Полынько, Сергей Валерьевич. Моделирование процессов технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания газодымозащитной службы : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.18 / Полынько Сергей Валерьевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. ун-т ГПС МЧС России].- Санкт-Петербург, 2011.- 177 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/3138

Министерство Российской Федерации по делам гражданской

обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации

последствий стихийных бедствий

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ

04201103559 *На правахрукрписи*



полынько

Сергей Валерьевич

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ

05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Гадышев Виктор Александрович

Санкт-Петербург 2011

2 Тема: «Моделирование процессов технического обслуживания и

ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания.

газодымозащитной службы»

**Оглавление**

Введение 5

Глава 1. Состояние вопроса в части эксплуатации и обеспечения
технического обслуживания СИЗОД 11

1. Краткая историческая справка. Основные виды СИЗОД 11
2. Особенности эксплуатации СИЗОД 15
3. Основы организации ТО СИЗОД 21

1.4. Проблемы повышения эффективности технического обслуживания

СИЗОД 25

Вывод '. 26

Глава 2. Математическое моделирование процессов ТО и ремонта СИЗОД.27
2.1. Возможность применения и особенности построения моделей теории
массового обслуживания для описания системы технического обслуживания
и ремонта СИЗОД 27

2.1.1. Особенности построения аналитических моделей системы
технического обслуживания и ремонта СИЗОД 33

1. Методы теории массового обслуживания и необходимость имитационных экспериментов в процессе технического обслуживания и ремонта СИЗОД 40
2. Математическая модель однофазной СМО и показатели ее

эффективности 45

Выводы по главе: 63

Глава 3. Разработка методики использования инструментальных средств

% имитационного моделирования для исследования эффективности
технического обслуживания СИЗОД в среде GPSS World 64

3.1. Обоснование подходов, используемых при построении имитационной
модели эффективности использования и технического обслуживания
СИЗОД 64

3.2. Общие сведения о GPSS World как инструментальном средстве
моделирования эффективности использования и технического обслуживания
СИЗОД 67

3.3. Основные блоки GPSS World и связанные с ними объекты, используемые
для создания имитационных моделей использования, технического
обслуживания и ремонта СИЗОД 78

1. Блоки, связанные с транзактами, как носителями сообщений об использовании, техническом обслуживании и ремонте СИЗОД 78
2. Блоки, связанные с аппаратными объектами 92
3. Блоки для сбора статистических данных о результатах моделирования использования и технического обслуживания СИЗОД 98

**з**

1. Блоки, изменяющие маршруты транзактов в модели использования и технического обслуживания СИЗОД 103
2. Блоки, работающие с памятью имитационной модели использования и

технического обслуживания СИЗОД. 107

3.3.6 Управляющие операторы GPSS World в имитационной модели
использования и технического обслуживания СИЗОД 108

3.4. Некоторые приемы конструирования GPSS-моделей 110

3.4.1. Обработка одновременных событий 110

3.5. Команды GPSS и технология работы с пакетом 113

3.5.1. Методика прогона имитационной модели и наблюдение за
моделированием 113

3.5.2. Получение и интерпретация стандартного отчета 113

Выводы по главе 3: *'.* 116

Глава 4. Параметрический анализ процессов технического обслуживания и
использования СИЗОД с использованием методов имитационного
моделирования 118

4.1. Структура процесса, использующего прерывания потоков > информации
для моделирования задачи использования СИЗОД в экстремальных
ситуациях 118

4.2. Технологии моделирования параллельных процессов в задаче
использования и обслуживания СИЗОД 118

4.3. Моделирование эффективности процесса технического облуживания и

ремонта СИЗОД 125

4.3.1. Техническое обеспечение сложной системы 125

4.3.2.Структура имитационной модели технического обслуживания и
ремонта СИЗОД 126

1. Последовательность решения задачи и графический вывод результатов моделирования 127
2. Аналитическое исследование показателей эффективности технического обслуживания и использования СИЗОД, представленной моделью системы

массового обслуживания 132

Выводы по главе 4: 136

Заключение 137

Список использованных источников 137

Приложение 1 150

Приложение 2 152

Приложение 3 158

Приложение 4 167

Приложение 5 168

Приложение 6 169

Приложение 7 171

**■ ■ . 4**

**Основные сокращения, обозначения и определения используемые в**

**диссертации**

МЧС России - Министерство Российской; Федерации по делам гражданской

обороны, чрезвычайным;ситуациям и\* ликвидации стихийных бедствий?

ОШІЄ —отряд государственной противопожарной службы

ГДЗЄ - специальная служба пожарной охраны; организуемая в органах

управления; подразделениях ЕПЄ, пожарно-технических учебных заведениях

МЧС России; для ведения боевых действий по тушению пожаров в

непригодной для дыхания среде:

СИЗОД; - изолирующие технические средства ^индивидуальной зашиты

органов дьіхания и зрения человека от воздействия непригодной для. дьгхания

среды.

ИМ ■"— имитационнадмодель

GMO - система массового обслуживания?

ОКУ - одноканальное устройство

ПК - персональный компьютер

ЛИ — логический переключатель*.*

G4A-стандартный числовой атрибут

G4JI-стандартный, логический атрибут

GPSS - General Purpose Simulation System (общецелевая система

моделирования) ,

YKG - унифицированная компрессорная станция

ПКС-передвижная компрессорная станция

АСР-аварийно-спасательные работы

ЧС — чрезвычайная ситуация

ОУ — обслуживающее устройство

АБГ - автомобиль база ГДЗС

КИИ,-кислородно-изолирующий; аппарат

ДАСВ — дыхательный;аппарат на сжатом воздухе

СВ —случайная величина

**5**

**Введение Актуальность темьь**

Наиболее полное представление о вредных и опасных условиях труда,
в которых проходит деятельность пожарных, дают практический опыт и
исследования-о работе газодымозащитной службы (ГДЗС) [1, 2, *3,* 15, 16].
Современное состояние средств индивидуальной защиты органов дыхания
(СИЗОД) пожарных требует совершенствования. Так как показатели отказов
СИЗОД при выполнении задач, по тушению пожаров\* и ликвидации
чрезвычайных ситуаций (ЧС) еще достаточно высокие. Неисправность
ЄИЗОД могут повлечь гибель пожарных и требуют новых подходов к
снижению профессионального риска. Подразделения газодымозащитной
службы (ГДЗС) привлекаются для ликвидации пожаров и проведения
аварийно-спасательных работ (АСР), как правило, в среде, не пригодной для
дыхания [7, 15, 16, 17, 23, 24]. Условия труда газодымозащитников
заставляют искать, новые подходы к устранению и снижению
профессионального риска. Основными задачами ГДЗС на пожаре являются:
спасание людей и материальных ценностей, оказание доврачебной; помощи
пострадавшим,*.'■* разведка и тушение пожара, удаление газообразных и
взрывоопасных веществ, материалов, сосудов с избыточным давлением,
перекрытие трубопроводов с горючими: газами, , отключение'
электрооборудования^ выполнение, защитных мероприятий (вскрытие и
разборка конструкций, удаление дыма, снижение температуры и др.) [15, 24,
51, 58]. То есть обеспечение безопасных условий для успешной ликвидации
пожара или ЧС. .

Из опыта применения сил и средств ГДЗС на пожарах известно, что важнейшими факторами, влияющими на эффективность тушения пожаров и проведения АСР, являются: во-первых, наличие квалифицированных кадров, во-вторых, уровень технического оснащения ГДЗС, в-третьих, эффективно действующая система технического обслуживания (ТО) и ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

**6 ' ■■.-.■**

Важная роль в достижении высокой степени готовности сил и средств ГДЗС, а также, сохранения жизни и здоровья ■ принадлежит совершенствованию системы ТО и ремонта СИЗО Д. Достичь этого можно только в том случае, если будет успешно развиваться структура баз1 и контрольных постов ГДЗС, совершенствоваться методы управления ими, внедряться передовая; практика организации ТО и ремонта СИЗОД; Имеющиеся- в настоящее время\* система ТО и ремонта СИЗОД не *в\* полной мере удовлетворяют современным требованиям, поэтому совершенствование системы, ТО и ремонта СИЗОД; является весьма важной задачей^ В' настоящее время отсутствуют обобщенные статистические данные о временных характеристиках ТО и ремонта СИЗОД в различных условиях. В связи с этим возникают существенные трудности в обосновании путей совершенствования системы ТО и ремонта СИЗОД [19,86]:

Практика показывает, что потребность в совершенствовании функционирования баз и контрольных постов ГДЗС остается из года в год

**ОЧеНЬ ВЫСОКОЙ;**

Для осуществления технического обслуживания и ремонта СИЗОД, в подразделениях ФПС Санкт-Петербурга организована работа 12 баз ГДЗС, функционирование которых обеспечивают 14 мастеров ГДЗС [28, 29].

Вопрос организации работы баз ГДЗС весьма обширен. На протяжений многих лет ученые и специалисты изучали и продолжают изучать данный вопрос; И вместе с тем, многие вопросы организации работы баз ГДЗС до настоящего времени остаются не до конца обоснованными. Это можно отнести к вопросам планирования производственных мощностей, разработки рабочего процесса по техническому обслуживанию и ремонту СИЗОД, размещения оборудования, оценки и контроля качества выполненных работ, управления ресурсами и запасами, повышения безопасности труда [15, 16, 22, 23].

Кроме того, состав и структура производственных процессов ТО и ремонта не отвечает современным требованиям. Но, исходя из содержания

7 приложения 11 к наставлению по ГДЗС [15] «Табель положенности

оборудования, инструмента и инвентаря для базы ГДЗС» можно определить типовую совокупность всех действий персонала базы ГДЗС и средств охраны труда, осуществляемых на базах и контрольных постах ГДЗС, для, ТО и ремонта дыхательных аппаратов [11, 53, 67, 88, 109-111] и кислородно-изолирующих противогазов [12, 69, 88]. Все это обусловливает актуальность совершенствования системы ТО и ремонта СИЗОД. Одним из возможных механизмов, обеспечивающих развитие технологических возможностей баз и контрольных постов ГДЗС, является разработка систем имитационного моделирования для подразделений пожарной охраны, обеспечивающих ТО, ремонт и эксплуатацию СИЗОД.

В настоящее время известно, что альтернативой классическим математическим моделям являются имитационные модели [43, 61, 73, 97-99, 107]. Идея метода имитационного моделирования состоит в том, что вместо аналитического описания взаимосвязей между входами, состояниями и выходами исследуемой системы строят алгоритм, отображающий последовательность развития процессов внутри исследуемого объекта, а затем «проигрывают» поведение объекта на персональном компьютере (ПК).

Основные идеи метода имитационного моделирования\* были сформулированы еще в 60-е годы прошлого века. Однако только с появлением в последнее десятилетие систем имитационного моделирования нового поколения (например, объектно-ориентированного визуального инструментального средства GPSS World 2000 г.), появилась реальная возможность практического применения данного подхода [25, 82, 90, 106].

Метод имитационного моделирования развивался в работах Р. Шеннона, А. Лоу, В. Кельтона, Т. Дж. Шрайбера, Б. Советова, В. Боева, В. Томашевского, А. Борщева, Ю. Карпова [54, 63, 98, 99].

Вопросам применения технологий имитационного моделирования для решения задач совершенствования управления промышленными, транспортными и торговыми предприятиями посвящены работы Б. Гнеденко,

8 А. Емельянова, С. Кокса, Б. Шмидта, С. Конюха, В. Девяткова, В. Марлея, И.

Поспелова, Ю. Толуева и многих других [47, 48-50, 60, 62, 97].

Появление в 90-е годы прошлого века совершенно новых объектно-ориентированных, визуальных технологий имитационного моделирования, резкое повышение параметров ПК, существенно расширило возможности методов имитационного моделирования.

В связи с этим **актуальной** является решение задачи по созданию информационных систем не только для организации технологического процесса по ТО и ремонту СИЗОД, но и для поддержки процессов управления на базах и контрольных постах ГДЗС в зданиях пожарных частей и на месте пожара, на основе применения методов имитационного моделирования.

**Цель и задачи исследования**

**Целью** диссертационного исследования является разработка имитационных моделей для оценки эффективности процессов технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания в подразделениях газодымозащитной службы МЧС России.

Для достижения поставленной цели были решены **следующие задачи:**

* исследование условий, влияющих на организацию технического обслуживания и ремонта СИЗОД, а также анализ состояния ТО и выявление критически важных задач требующих применения методов имитационного моделирования;
* анализ инструментальных средств имитационного моделирования и выявление среди них наиболее адекватных задачам системы ТО и ремонта СИЗОД на базах и контрольных постах ГДЗС;
* разработка моделей систем массового обслуживания для оценки эффективности процессов технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты на базах и контрольных постах ГДЗС;

- разработка методики использования инструментальных средств
имитационного моделирования для исследования эффективности процессов

9 технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты

органов дыхания в среде GPSS World;

- разработка методики использования библиотеки функциональных модулей имитационного моделирования процессов технического обслуживания, и ремонта СИЗОД на базах и контрольных постах ГДЗС в среде GPSS World.

**Объектом исследования** являются система технического обслуживания средств индивидуальной защиты органов дыхания на базах и контрольных постах газодымозащитной службы МЧС России.

**Предметом исследования** являются имитационные модели и методики технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались методы математического и имитационного моделирования, теории массового обслуживания и объектно-ориентированного программирования средствами системы имитационного моделирования GPSS World. [42-44, 54, 75, 82, 99, 106].

**Теоретическая' значимость результатов исследования** состоит в разработке научно-методического аппарата для обоснования количественных показателей процессов технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания на базах и контрольных постах газодымозащитной службы.

**Практическая значимость результатов исследования работы** состоит в создании моделей и методов сопровождения технологических процессов ТО и ремонта СИЗОД газодымозащитников на контрольных постах и базах газодымозащитной службы. Разработанные модели позволяют количественно оценить эффективность процессов ТО и ремонта СИЗОД и предложить способы совершенствования существующих процессов.

**Достоверность научных результатов** выдвинутых в диссертации положений и выводов обоснованна и подтверждена применением

10 апробированных методов исследования и практическим внедрением

результатов диссертационной работы.

**На защиту выносятся следующие основные результаты**

**диссертационного исследования:**

* модели систем массового обслуживания» для\* оценки» эффективности процессов\* технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания;
* методика использования инструментальных средств имитационного моделирования для исследования эффективности процессов технического обслуживания и ремонта средств индивидуальной защиты органов дыхания в среде GPSS World;

- методика использования- библиотеки функциональных модулей
имитационного- моделирования процессов технического- обслуживания и
ремонта СИЗОД набазах и контрольных постах ГДЗС в среде GPSS World.

**Апробация результатов исследования.**

Результаты работы докладывались и обсуждались в период с 2007 по 2010 г. на заседаниях кафедры организации-пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, а также на:

III Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы обеспечения5 взрывобезопасности и противодействия\* терроризму». Санкт-Петербург, 30-31 октября 2007 г;

Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы охраны труда», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, 2010 г.;

III Международной научно-практической конференции «Сервис безопасности на объектах олимпийского комплекса во время подготовки и проведения XXII зимних Олимпийских игр в 2014 г. в городе Сочи» ». Санкт-Петербург, 2-3 декабря 2010 г.

**11**

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 9 печатных работ, в том числе 5 статей'в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки.РФ.

**Реализация результатов исследования:**

Результаты» внедрены в деятельность ГУ МЧС России по Архангельской, области, в> Государственном образовательном- учреждении дополнительного профессионального образования «Санкт-Петербургский учебный центр\* ФПС МЧС России». А так же отдельные теоретические положения' диссертации' используются в учебном процессе на кафедре организацию пожаротушения и проведения^ аварийно-спасательных работ ЄП6У ГПС МЧС России.

**Объем1 *w* структура диссертации.** Диссертация- состоит из введения; четырехг глав, заключения, списка- литературы из 122 наименований; 7 приложений: Работа изложена на 149 страницах основного текста, содержит 5 таблиц и 69 рисунков.

**Заключение**

Разработаны модели систем массового обслуживания для^ оценки эффективности процессов технического обслуживания и ремонта1 средств индивидуальной защиты;

Разработана методика использования инструментальных средств имитационного моделирования для исследования эффективности процессов технического обслуживания и ремонта' средств индивидуальной защиты в среде GPSS World;

Разработана методика использования библиотеки функциональных модулей имитационного моделирования процессов технического обслуживания и ремонта СИЗОД на базах и контрольных постах ГДЗС в среде GPSS World.