляется то, что пожарным, работающим на крупных и затяжных пожарах, часто приходится повторно выходить в зону непригодной для дыхания среды с минимальным временем восстановления физической работоспособности. Непрерывная повторная рабочая деятельность в процессе тушения пожара без должного физического восстановления подвергает пожарных риску возникновения различных симптомов из-за накопления усталости, таких как задержка реакции на раздражитель, снижение двигательной функции, повышенное потребление ресурсов в дыхательном аппарате. Появление таких симптомов на месте тушения пожара может привести к серьезным последствиям, возникающим в результате ошибок в индивидуальном восприятии уровней возникающих опасностей.

Поэтому актуальными являются вопросы оценки реализации повторных включений газодымозащитниками с учётом критерия способности пожарных их выполнять (критерий «Способность») и критерия, учитывающего возможность дыхательного аппарата как можно дольше выполнять свои защитные функции (критерий «Возможность») при планировании тактики тушения пожаров.

Для практического применения разработанных методов планирования и

оценки тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в непригодной для дыхания среде разработан программный комплекс управления профессиональными рисками при организации проведения повторных включений газодымозащитниками [114].

Для применения полученных результатов научного исследования предлагается решить пожарно-тактическую задачу (ПТЗ).

Для её решения используются следующие исходные данные. Требуется определить необходимое количество звеньев газодымозащитной службы при тушении пожара в течение 180 мин. (расчётная продолжительность пожара) с учётом требования непрерывного ведения действий по тушению пожара.

Определим исходные данные для критерия L – способность. Для определения исходных данных по критерию L был проведен двухфакторный эксперимент [113]. Экспериментальное тестирование проводилось во время проведения тренировочных заданий в процессе изучения дисциплины «Организация газодымозащитной службы» у курсантов третьего года обучения Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Среднее время динамики функциональных состояний определяется по формуле (3.1):

$$T_m = T_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_{12} X_1 \cdot X_2 , \quad (3.1)$$

где T_0 – начальное значение времени динамики состояний, мин.;

$\beta_1, \beta_2, \beta_{12}$ – коэффициенты факторной модели – приращение среднего времени динамики состояний при вариации факторов;

X_1 – фактор работоспособности пожарного ($X_1 = -1$ – высокая работоспособность; $X_1 = 1$ – средняя работоспособность);

X_2 – фактор этапа работы ($X_2 = -1$ – первичный этап; $X_2 = 1$ – повторный этап).

Результаты исследования влияния факторов позволили сформировать массив коэффициентов факторной модели и начального среднего времени динамики состояний. Результаты представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Коэффициенты факторных моделей

Состояния	T_0 , мин.	β_1 , мин.	β_2 , мин.	β_{12} , мин.
1 → 2	4,50	-1,17	-0,45	0,00
2 → 3	4,80	-1,07	-0,67	0,00
3 → 2	5,93	0,60	0,53	0,00
2 → 1	6,08	0,28	0,58	0,17

Рассчитаем исходные данные для дискретно-событийной модели. Рассчитанные исходные данные приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Исходные данные для моделирования

Среднее время, мин	Высокий уровень работоспособности					
	Этапы работы		Исходные данные (Модель 1)			
	Первичный	Повторный				
$T_{m(1 \rightarrow 2)}$	5,28	4,38	$\lambda_{1 \rightarrow 2}$	0,19	K_{H1}	1,21
$T_{m(2 \rightarrow 3)}$	6,53	5,2	$\lambda_{2 \rightarrow 3}$	0,15	K_{H2}	1,26
$T_{m(2 \rightarrow 1)}$	4,8	5,87	$\mu_{2 \rightarrow 1}$	0,21	K_{B1}	1,22
$T_{m(3 \rightarrow 2)}$	5,38	6,22	$\mu_{3 \rightarrow 2}$	0,19	K_{B2}	1,16
Средний уровень работоспособности						
	Первичный	Повторный	Исходные данные (Модель 2)			
$T_{m(1 \rightarrow 2)}$	2,95	2,05	$\lambda_{1 \rightarrow 2}$	0,34	K_{H1}	1,44
$T_{m(2 \rightarrow 3)}$	4,4	3,07	$\lambda_{2 \rightarrow 3}$	0,23	K_{H2}	1,43
$T_{m(3 \rightarrow 2)}$	6	7,07	$\mu_{3 \rightarrow 2}$	0,17	K_{B1}	1,18
$T_{m(2 \rightarrow 1)}$	5,62	7,12	$\mu_{2 \rightarrow 1}$	0,18	K_{B2}	1,27

С помощью полученного массива коэффициентов факторных моделей рассчитаны исходные данные для дискретно-событийной модели (критерий L). Для моделирования полученные исходные данные по критерию L вводим в программный комплекс.

В качестве исходных данных по критерию K выбран дыхательный аппарат с объемом баллона ($V_6=6,8$ (л)) и максимальным давлением в баллоне ($P_{вкл}=300$ (атм)), при этом давление, необходимое для устойчивой работы редуктора, составляло ($P_{ред}=10$ (атм)). Объем воздуха, который израсходует каждый из газодымозащитников звена за 45 минут с учетом коэффициента сжимаемости воздуха, составит величину 1800 (л) при допущении, что средний расход воздуха остается неизменным в процессе работы – 40 л/мин.

Блок ввода исходных данных в программном комплексе будет иметь следующий вид (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Ввод исходных данных в программном комплексе

Параметры их работы предложены в работе [111] и соответствуют данным, приведенным в таблице 3.7.

Таблица 3.3 – Параметры работы ГДЗС в пожарно-тактической задаче

Работа в НДС $t_{ндс}=t_1+t_2+t_4=$ $=30+5+10=45$ (мин.)	t_1 – минимальный ресурс ДАСВ одного из газодымозащитников в звене с учётом возможности выхода из зоны задымления	30 (мин.)
	t_2 – время выхода из зоны задымления (позиции подачи ОТВ) к месту восстановления готовности (КПП ГДЗС)	5 (мин.)
	t_4 – время возвращения звена ГДЗС на позицию подачи огнетушащих веществ	10 (мин.)
Работа на свежем воздухе ($t_3=20$ (мин.))	t_3 – время восстановления готовности (замены баллонов или закачки в них воздуха компрессором)	20 (мин.)

По мнению автора [111], сумма времён $t_y = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ является длительностью цикла (t_y) работы звена ГДЗС. Автор предлагает оценивать минимально необходимое число звеньев ГДЗС для обеспечения непрерывной работы на позициях подачи огнетушащих веществ по формуле (3.2):

$$N_{ГДЗС} = 1 + Ц\left(\frac{t_y}{t_1}\right), \quad (3.2)$$

где $Ц(X)$ – функция, возвращающая целую часть аргумента X .

Тогда количество включений (циклов работы) в дыхательный аппарат представляется возможным оценить по формуле (3.3):

$$N_{ВКЛ} = O\left(\frac{t_{m.n.}}{N_{ГДЗС} \cdot t_1}\right), \quad (3.3)$$

где $O(X)$ – функция округления аргумента X до большего целого;

$t_{m.n.}$ – расчётная продолжительность тушения пожара.

Тушение пожара (работу в непригодной для дыхания среде) необходимо проводить все время (расчётная продолжительность пожара для города 180 (мин.)).

Определим, при каких условиях проведения циклических работ в непригодной для дыхания среде возможен предложенный замысел решения ПТЗ.

Выберем дыхательный аппарат со сжатым воздухом (ДАСВ) с объёмом баллона ($V_б = 6,8$ (л)) и максимальным давлением в баллоне ($P_{вкл} = 300$ (атм)) при этом давлении, необходимое для устойчивой работы редуктора, ($P_{ред} = 10$ (атм)). Учитывая, что коэффициент сжимаемости воздуха ($K_{сж} = 1,1$), средний расход воздуха ($G = 40$ (л/мин)), время работы в НДС составит $T_p = 45$ (мин.). Значение времени работы определим по формуле (3.4):

$$T_p = \frac{(P_{вкл} - P_{ред})V_б}{K_{сж} \cdot G} = \frac{(300 - 10) \cdot 6,8}{1,1 \cdot 40} = 45 \text{ (мин.)}. \quad (3.4)$$

Указанные данные полностью удовлетворяют замыслу пожарно-тактической задачи.

Определим исходные данные для расчёта критерия возможности проведения действий по данным, указанным в замысле ПТЗ. В результате сформируем исходные данные для расчёта критерия «Возможность». Объём воздуха, который израсходует каждый из газодымозащитников звена за 45 минут с учётом коэффициента сжимаемости воздуха, составит величину 1800 (л) при допущении, что средний расход воздуха остается неизменным в процессе работы 40 л/мин.

Объём воздуха (объём ресурса) определили по формуле (3.5):

$$W = \frac{(P_{\text{вкл}} - P_{\text{ред}})V_{\text{б}}}{K_{\text{сж}}} = \frac{(300 - 10) \cdot 6,8}{1,1} = 1800 \text{ (л)}. \quad (3.5)$$

Разработанные варианты повторных включений газодымозащитниками при заданных условиях с вариацией режимов выполнения работ и численным составом звеньев ГДЗС приведены в таблице 3.4 и на рисунке 3.3.

Таблица 3.4 – Исходные данные разработанных вариантов циклических работ

	N _{ГДЗС}	N _{вкл}	t ₁ , мин.	t ₂ , мин.	t ₃ , мин.	t ₄ , мин.	t _р , мин.	t _о , мин.
Базовый	3	2	30	5	20	10	45	20
Альтернативный № 1	3	3	25	5	25	10	40	25
Альтернативный № 2	4	3	20	5	30	10	35	30
Альтернативный № 3	5	3	15	5	30	10	30	35

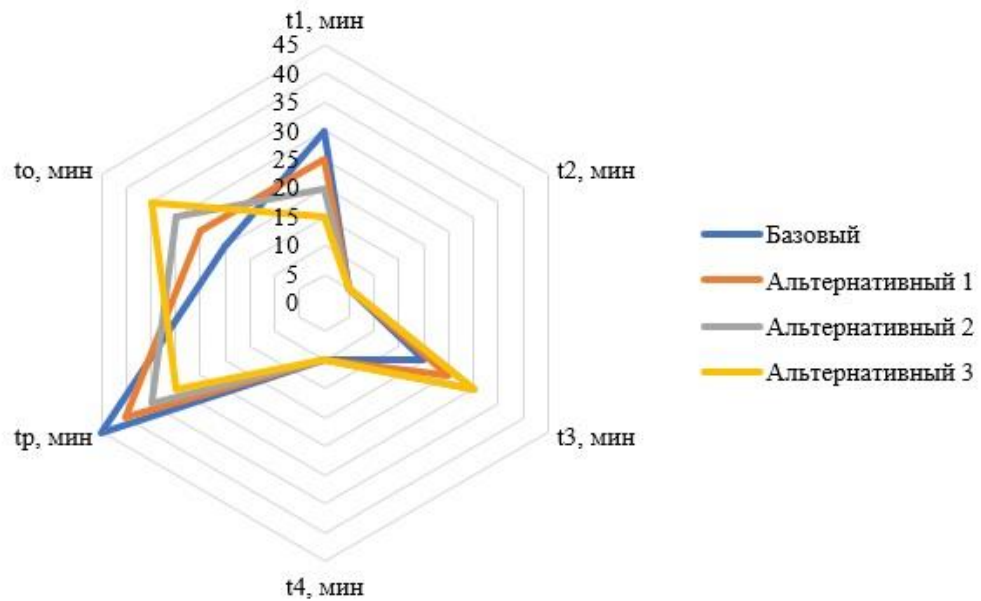


Рисунок 3.3 – Лепестковая диаграмма исходных данных

Первый вариант (Базовый) – предложен в работе [7].

Параметры одного включения:

$$t_1=30 \text{ (мин.)}; t_2=5 \text{ (мин.)}; t_3=20 \text{ (мин.)}; t_4=10 \text{ (мин.)}.$$

Общая продолжительность цикла:

$$t_{\text{ц}}=t_1 + t_2 + t_3 + t_4=30+5+20+10=65 \text{ (мин.)}.$$

Время работы в непригодной для дыхания среде одного звена ГДЗС:

$$t_{\text{ГДЗС}}=t_1 + t_2 + t_4 = 30+5+10 = 45 \text{ (мин.)}.$$

Время пребывания на свежем воздухе:

$$t_{\text{с.в.}}=t_{\text{ц}} - t_{\text{ГДЗС}}= 65 - 45 = 20 \text{ (мин.)}.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы:

$$N_{ГДЗС} = 1 + Ц \left(\frac{t_y}{t_1} \right) = 1 + Ц \left(\frac{65}{30} \right) = 1 + Ц(2,167) = 3$$

Количество повторных включений:

$$N_{ВКЛ} = O \left(\frac{t_{м.п.}}{N_{ГДЗС} \cdot t_1} \right) = O \left(\frac{180}{3 \cdot 30} \right) = O(2) = 2.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы: 3.

Количество повторных включений: 2.

При данном варианте работы был рассмотрен только коэффициент полезного действия дыхательного аппарата, физические возможности газодымозащитников рассмотрены не были

Второй вариант (альтернативный № 1). В данном варианте предлагается при одном и том же количестве звеньев ГДЗС, как в базовом варианте, уменьшить время работы в НДС и увеличить время отдыха, что компенсируется необходимостью дополнительного включения.

Параметры одного включения:

$$t_1=25 \text{ (мин.)}; t_2=5 \text{ (мин.)}; t_3=25 \text{ (мин.)}; t_4=10 \text{ (мин.)}.$$

Общая продолжительность цикла:

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 25 + 5 + 25 + 10 = 65 \text{ (мин.)}.$$

Время работы в непригодной для дыхания среде одного звена ГДЗС:

$$t_{ГДЗС} = t_1 + t_2 + t_4 = 25 + 5 + 10 = 40 \text{ (мин.)}.$$

Время пребывания на свежем воздухе:

$$t_{с.в.} = t_{ц} - t_{ГДЗС} = 65 - 40 = 25 \text{ (мин.)}.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы:

$$N_{ГДЗС} = 1 + Ц \left(\frac{t_y}{t_1} \right) = 1 + Ц \left(\frac{65}{25} \right) = 1 + Ц(2,6) = 3.$$

Количество повторных включений:

$$N_{ВКЛ} = O \left(\frac{t_{м.п.}}{N_{ГДЗС} \cdot t_1} \right) = O \left(\frac{180}{3 \cdot 25} \right) = O(2,4) = 3.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы: 3.

Количество повторных включений: 3.

Третий вариант (альтернативный № 2). Увеличение количества звеньев ГДЗС до четырех, как следствие, снижение времени работы и увеличение времени отдыха, что компенсируется по сравнению с базовым увеличением количества включений до трех.

Параметры одного включения:

$$t_1=20 \text{ (мин.)}; t_2=5 \text{ (мин.)}; t_3=30 \text{ (мин.)}; t_4=10 \text{ (мин.)}.$$

Общая продолжительность цикла:

$$t_{ц}=t_1 + t_2 + t_3 + t_4=20+5+30+10=65 \text{ (мин.)}.$$

Время работы в непригодной для дыхания среде одного звена ГДЗС:

$$t_{\text{ГДЗС}} = t_1 + t_2 + t_4 = 20 + 5 + 10 = 35 \text{ (мин.)}.$$

Время пребывания на свежем воздухе:

$$t_{\text{с.в.}} = t_{\text{ц}} - t_{\text{ГДЗС}} = 65 - 35 = 30 \text{ (мин.)}.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы:

$$N_{\text{ГДЗС}} = 1 + C\left(\frac{t_y}{t_1}\right) = 1 + C\left(\frac{65}{20}\right) = 1 + C(3,25) = 4.$$

Количество повторных включений:

$$N_{\text{вкл}} = O\left(\frac{t_{\text{м.п.}}}{N_{\text{ГДЗС}} \cdot t_1}\right) = O\left(\frac{180}{4 \cdot 20}\right) = O(2,25) = 3.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы: 4.

Количество повторных включений: 3.

Четвертый вариант (альтернативный № 3). Увеличение количества звеньев ГДЗС до пяти и, как следствие, снижение времени работы в НДС и увеличение времени отдыха, что компенсируется по сравнению с базовым увеличением количества включений до трех.

Параметры одного включения:

$$t_1=15 \text{ (мин.); } t_2=5 \text{ (мин.); } t_3=35 \text{ (мин.); } t_4=10 \text{ (мин.)}.$$

Общая продолжительность цикла:

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 20 + 5 + 30 + 10 = 65 \text{ (мин.)}.$$

Время работы в непригодной для дыхания среде одного звена ГДЗС:

$$t_{\text{ГДЗС}} = t_1 + t_2 + t_4 = 15 + 5 + 10 = 30 \text{ (мин.)}.$$

Время пребывания на свежем воздухе:

$$t_{\text{с.в.}} = t_{\text{ц}} - t_{\text{ГДЗС}} = 65 - 30 = 35 \text{ (мин.)}.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы:

$$N_{\text{ГДЗС}} = 1 + C\left(\frac{t_y}{t_1}\right) = 1 + C\left(\frac{65}{15}\right) = 1 + C(4,33) = 5.$$

Количество повторных включений:

$$N_{\text{ВКЛ}} = O\left(\frac{t_{\text{м.п.}}}{N_{\text{ГДЗС}} \cdot t_1}\right) = O\left(\frac{180}{5 \cdot 15}\right) = O(2,4) = 3.$$

Необходимое количество звеньев для непрерывной работы: 5.

Количество повторных включений: 3.

Результаты анализа в программном комплексе при условии, что коэффициенты нагрузки и восстановления будут иметь следующие значения $K_{H2} = K_{H3} = 1$; $K_{B2} = K_{B3} = 1$, приведены на рисунке 3.4.

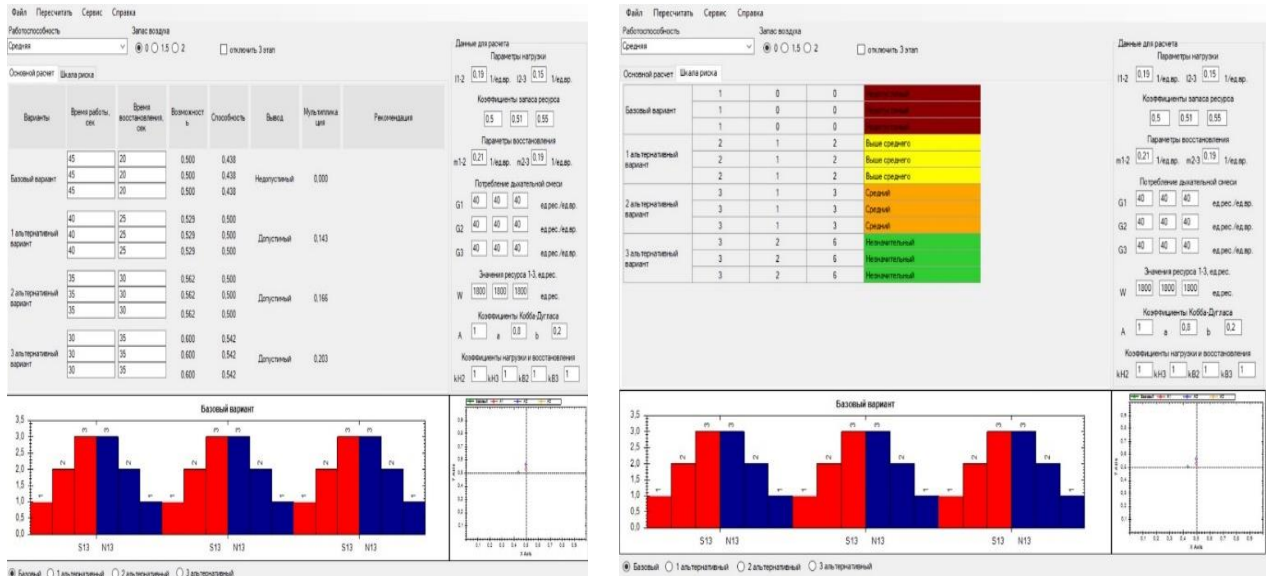


Рисунок 3.4 – Полученные данные по оценке вариантов

Анализируя результаты на рисунке 3.4, можно сделать вывод, что базовый вариант является недопустимым по критерию «Способность», так как его оценка менее 0,5. Все другие варианты допустимые, но при этом величина риска высокая (то есть, меньше баллов), так как больше значение имеет время работы в НДС. Средний и незначительный риск наблюдается у вариантов, предусматривающих использование четырех и пяти звеньев ГДЗС, при этом вариант применения трех звеньев также является допустимым, но самым неблагоприятным с точки зрения значений риска.

Однако данная ситуация не учитывает тот факт, что динамика функциональных состояний ухудшается после каждого следующего включения. Поэтому выполним расчёт в программном комплексе, но при коэффициентах повторных включений, полученных в ходе факторного исследования. С учётом изменения перехода в функциональных состояниях газодымозащитников коэффициенты нагрузки и восстановления будут иметь следующие значения $K_{H2}=1,21$; $K_{H3}=1,26$; $K_{B2}=1,16$; $K_{B3}=1,22$ (таблица 3.2). Результаты анализа в программном комплексе при заданных значениях коэффициентов приведены на рисунке 3.5.

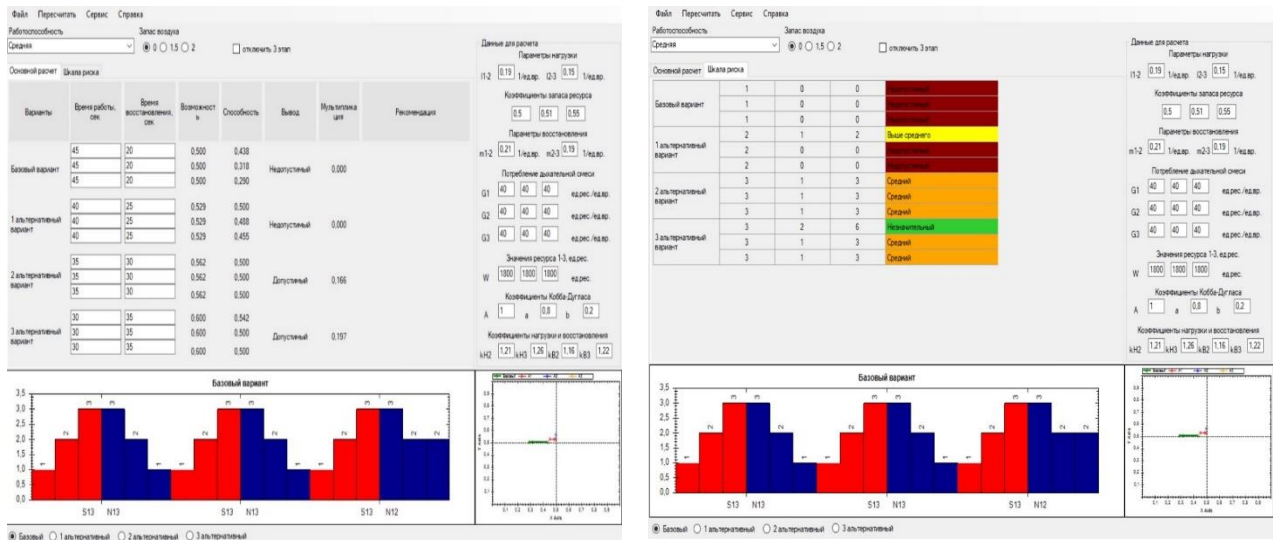


Рисунок 3.5 - Полученные данные, по оценке вариантов с учётом полученных коэффициентов нагрузки и восстановления

Анализируя рисунок 3.5, можно сделать вывод, что допустимыми являются только варианты, предусматривающие использование четырех и пяти звеньев, а при использовании трех звеньев ГДЗС задача будет невыполнима, то есть учёт результатов исследования напрямую влияет на расчёт необходимого количества звеньев ГДЗС.

Результаты расчёта оценки риска выполнения работ с учётом вероятности плановой реализации повторных включений газодымозащитниками приведены в таблицах 3.5–3.7.

Таблица 3.5 – Результаты комплексной оценки возможности и способности реализации циклической работы (высокая работоспособность участников тушения пожара)

Варианты	Низкая (P _н =0,5; P _в =0,5)			Пониженная (P _н =0,4; P _в =0,6)			Средняя (P _н =0,3; P _в =0,7)			Высокая (P _н =0,2; P _в =0,8)			Очень высокая (P _н =0,1; P _в =0,9)		
	К	L	Ф	К	L	Ф	К	L	Ф	К	L	Ф	К	L	Ф
Векторные оценки															
Базовый	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,470	0,476	0,500	0,425	0,439	0,500	0,321	0,500
	0,500	0,484	0,487	0,500	0,457	0,465	0,500	0,401	0,419	0,500	0,347	0,373	0,500	0,246	0,500
	0,500	0,443	0,454	0,500	0,411	0,428	0,500	0,355	0,380	0,500	0,286	0,320	0,500	0,229	0,500
Альтер. 1	0,529	0,500	0,506	0,529	0,500	0,506	0,529	0,500	0,506	0,529	0,500	0,506	0,529	0,457	0,529
	0,529	0,500	0,506	0,529	0,500	0,506	0,529	0,478	0,488	0,529	0,435	0,452	0,529	0,337	0,529
	0,529	0,500	0,506	0,529	0,480	0,490	0,529	0,432	0,450	0,529	0,377	0,404	0,529	0,273	0,529
Альтер. 2	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,563
	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,448	0,563
	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,492	0,506	0,563	0,453	0,473	0,563	0,366	0,563
Альтер. 3	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,600
	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,600
	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,457	0,600
Шкала Риска															
	В(К)	В(L)	R	В(К)	В(L)	R	В(К)	В(L)	R	В(К)	В(L)	R	В(К)	В(L)	R
Базовый	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Альтер. 1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	0	0
	2	1	2	2	1	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	2	1	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
Альтер. 2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	0	0
	2	1	2	2	1	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0
Альтер. 3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3
	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3
	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	0	0

Таблица 3.6 – Результаты комплексной оценки возможности и способности реализации циклической работы (средняя работоспособность участников тушения пожара)

Варианты	Низкая (P _н =0,5; P _в =0,5)			Пониженная (P _н =0,4; P _в =0,6)			Средняя (P _н =0,3; P _в =0,7)			Высокая (P _н =0,2; P _в =0,8)			Очень высокая (P _н =0,1; P _в =0,9)		
Векторные оценки															
	К	L	Ф	К	L	Ф	К	L	Ф	К	L	Ф	К	L	Ф
Базовый	0,500	0,500	0,500	0,500	0,497	0,497	0,500	0,460	0,467	0,500	0,398	0,417	0,500	0,263	0,299
	0,500	0,431	0,444	0,500	0,380	0,402	0,500	0,323	0,353	0,500	0,245	0,283	0,500	0,164	0,205
	0,500	0,371	0,394	0,500	0,314	0,344	0,500	0,256	0,293	0,500	0,213	0,252	0,500	0,127	0,168
Альтер. 1	0,529	0,500	0,506	0,529	0,500	0,506	0,529	0,500	0,506	0,529	0,500	0,506	0,529	0,424	0,443
	0,529	0,497	0,503	0,529	0,459	0,472	0,529	0,413	0,434	0,529	0,331	0,364	0,529	0,222	0,264
	0,529	0,440	0,456	0,529	0,394	0,418	0,529	0,332	0,364	0,529	0,256	0,296	0,529	0,178	0,221
Альтер. 2	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512
	0,563	0,500	0,512	0,563	0,500	0,512	0,563	0,487	0,501	0,563	0,436	0,459	0,563	0,287	0,329
	0,563	0,495	0,508	0,563	0,457	0,476	0,563	0,411	0,437	0,563	0,328	0,365	0,563	0,248	0,292
Альтер. 3	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519
	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,424	0,455
	0,600	0,500	0,519	0,600	0,500	0,519	0,600	0,473	0,496	0,600	0,418	0,449	0,600	0,275	0,322
Шкала Риска															
	B(K)	B(L)	R	B(K)	B(L)	R	B(K)	B(L)	R	B(K)	B(L)	R	B(K)	B(L)	R
Базовый	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Альтер. 1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	0	0
	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
Альтер. 2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
	2	1	2	2	1	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
Альтер. 3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3
	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	0	0
	3	1	3	3	1	3	3	0	0	3	0	0	3	0	0

Таблица 3.7 – Сводные данные результатов оценки риска

Варианты	Низкая ($P_n=0,5; P_v=0,5$)	Пониженная ($P_n=0,4; P_v=0,6$)	Средняя ($P_n=0,3; P_v=0,7$)	Высокая ($P_n=0,2; P_v=0,8$)	Очень высокая ($P_n=0,1; P_v=0,9$)
Высокая работоспособность участников тушения пожара					
Базовый	Высокий	Высокий	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Н допустимый
	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
Альтер. 1	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Недопустимый
	Выше среднего	Выше среднего	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
	Выше среднего	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
Альтер. 2	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего
	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Недопустимый
	Выше среднего	Выше среднего	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
Альтер. 3	Средний	Средний	Средний	Средний	Средний
	Средний	Средний	Средний	Средний	Средний
	Средний	Средний	Средний	Средний	Недопустимый
Средняя работоспособность участников тушения пожара					
Базовый	Высокий	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
	Недопустимый	Недопустимый	Н допустимый	Недопустимый	Недопустимый
Альтер. 1	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Недопустимый
	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Н допустимый
	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
Альтер. 2	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего	Выше среднего
	Выше среднего	Выше среднего	Недопустимый	Недопустимый	Н допустимый
	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый	Н допустимый
Альтер. 3	Средний	Средний	Средний	Средний	Средний
	Средний	Средний	Средний	Средний	Недопустимый
	Средний	Средний	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый

Из вышеизложенного следует, что при низкой вероятности плановой реализации повторных включений газодымозащитниками (плановые характеристики будут выполнены в пяти из десяти случаев на практике) и высоком уровне работоспособности участников тушения пожара допустимыми вариантами являются: альтернативный № 1; альтернативный № 2; альтернативный № 3.

При высокой вероятности плановой реализации циклических работ (плановые характеристики будут выполнены в восьми из десяти случаев на практике) допустимым вариантом является альтернативный № 3, который предусматривает использование пяти звеньев ГДЗС.

При пониженной плановой реализации повторных включений (плановые характеристики будут выполнены в шести из десяти случаев на практике) у участников тушения пожара со средним уровнем работоспособности допустимым вариантом будет только альтернативный № 3.

Для оценки гарантии проведения циклических работ введем понятие коэффициент безопасности (K_6) проведения циклических работ при тушении пожаров. Коэффициент безопасности (K_6) представляет собой отношение времени выполнения циклических работ ко времени отдыха между циклами. Показатели коэффициента безопасности при высокой гарантии проведения работ представлены в таблице 3.8.

Таким образом, при высокой работоспособности газодымозащитников стоит считать допустимой альтернативу проведения циклических работ № 2 ($K_6=1,17$), а при средней работоспособности альтернативу № 3 ($K_6=0,86$), тогда необходимое количество звеньев для осуществления непрерывного тушения пожара представляется возможным определить по формуле (3.6):

$$N_{ГДЗС} = 1 + Ц \left(\frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{t_1} \right) = 1 + Ц \left(\frac{t_1 + t_2 + t_4 + K_6(t_1 + t_2 + t_4)}{t_1} \right) =$$

$$= 1 + Ц \left(\frac{(t_1 + t_2 + t_4)(1 + K_6)}{t_1} \right) \quad (3.6)$$

Таблица 3.8 – Коэффициент безопасности при высокой гарантии проведения работ

Работоспособность УТП	Одно повторной включение	Два повторных включения
Высокая	$K_6=0,86$	$K_6=1,17$
Средняя	$K_6=1,17$	Не допустимо

Для указанного выше примера $t_1=30$ (мин.); $t_2=5$ (мин.); $t_4=10$ (мин.),

При $K_6=0,86$

$$N_{ГДЗС} = 1 + Ц \left(\frac{(t_1 + t_2 + t_4)(1 + K_{\sigma})}{t_1} \right) = 1 + Ц \left(\frac{(30 + 5 + 10)(1 + 0,86)}{30} \right) =$$

$$= 1 + Ц(2,79) = 3$$

Продолжительность цикла работы:

$$t_{Ц} = (1 + K_{\sigma})(t_1 + t_2 + t_4) = 1,86 * 45 = 83,7 = 84 \text{ (мин.)}.$$

Необходимое время отдыха:

$$t_o = K_{\sigma}(t_1 + t_2 + t_4) = 0,86 * 45 = 38,7 \text{ (мин.)}.$$

Количество повторных включений при $t_{\text{тп}}=180$ (мин.):

$$N_{ВКЛ} = O \left(\frac{t_{\text{м.п.}}}{N_{ГДЗС} \cdot t_1} \right) = O \left(\frac{180}{3 \cdot 30} \right) = O(2) = 2.$$

При $K_{\sigma}=1,17$

$$N_{ГДЗС} = 1 + Ц \left(\frac{(t_1 + t_2 + t_4)(1 + K_{\sigma})}{t_1} \right) = 1 + Ц \left(\frac{(30 + 5 + 10)(1 + 1,17)}{30} \right) = 1 + Ц(3,25) = 4.$$

Продолжительность цикла работы:

$$t_{Ц} = (1 + K_{\sigma})(t_1 + t_2 + t_4) = 2,17 * 45 = 97,7 = 98 \text{ (мин.)}.$$

Необходимое время отдыха:

$$t_o = K_{\sigma}(t_1 + t_2 + t_4) = 1,17 * 45 = 52,7 \text{ (мин.)}.$$

Количество повторных включений при $t_{\text{тп}}=180$ (мин.):

$$N_{\text{вкл}} = O\left(\frac{t_{\text{м.п.}}}{N_{\text{ГДЗС}} \cdot t_1}\right) = O\left(\frac{180}{4 \cdot 30}\right) = O(1,5) = 2.$$

Результаты и анализ расчета необходимого количества звеньев ГДЗС для осуществления непрерывного тушения пожара с учетом коэффициента безопасности и с различными временами продолжительности тушения пожара представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты расчетов необходимого количества звеньев ГДЗС

Время тушения пожара, мин	90		120		120		150		150		180		180		210		210			
G, л*мин.⁻¹	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60		
t_{об}, мин.	45	30	45	30	45	30	45	30	45	30	45	30	45	30	45	30	45	30		
t_р (не более), мин.	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20		
N_{ГДЗС} при K_б=0,86	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
t_о (не менее), мин.	25	17	25	17	25	17	25	17	25	17	25	17	25	17	25	17	25	17		
N_{вкл}	1	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	4		
Уровень раб-ти	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср
Вывод	Д	Н	Д	Н	Д	Н	Д	Н	Д	Н	Н	Н	Д	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
N_{ГДЗС} при K_б=1,17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
t_о (не менее), мин.	35	23	35	23	35	23	35	23	35	23	35	23	35	23	35	23	35	23		
N_{вкл}	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3		
Уровень раб-ти	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср	В	Ср
Вывод	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Н	Д	Д	Д

Полученные данные расчетов необходимого количества звеньев ГДЗС с учетом различного времени продолжительности тушения пожаров показывают, что возможным представляется выполнение работы, которая определена условиями пожарно-тактической задачи, только тремя звеньями ГДЗС при высокой работоспособности участников тушения пожара и четырьмя звеньями ГДЗС при средней работоспособности.

Предложенный программный комплекс повысит качество планирования тактики тушения пожаров с применением повторных включений газодымозащитниками. Это будет достигнуто путем внедрения в процесс планирования тактики тушения пожаров при выполнении повторных включений газодымозащитниками автоматизированных средств расчёта временных показателей оптимальных режимов труда и отдыха. С помощью шкалы оценки риска способности реализации повторных включений газодымозащитниками в программном комплексе визуально можно спрогнозировать степень опасности выполнения работ.

С помощью проведенного факторного экспериментального тестирования для оценки влияния показателя работоспособности и повторности выполнения нагрузки на функциональное состояние газодымозащитников получен массив коэффициентов факторной модели, начального и среднего времени динамики состояний. Полученные коэффициенты факторной модели были применены в виде исходных данных для расчёта критерия «Способность» при решении пожарно-тактической задачи.

На примере научной работы [7] показано применение результатов исследования. При этом акцентируем внимание на том, что при решении пожарно-тактической задачи, указанной в работе [7], она будет решена при тех условиях, которые указал автор, об этом говорит значение критерия «Возможность», который полностью основан на известных представлениях о работе в НДС, но при этом пожарные в процессе решения этой задачи будут испытывать предельные нагрузки, на что указывают низкие оценки по критерию «Способность», в свою очередь, для нормального функционирования пожарных необходимо увеличить численность газодымозащитной службы и тем самым снизить нагрузку при циклической работе при тушении пожаров.

3.2. Устройство мониторинга безопасности газодымозащитника

Научно-техническое решение относится к средствам мониторинга контроля состояния и местоположения газодымозащитника и может быть

использовано при работе звеньев газодымозащитной службы на пожарах и при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в условиях работы в непригодной для дыхания среде при низкой видимости в дыму в комплексе с информационными данными мониторинга работоспособности участников тушения пожара.

Современные дыхательные аппараты используют совместно с модулями сбора и передачи информации. Данные модули можно отнести к телеметрическим системам мониторинга необходимой для контроля параметров безопасности газодымозащитников. Как правило, такие модули относятся к вспомогательным системам персональной безопасности газодымозащитников.

Технический результат заключается в создании устройства мониторинга безопасности газодымозащитника, обеспечивающего повышение точности определения прогнозных параметров безопасности с учетом индивидуальности каждого газодымозащитника и разнородности выполняемых задач, при обеспечении удобства эксплуатации при работе в непригодной для дыхания среде и при низкой видимости в дыму.

Структура устройства мониторинга безопасности поясняет схема, приведенная на рисунке 3.6.

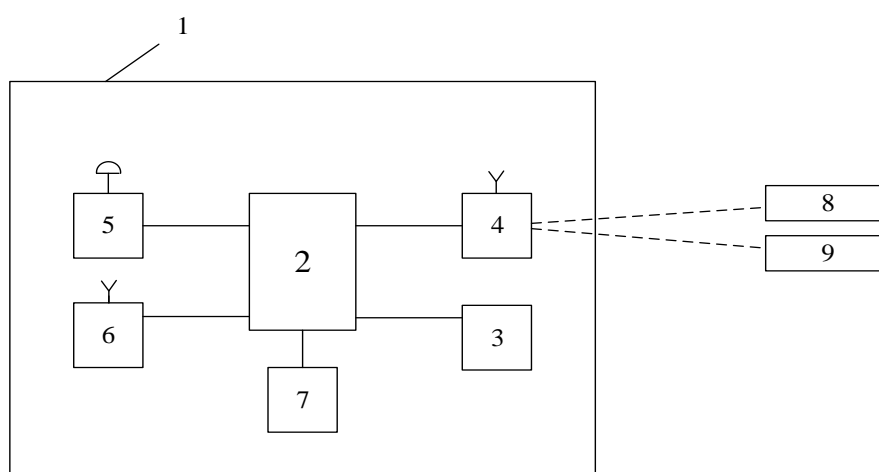


Рисунок 3.6 – Структура устройства мониторинга безопасности

Устройство мониторинга безопасности газодымозащитника

предназначено для совместного использования с дыхательным аппаратом, на котором размещена СОИД, и с пульсометром [115]. Устройство мониторинга безопасности газодымозащитника содержит корпус 1 с элементами крепления (на чертеже не показаны), предназначенными для крепления устройства к элементам экипировки газодымозащитника, например, к ляжке дыхательного аппарата. В корпусе 1 установлен процессор 2, в который интегрирована персональная математическая модель определения уровня риска. Процессор 2 соединен с блоком питания 3, обеспечивающим непрерывную автономную работу, который может быть выполнен, например, в виде аккумулятора, с Bluetooth приемопередатчиком 4, с GPS приемопередатчиком 5, подключенным через первую последовательную шину, с приемопередатчиком УКВ диапазона 6, подключенным через вторую последовательную шину, и с индикатором информации 7, например, в виде средства световой индикации. Процессор 2 выполнен с возможностью взаимодействия по беспроводным каналам связи Bluetooth с СОИД 8 и с пульсометром 9 для получения и обработки данных о результатах измерений абсолютных значений давления баллона дыхательного аппарата, среднего и максимального пульса, интенсивности и частоты дыхания, артериального давления газодымозащитника.

Устройство мониторинга безопасности газодымозащитника работает следующим образом. Предварительно в процессор 2 устройства мониторинга безопасности газодымозащитника интегрируют персональную математическую модель определения уровня риска. Известно, что реальное потребление дыхательной смеси зависит от физической подготовки и персональных особенностей организма. Отклонение величины реального потребления дыхательной смеси от средней регламентируемой составляет 25–45 % как в сторону увеличения потребления дыхательной смеси, так и в сторону уменьшения. Отклонение реальной величины потребления дыхательной смеси от средней регламентируемой в зависимости от спектра и вида выполняемых работ составляет до 40 %. Данные для персональной математической модели

определения уровня риска о потреблении дыхательной смеси и уровне физической подготовки пользователя получают во время тренировок на учебных объектах для подготовки личного состава противопожарной службы. Использование персональной математической модели определения уровня риска позволяет максимально учесть все риски вероятности наступления деструктивных событий для успешного и безопасного ведения работ в непригодной для дыхания среде в условиях ограниченного времени. Персональная математическая модель построена на основе вероятностного метода моделирования потребления дыхательной смеси при работе в дыхательных аппаратах со сжатым воздухом и с использованием результатов наблюдения за реальными значениями потребления воздуха, результатах измерений среднего и максимального пульса, интенсивности и частоты дыхания при работе пользователя в дыхательном аппарате. Указанный метод: позволяет получить необходимые параметры нормального распределения запаса воздуха; определить интервалы значений запаса воздуха при заданной доверительной вероятности (что позволяет учесть весь комплекс влияющих на процесс факторов, входящих в доверительный интервал с заданной вероятностью, в том числе наличие и существенное влияние случайности); корректировать результаты моделирования на основе наблюдений за моделируемым процессом в режиме реального времени. Газодымозащитник закрепляет устройство, например, на лямке дыхательного аппарата. Сигналы от СОИД 8 о результатах измерений абсолютных значений давления баллона дыхательного аппарата, сигналы от пульсометра 9 о результатах измерений среднего и максимального пульса, интенсивности и частоты дыхания, артериального давления газодымозащитника поступают в процессор 2 по каналам беспроводной связи через Bluetooth приемопередатчик 4. Полученная информация, а также данные GPS приемопередатчика 5 о пройденном расстоянии, времени движения и местоположении газодымозащитника обрабатывается и сохраняется в процессоре 2. В процессоре 2 с помощью персонализированной математической модели определения уровня риска пользователя в режиме реального времени

рассчитывают значения контролируемых параметров безопасности: текущее значение давления оставшегося воздуха в баллоне дыхательного аппарата, атм.; прогнозное значение интервала времени до подачи команды «на выход из непригодной для дыхания среды», мин.; уровень риска, отн. ед. Значения контролируемых параметров безопасности приемопередатчиком УКВ 6 передается в центр управления руководителю тушения пожаров. На основе данных параметров руководитель тушения пожара принимает решение на всех этапах реализации действий по ликвидации пожара, а также для оценки потенциальной возможности выполнить основную задачу по тушению пожара силами и средствами звеньев газодымозащитной службы. Контроль текущего значения давления оставшегося воздуха в баллоне дыхательного аппарата позволяет руководителю тушения пожара корректировать действия каждого газодымозащитника и звеньев газодымозащитной службы с учетом специфики потребления дыхательной смеси, повышает уровень безопасности газодымозащитника при работе в непригодной для дыхания среде и низкой видимости в дыму. Контроль изменения прогнозного значения интервала времени, оставшегося до подачи команды «на выход из непригодной для дыхания среды», обеспечивает возможность определения объема работ, который способен выполнить каждый газодымозащитник, способствует успешному и безопасному ведению работ в непригодной для дыхания среде в условиях ограниченного времени. Значения уровня приемлемого и критического риска определяют в зависимости от условий реализации работ по тушению пожара, специфике потребления дыхательной смеси и условий воздействия опасных факторов пожара на каждого газодымозащитника. Контроль уровня риска позволяет руководителю тушения пожара сопоставлять плановый объем работ с текущими и корректировать действия звеньев газодымозащитной службы по выполнению основной задачи по тушению пожара. В процессоре 2 интегрированной персональной математической моделью определения уровня риска рассчитываются предельно допустимые значения контролируемых параметров, которые приемопередатчиком УКВ 6 передаются в центр

управления руководителю тушения пожара. При превышении предельно допустимых значений, контролируемых индикатором информации 7, газодымозащитнику подается сигнал на выход.

Изготовленный экспериментальный образец устройства мониторинга безопасности газодымозащитника по результатам исследовательских испытаний во время тренировок на учебных объектах для подготовки личного состава противопожарной службы показал работоспособность предложенной конструкции. Результаты испытаний заявляемого устройства в целом подтвердили повышение точности определения прогнозных параметров безопасности с учетом индивидуальности каждого газодымозащитника и разнородности выполняемых задач для обеспечения удобства эксплуатации при работе в непригодной для дыхания среде и при низкой видимости в дыму.

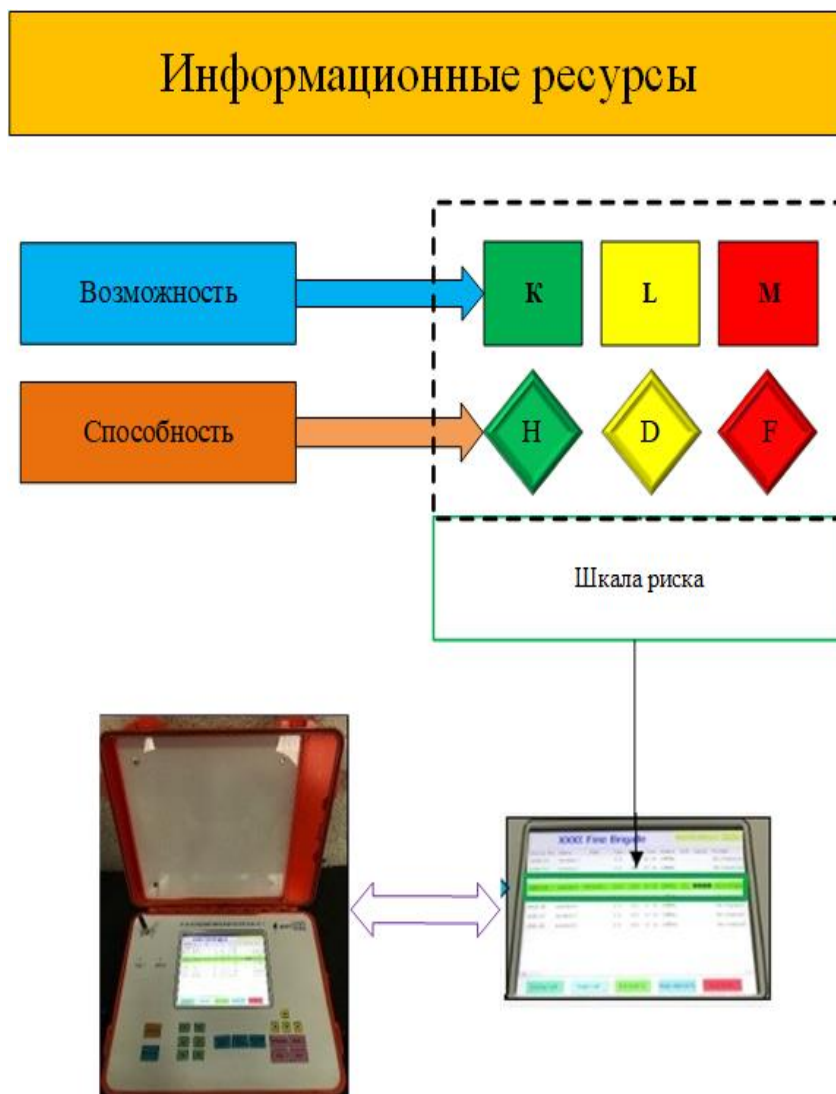
3.3. Информационные ресурсы мониторинга безопасности участников тушения пожара

В разработанной базе данных представлены информационные ресурсы для мониторинга безопасных режимов работы газодымозащитников при тушении пожаров и проведения учебно-тренировочных занятий [116]. В данные информационные ресурсы входят следующие параметры:

1. Информация о степени сложности выполняемых работ в виде пульсовых зон и их влияние на работоспособность газодымозащитника.
2. Информация о расходе дыхательных ресурсов и скорости движения газодымозащитника при выполнении различных видов работ.
3. Информация о субъективных ощущениях газодымозащитника и максимальном поддержании интенсивности работ с учетом его возраста и выполнения выбранного типа работ.

База данных является одним из составных элементов информационных ресурсов системы мониторинга безопасных режимов работы газодымозащитников, что позволяет в режиме реального времени сопоставлять прогнозные (табличные) значения параметров безопасности с фактическими,

получаемыми от системы телеметрии дыхательных аппаратов. Общий вид показан на рисунке 3.7.



Устройство мониторинга и информационные ресурсы в прототипе системы планирования тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в НДС газодымозащитников:

К – безопасный режим работы (дыхательных ресурсов в баллоне достаточно для выполнения работ);

L – условно безопасный режим работы (минимальный запас дыхательных ресурсов в баллоне ДА для выполнения работ);

М – небезопасный режим работы (дыхательных ресурсов в баллоне ДА не хватит для выполнения работ);

F – Работа выполняется после полного восстановления;

D – работа выполняется после частичного восстановления;

F – работа выполняется без восстановления.

Цвета в соответствии со шкалой Борга

Рисунок 3.7 – Общий вид прототипа системы

Данная база данных имеет функциональную возможность, которая позволяет добавлять, корректировать, обобщать, хранить и своевременно использовать обобщенную информацию. Получаемая информация может использоваться как в виде единых данных, так и по отдельности при мониторинге безопасных режимов работы газодымозащитников.

Основным преимуществом разработанной структуры базы данных при мониторинге безопасности газодымозащитников является то, что она позволит учитывать не только плановые и фактические характеристики технических средств защиты, но и индивидуальные физические ресурсы человеческой работоспособности. Еще одним из достоинств данной базы данных является ее функциональная возможность, которая позволяет проводить мониторинг безопасности газодымозащитников, как на стадии планирования действий по тушению пожаров, так и в режиме реального времени. Это позволяет оптимизировать действия по управлению безопасностью участников тушения пожара путем внедрения в этот процесс дополнительных информационных ресурсов в виде данной аналитической системы.

Для работы с данной информационно-аналитической системой требуется выполнить простую процедуру, которая включает в себя следующие действия:

1) В ручном режиме вводится возраст газодымозащитника (рисунок 3.8), на основании выбранного возраста в автоматическом режиме определяются пороговые значения пульса в различных категориях пульсовых зон [1].

Код	Age	min	max	id_h
1	18	98	135	1
2	19	98	135	1
3	20	97	134	1
4	21	97	134	1
5	22	96	133	1
6	23	96	133	1
7	24	96	132	1
8	25	95	132	1
9	26	95	131	1
10	27	95	131	1
11	28	94	130	1
12	29	94	130	1
13	30	94	129	1
14	31	93	129	1
15	32	93	128	1
16	33	92	128	1
17	34	92	127	1
18	35	92	127	1
19	36	91	126	1
20	37	91	126	1
21	38	91	125	1
22	39	90	125	1
23	40	90	124	1
24	41	90	124	1
25	42	89	123	1
26	43	89	123	1
27	44	89	122	1
28	45	88	122	1

Рисунок 3.8 – Пороговые значения пульсовых зон в зависимости от возраста

2) Из списка предложенных работ (рисунок 3.9) выбираем наименование работы, которая в перспективе будет выполняться или уже выполняется в текущем процессе (тушение пожара, учебно-тренировочные занятия).

Вид работ	Тяжесть X	Тяжесть Y
Покой	0	0
Передвижение по горизонтали (медленная)	2	2
Передвижение по горизонтали (ускоренная)	3	3
Бег по горизонтали	3	3
Подъем по лестничной клетке	3	3
Спуск по лестничной клетке	1	1
Подъем по лестничной клетке с грузом 90 кг	3	3
Спуск по лестничной клетке с пострадавшим	1	1
Подъем по вертикальной лестнице	4	4
Спуск по вертикальной лестнице	2	2
Передвижение на полчетверенках	2	2
Передвижение через узкий лаз	3	3
Переноска "пострадавшего" по горизонтали двумя пожарными	2	2
Подъем по лестничной клетке с "пострадавшим"	3	3
Переноска пострадавшего методом «руки в замок»	4	4
Передвижение по нескольким помещениям	1	1
Спуск с по лестничной клетке с грузом 30 кг	2	2
Переноска груза весом 60 кг по горизонтальной поверхности	2	2
Переноска груза весом 10 кг по горизонтальной поверхности	2	2
Разборка конструкций, перекатка бочек	3	3
Передвижение со стволом (под напором воды, давление 4,0 - 4,5 атм) по помещениям	3	3
Прокладка рукавной линии к очагу пожара	3	3
Проведение разведки с отысканием очага пожара	1	1
Проведение разведки с отысканием человека	1	1
Произведение коротких интенсивных работ	4	4
Произведение длительных монотонных работ	2	2
Пальцевание по опознавательным обозначениям	5	5

Рисунок 3.9 – Виды элементарных работ и их степень тяжести

В дальнейшем, путем редактирования базы данных наименование списка работ будет расширяться, а также при необходимости корректироваться. Это будет необходимо в случае, если в наименовании вида работ будет отсутствовать требуемый вид деятельности или при условии, что заявленная работа из списка не будет соответствовать степени тяжести.

3) После выбора вида работ в автоматическом режиме определяется вероятностная степень ее тяжести (рисунок 3.10).

	Id	Name_w
+	0	Покой
+	1	Легкая
+	2	Средняя
+	3	Тяжелая
+	4	Очень тяжелая

Рисунок 3.10 – Степень тяжести проводимых работ

4) На основании установленной степени тяжести работы определяются средние значения (детерминированные) расхода дыхательных ресурсов [2] (рисунок 3.10), скорость движения газодымозащитника (рисунок 3.11), категория пульсовой зоны (рисунок 3.12).

	Id_s	Type
+	0	None
+	1	Light
+	2	Medium
+	3	Hard
+	4	Hardest

	Id_H	X1	X2	X3	X4
	0	0	0	0	0
	1	10	12	14	16
	2	25	30	35	40
	3	50	60	70	80
	4	80	90	100	110

Рисунок 3.11 – Вероятностная скорость движения газодымозащитников для различных степеней тяжести работ

	Id_s	Type
+	0	None
+	1	Light
+	2	Medium
+	3	Hard
+	4	Hardest

	Id_S	Y1	Y2	Y3	Y4
	0	0	0	0	0
	1	5	10	15	20
	2	20	30	40	50
	3	50	60	70	80
	4	80	100	120	140

Рисунок 3.12 – Вероятностных расход дыхательных ресурсов для различных степеней тяжести работ

Сортировка и фильтр

Measure_speed			
	Id_s	Type	Names
+	0	None	Покой
+	1	Light	Легкая
+	2	Medium	Умеренная
+	3	Hard	Тяжелая
+	4	Hardest	Очень тяжела
*	0		

Рисунок 3.13 – Категории пульсовых зон для степеней тяжести работ

5) Для каждой категории пульсовых зон устанавливаются рекомендации, которые дают не только объективную оценку состояния физической работоспособности газодымозащитника (пороговые значения пульса в определенных категориях пульсовой зоны), но и субъективную оценку физических нагрузок и их влияния при различных степенях сложности выполняемых работ (рисунок 3.14). Данные субъективные оценки основываются на общеизвестной шкале Борга и показывают следующие значения:

- максимальное время поддержания интенсивности работы при различных степенях нагрузки;
- степень тяжести нагрузки по субъективным ощущениям;
- описание дыхания при нагрузке в установленной категории пульсовой зоны.

Id	Степень тяжести	Рекомендации
1	Легкая	Максимальное время поддержания интенсивности нагрузки более 30 мин. Субъективные ощущения: - Нагрузка минимальная. - Дыхание свободное или учащенное, легко можно разговаривать.
2	Средняя	Максимальное время поддержания интенсивности нагрузки не более 30 мин. Нагрузка на грани зоны комфортности Субъективные ощущения: - работает на верхней границе зоны комфортности; - дыхание частое, возможна только короткая беседа; - учащенное сердцебиение.
3	Тяжелая	Максимальное время поддержания интенсивности нагрузки не более 8 мин. Субъективные ощущения: - появляются сложности в поддержании интенсивности работы; - дыхание сбивое, разговаривать получится только отрывками.
4	Очень тяжелая	Максимальное время поддержания интенсивности нагрузки не более 3 мин. Субъективные ощущения: - Работается практически на пределе; - Дыхание при этом очень частое, газодымозащитник может задыхаться, разговор практически невозможен, только отдельные фразы. Проводить тренировочные занятия в данной зоне не рекомендуется.
0	Покой	

Рисунок 3.14 – Рекомендации для категорий пульсовых зон

б) Все вышеуказанные таблицы синхронизированы в одну схему данных (рисунок 3.15). Данная схема предусматривает обновление и удаление данных, а также обеспечивает целостность информационных ресурсов.

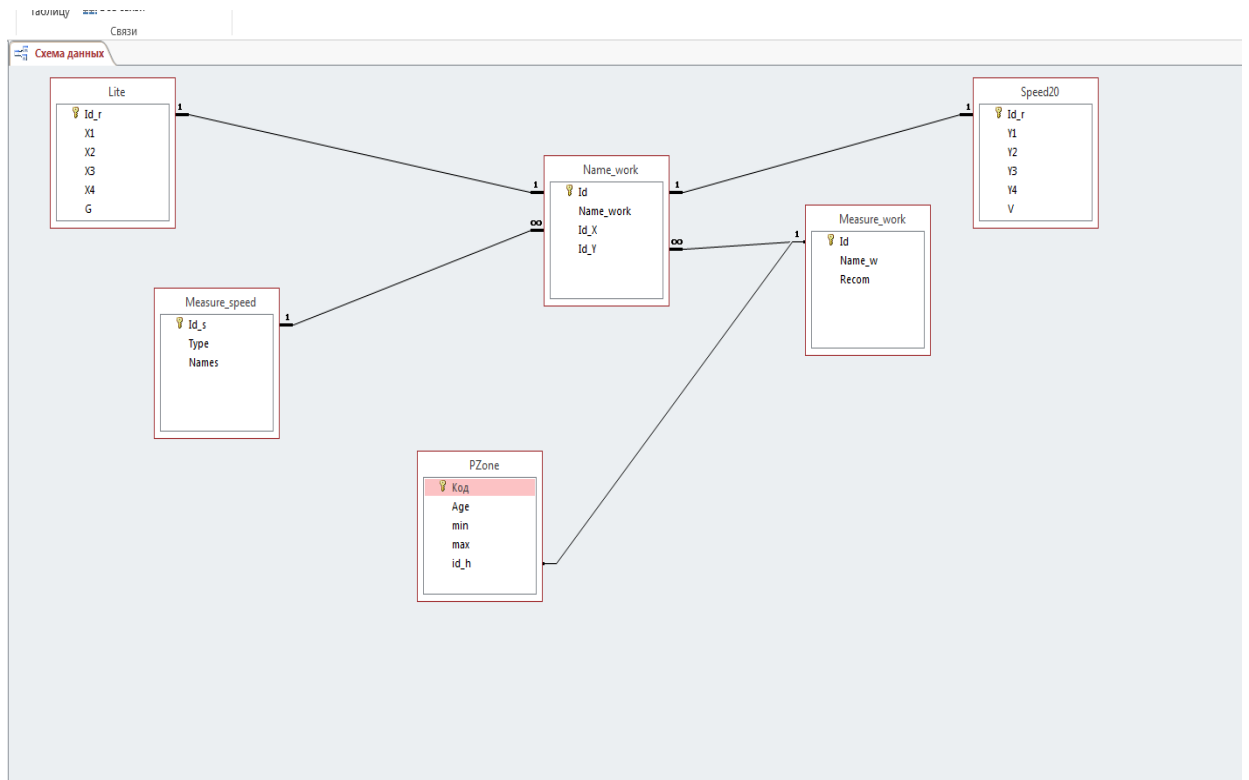


Рисунок 3.15 – Схема данных информационных ресурсов

7) Итоговая информация по запросу выводится по ранее разработанному интерфейсу базы данных (рисунок 3.16).

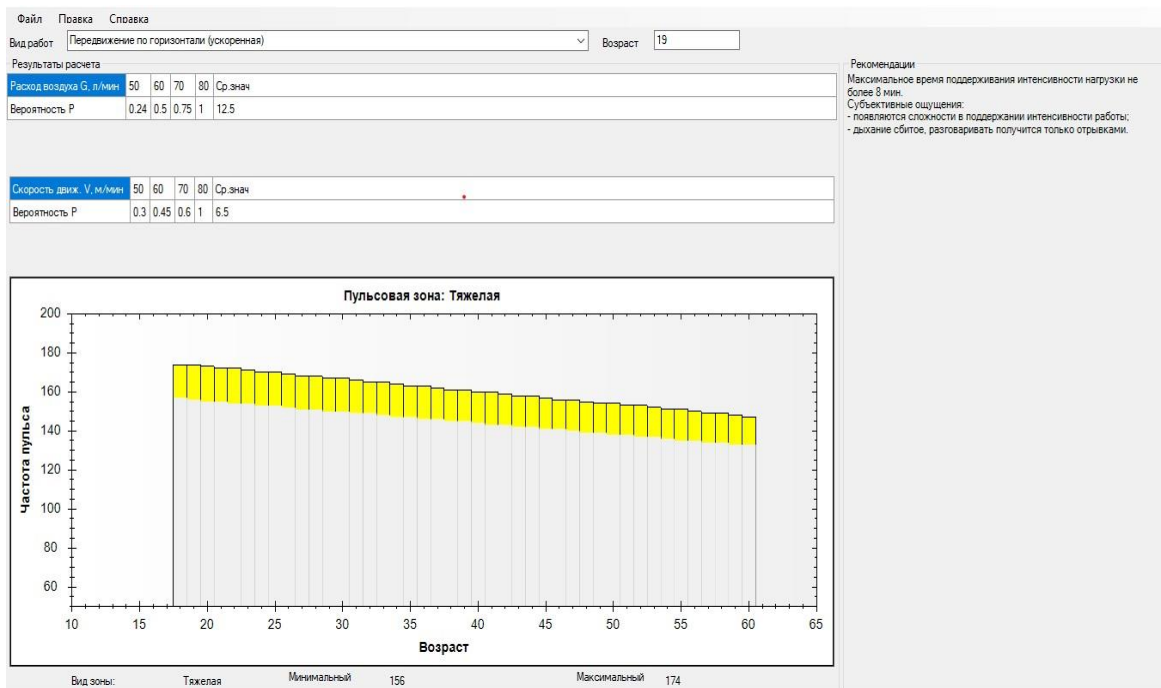


Рисунок 3.16 – Итоговый интерфейс базы данных

В разработанном итоговом интерфейсе выводится следующая информация:

- результаты расчета расхода воздуха и скорости движения при различных вероятностях;
- объективная оценка физической работоспособности при различных степенях работы. Данная информация представлена в виде графического рисунка, на котором отражены степень тяжести работы, пороговые значения пульса для каждого возраста (рисунки 3.17–3.20);
- рекомендации, в которых приведены субъективные оценки физического состояния газодымозащитника при рассматриваемой степени нагрузки.

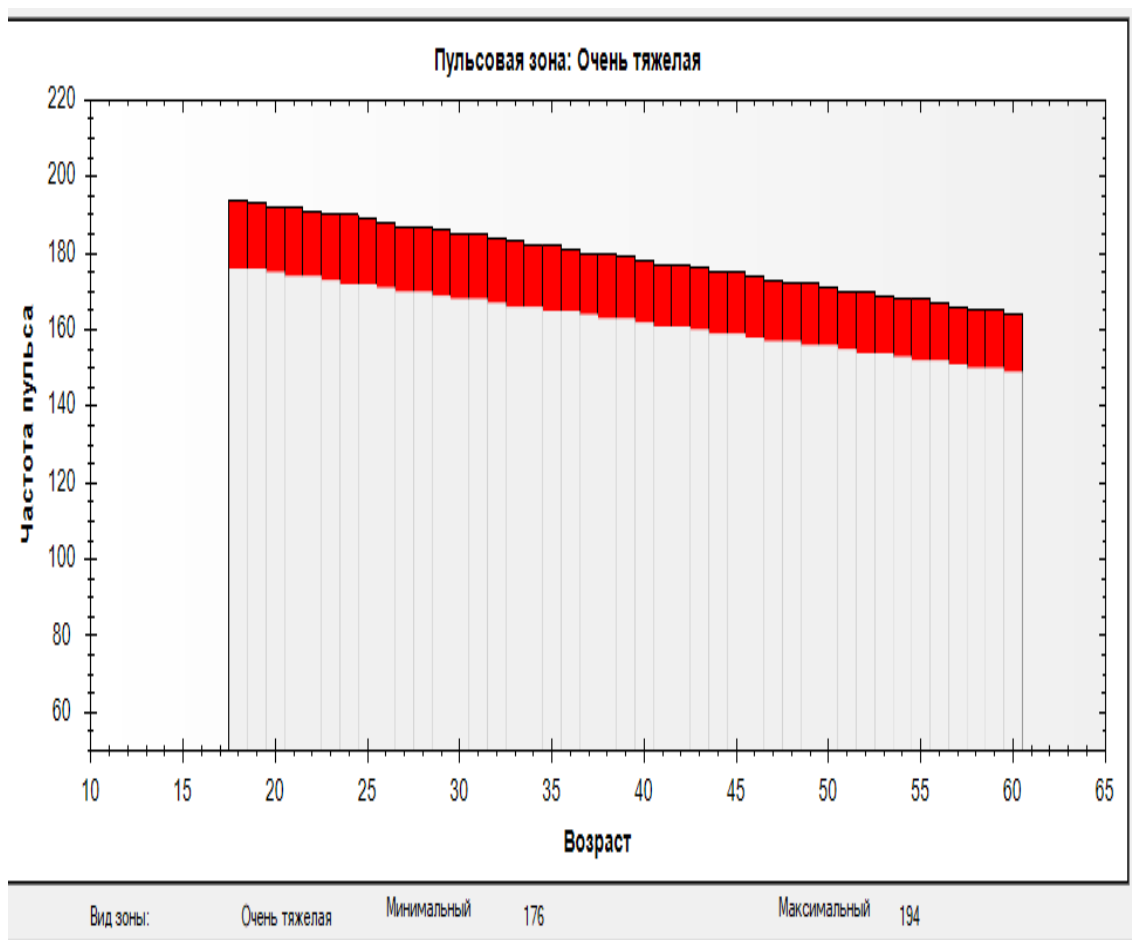


Рисунок 3.17 – Пороговые значения пульса при очень тяжелых работах

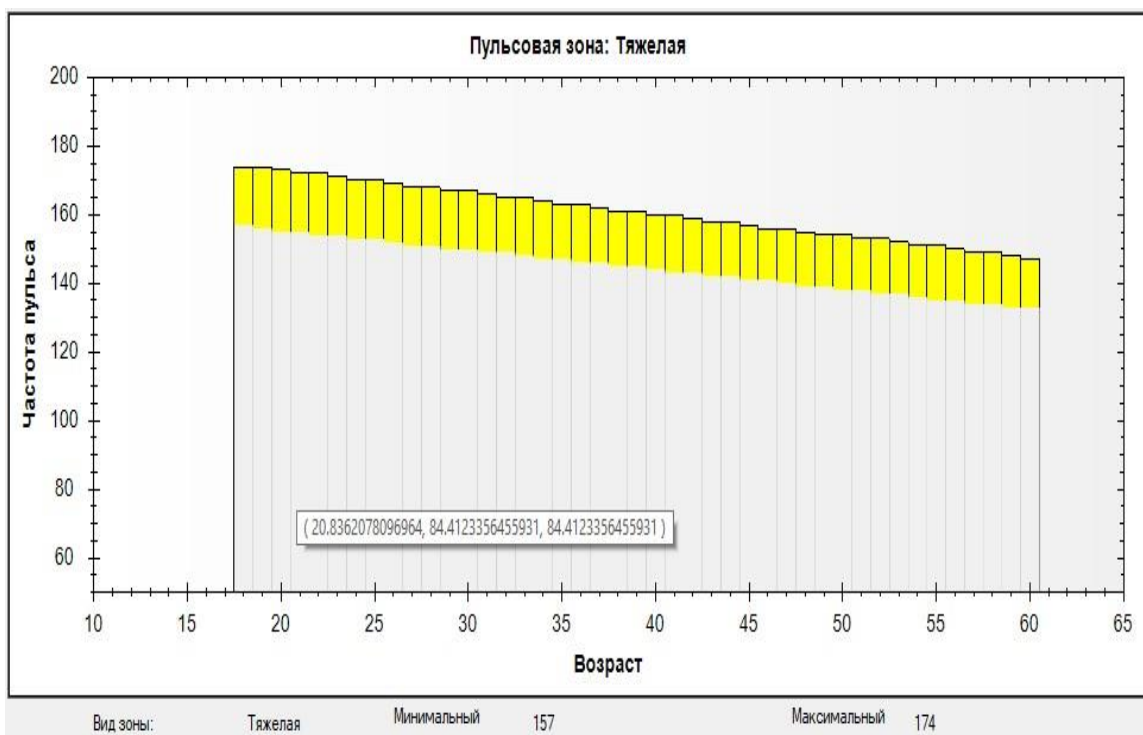


Рисунок 3.18 – Пороговые значения пульса при тяжелых работах

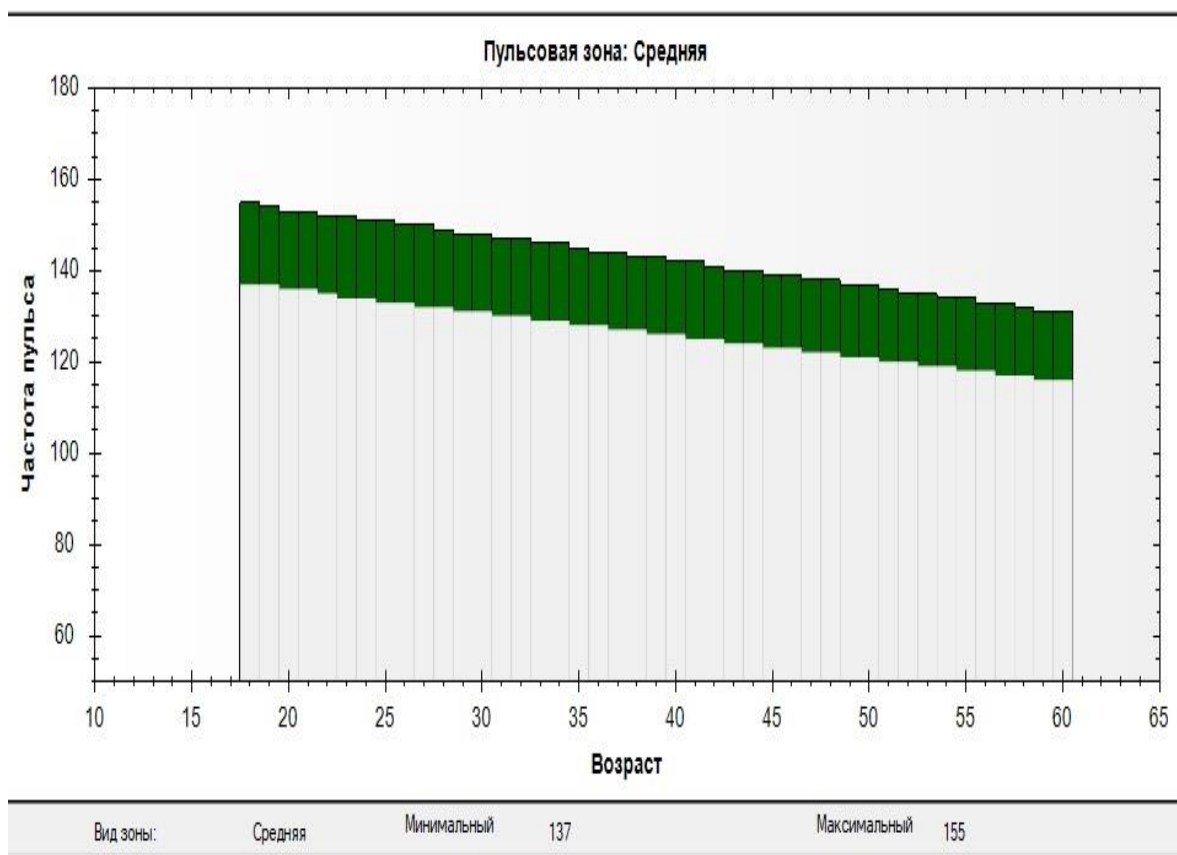


Рисунок 3.19 – Пороговые значения пульса при средних работах

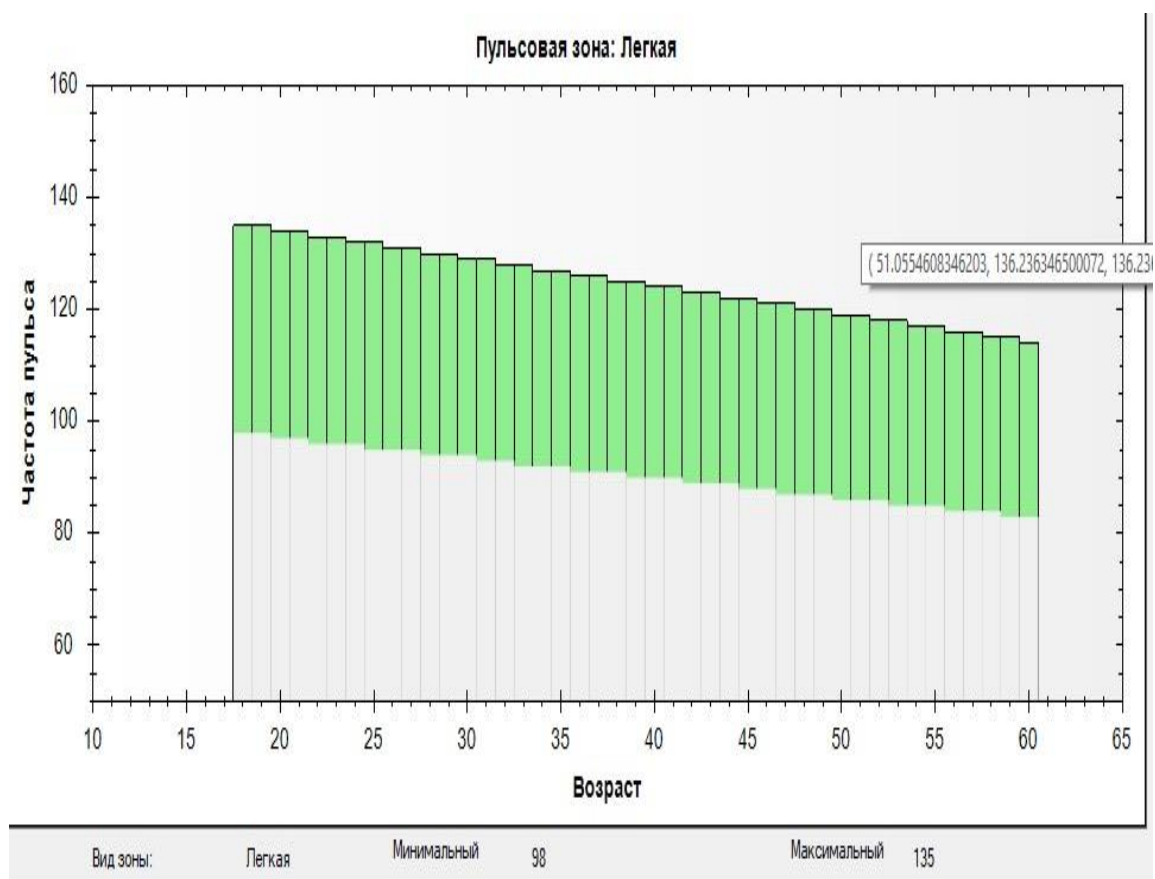


Рисунок 3.20 – Пороговые значения пульса при легких работах

Разработанная процедура мониторинга безопасных режимов работы газодымозащитника позволит модернизировать систему тактического планирования работ газодымозащитников в НДС путем внедрения в нее такого показателя, как физическое состояние работоспособности человека. Таким образом, это даст возможность проводить дистанционный мониторинг не только показателей технических средств защиты, но и значения физического состояния человека. Данная функция мониторинга повысит качество обеспечения безопасности газодымозащитников как при тушении пожаров, так и при проведении учебно-тренировочных занятий путем предоставления данных о состояниях безопасности газодымозащитника в вероятностном и детерминированном виде лицу, принимающему решение.

3.4. Выводы по главе 3

Третья глава исследования посвящена практическим результатам и в совокупности определяет практическую значимость исследования, включающую в себя:

1. Практические рекомендации по применению полученных результатов исследования как при планировании профессиональной подготовки газодымозащитников, так и при планировании тактики тушения пожаров. На примере решения пожарно-тактической задачи показано применение результатов исследования. При этом можно сделать вывод, что при выполнении циклических работ, указанных в условиях ПТЗ, пожарные будут испытывать предельные нагрузки, на что указывают низкие оценки по критерию «Способность», из чего следует, что для нормального функционирования пожарных необходимо увеличить численность газодымозащитной службы и тем самым снизить нагрузку при циклической работе в НДС.

2. Комплекс технических и информационных решений, позволяющий совершенствовать процесс планирования тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в НДС на основе внедрения процедур мониторинга состояния работоспособности с использованием как качественного, так и количественного показателя оценки. При решении практических задач тушения пожаров комплекс позволит проводить дистанционный мониторинг не только технических средств защиты – дыхательных аппаратов со сжатым воздухом, но и физическое состояние газодымозащитника.

Таким образом, полученные в ходе исследования научные результаты повысят качество обеспечения безопасности газодымозащитников как при тушении пожаров, так и при проведении учебно-тренировочных занятий, путем качественного планирования выполнения циклических работ в НДС, а также их оценки риска реализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Рассмотрены научные работы, посвященные действиям пожарных при выполнении циклических работах и планированию их последующих действий с точки зрения работоспособности газодымозащитников. Показано, что существует различие между реальным уровнем работоспособности участника тушения пожара и его субъективной оценкой. Рассмотрены основные способы и системы мониторинга безопасности, и определено направление их развития в части учета работоспособности газодымозащитников, оцениваемых на качественном и количественном уровнях.

2. Разработана система оценки реализации циклических работ в непригодной для дыхания среде при планировании тактики тушения пожаров на основе динамической модели режимов работы (нагрузки) и отдыха (восстановления) и дискретно-событийной модели физических состояний при циклических работах, позволяющая повысить эффективность планирования тактики тушения пожаров при выполнении циклических работ в непригодной для дыхания среде.

Впервые предложен критерий для оценки способности реализации циклических работ при тушении пожаров по параметрам «Способность» и «Возможность».

3. Разработаны информационные ресурсы, необходимые для мониторинга работоспособности газодымозащитников на качественном и количественном уровне, дополняющие известные данные мониторинга безопасности при тушении пожаров. Получены значения коэффициентов безопасности проведения циклических работ при тушении пожаров. Коэффициент безопасности проведения циклических работ при тушении пожаров представляет собой отношение времени выполнения циклической работы ко времени отдыха. Для участников тушения пожаров с высоким уровнем работоспособности он будет

составлять $K_{\text{без}}=0,86$, для участников тушения пожара со средним уровнем работоспособности $K_{\text{без}} = 1,17$ (при уровне значимости $P=0,8$) на одно повторное включение соответственно.

4. Разработаны практические рекомендации по применению результатов исследования в процессе мониторинга безопасности газодымозащитников при тушении пожаров. Реализован в виде программного продукта алгоритм планирования тактики тушения пожаров с выполнением циклических работ в непригодной для дыхания среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шалявин Д. Н. Проблемно-ориентированная модель управления подготовкой газодымозащитников для выполнения длительных работ на затяжных пожарах // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 4(49). С. 106-113. EDN HMSVVE.
2. Габдуллин В. Б., Ищенко А. Д. Влияние периодов работы звеньев газодымозащитной службы на непрерывность тушения пожара // Технологии техносферной безопасности. 2020. № 1(87). С. 25-37. DOI 10.25257/TTS.2020.1.87.25-37. EDN VWTEIS.
3. Организация тушения пожаров. Часть 1: учебное пособие / А. В. Ермилов, О. Н. Белорожев, А. О. Семенов [и др.]. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2016. 158 с.
4. Каврига С. Г. Проблемные вопросы оценки физической подготовленности пожарных и спасателей к работе в средствах индивидуальной защиты органов дыхания // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2021. № 3(22). С. 107-115. DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.72.24.015.
5. Каврига С. Г. Методики оценки физической подготовленности пожарных и спасателей для работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 1(24). С. 100-109. DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.83.23.009.
6. Lupien S.J., Fiocco, A., Wan N., Maheu F., Lord C., Schramek T., Tu M.T., 2005. Stress hormones and human memory function across the lifespan. *Psychoneuroendocrinology* 30 (3), 225–242
7. Roelofs K., Bakvis P., Hermans E.J., van Pelt J., van Honk J., 2007. The effects of social stress and cortisol responses on the preconscious selective attention to social threat. *Biol. Psychol.* 75 (1), 1–7.

8. Hashimoto Y., Moriya K., Ohtsuka Y., 2008. The firefighter's workload of actual firefighting activity in a cold environment. *Japanese J. Biometeorol.* 45 (4), 109–119 (in Japanese).
9. Baur, D.M. Christophi C.A., Tsismenakis A.J., Cook, E.F., Kales, S.N., 2011.
10. Cardiorespiratory fitness predicts cardiovascular risk profiles in career firefighters. *J. Occup. Environ. Med.* 53 (10), 1155–1160. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e31822c9e47>.
11. Baur D.M., Leiba A., Christophi C.A., Kales S.N., 2012. Low fitness is associated with exercise abnormalities among asymptomatic firefighters. *Occup. Med.* 62 (7), 566–569. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqs112>.
12. Rogers TW, Docherty D, Petersen S. Establishment of performance standards and a cut-score for the Canadian Forces Firefighter Physical Fitness Maintenance Evaluation (FF PFME). *Ergonomics.* 2014;57:1750–1759.
13. Hostler D., Colburn D., Rittenberger J.C., Reis S.E. (2016). Effect of two work-to-rest ratios on cardiovascular, thermal, and perceptual responses during fire suppression and recovery. *Prehospital Emergency Care.* 20(6): 681-687. DOI: 10.3109/10903127.2016.1168890.
14. Ebersole K.T., Cornell D. J., Flees R. J., Shemelya C.M., Noel S.E. (2020). Contribution of the autonomic nervous system to recovery in firefighters. *Journal of Athletic Training.* 55(9): 1001-1008. DOI 10.4085/1062-6050-0426.19
15. Gendron, Ph.;Trudeau F.; Laurencelle L.; Goulet É.D.B.; Houle Ju.; Lajoie C. (2019). Shortened Recovery Period between Firefighting Work Bouts Increases Cardiac Response Disproportionately with Metabolic Rate. *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 61 (5): E217 - E2251. DOI 10.1097/JOM.0000000000001579
16. Oka Y.,Sawaguchi Y., Kuriyama Y. (2021). Proposal for alert threshold for «stop activity» to improve firefighters' occupational safety based on heart rate variability analysis. *Safety Science.* 144 (10): 105449. DOI: DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105449

17. Walker A, Argus C, Driller M, Rattray B. Repeat work bouts increase thermal strain for Australian firefighters working in the heat. *Int J Occup Environ Health*. 2015; 21(4): 285-93. DOI: 10.1179/2049396715Y.0000000006.

18. Красильников А. Н., Турбина Е. Г. Роль функциональных систем организма в процессе адаптации к физическим нагрузкам // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2022. Т.24, № 83. С.42-46. DOI: 10.37313/2413-9645-2022-24-83-42-46.

19. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. М.: Директ-Медиа, 2008. 131 с.

20. Baker S.J., Grice J., Roby L., et al., 2000. Cardio respiratory and thermoregulatory response of working in fire fighter protective clothing in a temperate environment. *Ergonomics* 43 (9), 1350e1358.

21. Dreger R.W., Jones R.L., Petersen S.R., 2006. Effects of the self-contained breathing apparatus and fire protective clothing on maximal oxygen uptake. *Ergonomics* 49 (10), 911e920.

22. Selkirk G.A., Mc Lellan T.M., 2004. Physical work limits for Toronto fire fighters in warm environments. *J. Occup. Environ. Hyg.* 1 (4), 199e212.

23. Barr D., Gregson W., Reilly T., 2010. The thermal ergonomics of fire fighting reviewed. *Appl. Ergon.* 41, 161e172.

24. Wu H.-C., Wang M.-J.J., 2001. Determining the maximum acceptable work duration for high-intensity work. *Eur. J. Appl. Physiol.* 85, 339e344.

25. Wu H.-C., Wang M.-J.J., 2002. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics* 45, 280e289.

26. Bos J., Mol E., Visser B., et al., 2004. The physical demands upon (Dutch) fire fighters in relation to the maximum acceptable energetic workload. *Ergonomics* 47 (4), 446e460.

27. Saklica D. (2023). Respiratory System and Its Adaptations to Exercise. In: Kaya Utlu, D. (eds) *Functional Exercise Anatomy and Physiology for Physiotherapists*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27184-7_21.

28. Elsner K.L., Kolkhorst F.W., 2008. Metabolic demands of simulated firefighting tasks. *Ergonomics* 51 (9), 1418e1425.
29. Bilzon J.L., Scarpello E.G., Smith C.V., et al., 2001. Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire-fighting tasks. *Ergonomics* 44 (8), 766e780.
30. Bilzon J.L., Scarpello E.G., Smith C.V., et al., 2001. Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire-fighting tasks. *Ergonomics* 44 (8), 766e780.
31. Bos, J., Mol E., Visser B., et al., 2004. The physical demands upon (Dutch) fire fighters in relation to the maximum acceptable energetic workload. *Ergonomics* 47 (4), 446e460.
32. Elsner K.L., Kolkhorst F.W., 2008. Metabolic demands of simulated firefighting tasks. *Ergonomics* 51 (9), 1418e1425.
33. Vandersmissen G.J.M., et al., Determinants of maximal oxygen uptake (VO₂ max) in fire fighter testing, *Applied Ergonomics* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2014.01.001>.
34. Cornell D.J., Flees R.J., Shemelya C.M., Ebersole K.T. (2024). Influence of Cardiorespiratory Fitness on Cardiac Autonomic Recovery Among Active-Duty Firefighters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 38(1): p. 66-73. DOI: 10.1519/JSC.0000000000004581.
35. Mason M. R., Heebner N. R., Abt J.P., Bergstrom H.C., Shapiro R., Langford E.L., Abel, M.G. (2023). The Acute Effect of High-Intensity Resistance Training on Subsequent Firefighter Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 37 (7): p 1507-1514. DOI: 10.1519/JSC.0000000000004417.
36. Jagim A.R.; Luedke J.A.; Dobbs W.C.; Almonroeder T.; Markert A.; Zapp A.; Askow A.T.; Kesler R.M.; Fields J.B.; Jones M.T.; et al. Physiological Demands of a Self-Paced Firefighter Air-Management Course and Determination of Work Efficiency. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2023, 8, 21. <https://doi.org/10.3390/jfmk8010021>.

37. Роженцов В. В., Полевщиков М. М. Утомление при занятиях физической культурой и спортом: проблемы, методы исследования: монография. М.: Советский спорт, 2006. 280 с.

38. Одышева Н. Е. Определение физической работоспособности человека методом Гарвардского степ-теста // Форум. 2018. № 1(13). С. 113–115. EDN YWJQLF.

39. Баринаева М. Г. Оценка физической работоспособности с помощью Гарвардского степ-теста // Клиническая психология: практикум. С.-Пб.: Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2015. С. 46–47. EDN VAMOKH.

40. Mahoney C. 20-MST and PWC170 validity in non-Caucasian children in the UK. *British Journal of Sports Medicine*. 1992, vol. 26, issue 1, pp. 45–47.

41. Boreham C. A., Paliczka V. J., Nichols A. K. A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 1990, vol. 30, issue 1, pp. 19–23.

42. Немцев А. П., Кривенков Ю. В. Определение уровня физической работоспособности на основании использования теста PWC 170 // VI Машеровские чтения, 2012. С. 497–498.

43. Жевлаков В. Ю. Оценка функционального состояния спортсменов // XII Машеровские чтения. 2018. С. 313–315.

44. Медвецкая Н. М., Синютин А. А. Методики оценки функциональных возможностей студентов. Витебск, 2019.

45. Сергиенко Л. П. Непрямые методы определения максимального потребления кислорода (обзор) // Слобожанський науково-спортивний вісник. 2015. №. 1. С. 109–122.

46. Рылова Н. В., Биктимирова А. А., Назаренко А. С. Уровень максимального потребления кислорода как показатель работоспособности спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта // Практическая медицина. 2014. №. 9 (85). С. 147–150.

47. Волков В. В., Тамбовцева Р. В. Измерение максимального потребления кислорода: к вопросу о выборе протокола // Современные вопросы биомедицины. 2022. Т. 6. №. 3 (20). С. 43–51.

48. Мальцев Д. Н., Векшина Е. В. Диагностическое значение пробы Руфье // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2019. №. 5 (16). С. 113–120.

49. Скрыгин С. В. Индекс Руфье-универсальный показатель работоспособности сердечно-сосудистой системы в процессе физического воспитания // Электронный научный журнал. 2016. №. 2. С. 551–554.

50. Conconi F., Ferrari M., Ziglio P., droghetti P., Codeca Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test inrunners. J. Appl. Physiol. 1982, vol. 52, pp. 869–873.

51. Conconi F., Grazzi G., Casoni I. The Conconi test: methodology after 12 years of application. Int. J. Sports Med. 1996, vol. 17(7), pp. 509–519.

52. Пярнат Я. Возрастные и половые стандарты аэробной производительности: дис. ... д-ра мед. наук. М., 1983.

53. Shvartz e., Reibold R.C. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. Aviat Space Environ Med. 1990, vol. 61, pp. 3–11.

54. Нагрузочные тесты, выполняемые с помощью мониторов частоты сердечных сокращений (лекция) / А. П. Ландырь, Е. Е. Ачкасов, О. Б. Добровольский [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. № 2. С. 69–74. EDN TCCEDT.

55. Якуб И. Ю., Володина А. А., Согришина М. О. Что такое бег и тест Купера? // Педагогическое и психологическое образование: результаты научных исследований и их использование в образовательной практике: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 ч. Челябинск, 08 ноября 2017 года. Ч. 2. Челябинск: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2017. С. 173–177. EDN ZSAVRN.

56. Определение физической работоспособности по результатам бега на 3 километра и теста Купера / А. В. Куликов, А. С. Врублевский, А. Г. Щуров [и

др.] // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2023. № 3. С. 252–258. EDN KBCDWR.

57. Сонькин В. Д. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной функции в постнатальном онтогенезе человека // Физиология человека. 2007. Т. 33. №. 3. С. 81–99.

58. Ильин Г., Курдов И., Манолаки В. Экспресс-метод определения физической работоспособности на естественных трассах // Personalitate și sport: teorie, metodologie, practică, conferință științifico-practică. 2019. С. 16–22.

59. Солонщикова В. С., Мавлиев Ф. А., Манина А. З. Методические аспекты проведения Вингейт-теста и их теоретическое обоснование // Наука и спорт: современные тенденции. 2019. Т. 22. №. 1. С. 75–81.

60. Владельщикова М. А. Возрастная динамика показателей Вингейт-теста у спортсменов: магистерская диссертация. Екатеринбург, 2021.

61. Миллер Л. Спортивная медицина: учебное пособие. Litres, 2022.

62. Шевко Н. Б. Комплексное тестирование функциональной готовности спортсменов // Проблемы здоровья и экологии. 2007. №. 3. С. 116–122.

63. Zolina L. M. Main medicine achievements in the field of cardiology of XX-XXI centuries. International medical scientific journal, 2015, p. 17.

64. Зинчук В., Балбатун О., Емельянчик Ю. Нормальная физиология. Краткий курс. Litres, 2021.

65. Тишутин Н. А. Интерпретация результатов пробы Мартине-Кушелевского методами variability сердечного ритма как способ оценки функционального состояния организма: магистерская диссертация. Витебск, 2020.

66. Брель Е. М. Исследование восстановительного периода в пробе Мартине-Кушелевского // Наука молодых, 2023. С. 61–65.

67. Прус Н. М., Ускова С. М. Анализ эффективности оценки функционального состояния спортсменов. National Technical University of Ukraine, 2014. С. 350.

68. Али М. А., Прокопьев Н. Я., Семизоров Е. А. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы юношей сборной команды Сирии по шоссейным гонкам по тесту кверга на предсоревновательном этапе тренировочного процесса // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2022. № 1. С. 14–20.

69. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом ГДЗС ФПС МЧС России, утвержденные Главным военным экспертом МЧС России П.В. Платом 30.06.2008 г.

70. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В., Гринченко Б. Б. Применение пульсовых зон в тренировочных занятиях по подготовке газодымозащитников // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. С. 301–304.

71. Методика оценки работоспособности газодымозащитника на основе применения пульсовых зон / Шалявин Д. Н. [и др.] // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 178–185.

72. Borg G., Hassmen P., Lagerstrom M. Perceived exertion related to heart rate and blood laktate during arm and leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol*, 1987, vol. 56, issue 6, pp. 679–685.

73. Borg G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics. 110 p.

74. Гайгер Г. Применение шкалы индивидуального восприятия физической нагрузки (RPE, шкала Борга) в реабилитации и спортивной медицине // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2010. № 3(75). С. 24–27.

75. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Модель управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 6. С. 45–51. DOI 10.18322/PVB.2018.27.06.45-51. EDN XYXVFJ.

76. Методика формирования безопасных режимов работы газодымозащитников с учетом мониторинга пульсовых зон / Д. Н. Шалявин, Е. А. Шмелева, Д. В. Тараканов [и др.] // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13. № 4. С. 251–272. DOI 10.12731/2658-6649-2021-13-4-251-272. EDN MGIFTU.

77. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В., Гринченко Б. Б. Алгоритм информационной поддержки управления безопасностью участников тушения пожара при работе в непригодной для дыхания среде на объектах энергетики // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2020. № 3(36). С. 53–61. EDN FEWEUY.

78. Пурский О. И., Федоренко С. С. Формирование базы знаний специализированной экспертной системы дистанционного мониторинга функционального состояния газодымозащитника // *Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность*. 2013. № 1-2 (13-14). С. 30–36.

79. Пурский О. И., Федоренко С. С. Повышение эффективности тренировочного процесса газодымозащитников средствами дистанционного мониторинга функционального состояния организма // *Научные и образовательные проблемы гражданской защиты*. 2013. № 4 (19). С. 47–49.

80. Персональная система телеметрии Dräger Bodyguard 7000 [Электронный ресурс]. URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/Bodyguard-7000 (дата обращения 10.03.2020).

81. Персональная система телеметрии Dräger Bodyguard II [Электронный ресурс]. URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/Bodyguard-II (дата обращения 10.03.2020).

82. Персональная система телеметрии Dräger Bodyguard 1000 [Электронный ресурс]. URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/Bodyguard-1000 (дата обращения 10.03.2020).

83. Пожарная телеметрическая система Dräger PSS® Merlin [Электронный ресурс]. URL: https://www.draeger.com/ru_ru/Products/PSS-Merlin-System (дата обращения 10.03.2020).

84. Инструкция по эксплуатации «Персональная сеть alpha». URL: https://s7d9.scene7.com/is/content/minesafetyappliances/alphaPersonalnetwork_operating%20manual%20-%20RU (дата обращения 10.03.2022).

85. Electronic textbook according to the statistics StatSoft. The electron. Dan. Mode of access: www.StatSoft.ru/home/textbook.

86. Пожарная телеметрическая система 3M Scott Monitor Telemetry Software Solution. URL: https://www.3m.com/3M/en_US/p/d/b5005270004 (дата обращения 10.03.2020).

87. ПТС «Светофор». URL: https://pto-pts.ru/dykhatelnye-apparaty-soszhatym-vozdukhom/tproduct/339569481_741248865915-pts-svetofor (дата обращения 10.03.2020).

88. ПТС «Иволга». URL: <http://ptopts.beget.tech/produksiya/sredstva-spaseniya/410-ustrojstvo-kontrolya-rabotosposobnosti-i-mestoraspolzheniya-pozharnogo-pts-ivolga> (дата обращения 10.03.2020).

89. Tayeh G. B. [et al.] A Personal LPWAN Remote Monitoring System. 2021 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC). IEEE, 2021, pp. 80–85.

90. Самсонов Н. В., Болтов Е. А. Способ расчёта параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и устройство для его реализации (варианты): патент на изобретение № RU 2674278 С1 ; заявл. 05.12.2017; опубли. 06.12.2018. Патентное ведомство: Россия, 2018.

91. Самсонов Н. В., Долгов П. В., Солдаткин С. А. Круговое расчетное устройство газодымозащитника «КРУГ-4» // Есть идея! Сборник материалов XI Международного салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность. М., 2018. С. 293–296.

92. Самсонов Н. «КРУГ» для пожарных // Пожарное дело. 2019. №. 9. С. 52–53.

93. Руководство по эксплуатации комплекс «Маяк спасателя» СПНК.425624.013 РЭ Ред.1.3. Санкт-Петербург, 2011. 36 с.

94. Тараканов Д. В. Система информационной поддержки управления звеньями газодымозащитной службы при ликвидации пожаров в зданиях // П: Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 185–186.

95. Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Персонализированное устройство информационной поддержки газодымозащитника: патент RU 186673 U1; опубл. 2019.01.29.

96. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017663825 Российская Федерация. Программное обеспечение для информационно-аналитической системы управления газодымозащитниками на пожарах в техногенных чрезвычайных ситуациях: № 2017661219: заявл. 23.10.2017 : опубл. 12.12.2017 / Д. В. Тараканов, Б. Б. Гринченко. EDN TKGBJZ.

97. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669824 Российская Федерация. Firefighter Assistant: № 2021669496 : заявл. 03.12.2021 : опубл. 03.12.2021 / В. И. Андреев, С. В. Андреев, А. М. Кобелев [и др.]. EDN TSTKDC.

98. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020612223 Российская Федерация. Программное средство для оценки параметров работы газодымозащитного оборудования при пожарах и чрезвычайных происшествиях : № 2020611046 : заявл. 30.01.2020 : опубл. 19.02.2020 / Б. Б. Гринченко. EDN JPJDSI.

99. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665878 Российская Федерация. Программное средство для моделирования маршрутов движения газодымозащитников: № 2021664973 : заявл. 23.09.2021 : опубл. 04.10.2021 / Д. Н. Шалявин, Б. Б. Гринченко, Е. В. Степанов. EDN ZKWGFH.

100. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020617915 Российская Федерация. Программное средство для моделирования движения газодымозащитников в зданиях : № 2020616717 :

заявл. 25.06.2020 : опубл. 15.07.2020 / Е. В. Степанов, Д. В. Тараканов, Н. Г. Топольский, Б. Б. Гринченко. EDN EIFJSJ.

101. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610223 Российская Федерация. Программное средство для расчета параметров работы звеньев газодымозащитной службы на пожарах : № 2014661680 : заявл. 17.11.2014 : опубл. 12.01.2015 / В. В. Теребнев, А. Б. Гордеев, Д. В. Тараканов, И. М. Чистяков. EDN UTIERS.

102. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 352 с.

103. Jing J. (2024). Simulation Analysis of Fire-Fighting Path Planning Based On SLAM. Highlights in Science, Engineering and Technology, 85, 434-442. <https://doi.org/10.54097/35ybya58>

104. Teixeira IG, Verzola MR, Filipini RE and Speretta GF (2023) The effects of a firefighting simulation on the vascular and autonomic functions and cognitive performance: a randomized crossover study. Front. Physiol. 14:1215006. doi: 10.3389/fphys.2023.1215006

105. Horn G. P., Blevins S., Fernhall B., & Smith D. L. (2013). Core temperature and heart rate response to repeated bouts of firefighting activities. Ergonomics, 56(9), 1465–1473. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.818719>

106. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В. Имитационная модель потребления ресурсов газодымозащитниками для планирования работ в непригодной для дыхания среде // Системы безопасности: материалы международной научно-технической конференции. М., 2023. № 32. С. 76–81. EDN ОНМУТУ.

107. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В., Гринченко Б. Б. Алгоритм информационной поддержки управления безопасностью участников тушения пожара при работе в непригодной для дыхания среде на объектах энергетики, // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 3(36). С. 53-61. EDN FEWEUY.

108. Программный комплекс для анализа режимов выполнения повторных работ при тушении пожаров на объектах текстильной промышленности / Д. Н. Шалявин, А. О. Семенов, Д. В. Тараканов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 3(411). С. 225–234. DOI 10.47367/0021-3497_2024_3_225. EDN SKZTAE.

109. Шалявин Д. Н. Оценка реализации тактических задач пожарных подразделений в процессе выполнения повторных работ при тушении крупных пожаров // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 2(51). С. 101–107. EDN WRWZJD

110. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 20224618280. Программный комплекс управления профессиональными рисками при организации проведения циклических работ на пожаре.; заявл. 27.03.2024 / Шалявин Д.Н., Тараканов Д.В., Ульев Д.А., Шмелева Е.А. [и др.]

111. Ищенко А. Д. Об обеспечении непрерывного тушения пожаров критически важных объектов в условиях задымления // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 5(75). С. 12–24. EDN YWYDCY.

112. Шипилов Р. М., Казанцев С. Г., Шалявин Д. Н. Особенности методики воспитания выносливости у пожарных // Пожарная и аварийная безопасность. 2017. № 1(4). С. 80–91. EDN YXURDN.

113. Экспериментальная модель восстановления газодымозащитников с учётом уровня работоспособности и повторности тренировочных нагрузок / Д. Н. Шалявин, Е. А. Шмелева, А. Д. Ищенко [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2022. № 4(98). С. 79–95. DOI 10.25257/TTS.2022.4.98.79-95. EDN NPUXJF.

114. Разработка дополнительных нормативных заданий и их временных показателей к работе со штурмовой лестницей / Р. М. Шипилов, С. Г. Казанцев, А. С. Давиденко, Д. Н. Шалявин // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2(31). С. 106-112. EDN XDCTJC.

115. Патент на полезную модель № 199779 U1 Российская Федерация, МПК G08B 25/00. Устройство мониторинга безопасности газодымозащитника : № 2020117869 : заявл. 20.05.2020 : опубл. 21.09.2020 / Д. Н. Шалявин, Д. В. Тараканов, Б. Б. Гринченко. EDN RNVHWQ.

116. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620719 Российская Федерация. Информационные ресурсы систем мониторинга безопасных режимов работы газодымозащитников : № 2022620475 : заявл. 16.03.2022 : опубл. 01.04.2022 / Д. Н. Шалявин, Д. В. Тараканов, Д. А. Ульев, Б. Б. Гринченко. – EDN XDYZLQ.

117. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В., Гринченко Б. Б. Применение пульсовых зон в тренировочных занятиях по подготовке газодымозащитников // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 301–304.

118. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В., Гринченко Б. Б. Разработка информационно-аналитической модели для мониторинга безопасности газодымозащитника // Школа молодых учёных и специалистов МЧС России: Материалы юбилейного X форума. Санкт-Петербург, 2020. С. 38–40.

119. Фогилев И. С. Особенности проведения тренировок оперативного персонала атомных электростанций в дыхательных аппаратах со сжатым воздухом // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы V международной научно-практической конференции. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 122–222.

120. Информационная поддержка управления безопасностью участников тушения пожара при работе в непригодной для дыхания среде : монография / Н. Г. Топольский, Б. Б. Гринченко, Д. В. Тараканов [и др.]; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Н. Г. Топольского. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. 213 с.

121. Тараканов Д. В., Гордеев А. В. Алгоритм газодымозащитников для автоматизации поста безопасности на пожаре // Пожаротушение: проблемы,

технологии, инновации: сборник научно-практической конференции: в 2 ч. Ч.1. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. С. 165–167.

122. Смирнов С. Л. Специально направленная физическая подготовка пожарных для работы в дыхательных аппаратах: автореф. дис. ... канд. пед. наук. СПб.: ВПТШ МВД РФ, 1994. 24 с.

123. Пурский О. И., Федоренко С. С. Повышение эффективности тренировочного процесса газодымозащитников средствами дистанционного мониторинга функционального состояния организма // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2013. № 4 (19). С. 47–49.

124. Исследование спасательных работ, проводимых звеном газодымозащитной службы / И. В. Коршунов, А. В. Смагин, Ю. И. Панков [и др.] // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы V международной конференции. М., 2016 С. 203–207.

125. Ищенко А. Д., Шупнев Д. С. Комплексный подход к оценке функционального состояния газодымозащитников в процессе тренировочных занятий // Проблемы обеспечения пожарной безопасности Северо-Западного региона: материалы второй международной научно-практической конференции. С.-Пб.: СПб университет МВД России, 2001. С. 78–82.

Приложение 1

Акты о внедрении результатов диссертационного исследования

Утверждаю
 Первый заместитель начальника
 Управления по Западному
 административному округу Главного
 управления МЧС России по г. Москве
 подполковник внутренней службы
 Д.А. Якуша
 2022 г.



А К Т

о внедрении результатов диссертационной работы на соискание
 ученой степени кандидата технических наук
 Шалявина Дениса Николаевича
 в ГУ МЧС России по г. Москве

Комиссия в составе:

Председатель комиссии – заместитель начальника управления – начальник
 пожарно-спасательного отряда федеральной противопожарной службы Управления
 по ЗАО Главного управления МЧС России по г. Москве полковник внутренней
 службы Медведев А.А.

Члены комиссии:

– заместитель начальника управления – начальник отдела ГЗ Управления по
 ЗАО Главного управления МЧС России по г. Москве подполковник внутренней
 службы Картоев М.А;

– Врио заместителя начальника отряда – начальник службы пожаротушения
 федеральной противопожарной службы Управления по ЗАО Главного управления
 МЧС России по г. Москве майор внутренней службы Кубас Н.А.

подтверждает, что результаты диссертационной работы Шалявина Д.Н.,
 посвященной разработке информационного обеспечения мониторинга в системе
 управления безопасности газодымозащитников при тушении пожаров на объектах
 энергетики, внедрены в Главном управлении МЧС России по г. Москве, а именно:

– алгоритм принятия решений о привлечении резервных сил и средств
 газодымозащитной службы на основе мониторинга показателей
 работоспособности человека;

– практические рекомендации по формированию безопасных режимов работы
 газодымозащитников с учетом мониторинга работоспособности человека.

Председатель комиссии:

Заместитель начальника управления –
 начальник пожарно-спасательного отряда
 федеральной противопожарной службы
 Управления по ЗАО ГУ МЧС России по г. Москве
 полковник внутренней службы



А.А. Медведев

УТВЕРЖДАЮ
 Заместитель начальника
 Ивановской пожарно-спасательной
 академии ГПС МЧС России
 по учебной работе
 подполковник внутренней службы
 А.С. Федорин
 « 18 » _____ 2024 г.



АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы
 Шалявина Дениса Николаевича, представленной на соискание ученой
 степени кандидата технических наук по научной специальности
 2.10.1. Пожарная безопасность в учебную деятельность
 Ивановской пожарно-спасательной
 академии ГПС МЧС России

Комиссия в составе:

Председатель комиссии – начальник кафедры пожарно-строевой,
 физической подготовки и ГДЗС (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской
 пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России полковник
 внутренней службы Смирнов В.А.

Члены комиссии:

– заместитель начальника кафедры пожарно-строевой, физической
 подготовки и ГДЗС (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-
 спасательной академии ГПС МЧС России полковник внутренней службы
 Шишилов Р.М.

– преподаватель кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и
 ГДЗС (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной
 академии ГПС МЧС России майор внутренней службы Чистов П.В.

подтверждает, что результаты диссертационной работы Шалявина
 Дениса Николаевича используются при организации и проведении учебных
 занятий по дисциплинам «Организация газодымозащитной службы»
 (специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»; направление подготовки
 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиль «Пожарная безопасность»).

Председатель комиссии:
 Начальник кафедры пожарно-строевой,
 физической подготовки и ГДЗС
 (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской
 пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
 полковник внутренней службы

В.А. Смирнов

УТВЕРЖДАЮ
 Начальник УОПТ и ПАСР
 Главного управления МЧС России
 по Ивановской области
 полковник внутренней службы



Никонов А.Е.
 2024 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук Шалявина Дениса Николаевича в деятельность Главного управления МЧС России по Ивановской области

Комиссия в составе:

Председатель комиссии – заместитель начальника управления – начальник отдела организации службы пожарно-спасательных подразделений и координации деятельности аварийно-спасательных формирований УОПТ и ПАСР Главного управления МЧС России по Ивановской области полковник внутренней службы Владимиров И.В.

Члены комиссии:

– заместитель начальника отдела организации пожаротушения УОПТ и ПАСР Главного управления МЧС России по Ивановской области подполковник внутренней службы Степанов Н.С.;

– заместитель начальника отдела организации службы пожарно-спасательных подразделений и координации деятельности аварийно-спасательных формирований УОПТ и ПАСР Главного управления МЧС России по Ивановской области полковник внутренней службы Дианычев И.С.

подтверждает, что результаты диссертационной работы Шалявина Дениса Николаевича, посвященной разработке научных основ планирования циклических работ при тушении пожаров, используются при организации тренировочных занятий газодымозащитников Главного управления МЧС России по Ивановской области.

Председатель комиссии:

заместитель начальника управления –
 начальник отдела организации службы
 пожарно-спасательных подразделений и
 координации деятельности
 аварийно-спасательных формирований УОПТ и ПАСР
 Главного управления МЧС России
 по Ивановской области
 полковник внутренней службы

И.В. Владимиров

Приложение 2

«Устройство мониторинга безопасности газодымозащитника»

Свидетельство о государственной регистрации патента

на полезную модель №199779

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 199779


Устройство мониторинга безопасности газодымозащитникаПатентообладатели: **Шальявин Денис Николаевич (RU), Тараканов Денис Вячеславович (RU), Гринченко Борис Борисович (RU)**Авторы: **Шальявин Денис Николаевич (RU), Тараканов Денис Вячеславович (RU), Гринченко Борис Борисович (RU)**

Заявка № 2020117869

Приоритет полезной модели 20 мая 2020 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 21 сентября 2020 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 20 мая 2030 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности Г.П. Ивлиев

Приложение 3

«Программный комплекс управления профессиональными рисками при
организации проведения повторных работ на пожаре»

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024618280

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2024618280

**Программный комплекс управления
профессиональными рисками при организации
проведения повторных работ на пожаре**

Привоеобладатели: *Шаливин Денис Николаевич (RU), Тараканов Денис Вячеславович (RU), Ульянов Дмитрий Андреевич (RU), Шмелева Елена Александровна (RU), Степанов Егор Владимирович (RU)*

Авторы: *Шаливин Денис Николаевич (RU), Тараканов Денис Вячеславович (RU), Ульянов Дмитрий Андреевич (RU), Шмелева Елена Александровна (RU), Степанов Егор Владимирович (RU)*

Заявка № **2024617299**
Дата поступления **27 марта 2024 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **10 апреля 2024 г.**



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности



Ю. С. Зубов

Приложение 4

**«Информационные ресурсы систем мониторинга безопасных режимов
работы газодымозащитников»****Свидетельство о государственной регистрации базы данных****№2022320719**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620719**Информационные ресурсы систем мониторинга
безопасных режимов работы газодымозащитников**

Правообладатели: *Шальявин Денис Николаевич (RU), Тараканов
Денис Вячеславович (RU), Ульев Дмитрий Андреевич
(RU), Гринченко Борис Борисович (RU)*

Авторы: *Шальявин Денис Николаевич (RU), Тараканов Денис
Вячеславович (RU), Ульев Дмитрий Андреевич (RU),
Гринченко Борис Борисович (RU)*

Заявка № **2022620475**Дата поступления **16 марта 2022 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных **01 апреля 2022 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов