

*На правах рукописи*



**ИВАНОВ ИГОРЬ БОРИСОВИЧ**

**МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА  
ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТА СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ  
ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ «112»**

Специальность: 2.2.15 –  
Системы, сети и устройства телекоммуникаций

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

г. Сергеев-Посад – 2024

Работа выполнена в ФГКУ «12 Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации.

Научный руководитель: **Попов Михаил Юрьевич**, почетный работник сферы образования РФ, почетный радист РФ, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры №41 филиала Военной академии РВСН имени Петра Великого, г. Серпухов.

Официальные оппоненты: **Махов Денис Сергеевич**, доктор технических наук, доцент, начальник отдела (организации научных исследований и экспериментальных разработок) Управления Министерства обороны РФ по руководству деятельностью военного инновационного технополиса, г. Москва.  
**Бонч-Бруевич Андрей Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры ИУ-10 ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты МЧС России», г. Химки.

Защита диссертации состоится «10» декабря 2024 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.281.01 при ФГБОУ ВО «Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, д.87, ВлГУ, корп.3, ауд.301.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых и на сайте ВлГУ <http://dis.vlsu.ru>.

Автореферат разослан «26» сентября 2024 г.

Отзывы на автореферат, заверенный печатью, просим направлять по адресу: ул. Горького, д. 87, ВлГУ, РТ и РС, г. Владимир, 600000 и на электронный адрес <https://ags@vlsu.ru>, ученому секретарю диссертационного совета 24.2.281.01 Самойлову А.Г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



А.Г. Самойлов

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Изменения геополитической ситуации в мире выдвигает на первый план вопросы, связанные с необходимостью обеспечения устойчивого развития автоматизированных информационных управляющих систем различных Министерств и ведомств России. Так, существует и развивается федеральный проект – Система-112, это система обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» на территории Российской Федерации, организованная по принципу «одного окна». Единый номер вызова экстренных оперативных служб предназначен для обеспечения оказания экстренной помощи населению при угрозах жизни и здоровью, для уменьшения материального ущерба при несчастных случаях, авариях, пожарах, нарушениях общественного порядка и других происшествиях и чрезвычайных ситуациях (ЧС), а также для информационного обеспечения единых дежурно-диспетчерских служб (ДДС) муниципальных образований. Результаты опроса абонента видны всем задействованным службам, а в регламенте описывается, на какие случаи, как реагировать. Система представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, она интегрирована с соседними субъектами, системой эра-глонасс, с камерами видеонаблюдения «безопасный регион». Абонент может осуществить вызов и без SIM карты с заблокированного телефона, вне зоны покрытия своего оператора.

В общем случае, Система-112 состоит из автоматизированной (состоящей из персонала, информации, комплекса технических и программных средств автоматизации и программных средств автоматизации целевой деятельности), информационной систем и системы защиты информации. Любая автоматизированная система управления (АСУ), к которой возможно отнести и систему-112, имеет свой жизненный цикл. При создании таких систем выделяют следующие стадии работ: формирование требований, разработка концепции, техническое задание, эскизный проект, технический проект, рабочая документация, ввод в действие, сопровождение. Существуют различные виды обеспечения таких систем, в том числе и математическое обеспечение, которое представляет собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при решении функциональных задач. Математическое обеспечение включает: средства моделирования процессов управления; методы и средства решения типовых задач управления; методы оптимизации исследуемых управленческих процессов и принятия решений. Программное обеспечение состоит из общего (операционные системы, компиляторы, тесты и диагностика) и специального (прикладное и общесистемное).

Оценка качества функционирования подобных систем, возможна на базе оперативности и достоверности обслуживания вызовов абонентов. Для этой цели служат вероятностные (ВХ) и вероятностно-временные характеристики (ВВХ) процесса, под ВВХ понимается динамика вероятности обслуживания вызова абонента системой в зависимости от времени процесса, а ВХ, в свою очередь, могут оцениваться средним временем обслуживания абонента [5-7].

В настоящее время в системе-112 наблюдается: увеличение объемов передаваемой и запрашиваемой информации абонентами, увеличение количества вызовов, осуществляющихся на иностранном языке (фактор загруженности); увеличение количества вызовов с не полностью выраженной заявкой о происшествии или чрезвычайной ситуации (фактор неопределенности); увеличение количества заведомо ложных вызовов (фактор противодействия) [3,9]. Процесс обслуживания абонента системой-112 регламентирован руководящими документами, является случайным, поскольку параметры, описывающие истинный и ложный вызов, технический процесс и внешние условия имеют стохастическую физическую основу [1,2,10]. В таких условиях, особо остро ставятся вопросы обеспечения, и снижения гарантированного времени обслуживания абонентов (повешении оперативности). Для этих целей широко используются подходы по применению адаптивных алгоритмов обслуживания, обеспечивающих повышение оперативности обслуживания за счет настройки, на сеансе информационного обмена, своих параметров [8].

В связи с этим актуальной является задача определения и повышения оперативности обслуживания абонента системой-112, функционирующей в условиях загруженности, неопределенности и противодействия за счет соответствующего математического обеспечения [9].

**Степень разработанности темы.** В настоящее время научно-исследовательскими организациями и предприятиями промышленности РФ (АО «НИИ АА» (г. Москва), АГЗ МЧС России, АО «ЦНИИ ЭИСУ» (г. Москва), АО «Институт сетевых технологий» (г. Санкт-Петербург), АО «ПНИЭИ» (г. Пенза), АО «ОНИИП» (г. Омск), АО «НПП «Прима» (г. Нижний Новгород), АО «НПО «Полет» (г. Нижний Новгород), АО «НПО «Импульс» (г. Санкт-Петербург), АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж), АНО «ИИФ» (г. Серпухов), АО «Электроавтоматика», СКБ АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», АО «РИМР», ФГУ «ФИЦ «Информатика и управление РАН», АО ЦКБ МТ «Рубин», АО «Институт телекоммуникаций», АО «МНИРТИ», ФГАНУ ЦИТиС, АО «Ангстрем», АО «КНИИТМУ», АО «НИВЦ АС» и рядом других) активно ведутся работы по совершенствованию и созданию систем связи, оповещения и обслуживания, необходимых для организации и обеспечения гарантированного информационного обмена абонентов.

Вопросам разработки подобных систем функционирующих в условиях неопределенности и противодействия уделено внимание в школах и трудах таких ученых как: Борисов В.И., Буга Н.Н., Ларин А.А., Голиков В.П., Тузов Г.И., Сивов В.А., Малышев И.И., Николаев В.И., Азаров Г.И., Козирацкий Ю.Л., Кузичкин А.В., Злобин В.И., Цимбал В.А., Шиманов С.Н., Пашинцев В.П., Квашенников В.В., Путилин А.Н., Мижухев А.В., Маковий В.А., Чупеев С.А., Новиков Е.А., Чуляев И.И., Макаренко С.И. и др.

Однако, вопросы, связанные с повышением оперативности гарантированного обслуживания абонентов в системах обеспечения вызова экстренных оперативных служб за счет метаматематического обеспечения, по-прежнему остаются открытыми. Таким образом, одним из путей повышения

оперативности обслуживания абонентов является разработка математического (алгоритмического и программного) обеспечения системы, в части регулируемых параметров алгоритма обслуживания.

В связи с изложенным, возникает следующее **противоречие**: с одной стороны система-112 функционирует в условиях неопределенности (обусловленной наличием неполновыраженных заявок от абонентов) и возрастающего противодействия (обусловленного заведомо ложными вызовами то абонентов-злоумышленников), что снижает оперативность обслуживания абонентов. С другой стороны, совершенствование математического (алгоритмического и программного) обеспечения системы-112, в части алгоритма обслуживания вызовов, позволяет, потенциально, повысить оперативность обслуживания вызовов путем выявления и настройки регулируемых параметров алгоритма, в зависимости от уровня противодействия.

Исходя из изложенного, актуальной является **тема диссертации** «Методика повышения оперативности процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112»».

**Цель** диссертационной работы является повышение оперативности процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или ЧС.

**Объект исследования** - система обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», в части алгоритма действий операторов системы при получении сообщения о происшествии или ЧС с учетом случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии.

**Предмет исследования** - математические модели алгоритмов действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решена **научная задача** разработки научно-методического аппарата (НМА) определения и повышения оперативности процесса обслуживания обратившегося абонента системой-112, функционирующей в условиях ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или ЧС.

#### **Основные результаты, представляемые к защите**

1. Математическая модель процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова.

2. Методика повышения оперативности процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова.

#### **Научная новизна полученных результатов**

1. Математическая модель процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова:

**впервые сформирована** конечная поглощающая полумарковская цепь (КППЦ) описывающая процесс обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», в отличие от существующих, **учитывает:**

- алгоритм действий оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112»;

- условия отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации:

- умышленное навязывания оператору системы-112 ложной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации.

2. Методика повышения оперативности процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова:

впервые **сформирована** многоэтапная расчетная схема повышения оперативности процесса обслуживания абонента, осуществляющего вызов экстренных оперативных служб по единому номеру «112», **учитывающая** атрибутивные системные параметры процесса обслуживания абонента по средствам настройки регулируемых параметров алгоритма обслуживания абонента.

**Достоверность и обоснованность** разработанного НМА подтверждается корректностью и логической обоснованностью разработанных вопросов, принятых допущений и ограничений, использованием апробированного математического аппарата теории вероятностей, поглощающих конечных марковских цепей, математического моделирования, совпадающего с физикой процесса обслуживания абонентов телекоммуникационной системой, получением из достигнутых результатов при определенных допущениях и ограничениях частных результатов, полученных другими исследователями.

**Практическая значимость** результатов обусловлена тем, что они доведены до уровня математической модели, методики и рекомендаций по повышению оперативности обслуживания абонента системой-112 в условиях отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или ЧС и умышленного навязывания ложной заявки и позволяют на стадии:

- создания перспективной системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб - формировать обоснованные предложения по ее совершенствованию, в части математического обеспечения, а также технические требования и задание к ней;

- решать задачу анализа оперативности обслуживания абонента при произвольных исходных данных в условиях неопределенности и противодействия;

- решать задачу определения регулируемых параметров алгоритма обслуживания абонента (синтеза) системой-112, удовлетворяющих требованию по ВВХ обслуживания в условиях неопределенности и противодействия.

Показано, что применение разработанной методики, в части регулируемых параметров алгоритма обслуживания абонента в условиях противодействия и неопределенности, снижает гарантированное время обслуживания абонента в среднем на 9%.

На базе методики сформированы **рекомендации** по разработке алгоритма обслуживания абонента системой-112, в части обоснования его регулируемых параметров, обеспечивающих повышение оперативности обслуживания обратившегося абонента.

**Практическая реализация рекомендаций** предполагается на уровне тематического (алгоритмического и программного) обеспечения системы-112.

**Методы исследования.** В работе были использованы методы математического моделирования на основе системного анализа, в том числе теории вероятностей и математической статистики, марковских процессов.

**Соответствие паспорту специальности.** Проблематика, исследованная в диссертации, соответствует областям исследований пунктов 1,2,3 паспорта специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

**Полученные результаты предполагается использовать:**

- при совершенствовании существующей и создании перспективной системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб, в части формирования требований, концепции и технического задания;

- при обосновании технических требований в процессе формирования исходных данных по системам и комплексам обеспечения вызова экстренных оперативных служб при формировании предложений в проект Государственной программы их развития на очередной плановый период;

- в образовательной деятельности Вузов РФ при изучении дисциплин, соответствующих тематике данной диссертационной работы.

Причем под «созданием системы» подразумевается как проекты создания, так и проекты модернизации (доработки) систем.

**Результаты работы реализованы:**

1. В 12 ЦНИИ МО РФ при обосновании параметров процедуры обслуживания служебных сообщений телекоммуникационной системы в рамках ОКР «Напарник-04» (акт о реализации от 23.04.2024 г.).

2. В АНО «Институт инженерной физики» при обосновании перечня регулируемых параметров интерфейсов специальной радиосистемы передачи данных в ходе выполнения СЧ ОКР «Тесла-ИИФ» (акт о реализации АНО «ИИФ» (г. Серпухов) от 25.03.2024 г.).

3. В филиале Военной академии РВСН (г. Серпухов) в образовательной деятельности в рамках проведения занятий по дисциплине «Информационное обеспечение систем управления» на кафедре №41 (акт об использовании ФВА РВСН от 21.03.2024 г.).

**Апробация работы и публикации.** Основные результаты работы докладывались, обсуждались и были одобрены на: LXXVIII, LXXIX Международной научно-технической конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий» (РЕУС-ИТ 2023, 2024) Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова (РНТОРЭС) (г. Москва, 2023, 2024 г.); XXV, XXVI Международной научно-технической конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023, 2024) РНТОРЭС (г. Москва, 2023,

2024 г.); XXI, XXII Российской межведомственной научно-технической конференции «Новые информационные технологии в системах связи и торговли РФ» Калужского НИИ телемеханических устройств (г. Калуга, 2022, 2023 г.); XLII Всероссийской межведомственной научно-технической конференции «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» филиала Военной академии РВСН имени Петра Великого (г. Серпухов, 2023 г.); VIII научно-технической конференции «Математическое моделирование, инженерные расчеты и программное обеспечение для решения задач ВКО» АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», г. Москва; Всероссийской конференции «Современные технологии обработки сигналов» (СТОС-2023) РНТОРЭС (г. Москва, 2023 г.); и трех научно-технических семинарах кафедры «Радиотехника и радиосистемы» ВлГУ, г. Владимир в 2022-2024 годах. Работа выполнена лично автором и является результатом исследований, в которых автор принимал непосредственное участие в течение последних 4 лет. За это время непосредственно по теме диссертации опубликовано 34 работы, из них: 32 статьи (4 статьи в журналах из Перечня ВАК); 1 отчет о НИР, 1 отчет об ОКР.

**Личный вклад.** Все результаты, изложенные в научно-квалификационной работе, получены автором лично или при его непосредственном участии. Постановка цели и задач, обсуждение планов исследований и полученных результатов выполнены совместно с научным руководителем.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка использованных источников из 127 наименований. Содержит 150 страниц основного текста, иллюстрированного 44 рисунками, содержит 15 таблиц.

## **II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и задача исследования, изложены научные результаты, представляемые к защите, приведены аннотация и структура работы.

**В первом разделе** представлены особенности алгоритма обслуживания абонента системой 112. Приведены последовательность и сроки совершения процедур [2]. Описаны параметры моделирования процесса обслуживания абонента в условиях наличия ложного вызова и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии [3]. Обоснована целесообразность использования НМА конечных цепей Маркова. Сформирована формальная постановка задачи исследования [9].

Существует типовой алгоритм действий операторов системы-112, он регламентирует действия при получении сообщения о происшествии или ЧС, в общем виде он представлен на рисунке 1.

### **Формальная постановка задачи исследования.**

1. Определить ВВХ процесса обслуживания абонента (**задача анализа**) осуществляющего вызов экстренных оперативных служб по единому номеру «112» о происшествии или ЧС с учетом наличия ложного вызова и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии:

$$P_{обсл}(ППМ) \rightarrow ? \wedge t_{обсл}(ППМ) \rightarrow ? \Rightarrow P_{обсл}(t_{обсл}), \quad (1)$$

где РПМ – регулируемые параметры моделирования, характеризующие: истинный вызов и абонента его осуществляющий; ложный вызов и абонент его осуществляющий; оператора системы-112; оператора ДДС; оператора-консультанта; оператора-психолога; подсистемы IVR (голосовой интерактивный автоответчик);  $P_{обсл}(ППМ)$ ,  $t_{обсл}(ППМ)$  - функции вероятности и времени обслуживания абонента системой-112;  $P_{обсл}(t_{обсл})$  - ВВХ.

2. Обеспечить повышение оперативности процесса обслуживания абонента системой-112 (**задача синтеза**) с учетом наличия ложного вызова (противодействия) и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии (неопределенности):

$$t_{обсл}(ППМ) \rightarrow \min \text{ при } P_{обсл}(ППМ) \geq P_{обсл}^{(треб)}. \quad (2)$$



Рисунок 1 - Алгоритм действий операторов системы

**Во втором разделе** осуществлено математическое моделирование процесса обслуживания абонента системой [1,2]. Приведена система определений, ограничений и допущений.

На базе КППЦ создана математическая модель [4]. Синтезирован граф состояний и переходов цепи [4]. Определены переходные вероятности (ПВ) и шаги перехода (ШП). Сформирована матрица переходных вероятностей (МПВ) и матрица шагов перехода (МШП). Выявлены регулируемые параметры модели (РПМ), необходимые для формирования требуемого исследователю вероятностно-временного уклона (ВВУ) поведения процесса, показана их взаимосвязь с физическими характеристиками системы [3]. Представлены возможности численного анализа цепи, необходимого для нахождения ВВХ и ВХ [5,7].

На рисунке 2 представлен общий вид системы-112 в терминах абонентов и обслуживающих систем.



Рисунок 2 - Общий вид системы-112

Логическая схема исследования представлена на рисунке 3.

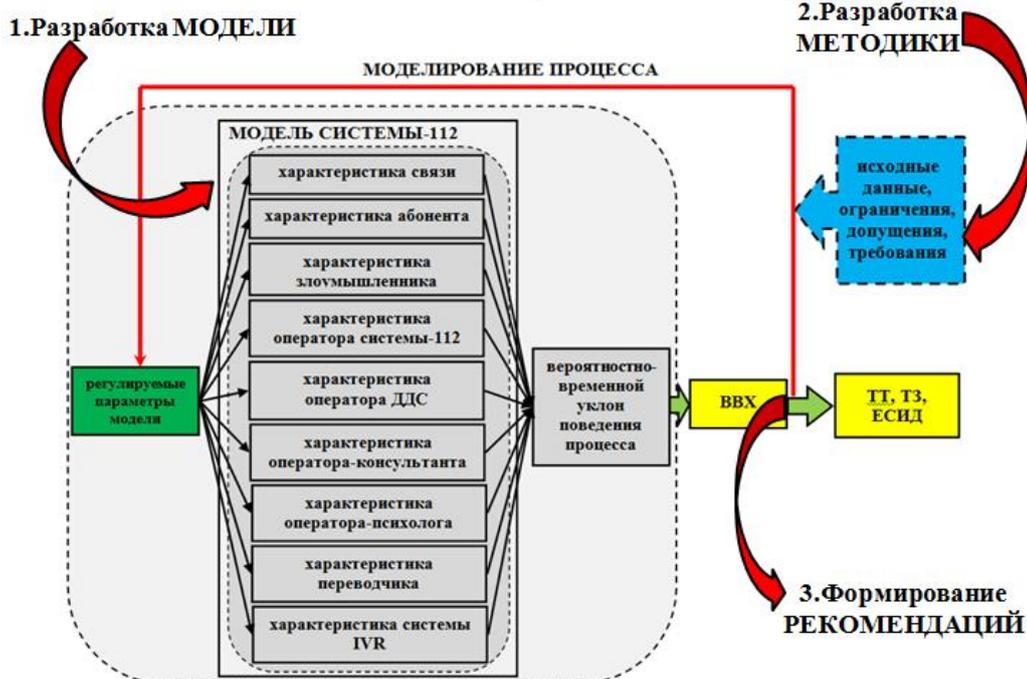


Рисунок 3 – Логическая схема исследования

На рисунке 4 приведен граф состояний и переходов (ГСП) КППЦ, описывающий процесс обслуживания абонента системой-112.

Для дальнейшей формализации процесса даны следующие определения, допущения и ограничения.

**Определение 1.** Оператор системы-112 – оператор - лицо, реализующие типовой алгоритм действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

**Определение 2.** Оператор-консультант – лицо, осуществляющее консультационную поддержку абонента.

**Определение 3.** Оператор-психолог – лицо, осуществляющее психологическую поддержку абонента.

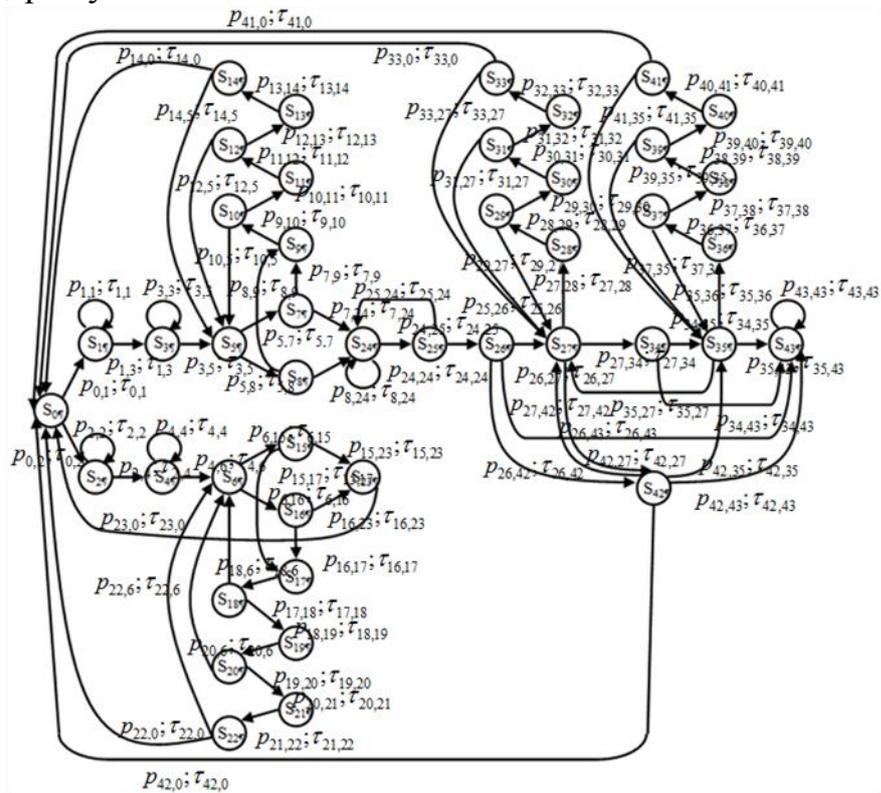


Рисунок 4 - ГСП полумарковской цепи

**Определение 4.** Абонент – лицо, осуществившее вызов по единому номеру «112» для сообщения о происшествии или ЧС.

**Определение 5.** Истинный вызов абонента – сообщения, абонента оператору системы-112, о происшествии или ЧС носящий истинный характер.

**Определение 6.** Ложный вызов абонента – сообщения, абонента оператору системы-112, о происшествии или ЧС носящий заведомо ложный характер.

**Определение 7.** ДДС – дежурно-диспетчерская служба, осуществляющая реагирование на происшествие в рамках системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб, согласно типового Регламента информационного взаимодействия.

**Определение 8.** УКИО – унифицированная карточка информационного обмена – документ единой базы данных системы-112, доступ к которой имеют все ДДС, привлекаемые к реагированию.

**Определение 9.** Регулируемые параметры модели (РПМ) – переходные вероятности и шаги переходов цепи, по средствам которых осуществляется настройка ВВУ поведения процесса.

**Допущение 1.** Оператор-психолог и переводчик не входят в штатное расписание службы.

**Ограничение 1.** Пусть оператор-консультант и оператор-психолог при прерывании консультации с абонентом самостоятельно осуществляют 3 попытки обратного дозвона, без участия оператора системы-112.

**Допущение 2.** При третьем обратном не дозвоне абоненту оператором-консультантом или оператором-психологом по случаю прерывания их консультаций осуществляется возврат к фазе ожидания вызова абонента.

**Определение 10.** Злоумышленник – ложный абонент – абонент, осуществляющий вызов оператора системы-112 о происшествии или ЧС, носящий заведомо ложный характер.

**Допущение 3.** Злоумышленник осуществляет дозвон на единый номер «112» с номеров, отсутствующих в базе данных системы.

**Допущение 4.** Оператор системы-112 после завершения опроса злоумышленника с вероятностью 1 фиксирует факт ложного вызова.

**Допущение 5.** После завершения обслуживания абонента оператором-психологом возможен переход к фазе консультации абонента оператором-консультантом и не возможен переход к фазе его обслуживания IVR.

**Допущение 6.** При срыве работы IVR по обслуживанию абонента, осуществляется возврат к фазе ожидания вызова абонента.

**Состояния ГСП таковы:**  $S_0$  – состояние, соответствующее наличию входящего вызова от абонента, обращающегося по номеру «112»;  $S_1$  ( $S_2$ )– установления соединения истинного (ложного) вызова;  $S_3$  ( $S_4$ )– ответ оператора системы-112 на истинный (ложный) вызов абонента;  $S_5$  ( $S_6$ )– начала опроса оператором абонента, осуществившего истинный (ложный) вызов, установление факта необходимости использования переводчика;  $S_7$  ( $S_8$ )– опрос абонента, осуществившего истинный вызов, оператором системы-112 с переводчиком (без переводчика);  $S_9$  ( $S_{11}$ ,  $S_{13}$ )– инициирование первого (второго, третьего) обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса (ожидания) абонента, осуществившего истинный вызов;  $S_{10}$  ( $S_{12}$ ,  $S_{14}$ )– осуществление первого (второго, третьего) обратного дозвона;  $S_{15}$  ( $S_{16}$ )– опрос абонента, осуществившего ложный вызов, оператором системы-112 с переводчиком (без переводчика);  $S_{17}$  ( $S_{19}$ ,  $S_{21}$ )– инициирование первого (второго, третьего) обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса (ожидания) абонента, осуществившего ложный вызов;  $S_{18}$  ( $S_{20}$ ,  $S_{22}$ ) – осуществление первого (второго, третьего) обратного дозвона;  $S_{23}$  ( $S_{24}$ )– окончание опроса абонента, осуществившего ложный (истинный) вызов, оператором системы-112 и установление им факта ложного оповещения, регистрация вызова как ложный (истинного оповещения, решение о привлечении для реагирования ДДС и передача УКИО соответствующей ДДС);  $S_{25}$  – передача ДДС УКИО, заполненной оператором системы-112 в ходе первичного опроса в электронном виде и ожидании подтверждения диспетчера ДДС о получении УКИО и соответствии поступившего вызова зоне ответственности данной ДДС;  $S_{26}$  – доведение подтверждения от ДДС оператору;  $S_{27}$  – начало консультации абонента оператором-консультантом;  $S_{28}$  ( $S_{30}$ ,  $S_{32}$ )– инициирование первого (второго, третьего) обратного дозвона оператором-консультантом при прерывании опроса абонента;  $S_{29}$  ( $S_{31}$ ,  $S_{33}$ )– осуществление первого (второго, третьего) обратного дозвона;  $S_{34}$  – окончание консультации абонента оператором-консультантом;  $S_{35}$  – начало психологической

поддержки абонента оператором-психологом;  $S_{36}$  ( $S_{38}$ ,  $S_{40}$ )– инициирование первого (второго, третьего) обратного дозвона оператором-психологом при прерывании опроса абонента;  $S_{37}$  ( $S_{39}$ ,  $S_{41}$ )– осуществление первого (второго, третьего) обратного дозвона;  $S_{42}$  – начала предоставления абоненту информации по стандартным вопросам или доступа к базе знаний подсистемы IVR;  $S_{43}$  – завершение обслуживания абонента.

МПВ и МШП есть:

$$P_{[44,44]} = \begin{pmatrix} 0 & p_{0,1} & p_{0,2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & p_{1,1} & 0 & p_{1,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{2,2} & 0 & p_{2,4} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{3,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{4,4} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots \\ p_{42,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{42,43} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{43,43} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$T_{[44,44]} = \begin{pmatrix} 0 & \tau_{0,1} & \tau_{0,2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \tau_{1,1} & 0 & \tau_{1,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \tau_{2,2} & 0 & \tau_{2,4} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \tau_{3,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \tau_{4,4} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots \\ \tau_{42,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \tau_{42,43} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \tau_{43,43} \end{pmatrix} \quad (4)$$

### Описание исходных данных моделирования процесса в терминах РПМ:

**модельные:**  $zc$  - количество шагов процесса;  $\tau_{\min}$  - минимальное время цепи; **истинного вызова и абонента осуществляющего истинный вызов:**  $p_{0,1}$  - вероятность наличия вызова от истинного абонента;  $t_1$  - максимальное время ожидания обратившегося абонента ответа оператора;  $t_2$  - максимальное время ожидания обратившегося абонента начала опроса оператора;  $p_1$  - максимальная вероятность прерывания опроса (обслуживания) абонента;  $t_3$  - максимальное время ожидания обратившегося абонента ответа переводчика или психолога;  $p_{5,7}$  - вероятность потребности обратившегося абонента в переводчике;  $t_4$  - математическое ожидание (МО) времени опроса абонента оператором;  $\sigma_1$  - среднее квадратическое отклонение (СКО) времени опроса абонента;  $t_5$  - максимальное время инициализации обратного дозвона оператором;  $t_6$  - максимальное время ожидания оператором ответа абонента при обратном дозвоне; для первого дозвона:  $p_2$  - вероятность дозвона оператором до абонента при первом дозвоне (среднее значение);  $\sigma_2$  - СКО значения  $p_2$  ( $p_2$  и  $\sigma_2$  по средствам соответствующего генератора случайных чисел, реализуют установленный исследователем закон распределения); для второго:  $p_3$  и  $\sigma_3$ ; для третьего:  $p_4$  и  $\sigma_4$ ;

**ложного вызова и абонента осуществляющего ложный вызов:**  $p_{6,15}$  - вероятность потребности обратившегося ложного абонента в переводчике;  $p_{15,17}; \tau_{15,17}$  - вероятность и время умышленного прерывания опроса с переводчиком абонента;  $p_{16,17}; \tau_{16,17}$  - вероятность и время умышленного прерывания опроса без переводчика абонента;  $p_{18,6}; \tau_{18,6}$  - вероятность и время обратного дозвона до абонента с первого раза;  $p_{20,6}; \tau_{20,6}$  - вероятность и время обратного

дозвона до абонента со второго раза;  $p_{22,6}; \tau_{22,6}$  - вероятность и время обратного дозвона до абонента с третьего раза;

**оператора системы-112 и оператора ДДС:**  $p_{24,25}$  - вероятность передачи оператором УКИО и ожидания подтверждения ДДС «о получении УКИО и соответствии вызова зоне ответственности ДДС»;  $t_7$  - максимальное время подтверждения оператором ДДС получения УКИО и соответствие вызова ответственности ДДС;  $p_{25,26}$  - вероятность подтверждения оператором ДДС «получения от оператора системы-112 УКИО и соответствие вызова ответственности ДДС»;

**оператора-консультанта, оператора-психолога, IVR:**  $p_{26,27}$  - вероятность потребности абонента в консультации оператором-консультантом – вероятность начала консультации абонента оператором-консультантом;  $p_{26,42}$  - вероятность потребности абонента в представлении информации по IVR – вероятность начала работы IVR;

**подсистемы IVR:**  $t_8$  - МО времени предоставления информации абоненту подсистемой IVR;  $\sigma_8$  - СКО времени предоставления информации абоненту IVR;  $p_{42,27}$  - потребность абонента, после обслуживания IVR, в предоставлении консультации оператором-консультантом – вероятность начала работы оператора-консультанта;  $p_{42,35}$  - потребность абонента, после обслуживания IVR, в предоставлении консультации оператором-психологом – вероятность начала работы оператора-психолога;

**оператора-консультанта:**  $t_9$  - МО времени консультативного обслуживания обратившегося абонента оператором-консультантом;  $\sigma_9$  - СКО времени обслуживания обратившегося абонента оператором-консультантом;  $p_{27,42}$  - потребность абонента в предоставлении информации IVR во время его обслуживания оператором-консультантом; для первого дозвона:  $p_5$  - вероятность дозвона оператором-консультантом до абонента;  $\sigma_{10}$  - СКО значения  $p_5$ ; для второго:  $p_6$  и  $\sigma_{11}$ ; для третьего:  $p_7$  и  $\sigma_{12}$ ;

**для оператора-психолога:**  $p_{34,35}$  - потребность абонента, после его обслуживания оператором-консультантом, в предоставлении консультации оператором-психологом – вероятность начала работы оператора-психолога;  $t_{10}$  - МО времени консультативного обслуживания обратившегося абонента оператором-психологом;  $p_{35,27}$  - потребность абонента в предоставлении консультативного обслуживания обратившегося абонента оператором-консультантом во время его обслуживания оператором-психологом; для первого дозвона:  $p_8$  - вероятность дозвона оператором-психологом до абонента при первом дозвоне;  $\sigma_{13}$  - СКО значения  $p_8$ ; для второго:  $p_9$  и  $\sigma_{14}$ ; для третьего:  $p_{10}$  и  $\sigma_{15}$ .

**Определение ПВ и ШП (в секундах) цепи в терминах программной среды для решения задач Mathcad:**

**1. для истинного вызова:**  $\tau_{0,1} = \tau_{\min} = 0.001$  - время установления истинного вызова от абонента;  $p_{1,3} = 0.75$ ;  $\tau_{1,3} = 3$  - ответ оператора системы-112 (далее опера-

тора) на истинный вызов от абонента (вероятность и время ответа);  $p_{1,1} = 1 - p_{1,3}$ ;  $\tau_{1,1} = \text{runif}[1; \tau_{1,3}; t_1]_0$  - не ответ оператора на истинный вызов, где: *runif* - процедура формирования случайных величин (СВ) равномерно распределенных на интервале  $[\tau_{1,3}; t_1]$ ,  $[\cdot]_0$  - процедура обращения к СВ (порядок использования конкретных законов распределения в процедурах зависит как от условий работы системы и требований к ней);  $p_{3,5} = 0.939$ ;  $\tau_{3,5} = 1$  - начало опроса оператором абонента и установление им факта необходимости использования переводчика;  $pg_{3,9} = \text{runif}[1; 0; p_1]_0$ ;  $\tau_{3,9} = \text{runif}[1; 0; t_2]_0$  - не умышленное прерывание опроса;  $p_{3,9} = (0 \text{ if } pg_{3,9} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{3,9} > 1) \vee pg_{3,9} \text{ otherwise}$  - исключает использования в расчетах величин меньших нуля и больших единицы;  $p_{3,3} = 1 - p_{3,5} - p_{3,9}$ ;  $\tau_{3,3} = \text{runif}[1; \tau_{3,5}; t_2]_0$  - не начала опроса оператором абонента;  $\tau_{3,7} = \text{runif}[1; 0; t_3]_0$  - время ожидания переводчика;  $p_{5,8} = 1 - p_{5,7}$ ;  $\tau_{5,8} = \tau_{\min}$  - начала опроса оператором абонента без переводчика;  $pg_{7,9} = \text{runif}[1; 0; p_1]_0$ ;  $\tau_{7,9} = \text{runif}[1; 0; t_4]_0$  - не умышленное прерывание опроса с переводчиком;  $p_{7,9} = (0 \text{ if } pg_{7,9} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{7,9} > 1) \vee (pg_{7,9} \text{ otherwise})$ ,  $p_{7,24} = 1 - p_{7,9}$ ;  $\tau_{7,24} = \text{rnorm}[1; t_4; \sigma_1]_0$  - окончание опроса с переводчиком, где: *rnorm* - процедура формирования СВ нормально распределенных на интервале  $[t_4; \sigma_1]$ ;  $pg_{8,9} = \text{runif}[1; 0; p_1]_0$ ;  $\tau_{8,9} = \text{runif}[1; 0; t_4]_0$  - не умышленное прерывание опроса без переводчика;  $p_{8,9} = (0 \text{ if } pg_{8,9} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{8,9} > 1) \vee (pg_{8,9} \text{ otherwise})$ ,  $p_{8,24} = 1 - p_{8,9}$ ;  $\tau_{8,24} = \text{rnorm}[1; t_4; \sigma_1]_0$  - окончание опроса без переводчика; для первого обратного дозвона:  $p_{9,10} = 1$ ;  $\tau_{9,10} = \text{runif}[1; 0; t_5]_0$  - инициализация первого обратного дозвона оператором;  $pg_{10,5} = \text{rnorm}[1; p_2; \sigma_2]_0$ ;  $\tau_{10,5} = \text{runif}[1; 0; t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента с первого раза;  $p_{10,5} = (0 \text{ if } pg_{10,5} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{10,5} > 1) \vee (pg_{10,5} \text{ otherwise})$ ,  $p_{10,11} = 1 - p_{10,5}$ ;  $\tau_{10,11} = t_6$  - не дозвон оператором при первом обратном дозвоне; для второго обратного дозвона:  $p_{10,11} = 1$ ;  $\tau_{10,11} = \text{runif}[1; 0; t_5]_0$ ;  $pg_{12,5} = \text{rnorm}[1; p_3; \sigma_3]_0$ ;  $\tau_{12,5} = \text{runif}[1; 0; t_6]_0$ ;  $p_{12,5} = (0 \text{ if } pg_{12,5} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{12,5} > 1) \vee (pg_{12,5} \text{ otherwise})$ ,  $p_{12,13} = 1 - p_{12,5}$ ;  $\tau_{12,13} = t_6$ ; для третьего обратного дозвона:  $p_{13,14} = 1$ ;  $\tau_{13,14} = \text{runif}[1; 0; t_5]_0$ ;  $pg_{14,5} = \text{rnorm}[1; p_4; \sigma_4]_0$ ;  $\tau_{14,5} = \text{runif}[1; 0; t_6]_0$ ;  $p_{14,5} = (0 \text{ if } pg_{14,5} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{14,5} > 1) \vee (pg_{14,5} \text{ otherwise})$ ,  $p_{14,0} = 1 - p_{14,5}$ ;  $\tau_{14,0} = t_6$ ;

**2. для ложного вызова:**  $p_{0,2} = 1 - p_{0,1}$  - вероятность наличия вызова от ложного абонента;  $\tau_{0,2} = \tau_{\min}$  - время установления соединения ложного вызова;  $p_{2,4} = p_{1,3}$ ;  $\tau_{2,4} = \tau_{1,3}$  - ответ оператора на ложный вызов;  $p_{2,2} = 1 - p_{2,4}$ ;  $\tau_{2,2} = \text{runif}[1; \tau_{2,4}; t_1]_0$  - не ответ оператора на ложный вызов,  $p_{4,6} = p_{3,5}$ ;  $\tau_{4,6} = \tau_{3,5}$  - начало опроса оператором абонента и установление им факта необходимости использования переводчика;  $p_{4,4} = p_{3,3}$ ;  $\tau_{4,4} = \tau_{3,3}$  - не начала опроса оператором абонента;  $p_{4,17} = 1 - p_{4,6} - p_{4,4}$ ;  $\tau_{4,17} = \text{runif}[1; 0; t_2]_0$  - вероятность и время прерывания опроса абонента;  $\tau_{6,15} = \text{runif}[1; 0; t_3]_0$  - время ожидания абонентом переводчика;  $p_{6,16} = 1 - p_{6,15}$ ;  $\tau_{6,16} = \tau_{\min}$  - начала опроса оператором абонента без переводчика;  $p_{15,23} = 1 - p_{15,17}$ ;  $\tau_{15,23} = \text{rnorm}[1; t_4; \sigma_1]_0$  - окончание опроса с переводчиком;  $p_{16,23} = 1 - p_{16,17}$ ;  $\tau_{16,23} = \text{rnorm}[1; t_4; \sigma_1]_0$  - окончание опроса без переводчика; для первого

обратного дозвона:  $p_{17,18}=1$ ;  $\tau_{17,18} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$  - инициализация первого обратного дозвона оператором;  $p_{18,19}=1-p_{18,6}$ ;  $\tau_{18,19}=t_6$  - не дозвон оператором при первом обратном дозвоне; для второго обратного дозвона:  $p_{19,20}=1$ ;  $\tau_{19,20} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$ ;  $p_{20,21}=1-p_{20,6}$ ;  $\tau_{20,21}=t_6$ ; для третьего обратного дозвона:  $p_{21,22}=1$ ;  $\tau_{21,22} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$ ;  $p_{22,0}=1-p_{22,6}$ ;  $\tau_{22,0}=t_6$ ;  $p_{20,0}=1$ ;  $\tau_{23,0}=\tau_{\min}$ ;

**3. для оператора системы-112 и оператора ДДС:**  $\tau_{24,25}=\tau_{\min}$ ;  $p_{24,24}=1-p_{24,25}$ ;  $\tau_{24,24}=\tau_{\min}$  - не передача оператором УКИО;  $\tau_{25,26} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$  - время подтверждения оператором ДДС получения от оператора системы-112 УКИО и соответствие вызова ответственности ДДС;  $p_{25,24}=1-p_{25,26}$ ;  $\tau_{25,24}=t_7$  - не доведения подтверждения от ДДС до оператора системы-112;

**4. для оператора-консультанта, оператора-психолога, подсистемы IVR:**  $\tau_{26,27}=\tau_{\min}$ ;  $\tau_{26,42}=\tau_{\min}$ ;  $p_{26,43}=1-p_{26,27}-p_{26,42}$ ;  $\tau_{26,43}=\tau_{\min}$  - отсутствия необходимости абонента в консультациях оператора-консультанта и IVR – вероятность и время завершения обслуживания абонента системой-112; для IVR:  $\tau_{42,27} = \text{rnorm}[1;t_8;\sigma_8]_0$ ;  $\tau_{42,35} = \text{rnorm}[1;t_8;\sigma_8]_0 + t_3$ ;  $pg_{42,0} = \text{runif}[1;0;p_1]_0$ ;  $\tau_{42,0} = \text{rnorm}[1;t_8;\sigma_8]_0$  - не умышленное прерывание работы IVR –возврат к фазе ожидания очередного вызова абонента – вероятность и время прерывания работы IVR;  $p_{42,0} = (0 \text{ if } pg_{42,0} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{42,0} > 1) \vee (pg_{42,0} \text{ otherwise})$ ;  $p_{42,43}=1-p_{42,27}-p_{42,35}-p_{42,0}$ ;  $\tau_{42,43} = \text{rnorm}[1;t_8;\sigma_8]_0$  - завершение обслуживания абонента IVR и отсутствия необходимости дальнейшего обслуживания абонента системой-112 – вероятность и время завершения обслуживания абонента системой-112; для оператора-консультанта:  $pg_{27,28} = \text{runif}[1;0;p_1]_0$ ;  $\tau_{27,28} = \text{rnorm}[1;t_9;\sigma_9]_0$  - не умышленное прерывание обслуживания абонента оператором-консультантом;  $p_{27,28} = (0 \text{ if } pg_{27,28} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{27,28} > 1) \vee (pg_{27,28} \text{ otherwise})$ ;  $\tau_{27,42} = \text{rnorm}[1;t_9;\sigma_9]_0$ ;  $p_{27,34}=1-p_{27,28}-p_{27,42}-p_{42,0}$ ;  $\tau_{27,34} = \text{rnorm}[1;t_9;\sigma_9]_0$  - завершение обслуживания оператором-консультантом; для первого обратного дозвона:  $p_{28,29}=1$ ;  $\tau_{28,29} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$  - инициализация первого обратного дозвона оператором-консультантом;  $pg_{29,27} = \text{rnorm}[1;p_5;\sigma_{10}]_0$ ;  $\tau_{29,27} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента с первого раза;  $p_{29,27} = (0 \text{ if } pg_{29,27} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{29,27} > 1) \vee (pg_{29,27} \text{ otherwise})$ ;  $p_{29,30}=1-p_{29,27}$ ;  $\tau_{29,30}=t_6$  - не дозвон оператором-консультантом при первом обратном дозвоне; для второго обратного дозвона:  $p_{30,31}=1$ ;  $\tau_{30,31} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$ ;  $pg_{31,27} = \text{rnorm}[1;p_6;\sigma_{11}]_0$ ;  $\tau_{31,27} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$ ;  $p_{31,27} = (0 \text{ if } pg_{31,27} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{31,27} > 1) \vee (pg_{31,27} \text{ otherwise})$ ;  $p_{31,32}=1-p_{31,27}$ ;  $\tau_{31,32}=t_6$ ; для третьего обратного дозвона:  $p_{32,33}=1$ ;  $\tau_{32,33} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$ ;  $pg_{33,27} = \text{rnorm}[1;p_7;\sigma_{12}]_0$ ;  $\tau_{32,27} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$ ;  $p_{33,27} = (0 \text{ if } pg_{33,27} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{33,27} > 1) \vee (pg_{33,27} \text{ otherwise})$ ;  $p_{33,0}=1-p_{33,27}$ ;  $\tau_{33,0}=t_6$ ; для оператора-психолога:  $\tau_{34,35} = \text{runif}[1;0;t_3]_0$ ;  $p_{34,43}=1-p_{34,35}$ ;  $\tau_{34,35}=\tau_{\min}$  - завершение обслуживания абонента оператором-консультантом и отсутствия необходимости дальнейшего обслуживания абонента системой – вероятность и время завершения обслуживания абонента;  $p_{35,36} = \text{rnorm}[1;0;p]_0$ ;  $\tau_{35,36} = \text{runif}[1;0;t_{10}]_0$  - не умышленное прерывание обслуживания абонента оператором-психологом;

$P_{35,36} = (0 \text{ if } pg_{35,36} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{35,36} > 1) \vee (pg_{35,36} \text{ otherwise})$ ;  $\tau_{35,27} = \text{runif}[1;0;t_{10}]_0$ ;  
 $P_{35,43} = 1 - P_{35,36} - P_{35,27}$ ;  $\tau_{35,43} = \text{runif}[1;0;t_{10}]_0$  - завершение обслуживания оператором-психологом; для первого обратного дозвона:  $p_{36,37} = 1$ ;  $\tau_{36,37} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$  - инициализация первого обратного дозвона оператором-психологом;  
 $pg_{37,35} = \text{rnorm}[1;p_8;\sigma_{13}]_0$ ;  $\tau_{37,35} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$  - обратный звонок до абонента с первого раза;  $P_{37,35} = (0 \text{ if } pg_{37,35} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{37,35} > 1) \vee (pg_{37,35} \text{ otherwise})$ ;  $P_{37,38} = 1 - P_{27,25}$ ;  $\tau_{37,38} = t_6$  - не звонок до абонента оператором-психологом при первом обратном звонке; для второго обратного дозвона:  $p_{38,39} = 1$ ;  $\tau_{38,39} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$ ;  $pg_{39,35} = \text{rnorm}[1;p_9;\sigma_{14}]_0$ ;  $\tau_{39,35} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$ ;  
 $P_{39,35} = (0 \text{ if } pg_{39,35} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{39,35} > 1) \vee (pg_{39,35} \text{ otherwise})$ ;  $P_{39,40} = 1 - P_{39,35}$ ;  $\tau_{39,40} = t_6$ ; для третьего обратного дозвона:  $p_{40,41} = 1$ ;  $\tau_{40,41} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$ ;  $pg_{41,35} = \text{rnorm}[1;p_{10};\sigma_{15}]_0$ ;  $\tau_{41,35} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$ ;  
 $P_{41,35} = (0 \text{ if } pg_{41,35} < 0) \vee (1 \text{ if } pg_{41,35} > 1) \vee (pg_{41,35} \text{ otherwise})$ ;  $P_{41,0} = 1 - P_{41,35}$ ;  $\tau_{41,0} = t_6$ ;  $P_{43,43} = 1$ ;  $\tau_{43,43} = \tau_{\min}$  - вероятность и время поглощающего состояния цепи.

**Определение ВВХ и ВХ процесса обслуживания абонента на базе численного анализа цепи.**

1. Элементы МПВ перемножаются на соответствующие элементы МШП:

$$\begin{pmatrix} 0 & p_{0,1} \cdot \tau_{0,1} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & p_{1,1} \cdot \tau_{1,1} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{42,0} \cdot \tau_{42,0} & 0 & \dots & 0 & p_{42,43} \cdot \tau_{42,43} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & p_{43,43} \cdot \tau_{43,43} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

2. Складываются построчно элементы полученной матрицы - формируется вектор-столбец  $t_{S_{(44)}}$  частных средних шагов перехода:

$$t_{S_{(n+1)}} = \left\| (p_{0,1} \cdot \tau_{0,1} + p_{0,2} \cdot \tau_{0,2}) \quad (p_{1,1} \cdot \tau_{1,1} + p_{1,3} \cdot \tau_{1,3}) \quad \dots \quad (p_{42,0} \cdot \tau_{42,0} + p_{42,43} \cdot \tau_{42,43}) \quad (p_{43,43} \cdot \tau_{43,43}) \right\|^T, \quad (6)$$

где  $[\cdot]^T$  - процедура транспонирования.

3. Решается уравнение Колмогорова-Чепмена (УКЧ) – определяются вероятности состояний цепи в динамике шагов процесса:

$$P_{S_{(44)}}^{(i)} = P_{S_{(44)}}^{(i-1)} \cdot P_{[44,44]}, \quad (7)$$

где  $P_{S_{(44)}}^{(i)}$  - вектор-строка вероятностей состояний цепи на  $i$  шаге процесса;  $P_{S_{(44)}}^{(i-1)}$  - вектор-строка вероятностей состояний цепи на  $(i-1)$  шаге процесса.

4. Перемножаются, на каждом шаге процесса, результат решения УКЧ ( $P_{S_{(44)}}^{(i)}$ ) и  $t_{S_{(44)}}$  - формируются  $i$  средних шагов перехода  $\bar{\tau}_{u_i}$ :

$$\bar{\tau}_{u_{(i)}} = \left[ P_{[44,44]} \right]_0^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}} = \left\| P_{S_0}^{(i-1)} \quad P_{S_1}^{(i-1)} \quad \dots \quad P_{S_{43}}^{(i-1)} \quad P_{S_{44}}^{(i-1)} \right\| \cdot t_{S_{(44)}}, \quad (8)$$

где  $[\cdot]_0$  - процедура выделения первой строки из матрицы  $\left[ P_{[44,44]} \right]_0^{(i-1)}$  - вектор-строка вероятностей состояний цепи на  $i-1$  шаге.

5. Для определения вероятности состояния  $S_{43}$  в динамике времени (ВВХ) ставятся в соответствие  $P_{S_{43}}^{(i)}$  ( $i = [1, L]$ ) и соответствующий средний шаг

цепи, получаемый как  $\sum_{i=0}^{L-1} \bar{\tau}_{u_i}$ . Общее время, затрачиваемое процессом для перехода в  $S_{43}$  за  $L$  шагов, составит:

$$t_{S_{43}} = \bar{\tau}_{u_1} + \bar{\tau}_{u_2} + \dots + \bar{\tau}_{u_{L-2}} + \bar{\tau}_{u_{L-1}} = \sum_{i=1}^L [P_{[44,44]}]_0^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}} \quad (9)$$

б. Оценка ВХ (значение МО и дисперсии (и СКО) времени до поглощения) осуществляется численным способом:

$$\hat{M}(t) = \sum_{i=1}^L [i \cdot \bar{\tau}_{u_i} \cdot (P_{S_{43}}^{(i)} - P_{S_{43}}^{(i-1)})]; \hat{D}(t) = \sum_{i=1}^L [(P_{S_{43}}^{(i)} - P_{S_{43}}^{(i-1)}) \cdot [\bar{\tau}_{u_i} \cdot i - \hat{M}(t)]^2]; \hat{\sigma}(t) = \sqrt{\hat{D}(t)} \quad (10)$$

**В третьем разделе** описаны исходные данные моделирования процесса в терминах РПМ [8]. Сформированы ПВ и ШП полумарковской цепи описывающей процесс обслуживания абонента системой-112 [4] в терминах программной среды для решения задач Mathcad. Приведены этапы методики повышения оперативности процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова [7] и ее блок-схема. Определены базовые исходные данные моделирования. Осуществлен расчет ВВХ и ВХ процесса обслуживания абонента системой. Проведен анализ полученных данных и выявлены закономерности поведения исследуемого процесса. Сформированы рекомендации по повышению оперативности обслуживания абонента системой-112.

Расчет характеристик процесса обслуживания абонента приведен для исходных данных, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Базовые исходные данные

$zc = 62, [\text{шт.}]$	$p_{15,17} = 0,5$	$t_9 = 120, [\text{с}]$
$\tau_{\min} = 0,01, [\text{с}]$	$\tau_{15,17} = 70, [\text{с}]$	$\sigma_9 = 30, [\text{с}^2]$
$p_{0,1} = 0,5$	$p_{16,17} = 0,5$	$p_{27,42} = 0,1$
$t_1 = 15, [\text{с}]$	$\tau_{16,17} = 70, [\text{с}]$	$p_5 = 0,85$
$t_2 = 5, [\text{с}]$	$p_{18,6} = 0,3$	$\sigma_{10} = 0,1$
$p_1 = 0,05$	$\tau_{18,6} = 45, [\text{с}]$	$p_6 = 0,9$
$t_3 = 20, [\text{с}]$	$p_{20,6} = 0,6$	$\sigma_{11} = 0,15$
$p_{3,7} = 0,1$	$\tau_{20,6} = 50, [\text{с}]$	$p_7 = 0,95$
$t_4 = 75, [\text{с}]$	$p_{22,6} = 0,9$	$\sigma_{12} = 0,2$
$\sigma_1 = 15, [\text{с}^2]$	$\tau_{22,6} = 55, [\text{с}]$	$p_{34,35} = 0,1$
$t_5 = 10, [\text{с}]$	$p_{24,25} = 0,95$	$t_{10} = 1800, [\text{с}]$
$t_6 = 60, [\text{с}]$	$t_7 = 30, [\text{с}]$	$p_{35,27} = 0,1$
$p_2 = 0,85$	$p_{25,26} = 0,95$	$p_8 = 0,85$
$\sigma_2 = 0,1$	$p_{26,27} = 0,25$	$\sigma_{13} = 0,1$
$p_3 = 0,9$	$p_{26,42} = 0,2$	$p_9 = 0,9$
$\sigma_3 = 0,15$	$t_8 = 600, [\text{с}]$	$\sigma_{14} = 0,15$
$p_4 = 0,95$	$\sigma_8 = 200, [\text{с}^2]$	$p_{10} = 0,95$
$\sigma_4 = 0,2$	$p_{42,27} = 0,15$	$\sigma_{15} = 0,2$
$p_{6,15} = 0,5$	$p_{42,35} = 0,15$	$P_{\text{общ}}^{(\text{треб})} = 0,95$

Примечание:- красным цветом отмечены исходные данные моделирования соответствующие истинному вызову, синим цветом - ложному, зеленым цветом - техническому процессу и внешним условия, желтым - модельные параметры. Приведенные данные являются РПМ и могут настраиваться исследователем в зависимости от выдвигаемых требований, ограничений и допущений. Блок-схема методики представлена на рисунке 5.

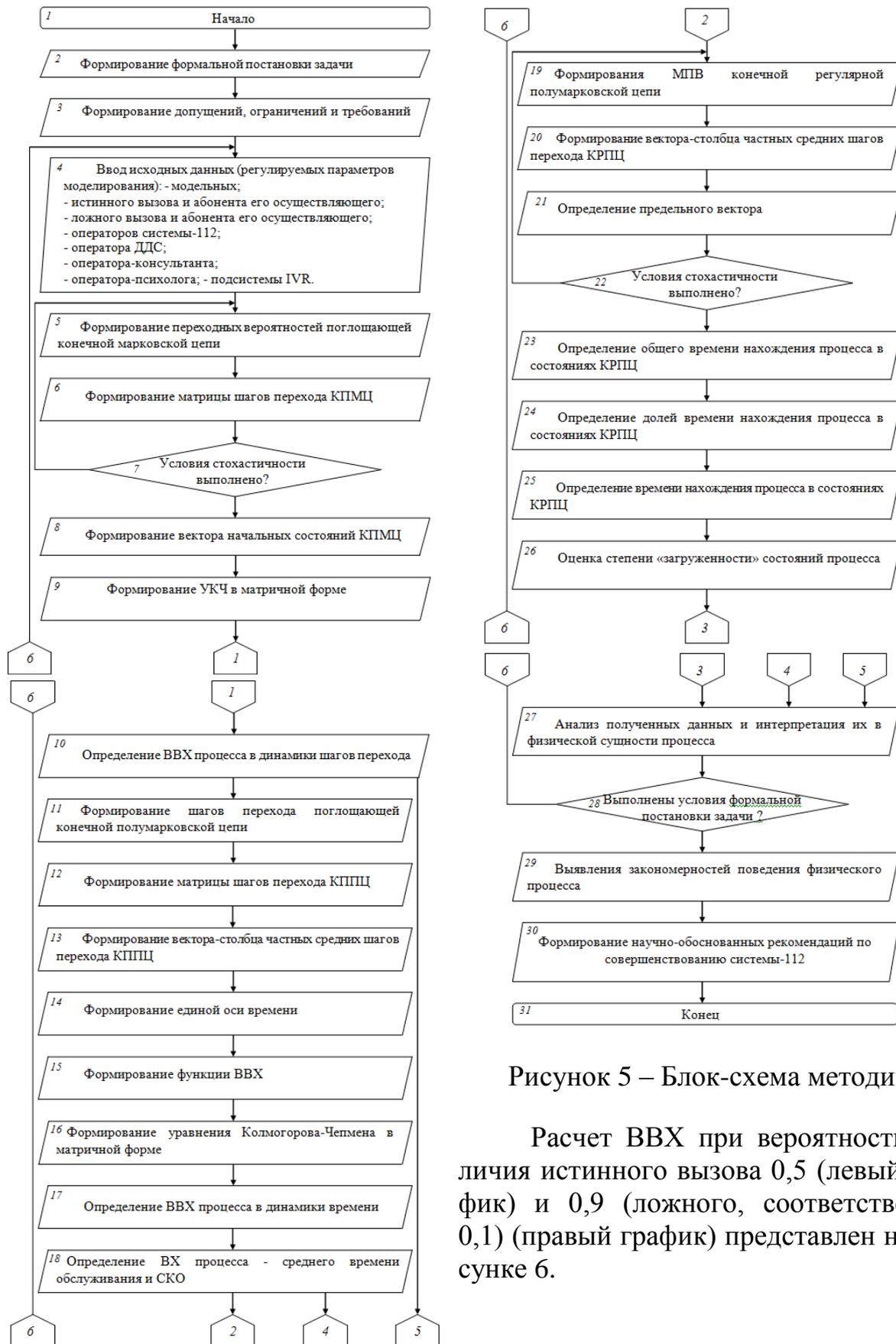


Рисунок 5 – Блок-схема методики

Расчет ВВХ при вероятности наличия истинного вызова 0,5 (левый график) и 0,9 (ложного, соответственно, 0,1) (правый график) представлен на рисунке 6.

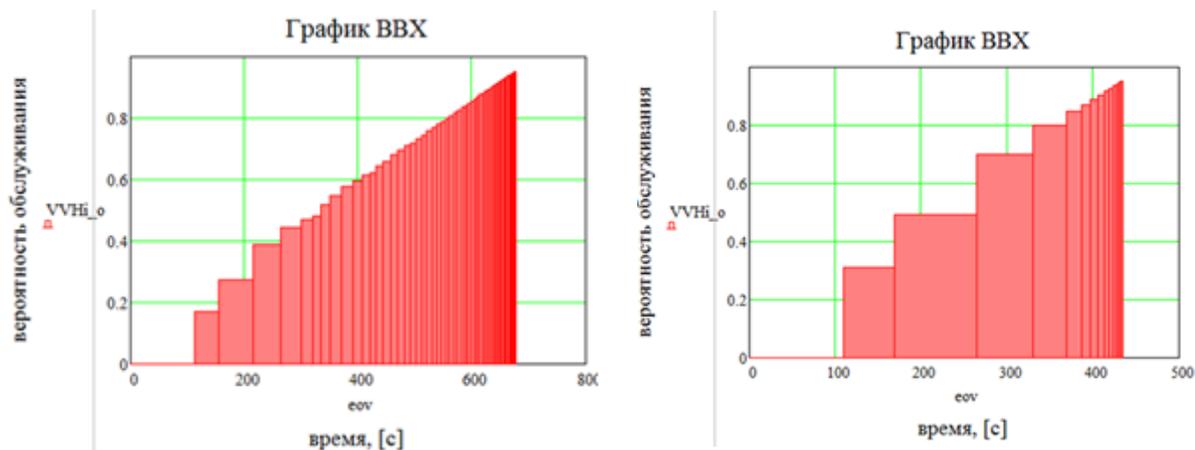


Рисунок 6 – Графики ВВХ обслуживания абонента системой-112

Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности наличия истинного вызова представлена на рисунке 7, зависимость времени обслуживания при вероятности наличия истинного вызова 0,8 от вероятности потребности абонента в консультации оператором-консультантом представлена на рисунке 8.

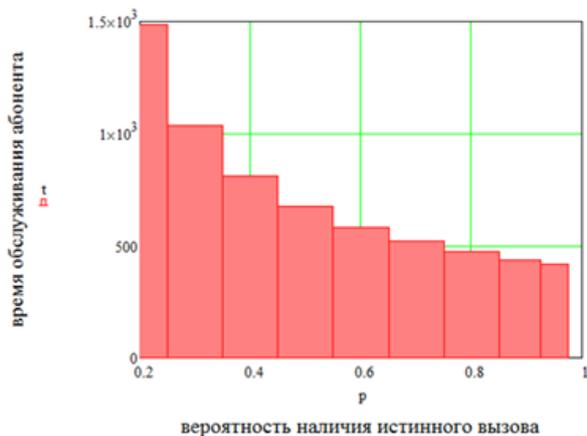


Рисунок 7

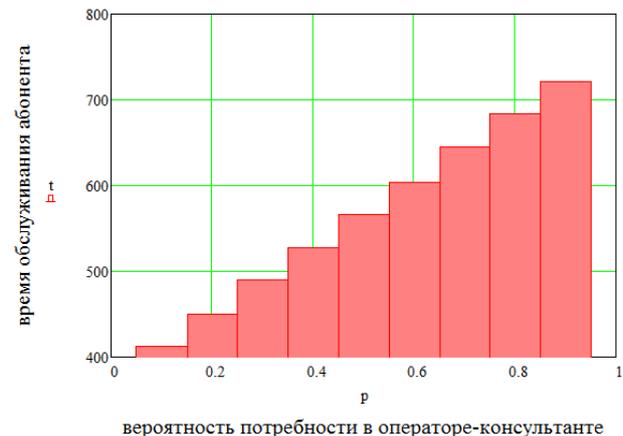


Рисунок 8

Зависимость времени обслуживания абонента при вероятности наличия истинного вызова 0,8 в зависимости от потребности абонента в предоставлении информации по IVR представлена в таблице 2.

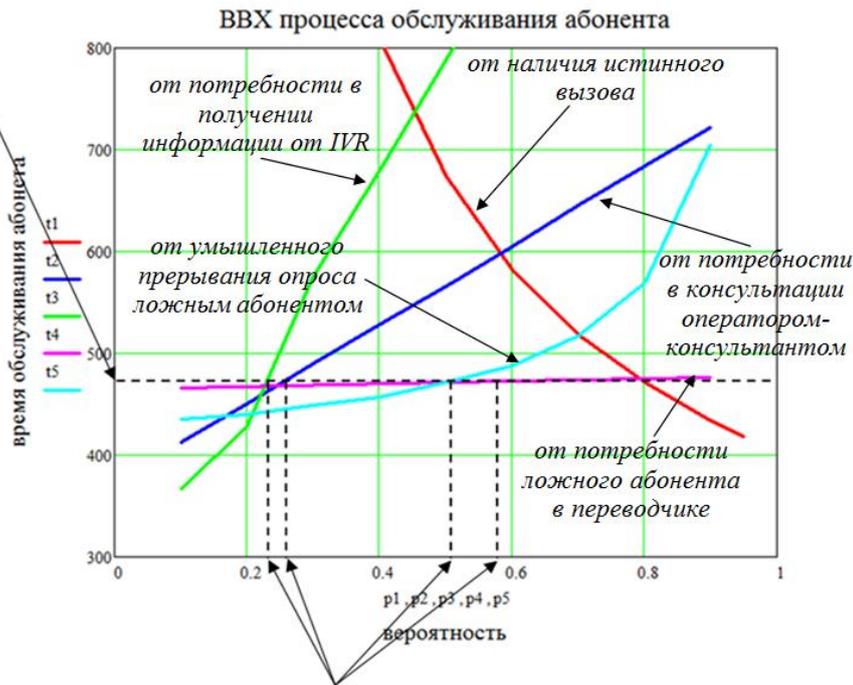
Таблица 2 - Зависимость времени обслуживания абонента

	вероятность потребности абонента в предоставлении информации по IVR								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	366,841	427,213	574,805	679,237	788,494	895,177	1000	1116	1225

Сводный график зависимости времени обслуживания абонента представлен на рисунке 9.

Зависимость времени обслуживания абонента в зависимости от вариантов распределения времен и вероятностей обратного дозвона до ложного абонента при вероятности наличия истинного вызова 0,8 представлена в таблице 3.

$t_{обсл.г}^{зад}$  - гарантированное (с вероятностью 0,95) заданное (заказчиком) время обслуживания истинного абонента при вероятности наличия ложного вызова



значения регулируемых параметров модели ( $P_{26,42}$ ;  $P_{26,27}$ ;  $P_{15,17}$ ;  $P_{6,15}$ ), обеспечивающие требования по времени обслуживания истинного абонента  $t_{обсл.г}^{зад}$  в условиях ложного вызова

### Анализ результатов моделирования.

Максимальная зависимость гарантированного (с вероятностью 0,95) времени обслуживания наблюдается от потребности в предоставлении информации по IVR (увеличение потребности информации по IVR на с 0,1 до 0,9 время обслуживания увеличивается на 858,159, [с.]).

Рисунок 9 – Зависимости времени обслуживания абонента

Таблица 3 - Зависимость времени обслуживания абонента

	распределения времен обратных дозвонov						№ вар.	$(P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6})$	распределение вероятностей обратных дозвонov
	$(15;35;55)$	$(35;55;15)$	$(55;15;35)$	$(15;15;15)$	$(35;35;35)$	$(55;55;55)$			
время обслуживания абонента, [с.]	467,85	468,879	467,628	463,904	468,119	472,334	1	$(0,3;0,6;0,9)$	
	458,791	462,979	462,564	457,102	461,445	465,787	2	$(0,6;0,9;0,3)$	
	454,285	458,162	462,185	453,786	458,211	462,635	3	$(0,9;0,3;0,6)$	
	458,462	458,958	459,061	456,446	458,727	461,008	4	$(0,3;0,3;0,3)$	
	459,623	462,475	463,445	457,799	461,848	465,896	5	$(0,6;0,6;0,6)$	
	453,823	458,351	461,769	453,333	457,981	462,629	6	$(0,9;0,9;0,9)$	
						№ вар.	$(P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6})$		

Менее сильная зависимость наблюдается от потребности в консультации оператором-консультантом (увеличение вероятности потребности с 0,1 до 0,9 время увеличивается на 309,26, [с.]) и от

умышленного прерывания опроса ложным абонентом (увеличение вероятности с 0,1 до 0,9 время увеличивается на 270,662, [с.]), наименьшая зависимость - от потребности ложного абонента в переводчике (увеличение вероятности потребности ложного абонента в переводчике с 0,1 до 0,9 время обслуживания увеличивается на 9,987, [с.]). Анализ зависимости гарантированного времени обслуживания истинного абонента системой: 1. от вероятности наличия ложного вызова показал: при увеличении вероятности ложного вызова с 0,05 до 0,5 время

обслуживания истинного абонента увеличивается на 256,168, [с.]; 2. от распределений вероятностей и времен обратных дозвонів до абонента осуществляющего ложный вызов, показал: чем больше вероятность наличия ложного вызова, тем больше разница между минимальными и максимальными временами обслуживания. Таким образом, острая необходимость истинного абонента в предоставлении услуг IVR, оператором-консультантом, оператором-психологом снижает гарантированное время обслуживания, больше, чем наличие (на уровне 0,5) вызова от ложного абонента.

#### **Рекомендации по использованию результатов исследования.**

1. Алгоритм должен быть адаптивным и зависимости от уровня ложных вызовов настраивать свои регулируемые параметры, обеспечивающие уменьшения гарантированного времени обслуживания абонента.

2. Регулируемыми параметрами алгоритма сделать: а) времена ожидания обратившегося абонента: ответа оператора системы-112; начала опроса оператора системы-112; начала опроса оператором-переводчиком; начала опроса оператора ДДС; ответа оператора-консультанта; ответа оператора-психолога; предоставления информации IVR; б) времена предоставления информации абоненту: оператором системы-112; оператором-переводчиком; оператором ДДС; оператором-консультантом; оператором-психологом; подсистемой IVR; в) количество обратных дозвонів оператором; время инициализации обратного дозвона оператором; время ожидания оператором ответа абонента при обратном дозвоне.

3. Реализовать возможность автоматического отключения функций предоставления информации абоненту: оператором-консультантом; оператором-психологом; подсистемой IVR.

### **III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В диссертации поставлена и решена научная задача, заключающаяся в разработке НМА определения и повышения оперативности процесса обслуживания обратившегося абонента системой-112 функционирующей в условиях ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или ЧС.

На основе анализа исследуемого процесса, теоретического обобщения состояния методического обеспечения в предметной области исследований сформулированы цели и задачи исследований, предложена система основных и вспомогательных показателей, выбрана система ограничений и допущений, сформулирована смысловая и формализованная постановка задачи.

В ходе решения научной задачи получены следующие основные новые научные результаты - математическая модель и методика, на их базе сформирована многоэтапная расчетная схема повышения оперативности процесса обслуживания абонента системой-112, а также разработаны рекомендации по разработке адаптивного алгоритма обслуживания абонента системой-112. Доработка относится к математическому (алгоритмическому и программному) обеспечению системы-112.

Для различных исходных данных, характеризующих загруженность,

неопределенность и противодействие, проведен расчет ВВХ и ВХ процесса обслуживания абонента системой-112. Повышение оперативности обслуживания абонента (снижения гарантированного времени обслуживания) достигается за счет использования регулируемых параметров алгоритма обслуживания. Использование адаптивного алгоритма снижает гарантированное время обслуживания в среднем от 9 до 18%, в зависимости от уровня противодействия и неопределенности.

Результаты диссертационной работы внедрены в организациях промышленности и научно-исследовательскими институтами при обосновании регулируемых параметров протоколов взаимодействия различного уровня в радиосетях оповещения. Их планируется использовать при обосновании требований, концепции и технического задания к перспективной автоматизировано-управляющей системе обеспечения вызова экстренных оперативных служб.

Дальнейшие исследования целесообразно продолжить в направлении формирования научно-обоснованных рекомендаций, в части порядка оценивания и повышения надежных действий оператора автоматизированного рабочего места системы-112.

## **СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Научные статьи, опубликованные в журналах из перечня ВАК**

1. Иванов, И. Б. Моделирование процесса доведения сообщения до объекта управления критической инфраструктуры с учетом работы комплекса технических средств АСУ в условиях деструктивных воздействий [Текст] / В. А. Цимбал, М. Ю. Попов, В. Б. Девятяров, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // ПТЭС : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2023. – № 1. – С. 41–47. – ISSN 2071–9809.
2. Иванов, И. Б. Формализация процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» конечной полумарковской цепью [Текст] / В. А. Цимбал, М. Ю. Попов, Д. А. Киреев, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // ПТЭС : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2023. – № 2. – С. 12–20. – ISSN 2071–9809.
3. Иванов, И. Б. Обоснование регулируемых параметров модели процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» [Текст] / М. Ю. Попов, В. Б. Девятяров, Д. А. Киреев, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // ПТЭС : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2023. – № 2. – С. 52–57. – ISSN 2071–9809.

### **Публикации в изданиях РИНЦ**

4. Иванов, И. Б. Определение полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в терминах переходных вероятностей и шагов перехода [Текст] / М. Ю. Попов, А. В. Ржаных, Н. В. Попова, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов // Доклады 25-й международной конференции DSPA-2023 / РНТОРЭС им. А.С. Попова. – М., 2023 - Вып. XXV., – С. 39–44. – ISBN 978-5-905278-53-2.
5. Иванов, И. Б. Определение вероятностно-временных и временных характеристик обслуживания вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» абонентом [Текст] / М. Ю. Попов, С. С. Чайков, А. А. Казаков,

Н. В. Попова, И. Б. Иванов // Доклады 25-й международной конференции DSPA-2023 / РНТОРЭС им. А.С. Попова. – М., 2023. - Вып. XXV.,– С. 56–61. – ISBN 978-5-905278-53-2.

6. Иванов, И. Б. Определение показателей динамики обслуживания абонента системой-112 в условиях ложного вызова в зависимости от времени процесса [текст] / М. Ю. Попов, В. В. Илющенко, И. Б. Иванов, Р. В. Попов, Н. В. Попова // Доклады 26-й международной конференции DSPA-2024 / РНТОРЭС им. А.С. Попова. – М., 2024. - Вып. XXVI.,– С. 270–275.

7. Иванов, И. Б. Методика определения вероятностно-временных характеристик процесса обслуживания вызова абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» [Текст] / М. Ю. Попов, О. Е. Слободсков, Е. В. Калганов, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // Всероссийская конференция (с международным участием) РЕУС-ИТ 2023 ; Доклады / РНТОРЭС им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. LXXVIII.,– С. 185–189. – ISBN 978-5-905278-54-9.

8. Иванов, И. Б. Описание исходных данных моделирования процесса обслуживания оператором системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» обратившегося абонента [Текст] / М. Ю. Попов, В. Б. Девятияров, Р. В. Попов, И. Б. Иванов, Н. В. Попова // Всероссийская конференция (с международным участием) РЕУС-ИТ 2023 ; Доклады / РНТОРЭС им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. LXXVIII.,– С. 170–174. – ISBN 978-5-905278-54-9.

9. Иванов, И. Б. Математическая постановка задачи повышения оперативности обслуживания абонента системой-112 в условиях ложного вызова [Текст] / И. Б. Иванов // Всероссийская конференция СТОС-2023 ; Доклады / РНТОРЭС им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. IV.,– С. 27–31. – ISBN 978-5-905278-55-6.

#### **Публикации в прочих изданиях**

10. Иванов, И. Б. Содержание аналитической модели процесса доведения сообщения до объекта управления критической инфраструктуры с учетом работы комплекса технических средств АСУ в условиях противодействия [Текст] / М. Ю. Попов, В. В. Илющенко, Д. А. Киреев, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXI Рос. межведомственная НТК / АО «КНИИТМУ». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2022. – С. 68–74.

#### **Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 26.09.2024 г.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз.

Издательство ФГКУ «12 ЦНИИ» МО РФ

141307, Московская обл., г. Сергеев-Посад, ул. Весенняя, д.26.