

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«12 ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

*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

**Диссертация**

**на соискание ученой степени кандидата технических наук**

**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:**

доктор технических наук, доцент  
Попов Михаил Юрьевич

г. Сергеев-Посад 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

		Лист
	ВВЕДЕНИЕ.....	4
1	ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ «112». ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	22
1.1	Особенности алгоритма действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».....	22
1.2	Описание параметров моделирования процесса обслуживания абонента системой-112 в условиях ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации.....	27
1.3	Обоснование применяемого научно-методического аппарата исследования.....	31
1.4	Формальная постановка задачи исследования.....	33
	Выводы по разделу.....	35
2	МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТА СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ «112».....	36
2.1	Разработка математической модели процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова.....	37
2.2	Описание регулируемых параметров модели.....	55
2.3	Определение вероятностно-временных характеристик процесса.....	62
	Выводы по разделу.....	69

3	МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТА СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ «112» В УСЛОВИЯХ ЛОЖНОГО ВЫЗОВА...	70
3.1	Формирование переходных вероятностей и шагов перехода полумарковской цепи описывающей процесс обслуживания абонента системой-112 в терминах программной среды.....	70
3.2	Блок-схема методики.....	82
3.3	Расчет вероятностно-временных и временных характеристик процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова.....	88
3.4	Рекомендации по использованию результатов исследования.....	114
	Выводы по разделу.....	125
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	127
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	130
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	132

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается значительное наращивание возможностей автоматизированных и информационных систем различного назначения обеспечивающих информационный обмен и его сопровождение. Достигается это благодаря применению комплексов и систем связи, автоматизации, технологий поддержки принятия решения и т.п. [1,2,14,16-21,25,28,70,77-83,97-100,103,105,108,112,113,114]. Однако, параллельно с этим растут и соответствующие угрозы, так как страна оказалась в эпицентре кардинальных геополитических, глобальных и региональных изменений экономического, социально-политического и военного характера [23,24,26,74,93,94,95].

Проявив на начальном этапе активность и инициативу в разоруженческом процессе, укреплении мер доверия, наша страна оказалась во многом уязвима. Трансформация геополитической ситуации выдвигает на первый план вопросы, связанные с необходимостью обеспечения устойчивого развития автоматизированных информационных управляющих систем различных Министерств и ведомств [1,2,14,16,17,21,28,62,63,78,80,83,89,92,100,108,112]. Так, например, существует и развивается федеральный проект – Система-112 [98,100].

Система-112 – это система обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» на территории Российской Федерации, организованная по принципу «одного окна»: на звонок отвечает оператор, способный с помощью специального программного обеспечения отправить на место вызова любую помощь – пожарных, медиков, сотрудников полиции и другие службы [100].

Во многих странах мира существуют и развиваются подобные системы, построенные, как правило, на базе телефонной сети общего пользования с единым номером службы спасения, который позволяет обратившемуся абор-

ненту связаться с аварийными службами для передачи информации о необходимости экстренной помощи.

Первой системой обеспечения экстренных вызовов считается «Служба 999» Великобритании, создана она была 1 июля 1937 года, являлась автоматической службой телефонной экстренной помощи с использованием универсального номера для аварийных ситуаций «999». Система обслуживала город Лондон и его ближайшие окрестности, использовалась полицией, пожарными и медиками. В 1938 году система была введена в Глазго (Шотландия).

В Бельгии с 1959 по 1987 год существовал номер экстренной службы спасения «900», затем его заменил номер «100».

В Австралии в 1961 году появился номер экстренной помощи «000». Изначально служба действовала лишь в крупных населенных пунктах, в конце 1980 годов охватила почти всю территорию страны. Служба «000» (Triple Zero) успешно работает до сих пор, совершенствуя свои технические возможности.

В 1958 году Американский конгресс впервые исследовал универсальный номер службы экстренной помощи «911» для США. Боб Галлахер - президент Алабамской телефонной компании, дочерней компании Continental Telephone, инициировал создание первой аварийной службы «911» в Хейлвилле, штат Алабама. Директор завода Роберт Фицджеральд разработал и спроектировал необходимые схемы для системы, а Джимми Уайт, Гленн Джонстон, Аль Буш, Пит Госа являлись техниками по установке. 16 февраля 1968 года, в США начала функционировать первая телефонная служба спасения «911». В 1972 году Федеральная комиссия США по связи (FCC) рекомендовала начать использовать номер 911 по всей стране, однако этот способ вызова экстренной помощи вошел в обиход большинства американцев только в конце 1980 годов.

В Канаде номер «911» начали использовать в 1972 году, также распространяя его действие на территории своей страны, что фактически придало «911» международный статус.

В 1991 году Европейский союз (ЕС) принял решение ввести на своей территории единый телефон службы спасения «112». Наличие такой службы в государстве стало являться необходимым условием для вступления в Евро-союз. На сегодняшний день чрезвычайный номер «112» является общим для всех стран ЕС и используется для контакта с аварийными службами. В каждой стране ЕС звонки со стационарных или мобильных телефонов поступают в единую диспетчерскую.

В ЕС есть страны, в которых продолжают параллельно действовать «свои» номера служб спасения и полиции, например, в Германии это номер «110», есть страны (Исландия, Люксембург, Монако) которые отказались от «своих» номеров и полностью перешли на европейский стандарт.

Помимо стран ЕС, номер «112» действует в Исландии, Лихтенштейне, Норвегии и Швейцарии.

В странах Восточной Азии также действуют единые номера службы спасения. В Японии эта служба «119», с помощью которой можно вызвать пожарных или скорую помощь. При этом, чтобы вызвать полицию, необходимо набрать экстренный номер «110».

В Южной Корее номер «119», как и в Японии, является прямым номером экстренного вызова для пожарной и медицинской службы. Номер «112» выделен для экстренного вызова полиции.

В КНР номер «119» используют лишь для вызова пожарных бригад.

В 2004 году в штате Андхра-Прадеше Индии был основан Институт неотложной медицины и исследований (EMRI) как некоммерческая организация, нацеленная на предоставление услуг неотложной медицинской помощи на основе идеи, задуманной А. П. Ранга Рао. Первоначально он финансировался компанией Satyam Computer Services, при этом правительство Андхра-Прадеша было нефинансирующим партнером, а позже перешло к GVK

Industries, благодаря чему в Индии появился единый телефон экстренной помощи «108».

Информационная система и централизованное управление звонками реализовано почти во всех субъектах РФ, однако за обработку звонков отвечают структуры субъекта и муниципалитета, поэтому обслуживать абонентов в разных областях могут по-разному, в зависимости от уровня развития информационной системы на местах [79-80].

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, а также для информационного обеспечения единых дежурно-диспетчерских служб (ДДС) муниципальных образований [28,79,80,99,100].

В каждом муниципалитете организована единая дежурно-диспетчерская служба (ЕДДС), у нее есть контакты с противопожарной службой, полицией, скорой помощью, ЖКХ, газовой службой и другими экстренными оперативными службами (ЭОС) данного города или района. ЕДДС приходит звонок 112, переправленный оператором связи в зависимости от того, на какой территории стоит принявшая сигнал вышка. Областные власти организуют центр обработки и вызовов (ЦОВ), который всё это объединяет в систему, добавляя, по необходимости, переводчиков, психологов и специалистов других служб. ЦОВ также обслуживает общую аппаратуру, осуществляет методологическое руководство, обрабатывает, по необходимости, пропущенные муниципалами службами звонки [98-100].

Каждый оператор-112 может соединить с любым другим оператором, оставаясь на линии или отключившись. В регламенте взаимодействия у них описано, какие службы подключать в том или ином случае. Результаты опроса пострадавшего видны всем задействованным службам, а в регламенте описывается, на какие случаи, как реагировать [100].

Оператор связи маршрутизирует ваш звонок на зарезервированный для этой территории (района, города) 10-значный номер телефона в единый региональный узел связи УОВ (узел обслуживания вызовов) ЭОС. Далее звонок по SIP транслируется в серверную стойку ЦОВ, где по номеру определяется, в какой ЕДДС следует направить звонок. Направление происходит уже средствами информационной системы, по специально созданной для этого VPN-сети, на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора ЕДДС. У оператора ЕДДС на экране отображается вызов, он принимает его на гарнитуру и, опрашивая абонента (обслуживает вызов), может подключать другие службы по внутренней связи, либо звонком в общую телефонную сеть. Оператор-112 может запросить из информационной системы оператора связи местоположение позвонившего абонента и дополнительные сведения о нем. Сведения отображаются в карточке вызова и на карте в геоинформационной системе. Номер абонента определяется, действия логируются, звук пишется, срок хранения этой информации составляет 3 года. Если нет канала до ЕДДС или звонок осуществляется дольше 8 секунд, то звонок принимает ЦОВ; если нет канала до ЦОВ, то звонки из УОВ ЭОС по Е1 уходят на IP-телефоны ЕДДС; если ни того, ни другого, то в ЕДДС звенит обычный телефон [100].

Система-112 это комплекс программно-аппаратных средств, система интегрирована с соседними субъектами, системой ЭРА-ГЛОНАСС, с камерами видеонаблюдения «Безопасный регион» - оператор - системы 112 со своего АРМ может посмотреть трансляцию ближайшей к месту происшествия камеры, а оператор видеонаблюдения может сформировать автоматизированное создание происшествия для 112 на основе данных с камеры. Также системой обрабатываются вызовы в виде IMEI (без SIM карты), либо с подменой на выделенный оператором связи для таких случаев 10-значный номер. Абонент может осуществить вызов и без SIM карты с заблокированного телефона, вне зоны покрытия своего оператора. Таким образом, система-112 реализует комплексное реагирование на происшествие, экстренные

службы видят результат опроса и реагирования и могут участвовать в опросе обратившегося абонента.

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 системы (аналогично автоматизированным системам, но без участия персонала) и системы защиты информации [17,21,63,69,77,98-100,103].

Известно, что любая автоматизированная система управления (АСУ), к которой возможно отнести и систему-112, имеет свой жизненный цикл: задумывается, проектируется, создается, передается в промышленную эксплуатацию, эксплуатируется, морально устаревает, заменяется новой [20,70,77,105].

При создании таких систем выделяют следующие стадии работ: формирование требований, разработка концепции, техническое задание, эскизный проект, технический проект, рабочая документация, ввод в действие, сопровождение [16,20,77].

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. В более общем случае можно считать, что математическое обеспечение представляет собой совокупность алгоритмического и программного обеспечения, используемых в информационной системе для решения задач и обработки информации (алгоритмическое), а также для обеспечения работоспособности технических устройств и автоматизации процессов управления (программное). Программное обеспечение состоит из общего (операционные системы, компиляторы, тесты и диагностика) и специального (прикладное и общесистемное) [17,70,105,109].

Так же известно, что оценка качества функционирования подобных систем [2,9,10,32,34,62,63,86,102,105,111,116,121-123], возможна на базе оперативности и достоверности [1,2,44,47,87] 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. ВХ, в свою очередь, могут оцениваться средним временем обслуживания вызова абонента [7,38,41,55,58,91,119].

Отметим, что в настоящее время в системе-112 наблюдается следующее:

- 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).

Таким образом, в неиндефинитный период функционирования системы, потенциально, существуют тенденции к усилению факторов загруженности, неопределенности и противодействия [14,25,46,47,49,50,56,74,70,92,113,114].

С другой стороны, процесс обслуживания абонента системой-112 регламентирован соответствующими руководящими документами [98-100] и является случайным [8,11,12,30,33,35,36,51,54,61,64,65,115,118], поскольку параметры, описывающие истинный и ложный вызов, технический процесс и внешние условия имеют стохастическую физическую основу.

В таких условиях, особо остро ставятся вопросы о повышении оперативности обслуживания (снижения гарантированного времени обслуживания) абонентов.

Для этих целей, в настоящее время, широко используются подходы по применению адаптивных алгоритмов обслуживания абонентов, обеспечивающих повышение оперативности обслуживания за счет настройки, на сеансе информационного обмена, своих регулируемых параметров [25,31,37,42,48,60,62,88,92,101,127].

В связи с этим актуальной для исследователя является задача определения и повышения оперативности обслуживания абонента системой-112 функционирующей в условиях неопределенности и противодействия за счет соответствующего математического обеспечения.

В настоящее время научно-исследовательскими организациями и предприятиями промышленности РФ активно ведутся работы по совершенствованию и созданию систем оповещения и обслуживания абонентов, необходимых для организации и обеспечения гарантированного информационного обмена между территориально разнесенными абонентами [2,14,25,28,50,70,77,78,80,81,83,89,92,108,114].

Так, например, в:

АО «НИИ АА» (г. Москва) активно проводились работы по развитию объединенной системы обмена данными, как интегрирующей телекоммуникационной основы автоматизированной системы управления;

АО «ЦНИИ ЭИСУ» (г. Москва) проводились работы по развитию устойчивой сети передачи данных, в частности осуществляется разработка соответствующих протоколов передачи данных;

АО «Институт сетевых технологий» (г. Санкт-Петербург) активно велись работы по разработке адаптивных протоколов различных уровней и назначения, обеспечивающий заданные ВВХ информационного обмена;

АО «ПНИЭИ» (г. Пенза) разрабатывается комплекс технических средств управления адаптивной радиосвязью, содержащий сложный пользовательский интерфейс;

АО «ОНИИП» (г. Омск) на базе технологии когнитивного радио разрабатывается адаптивный протокол передачи данных с элементами адаптивного управления ресурсами сети;

АО «НПП «Прима» (г. Нижний Новгород) ведутся работы по разработке сетевых протоколов маршрутизации в интересах различных радиосетей оповещения;

АО «НПО «Полет» (г. Нижний Новгород) ведутся работы по разработке адаптивного протокола передачи данных обеспечивающего требуемый уровень ВВХ информационного обмена;

АО «НПО «Импульс» (г. Санкт-Петербург) были определены принципы построения автоматизированных систем управления и систем поддержки принятия решения, обеспечивающих устойчивый информационный обмен между пользователями сети;

АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж) активно идут работы по созданию высоко устойчивой к внешним факторам интегрированной сети управления на основе единых для всех абонентов методов обработки информации и обслуживания абонентов;

АНО «ИИФ» (г. Серпухов) идет разработка блока управления связью с интерактивным интерфейсом, обеспечивающим требуемое качество обслуживания абонентов.

Организациями, также имеющими серьезные разработки по указанным направлениям, являются: АГЗ МЧС России, 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», Калужский НИИ телемеханических устройств, АО «Научно-внедренческий центр автоматизированных систем» и ряд других.

Вопросам разработки систем оповещения и обеспечения гарантированного обслуживания абонентов функционирующих в условиях противодействия. В частности [1,2,7,14,15,29,62,68,80,83,92,127]:

- развитию устойчивых сетей передачи данных, обеспечивающих информационный обмен в условиях противодействия;
  - разработке информационного и алгоритмического обеспечения систем и сетей связи и управления;
  - разработке предложений по повышению оперативности обслуживания абонентов в автоматизированных системах управления и связи;
  - разработке и внедрению отечественных протоколов информационного обмена и обслуживания абонентов в действующих перспективных системах оповещения;
  - повышению надежности действия операторов АСУ, функционирующих в условиях временного ограничения;
  - разработке адаптивных протоколов поддержки принятия решений и т.д.
- 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., Мижуев 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 по единому номеру-112, функционирующих в условиях противодействия и неопределенности, по-прежнему остаются открытыми.

Таким образом, одним из путей повышения оперативности обслуживания абонентов системами обеспечения вызовов экстренных оперативных служб по единому номеру-112, является разработка математического (алгоритмического и программного) обеспечения системы, в части выявления регулируемых параметров алгоритма обслуживания. Решение данных вопросов, несомненно, представляет научный интерес.

Исходя из изложенного, возникает следующее **противоречие в практике**: 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.

Разрешение данного противоречия заключается в разработке научно-методического аппарата (НМА) определения регулируемых параметров алгоритма действий оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», обеспечивающих повышение оперативности процесса обслуживания абонента, в условиях ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии.

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

**Целью** 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 чрезвычайной ситуации.

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

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

**Научная задача исследования:** разработка научно-методического аппарата 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 чрезвычайной ситуации.

Для решения этой общей научной задачи в диссертации ставятся и решаются следующие частные задачи:

- анализ алгоритма действий оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112»;
- формализация и декомпозиция задачи оценки оперативности обслуживания абонента системой-112 в условиях отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии;
- разработка математической модели процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации;
- нахождение оценок оперативности обслуживания абонента системой-112;
- разработка методики повышения оперативности процесса обслуживания абонента, осуществляющего вызов экстренных оперативных служб по единому номеру «112», в условиях отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии;
- формирование рекомендаций по совершенствованию алгоритмического обеспечения системы-112.

В ходе решения частных задач были сформированы следующие **научные 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.

Кроме того, на основе полученных результатов разработаны рекомендации по разработке адаптивного алгоритма обслуживания абонента системой-112, функционирующего в условиях ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации.

**Научная новизна** полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что:

1. Математическая модель процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации:

**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, осуществляющего вызов экстренных оперативных служб по единому номеру «112», в условиях отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии:

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 научно-методического аппарата 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 диссертационных исследований 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 чрезвычайной ситуации 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 полученных рекомендаций предполагается** на уровне математического (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.

**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) системы.

**Результаты работы внедрены:**

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.).

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 (РНТОРЭС) имени А.С. Попова (г. Москва, 2023, 2024 г.); XXV, XXVI Международной научно-технической конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023, 2024) РНТОРЭС имени А.С. Попова (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 имени А.С. Попова (г. Москва, 2023 г.); и трех научно-технических семинарах кафедры «Радиотехника и радиосистемы» Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир в 2022-2024 годах.

Результаты исследований представляют практический интерес для научно-исследовательских учреждений и проектных организаций с целью:

- обоснованного задания требований в тактико-технические задания на разработку и создания перспективных систем обеспечения вызовов абонентов;
- совершенствования существующих и создания перспективных алгоритмов обеспечения вызовов систем, функционирующих в условиях неопределенности и противодействия;
- разработки методик моделирования действий операторов обслуживающих систем, функционирующих в условиях неопределенности и противодействия.

Основные результаты работы опубликованы в 34 работах, из них: 32 статьи (4 статьи в журналах из Перечня ВАК); 1 отчет о НИР, 1 отчет об ОКР.

**Структура и объем диссертационной 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.

Автор выражает благодарность научному руководителю доценту кафедры филиала Военной академии РВСН, доктору технических наук, доценту Попову М.Ю. оказанную при написании диссертации, и критические замечания, высказанные при ее обсуждении, профессору кафедры филиала Военной академии РВСН, руководителю научной школы «Информационный обмен в автоматизированных системах управления и связи», заслуженному деятелю науки РФ, доктору технических наук, профессору Цимбалу В.А. Также автор выражает благодарность ученым 12 ЦНИИ МО РФ и кафедры радиотехники и радиосистем Владимирского государственного университета имени Алек-

сандра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых за благожелательную критику и советы, способствовавшие улучшению качества диссертационного исследования.

# **1. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ «112». ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В настоящее время существует типовой алгоритм действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», он регламентирует действия оператора при получении сообщения о происшествии или чрезвычайной ситуации с учетом случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии [100].

## **1.1 Особенности алгоритма действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112»**

Алгоритм действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» приведен в соответствующем Приложении к Методическим рекомендациям «О развитии, организации эксплуатации и контроля функционирования системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112». Рекомендации содержат несколько разделов [100]:

1. Общие положения.
2. Порядок обработки поступающих вызовов.
3. Примерные сроки совершения процедур по обеспечению вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».
4. Особенности действий операторов системы-112 при поступлении обращения с недостаточной для организации реагирования информацией о происшествии.

Разделы 2-3 рекомендаций содержат последовательность совершения процедур по обеспечению вызова ЭОС по единому номеру «112» и соответствующие временные сроки.

На рисунке 1.1 представлена последовательность совершения процедур (действий) по обеспечению вызова ЭОС по единому номеру «112», а в таблице 1.1 указаны соответствующие временны сроки.

На рисунке 1.2 представлена последовательность совершения основных процедур (действий) по обеспечению вызова ЭОС по единому номеру «112».

Моделирование процесса [6,10,13,65,68,71-73,85,86,116,117,122] действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» [31,33,35,36,48,61] позволит, потенциально, оценить резервы системы и ее уязвимости, а также по необходимости выявить механизмы снижения времени приема и обработки вызовов и сократить общее время реагирования на происшествие (обслуживание).

Особый интерес для исследователя, при этом, представляет оценка ВВХ и ВХ процессов обслуживания обратившихся за помощью абонентов, получаемая по создаваемым математическим моделям процесса.

Разделы 2 и 3 Приложения содержат необходимые и достаточные данные для такого моделирования.



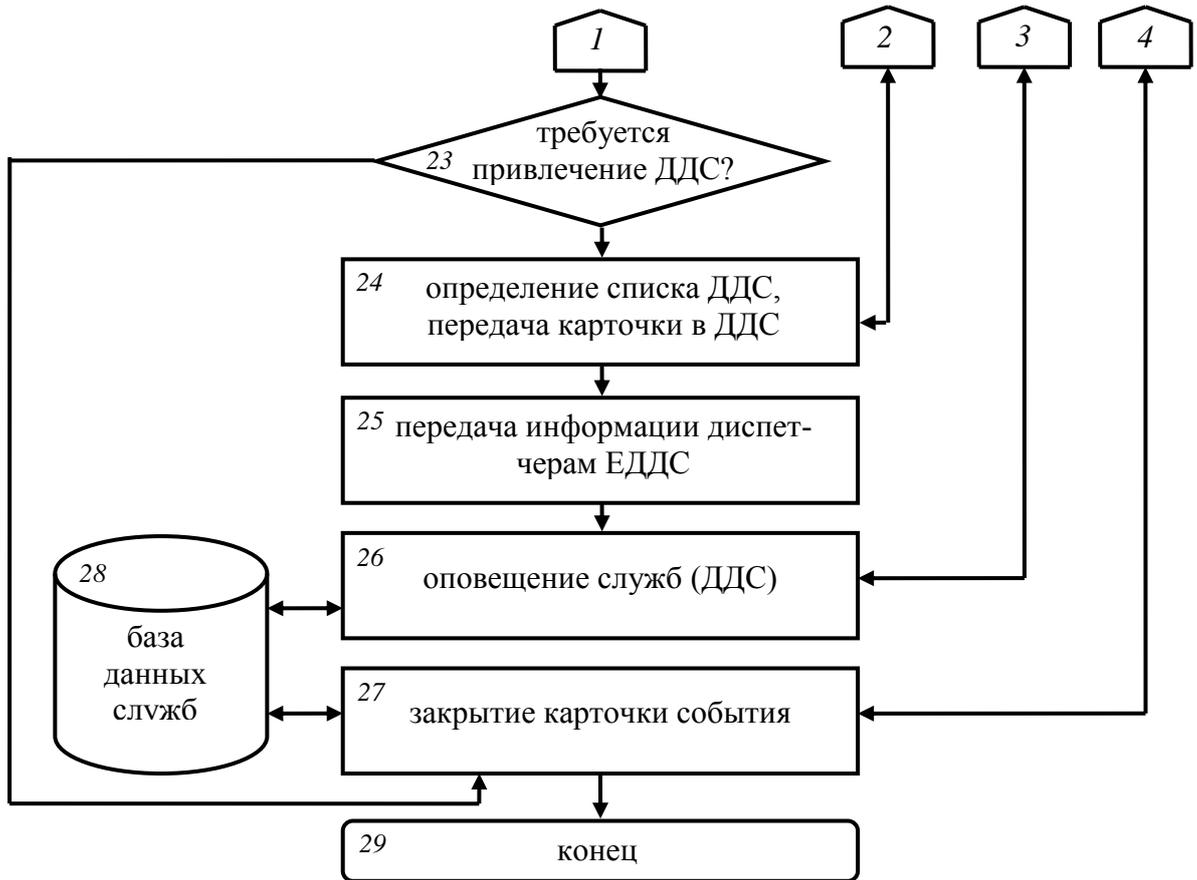


Рисунок 1.1 – Последовательность совершения процедур (действий) по обеспечению вызова ЭОС по единому номеру «112»

Таблица 1.1 Сроки совершения процедур (действий) по обеспечению вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112»

№ п/п	Временной показатель	Значение
1.	Максимальное время ожидания обратившегося по номеру «112» ответа системы-112 (от момента установления соединения до момента ответа оператора ЦОВ (РЦОВ)/ЕДДС)	20 секунд для 98% вызовов
2.	Среднее время ожидания обратившегося по номеру «112» ответа оператора системы-112 (от момента установления соединения до начала опроса)	8 секунд
3.	Среднее время, в течение которого осуществляется опрос обратившегося по номеру «112» или идентификация ситуации оператором системы-112	75 секунд
4.	Время консультативного обслуживания обратившегося по номеру 112 оператором системы	120 секунд
5.	Время оповещения оператором системы-112 соответствующих ДДС о происшествии (среднее время, в течение которого с момента начала разговора карточка события с заполненными обязательными полями становится доступной диспетчеру ДДС)	75 секунд

№ п/п	Временной показатель	Значение
6.	Максимальное время, в течение которого после отправки оператором системы-112 карточки событий с заполненными обязательными полями, диспетчер ДДС подтверждает факт приема сообщения о происшествии	30 секунд
7.	Максимальное время, в течение которого оператор системы-112 должен инициировать обратный звонок в случае прерывания опроса обратившегося	10 секунд
8.	Минимальное количество попыток обратного звонка, которое оператор системы-112 должен совершить после прерывания опроса, если иное не предусмотрено соответствующими инструкциями	3 штуки
9	Максимальное время, в течение которого с момента установления соединения оператор системы-112 ожидает ответа абонента при обратном звонке, если иное не предусмотрено соответствующими инструкциями	60 секунд
10.	Максимальное время, в течение которого осуществляется оказание психологической поддержки системой 112, если иное не предусмотрено соответствующими инструкциями	1800 секунд
11.	Максимальное время ожидания обратившегося по номеру «112» ответа переводчика или психолога системы-112 (если они не входят в штатное расписание)	20 секунд
12.	Минимальный срок хранения информации о поступившем вызове (информационная карточка, аудиозапись)	3 года

Необходимо отметить то, что основным объективным и субъективным условиям, определяющим реализацию процессов решения в деятельности оператора любой системы, можно отнести [25,35,36,37,39,40,43,52,53,63,69,73,77,82,92,103,105,106,109,118]:

- наличие дефицита информации и времени, стимулирующего «борьбу» гипотез;

- наличие некоторой «неопределенности ситуации», определяющей борьбу мотивов у оператора, принимающего решение;

- осуществление волевого действия, обеспечивающего преодоление неопределенности, выбор гипотезы, принятие на себя той или иной ответственности.

Все это обеспечивает стохастичность процесса обслуживания обратившегося абонента оператором системы.

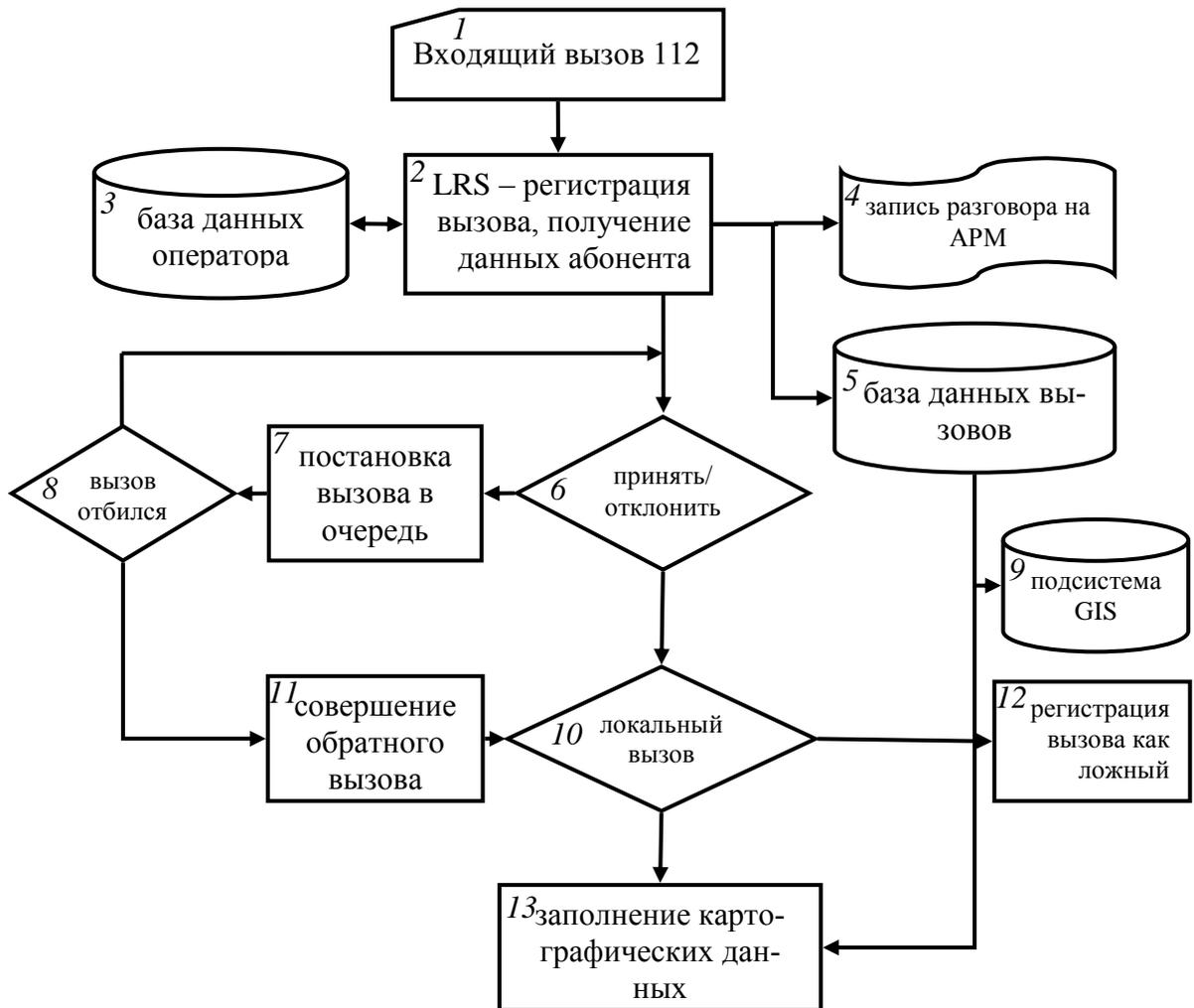


Рисунок 1.2 - Последовательность совершения основных процедур (действий) по обеспечению вызова ЭОС по единому номеру «112»

## 1.2 Описание параметров моделирования процесса обслуживания абонента системой-112 в условиях наличия ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации

Исходя из особенностей представленного алгоритма действий операторов (логики, процедур и временных сроков) системы обеспечения вызова ЭОС по единому номеру «112», осуществляющих обслуживания абонента с учетом ложного вызова и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о

происшествии или чрезвычайной ситуации, были предложены следующие параметры моделирования [31,37,42,44,54,60,100], описывающие:

**- истинный вызов и абонента его осуществляющий:**

вероятность наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов;

максимальное время ожидания обратившегося абонента начала опроса оператора (а также ответа оператора, переводчика и психолога);

максимальная вероятность прерывания опроса (обслуживания) абонента;

вероятность потребности обратившегося абонента в переводчике;

среднее время (и среднее квадратическое отклонение (СКО)) опроса абонента оператором;

максимальное время инициализации обратного дозвона оператором;

максимальное время ожидания оператором ответа абонента при обратном дозвоне;

-- первого дозвона:

вероятность дозвона оператором до абонента при первом дозвоне;

-- второго дозвона:

вероятность дозвона оператором до абонента при втором дозвоне;

-- третьего дозвона:

вероятность дозвона оператором до абонента при третьем дозвоне;

**- ложный вызов и абонента его осуществляющий**

вероятность потребности обратившегося абонента, осуществляющего ложный вызов в переводчике;

вероятность и время умышленного прерывания опроса с переводчиком (без переводчика) абонента;

вероятность и время обратного дозвона до абонента с первого (со второго и с третьего раза) раза;

**- оператора системы-112 и оператора дежурно-диспетчерской службы:**

вероятность передачи оператором унифицированной карточки информационного обмена (УКИО) и ожидания подтверждения ДДС «о получении УКИО и соответствии вызова зоне ответственности ДДС»;

максимальное время подтверждения оператором ДДС получения УКИО и соответствие вызова ответственности ДДС;

вероятность подтверждения оператором ДДС «получения от оператора системы-112 УКИО и соответствие вызова ответственности ДДС»;

**- оператора-консультанта, оператора-психолога, подсистемы IVR:**

вероятность потребности абонента в консультации оператором-консультантом – вероятность начала консультации абонента оператором-консультантом;

вероятность потребности абонента в представлении информации по подсистеме IVR (голосовой интерактивный автоответчик) – вероятность начала работы подсистемы IVR;

**- подсистемы IVR:**

среднее время (и СКО) предоставления информации абоненту подсистемой IVR;

потребность абонента после обслуживания подсистемой IVR, в предоставлении консультации оператором-консультантом – вероятность начала работы оператора-консультанта;

потребность абонента, после обслуживания подсистемой IVR, в предоставлении консультации оператором-психологом – вероятность начала работы оператора-психолога;

**- оператора-консультанта:**

среднее время консультативного обслуживания обратившегося абонента оператором-консультантом;

СКО времени обслуживания обратившегося абонента оператором-консультантом;

потребность абонента в предоставлении информации подсистемой IVR во время его обслуживания оператором-консультантом;

-- первого дозвона:

вероятность дозвона оператором-консультантом до абонента при первом дозвоне;

-- второго дозвона:

вероятность дозвона оператором-консультантом до абонента при втором дозвоне;

-- третьего дозвона:

вероятность дозвона оператором-консультантом до абонента при третьем дозвоне;

**- оператора-психолога:**

потребность абонента, после его обслуживания оператором-консультантом, в предоставлении консультации оператором-психологом – вероятность и время начала работы оператора-психолога;

среднее время консультативного обслуживания обратившегося абонента оператором-психологом;

потребность абонента в предоставлении консультативного обслуживания обратившегося абонента оператором-консультантом во время его обслуживания оператором-психологом;

-- первого дозвона:

вероятность дозвона оператором-психологом до абонента при первом дозвоне;

-- второго дозвона:

вероятность дозвона оператором-психологом до абонента при втором дозвоне;

-- третьего дозвона:

вероятность дозвона оператором-психологом до абонента при третьем дозвоне.

Приведенные параметры, возможно, разделить на группы:

- первая - описывает параметры истинного вызова;

- вторая – параметры ложного вызова;

- третья – параметры технического процесса и внешние условия.

Представленные параметры моделирования фактически являются исходными данными процесса, описывают различные его свойства и участников и в последующем, будут являться регулируемыми параметрами модели.

### **1.3 Обоснование применяемого научно-методического аппарата исследования**

В связи с изложенным, модель рассматриваемого процесса целесообразно разрабатывать на базе НМА конечных цепей Маркова [3,4,12,22,27,64,66,68,73,76,90,104,107,110,119,120,124-126]. Причины этому следующие:

- процесс, вследствие не идеальности работы оператора является случайным;
- количество состояний процесса, потенциально, конечно;
- существуют детерминированные временные интервалы переходов из состояния в состояния процесса;
- в процессе имеется поглощающее состояние;
- описания процесса на базе полной группы событий и выделения из них интересующих затруднено большим количеством путей, существующих на пространстве событий, определенных исходя из физической сущности рассматриваемого процесса;
- использование аппарата конечных марковских цепей (КМЦ), как правило, предусматривает синтез графа состояний и переходов (ГСП), описывающего вероятностные связи, что имеет, куда большую визуализацию процесса, а, как следствие, и информативность, чем соответствующие аналитические выражения;

- возможность получения некой общей агрегированной (содержащей все параметры исследуемого процесса) темповой характеристики, описывающей динамику вероятности интересующего исследователя состояния цепи в зависимости от шагов процесса или, что самое главное, времени;

- возможность изменения масштаба времени в модели, необходимое для изучения процесса, протекающего в природе сравнительно медленно или быстро;

- возможность использования марковских (полумарковских) цепей под исследования процессов, которые по каким-либо причинам не могут быть представлены в природе;

- легкая масштабируемость и модернизация цепей;

- моделирование на базе марковских (полумарковских) цепей способствует быстрому выявлению резервов, заложенных в исследуемых процессах и явлениях, через задания вероятностного и временного уклона течения процесса;

- возможность создания изоморфных моделей, воспроизводящих законы протекания реальных процессов больших энергетических и временных масштабов, недоступных для непосредственного наблюдения и делающих доступной оценку их течения, на базе развитого аппарата численного анализа в широких пределах изменения условий;

- возможность применения положений теории чувствительности для определения степени влияния интересующих физических параметров процесса на его течение;

- возможность «марковизации» немарковского случайного процесса путем ввода в его состав параметров, характеризующих настоящее состояние системы, то есть тех параметров из прошлого, от которых зависят будущие;

- возможность трансформации марковского процесса в полумарковский (и наоборот) по средствам особого отображения матрицы переходных вероятностей и (или) матрицы шагов переходов;

- возможность перехода от марковской цепи к марковскому процессу с дискретными состояниями и непрерывным временем и наоборот;

- для всестороннего исследования рассматриваемого процесса существует возможность перехода от конечной марковской цепи к:

- регулярной;
- циклической;
- управляемой;
- с доходами,
- локальным взаимодействием и т.д.,
- и наоборот;

- возможность выделения в поглощающей конечной марковской цепи нескольких поглощающих состояний.

Исходя из изложенного, модель рассматриваемого процесса будет строиться на базе конечной поглощающей полумарковской цепи (КППЦ).

#### 1.4 Формальная постановка задачи исследования

1. Определить вероятностно-временные характеристики процесса обслуживания абонента (**задача анализа**), осуществляющего вызов экстренных оперативных служб по единому номеру «112» о происшествии или чрезвычайной ситуации с учетом наличия ложного вызова и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии [44].

**Формальная постановка задачи** имеет вид:

$$\begin{matrix} P_{обсл}(РПМ) \rightarrow ? \\ t_{обсл}(РПМ) \rightarrow ? \end{matrix} \Rightarrow P_{обсл}(t_{обсл}) \quad (3.1)$$

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;

$P_{обсл}(PMM)$  - функция вероятности обслуживания абонента системой-112 в зависимости от регулируемых параметров моделирования;

$t_{обсл}(PMM)$  - функция времени обслуживания абонента системой-112 в зависимости от регулируемых параметров моделирования;

$P_{обсл}(t_{обсл})$  - функция зависимости вероятности обслуживания абонента системой-112 от времени – вероятностно-временные характеристики процесса обслуживания.

2. Обеспечить повышение оперативности процесса обслуживания абонента системой-112 (**задача синтеза**) с учетом наличия ложного вызова и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии [44].

Отметить необходимо то, что есть два подхода повышения оперативности процесса обслуживания:

первый - обеспечение повышения вероятности обслуживания за время не превышающие заданное;

второй - обеспечение снижения времени обслуживания при вероятности не ниже требуемой.

Воспользуемся вторым путем, то есть, обеспечим снижения времени обслуживания абонента системой-112 в условиях наличия ложного вызова и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии, при вероятности обслуживания, не ниже требуемой, тогда **формальная постановка задачи** будет иметь вид:

$$t_{обсл}(PMM) \rightarrow \min$$

$$\text{при } P_{обсл}(PMM) \geq P_{обсл}^{(треб)} \cdot \quad (3.2)$$

### **Выводы по разделу**

В разделе представлены особенности существующего алгоритма действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

Показаны последовательность и сроки совершения процедур (действий) регламентируемые алгоритмом при получении сообщения о происшествии или чрезвычайной ситуации с учетом случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии.

С учетом логики алгоритма обслуживания абонента системой-112, реализованных в нем процедур и используемых временных интервалов, описаны параметры моделирования процесса обслуживания абонента в условиях наличия ложного вызова и случаев отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии.

Обоснована целесообразность использования в исследовании научно-методического аппарата КМЦ.

Сформирована формальная постановка задачи исследования.

## **2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТА СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ «112»**

Для формализации рассматриваемого процесса в части формирования структуры графа состояний и переходов ( $G(S)$ ), необходимо дать следующие определения, которые будут использоваться при описании его состояний.

**Определение 1.** Оператор системы-112 – оператор - лицо, реализующие типовой алгоритм действий операторов системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» при получении сообщения о происшествии или чрезвычайной ситуации с учетом отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии.

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

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

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

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

**Определение 6.** Ложный вызов абонента – сообщения абонента оператору системы-112 о происшествии или чрезвычайной ситуации, 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 [100].

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

## **2.1 Разработка математической модели процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова**

Математическая модель строится на базе конечной поглощающей полумарковской цепи, что предусматривает синтез графа состояний и переходов описывающего процесс обслуживания абонента системой-112 в условиях ложного вызова и с учетом отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации.

На рисунке 2.1 представлен ГСП поглощающей конечной полумарковской цепи, описывающей рассматриваемый процесс.

Состояния ГСП таковы [33,40,48,52,61]:

$S_0$  – состояние, соответствующее наличию входящего вызова от абонента, обращающегося по номеру «112»;

$S_1$  – состояние, соответствующее установлению соединения истинного вызова;

$S_2$  – состояние, соответствующее установлению соединения ложного вызова;

$S_3$  – состояние, соответствующее ответу оператора системы-112 на истинный вызов абонента;

$S_4$  – состояние, соответствующее ответу оператора на ложный вызов абонента;

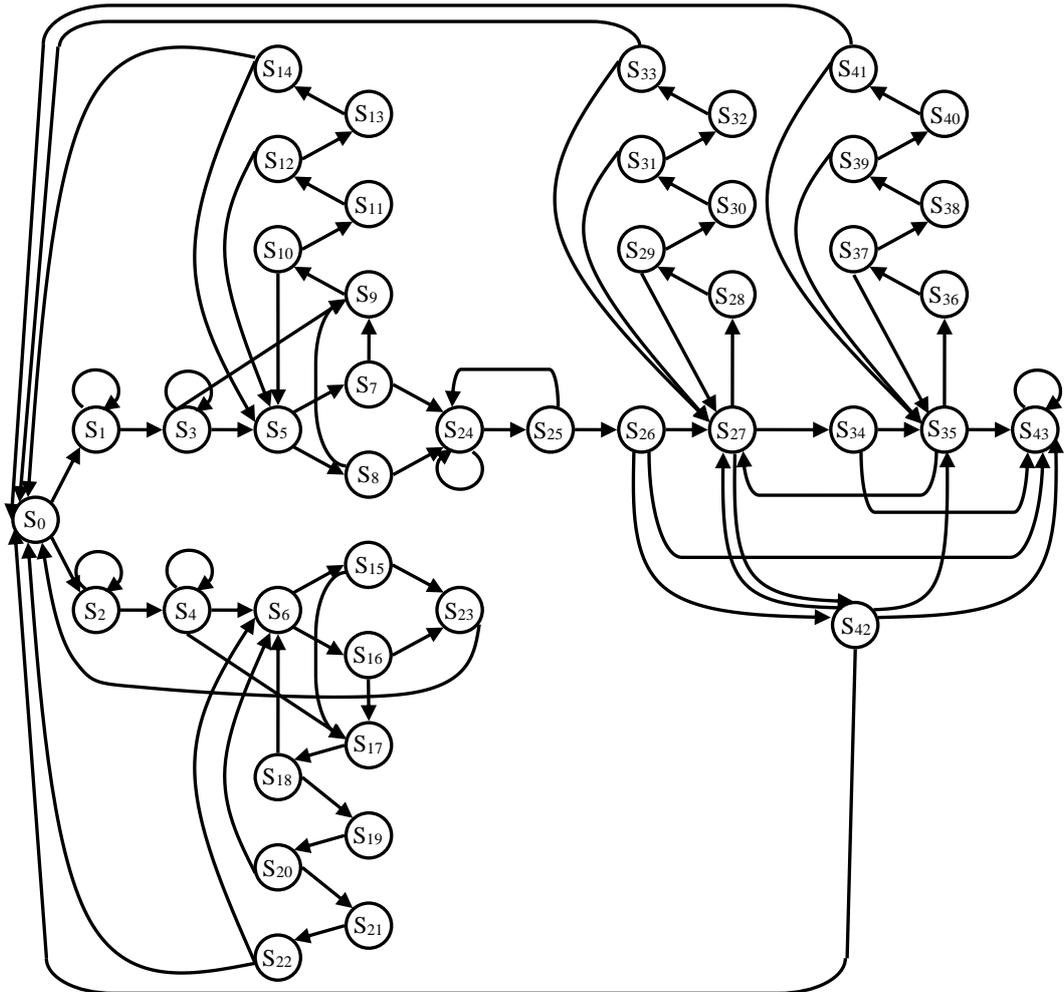


Рисунок 2.1 - ГСП полумарковской цепи, описывающей процесс обслуживания абонента системой-112

$S_5$  – состояние, соответствующее началу опроса оператором абонента, осуществившего истинный вызов, установление факта необходимости использования переводчика;

$S_6$  – состояние, соответствующее началу опроса оператором абонента, осуществившего ложный вызов, установление факта необходимости использования переводчика;

$S_7$  – состояние, соответствующее опросу абонента, осуществившего истинный вызов, оператором системы-112 с переводчиком;

$S_8$  – состояние, соответствующее опросу абонента, осуществившего истинный вызов, оператором системы-112 без переводчика;

$S_9$  – состояние, соответствующее инициированию первого обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса (ожидания) абонента, осуществившего истинный вызов;

$S_{10}$  – состояние, соответствующее осуществлению первого обратного дозвона;

$S_{11}$  – состояние, соответствующее инициированию второго обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса абонента, осуществившего истинный вызов;

$S_{12}$  – состояние, соответствующее осуществлению второго обратного дозвона;

$S_{13}$  – состояние, соответствующее инициированию третьего обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса абонента, осуществившего истинный вызов;

$S_{14}$  – состояние, соответствующее осуществлению третьего обратного дозвона;

$S_{15}$  – состояние, соответствующее опросу абонента, осуществившего ложный вызов, оператором системы-112 с переводчиком;

$S_{16}$  – состояние, соответствующее опросу абонента, осуществившего ложный вызов, оператором системы-112 без переводчика;

$S_{17}$  – состояние, соответствующее инициированию первого обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса (ожидания) абонента, осуществившего ложный вызов;

$S_{18}$  – состояние, соответствующее осуществлению первого обратного дозвона;

$S_{19}$  – состояние, соответствующее инициированию второго обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса абонента, осуществившего ложный вызов;

$S_{20}$  – состояние, соответствующее осуществлению второго обратного дозвона;

$S_{21}$  – состояние, соответствующее инициированию третьего обратного дозвона оператором системы-112 при прерывании опроса абонента, осуществившего ложный вызов;

$S_{22}$  – состояние, соответствующее осуществлению третьего обратного дозвона;

$S_{23}$  – состояние, соответствующее окончанию опроса абонента, осуществившего ложный вызов, оператором системы-112 и установление им факта ложного оповещения, регистрация вызова как ложный;

$S_{24}$  – состояние, соответствующее окончанию опроса абонента, осуществившего истинный вызов, оператором системы-112, установление им факта истинного оповещения, решение о привлечении для реагирования ДДС и передача УКИО соответствующей ДДС;

$S_{25}$  – состояние, соответствующее передачи 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;

$S_{26}$  – состояние, соответствующее доведению подтверждения от ДДС оператору;

$S_{27}$  – состояние, соответствующее началу консультации абонента оператором-консультантом;

$S_{28}$  – состояние, соответствующее инициированию первого обратного дозвона оператором-консультантом при прерывании опроса абонента;

$S_{29}$  – состояние, соответствующее осуществлению первого обратного дозвона;

$S_{30}$  – состояние, соответствующее инициированию второго обратного дозвона оператором-консультантом при прерывании опроса абонента;

$S_{31}$  – состояние, соответствующее осуществлению второго обратного дозвона;

$S_{32}$  – состояние, соответствующее инициированию третьего обратного дозвона оператором-консультантом при прерывании опроса абонента;

$S_{33}$  – состояние, соответствующее осуществлению третьего обратного дозвона;

$S_{34}$  – состояние, соответствующее окончанию консультации абонента оператором-консультантом;

$S_{35}$  – состояние, соответствующее началу психологической поддержки абонента оператором-психологом;

$S_{36}$  – состояние, соответствующее инициированию первого обратного дозвона оператором-психологом при прерывании опроса абонента;

$S_{37}$  – состояние, соответствующее осуществлению первого обратного дозвона;

$S_{38}$  – состояние, соответствующее инициированию второго обратного дозвона оператором-психологом при прерывании опроса абонента;

$S_{39}$  – состояние, соответствующее осуществлению второго обратного дозвона;

$S_{40}$  – состояние, соответствующее инициированию третьего обратного дозвона оператором-психологом при прерывании опроса абонента;

$S_{41}$  – состояние, соответствующее осуществлению третьего обратного дозвона;

$S_{42}$  – состояние, соответствующее началу предоставления абоненту информации по стандартным вопросам или доступа к базе знаний подсистемы консультативного обслуживания населения голосовым интерактивным автоответчиком (IVR);

$S_{43}$  – состояние, соответствующее завершению обслуживания абонента.

Таким образом, синтезирован ГСП  $G(S)$ , описывающий процесс обслуживания абонента системой-112.

Далее необходимо сформировать матрицу переходных вероятностей (МПВ) и матрицу шагов перехода (МШП), путем определения всех переходных вероятностей (ПВ) и шагов перехода (ШП) процесса.

На рисунке 2.2 представлен ГСП поглощающей конечной полумарковской цепи, описывающей процесс обслуживания абонента системой-112 с отмеченными ПВ и ШП.

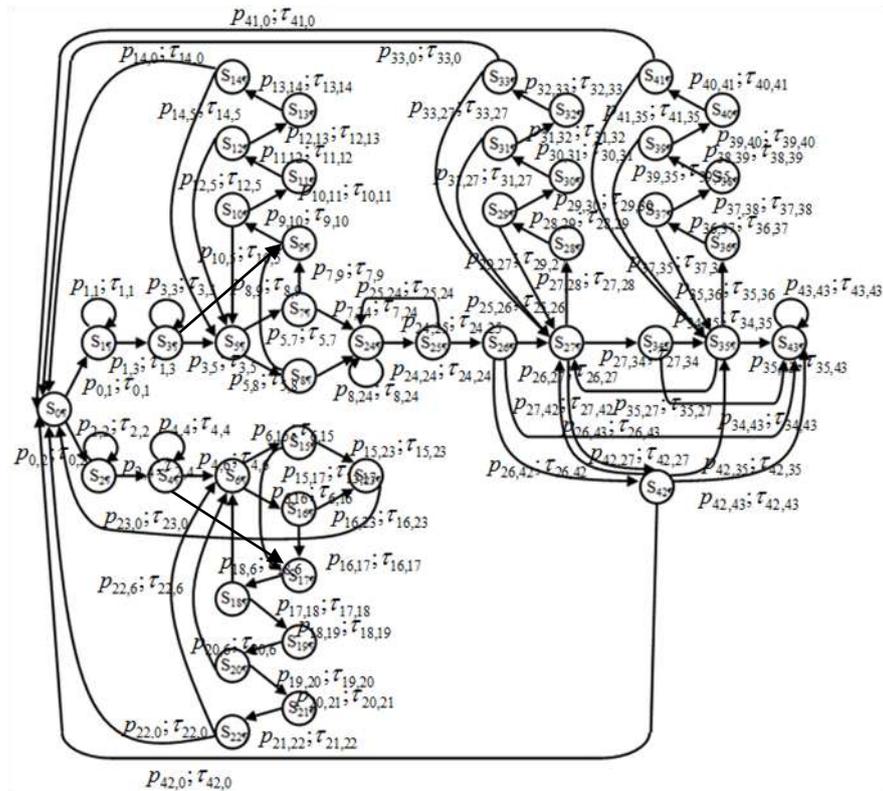


Рисунок 2.2 - ГСП полумарковской цепи, описывающей процесс работы оператора системы-112

На рисунке приняты следующие обозначения ПВ и ШП, соответствующие вероятностям и временам процесса.

Физический смысл ПВ и ШП следующий [37,43,57,59]:

$p_{0,1}; \tau_{0,1}$  – установление соединения истинного вызова от абонента, обращающегося по номеру «112»;

$p_{0,2}; \tau_{0,2}$  – установление соединения ложного вызова от абонента, обращающегося по номеру «112»;

$p_{1,3}; \tau_{1,3}$  – ответ оператора системы-112 (оператора) на истинный вызов абонента;

$p_{1,1}; \tau_{1,1}$  – не ответ оператора на истинный вызов абонента;

- $p_{2,4}; \tau_{2,4}$  – ответ оператора на ложный вызов абонента;
- $p_{2,2}; \tau_{2,2}$  – не ответ оператора на ложный вызов абонента;
- $p_{3,5}; \tau_{3,5}$  – начало опроса оператором абонента, осуществившего истинный вызов, установление им факта необходимости использования переводчика;
- $p_{3,3}; \tau_{3,3}$  – не начало опроса оператором абонента, осуществившего истинный вызов;
- $p_{3,9}; \tau_{3,9}$  – прерывание ожидания абонента (осуществившего истинный вызов);
- $p_{4,6}; \tau_{4,6}$  – начало опроса оператором абонента, осуществившего ложный вызов, установление им факта необходимости использования переводчика;
- $p_{4,4}; \tau_{4,4}$  – не начало опроса оператором абонента, осуществившего ложный вызов;
- $p_{4,17}; \tau_{4,17}$  – прерывание ожидания абонента (осуществившего ложный вызов);
- $p_{5,7}; \tau_{5,7}$  – опрос абонента, осуществившего истинный вызов, оператором с переводчиком;
- $p_{5,8}; \tau_{5,8}$  – опрос абонента, осуществившего истинный вызов, оператором системы-112 без переводчика;
- $p_{6,15}; \tau_{6,15}$  – опрос абонента, осуществившего ложный вызов, оператором с переводчиком;
- $p_{6,16}; \tau_{6,16}$  – опрос абонента, осуществившего ложный вызов, оператором без переводчика;
- $p_{7,9}; \tau_{7,9}$  – прерывание опроса абонента (осуществившего истинный вызов) с переводчиком;
- $p_{8,9}; \tau_{8,9}$  – прерывание опроса абонента (осуществившего истинный вызов) без переводчика;

$p_{9,10}; \tau_{9,10}$  – инициирование первого обратного дозвона оператором при прерывании опроса абонента, осуществившего истинный вызов;

$p_{10,5}; \tau_{10,5}$  – обратный дозвон до абонента, осуществившего истинный вызов, с первого раза;

$p_{10,11}; \tau_{10,11}$  – не дозвон до абонента, осуществившего истинный вызов, с первого раза;

$p_{11,12}; \tau_{11,12}$  – инициированию второго обратного дозвона оператором при прерывании опроса абонента, осуществившего истинный вызов;

$p_{12,5}; \tau_{12,5}$  – обратный дозвон до абонента, осуществившего истинный вызов, со второго раза;

$p_{12,13}; \tau_{12,13}$  – не дозвон до абонента, осуществившего истинный вызов, со второго раза;

$p_{13,14}; \tau_{13,14}$  – инициирование третьего обратного дозвона оператором при прерывании опроса абонента, осуществившего истинный вызов;

$p_{14,5}; \tau_{14,5}$  – обратный дозвон до абонента, осуществившего истинный вызов, с третьего раза;

$p_{14,0}; \tau_{14,0}$  – не дозвон до абонента, осуществившего истинный вызов, с третьего раза, ожидание очередного вызова абонента;

$p_{7,24}; \tau_{7,24}$  – окончание опроса абонента с переводчиком, осуществившего истинный вызов, оператором, установление им факта истинного оповещения, решение о привлечении для реагирования ДДС и передача УКИО соответствующей ДДС;

$p_{8,24}; \tau_{8,24}$  – окончание опроса абонента без переводчиком, осуществившего истинный вызов, оператором, установление им факта истинного оповещения, решение о привлечении для реагирования ДДС и передача УКИО соответствующей ДДС;

$p_{15,17}; \tau_{15,17}$  – прерывание опроса абонента (осуществившего ложный вызов) с переводчиком;

$p_{16,17}; \tau_{16,17}$  – прерывание опроса абонента (осуществившего ложный вызов) без переводчика;

$p_{17,18}; \tau_{17,18}$  – инициирование первого обратного дозвона оператором при прерывании опроса абонента, осуществившего ложный вызов;

$p_{18,6}; \tau_{18,6}$  – обратный дозвон до абонента, осуществившего ложный вызов, с первого раза;

$p_{18,19}; \tau_{18,19}$  – не дозвон до абонента, осуществившего ложный вызов, с первого раза;

$p_{19,20}; \tau_{19,20}$  – инициирование второго обратного дозвона оператором при прерывании опроса абонента, осуществившего ложный вызов;

$p_{20,6}; \tau_{20,6}$  – обратный дозвон до абонента, осуществившего ложный вызов, со второго раза;

$p_{20,21}; \tau_{20,21}$  – не дозвон до абонента, осуществившего ложный вызов, со второго раза;

$p_{21,22}; \tau_{21,22}$  – инициирование третьего обратного дозвона оператором при прерывании опроса абонента, осуществившего ложный вызов;

$p_{22,6}; \tau_{22,6}$  – обратный дозвон до абонента, осуществившего ложный вызов, с третьего раза;

$p_{22,0}; \tau_{22,0}$  – не дозвон до абонента, осуществившего истинный вызов, с третьего раза, ожидание очередного вызова абонента;

$p_{15,23}; \tau_{15,23}$  – окончание опроса абонента с переводчиком, осуществившего ложный вызов, оператором, установление им факта ложного оповещения, решение о привлечении для реагирования ДДС и передача УКИО, не принимается;

$p_{16,23}; \tau_{16,23}$  – окончание опроса абонента без переводчиком, осуществившего ложный вызов, оператором, установление им факта ложного оповещения, регистрация вызова как ложный, решение о привлечении для реагирования ДДС и передача УКИО, не принимается;

- $p_{23,0}; \tau_{23,0}$  – возврат к фазе ожидания очередного вызова абонента;
- $p_{24,25}; \tau_{24,25}$  – передача ДДС УКИО, заполненной оператором в ходе первичного опроса в электронном виде и ожидание подтверждения диспетчера ДДС о получении УКИО и соответствии поступившего вызова зоне ответственности данной ДДС;
- $p_{24,24}; \tau_{24,24}$  – не передача ДДС УКИО;
- $p_{25,26}; \tau_{25,26}$  – доведение подтверждения от ДДС оператору;
- $p_{25,24}; \tau_{25,24}$  – не доведение подтверждения от ДДС оператору;
- $p_{26,43}; \tau_{26,43}$  – отсутствие необходимости консультации абонента оператором-консультантом, оператором-психологом, IVR - завершение обслуживания абонента;
- $p_{26,42}; \tau_{26,42}$  – необходимость предоставления абоненту информации по стандартным вопросам или доступа к базе знаний подсистемы консультативного обслуживания населения IVR;
- $p_{42,27}; \tau_{42,27}$  – завершение предоставления абоненту информации по стандартным вопросам или доступа к базе знаний подсистемы консультативного обслуживания населения IVR и возвращение к консультации абонента оператором-консультантом;
- $p_{27,42}; \tau_{27,42}$  – потребность абонента в доступе к базе знаний подсистемы консультативного обслуживания населения IVR во время его консультации оператором-консультантом;
- $p_{42,35}; \tau_{42,35}$  – завершение предоставления абоненту информации по стандартным вопросам или доступа к базе знаний подсистемы консультативного обслуживания населения IVR и предоставление ему консультации оператором-психологом;
- $p_{42,0}; \tau_{42,0}$  – срыв предоставления абоненту информации IVR;
- $p_{42,43}; \tau_{42,43}$  – завершение предоставления абоненту информации по стандартным вопросам или доступа к базе знаний подсистемы консультативного

обслуживания населения IVR и отсутствие необходимости в дальнейшей консультации абонента - завершение обслуживания абонента;

$p_{26,27}; \tau_{26,27}$  – начало консультации абонента оператором-консультантом;

$p_{27,34}; \tau_{27,34}$  – завершение консультации абонента оператором-консультантом;

$p_{34,43}; \tau_{34,43}$  – отсутствие необходимости, после консультации абонента оператором-консультантом, в дальнейшей консультации абонента - завершение обслуживания абонента;

$p_{34,35}; \tau_{34,35}$  – начало консультации абонента оператором-психологом (оказание психологической поддержки);

$p_{35,27}; \tau_{35,27}$  – завершение консультации абонента оператором-психологом (психологической поддержки) и возвращение к консультации абонента оператором-консультантом;

$p_{35,43}; \tau_{35,43}$  – отсутствие необходимости, после завершения консультации абонента оператором-психологом (психологической поддержки), абонента в дальнейшей консультации - завершение обслуживания абонента;

$p_{27,28}; \tau_{27,28}$  – прерывание консультации абонента оператором-консультантом;

$p_{28,29}; \tau_{28,29}$  – инициирование первого обратного дозвона оператором-консультантом при прерывании консультации абонента;

$p_{29,27}; \tau_{29,27}$  – обратный дозвон до абонента оператором-консультантом с первого раза;

$p_{29,30}; \tau_{29,30}$  – не дозвон до абонента оператором-консультантом, с первого раза;

$p_{30,31}; \tau_{30,31}$  – инициирование второго обратного дозвона оператором-консультантом абоненту;

$p_{31,27}; \tau_{31,27}$  – дозвон до абонента оператором-консультантом, со второго раза;

$P_{31,32}; \tau_{31,32}$  – не дозвон до абонента, оператором-консультантом, со второго раза;

$P_{32,33}; \tau_{32,33}$  – инициирование третьего обратного дозвона оператором-консультантом абоненту;

$P_{33,27}; \tau_{33,27}$  – дозвон до абонента, оператором-консультантом, с третьего раза;

$P_{33,0}; \tau_{33,0}$  – не дозвон до абонента, оператором-консультантом, с третьего раза, ожидание очередного вызова абонента;

$P_{35,36}; \tau_{35,36}$  – прерывание психологической поддержки (консультации абонента оператором-психологом);

$P_{36,37}; \tau_{36,37}$  – инициирование первого обратного дозвона оператором-психологом при прерывании консультации абонента;

$P_{37,35}; \tau_{37,35}$  – обратный дозвон до абонента оператором-психологом с первого раза;

$P_{37,38}; \tau_{37,38}$  – не дозвон до абонента, оператором-психологом, с первого раза;

$P_{38,39}; \tau_{38,39}$  – инициирование второго обратного дозвона оператором-консультантом абоненту;

$P_{39,35}; \tau_{39,35}$  – дозвон до абонента, оператором-психологом, со второго раза;

$P_{39,40}; \tau_{39,40}$  – не дозвон до абонента, оператором-психологом, со второго раза;

$P_{40,41}; \tau_{40,41}$  – инициирование третьего обратного дозвона оператором-психологом абоненту;

$P_{41,35}; \tau_{41,35}$  – дозвон до абонента, оператором-психологом, с третьего раза;

$P_{41,0}; \tau_{41,0}$  – не дозвон до абонента, оператором-психологом, с третьего раза, ожидание очередного вызова абонента;

$p_{43,43}; \tau_{43,43}$  – переход поглощающего состояния.

Таким образом, приведен физический смысл всех переходных вероятностей и шагов переходов (временные интервалы) представленной цепи, необходимый для их определения.

Определим переходные вероятности и шаги перехода цепи.

ПВ и ШП цепи определяются согласно установленным в [100] срокам совершения процедур по обеспечению вызова экстренных оперативных служб, частных методик, эксплуатационно-технической документации (ЭТД), статистической информации на систему.

Для определения ПВ и ШП необходимо ввести следующие основные определения, допущения и ограничения.

**Определение 9.** Регулируемые параметры модели (РПМ) – регуляторы в виде переходных вероятностей и шагов переходов цепи, по средствам которых осуществляется настройка вероятностно-временного уклона 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 чрезвычайной ситуации, 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.

Для продолжения моделирования процесса по средствам численного анализа приведенной цепи необходимо, на качественном уровне, согласно представленного графа состояний и переходов, определить переходные вероятности и шаги перехода, они таковы [39,43,53]:

**- ДЛЯ ИСТИННОГО ВЫЗОВА:**

$p_{0,1}$  - РПМ;  $\tau_{0,1} = \tau_{\min}$ , где  $\tau_{\min} = 0,001$ , [с.] – минимальное время цепи.

$p_{1,3} = 0,745$ ;  $\tau_{1,3} = 7$ , [с];

$p_{1,1} = 1 - p_{1,3}$ ;  $\tau_{1,1} \in (7; t_1]$ , [с], где  $t_1$  - максимальное время ожидания обратившимся абонентом ответа оператора системы-112 – РПМ (исходя из ЭТД на систему и т.п.);

$p_{3,5} = 0,939$ ;  $\tau_{3,5} = 1$ , [с];

$p_{3,3}$  - РПМ;  $\tau_{3,3} \in (1; t_2]$ , [с], где  $t_2$  - максимальное время ожидания обратившимся абонентом начала опроса оператором системы-112 – РПМ (исходя из загруженности оператора и т.п.);

$p_{3,9}$  - РПМ;  $\tau_{3,9} \in (0; t_2]$ , [с];

причем:  $p_{3,5} + p_{3,3} + p_{3,9} = 1$ ;

$p_{5,7}$  - РПМ;  $\tau_{5,7} \in (0; 20]$ , [с];

$p_{5,8} = 1 - p_{5,7}$ ;  $\tau_{5,8} = \tau_{\min}$ ;

$p_{7,9}$  - РПМ;  $\tau_{7,9} \in (0; 75]$ , [с];

$p_{7,24} = 1 - p_{7,9}$ ;  $\tau_{7,24} = 75$ , [с];

$p_{8,9} = p_{7,9}$ ;  $\tau_{8,9} = \tau_{7,9}$ , [с];

$p_{8,24} = 1 - p_{8,9}$ ;  $\tau_{8,24} = \tau_{7,24}$ , [с];

$p_{9,10} = 1$ ;  $\tau_{9,10} = 10$ , [с];

$$p_{10,5} - \text{РПМ}; \tau_{10,5} \in (0; 60];$$

$$p_{10,11} = 1 - p_{10,5}; \tau_{10,11} = 60, [\text{с}];$$

$$p_{11,12} = 1; \tau_{11,12} = \tau_{9,10};$$

$$p_{12,5} - \text{РПМ}; \tau_{12,5} \in (0; 60];$$

$$p_{12,13} = 1 - p_{12,5}; \tau_{12,13} = 60, [\text{с}];$$

$$p_{13,14} = 1; \tau_{13,14} = \tau_{9,10};$$

$$p_{14,5} - \text{РПМ}; \tau_{14,5} \in (0; 60];$$

$$p_{14,0} = 1 - p_{14,5}; \tau_{14,0} = 60, [\text{с}];$$

**- ДЛЯ ЛОЖНОГО ВЫЗОВА:**

$$p_{0,2} = 1 - p_{0,1}; \tau_{0,2} = \tau_{\min};$$

$$p_{2,4} = p_{1,3}; \tau_{2,4} = \tau_{1,3}, [\text{с}];$$

$$p_{2,2} = 1 - p_{2,4}; \tau_{2,2} = \tau_{1,1}, [\text{с}];$$

$$p_{4,6} = p_{3,5}; \tau_{4,6} = \tau_{3,5}, [\text{с}];$$

$$p_{4,4} = p_{3,3}; \tau_{4,4} = \tau_{3,3}, [\text{с}];$$

$$p_{4,17} - \text{РПМ}; \tau_{4,17} = t_3 \leq t_2, [\text{с}], \text{ где } t_3 - \text{ время умышленного прерывания}$$

ожидания обратившимся абонентом – РПМ;

$$\text{причем: } p_{4,6} + p_{4,7} + p_{4,17} = 1;$$

$$p_{6,15} - \text{РПМ}; \tau_{6,15} \in (0; 20], [\text{с}];$$

$$p_{6,16} = 1 - p_{6,15}; \tau_{6,16} = \tau_{\min};$$

$$p_{15,17} - \text{РПМ}; \tau_{15,17} \in (0, 75], [\text{с}];$$

$$p_{15,23} = 1 - p_{15,17}; \tau_{15,23} = 75, [\text{с}];$$

$$p_{16,17} = p_{15,17}; \tau_{16,17} = \tau_{15,17}, [\text{с}];$$

$$p_{16,23} = 1 - p_{16,17}; \tau_{16,23} = \tau_{15,23}, [\text{с}];$$

$$p_{17,18} = 1; \tau_{17,18} = 10, [\text{с}];$$

$$p_{18,6} - \text{РПМ}; \tau_{18,6} \in (0; 60];$$

$$p_{18,19} = 1 - p_{18,6}; \tau_{18,19} = 60, [\text{с}];$$

$$p_{19,20} = 1; \tau_{19,20} = \tau_{17,18};$$

$$p_{20,6} - \text{РПМ}; \tau_{20,6} \in (0; 60];$$

$$p_{20,21} = 1 - p_{20,6}; \tau_{20,21} = 60, [\text{с}];$$

$$p_{21,22} = 1; \tau_{21,22} = \tau_{17,18};$$

$$p_{22,6} - \text{РПМ}; \tau_{22,6} \in (0; 60];$$

$$p_{22,0} = 1 - p_{22,6}; \tau_{22,0} = 60, [\text{с}];$$

$$p_{23,0} = 1; \tau_{23,0} = \tau_{\min};$$

**- для оператора системы-112, оператора-консультанта,  
оператора-психолога, системы IVR:**

$$p_{24,25} - \text{РПМ}; \tau_{24,25} = \tau_{\min};$$

$$p_{24,24} = 1 - p_{24,25}; \tau_{24,24} = \tau_{\min};$$

$$p_{25,26} - \text{РПМ}; \tau_{25,26} \in (0; 60]$$

$$p_{25,24} = 1 - p_{25,26}; \tau_{25,24} = 30, [\text{с}];$$

$$p_{26,42} - \text{РПМ}; \tau_{26,42} = \tau_{\min};$$

$$p_{26,27} - \text{РПМ}; \tau_{26,27} = \tau_{\min};$$

$$p_{26,43} = 1 - p_{26,42} - p_{26,27}; \tau_{26,43} = \tau_{\min};$$

$$\text{причем: } p_{26,42} + p_{26,27} + p_{26,43} = 1;$$

$$p_{42,27} - \text{РПМ}; \tau_{42,27} = \tau_{42,43};$$

$$p_{42,35} - \text{РПМ}; \tau_{42,35} \in (\tau_{42,43}; \tau_{42,43} + 20], [\text{с}];$$

$$p_{42,0} - \text{РПМ}; \tau_{42,0} \in (0; \tau_{42,43}];$$

$$p_{42,43} = 1 - p_{42,27} - p_{42,35} - p_{42,0}; \tau_{42,43} \in (0; t_4], [\text{с}];$$

$t_4$  - максимальное время предоставления абоненту информации по стандартным вопросам или доступа к базе знаний подсистемы консультативного обслуживания населения IVR - РПМ, [с];

$$p_{27,28} - \text{РПМ}; \tau_{27,28} \in (0; 120], [\text{с}];$$

$$p_{27,42} - \text{РПМ}; \tau_{27,42} \in (0; 120], [\text{с}];$$

$$p_{27,34} = 1 - p_{27,28} - p_{27,42}; \quad \tau_{27,34} = 120, \text{ [с.]};$$

$$\text{причем: } p_{27,28} + p_{27,42} + p_{27,34} = 1;$$

$$p_{28,29} = 1; \tau_{28,29} = 10, \text{ [с.]};$$

$$p_{29,27} - \text{РПМ}; \quad \tau_{29,27} \in (0; 60];$$

$$p_{29,30} = 1 - p_{29,27}; \tau_{29,30} = 60, \text{ [с.]};$$

$$p_{30,31} = 1; \tau_{30,31} = \tau_{28,29};$$

$$p_{31,27} - \text{РПМ}; \quad \tau_{31,27} \in (0; 60];$$

$$p_{31,32} = 1 - p_{31,27}; \tau_{31,32} = 60, \text{ [с.]};$$

$$p_{32,33} = 1; \tau_{32,33} = \tau_{28,29};$$

$$p_{33,27} - \text{РПМ}; \quad \tau_{33,27} \in (0; 60];$$

$$p_{33,0} = 1 - p_{33,27}; \tau_{33,0} = 60, \text{ [с.]};$$

$$p_{34,35} - \text{РПМ}; \quad \tau_{34,35} \in (0; 20];$$

$$p_{34,43} = 1 - p_{34,35}; \quad \tau_{34,43} = \tau_{\min};$$

$$p_{35,27} - \text{РПМ}; \quad \tau_{35,27} \in (0; \tau_{35,43}];$$

$$p_{35,36} - \text{РПМ}; \quad \tau_{35,36} \in (0; \tau_{35,43}];$$

$$p_{35,43} = 1 - p_{35,27} - p_{35,36}; \quad \tau_{35,43} \in (0; 1800], \text{ [с.]};$$

$$\text{причем: } p_{35,27} + p_{35,36} + p_{35,43} = 1;$$

$$p_{36,37} = 1; \tau_{36,37} = 10, \text{ [с.]};$$

$$p_{37,35} - \text{РПМ}; \quad \tau_{37,35} \in (0; 60];$$

$$p_{37,38} = 1 - p_{37,35}; \tau_{37,38} = 60, \text{ [с.]};$$

$$p_{38,39} = 1; \tau_{38,39} = \tau_{36,37};$$

$$p_{39,35} - \text{РПМ}; \quad \tau_{39,35} \in (0; 60], \text{ [с.]};$$

$$p_{39,40} = 1 - p_{39,35}; \tau_{39,40} = 60, \text{ [с.]};$$

$$p_{40,41} = 1; \tau_{40,41} = \tau_{36,37};$$

$$p_{41,35} - \text{РПМ}; \quad \tau_{41,35} \in (0; 60];$$

$$p_{41,0} = 1 - p_{41,35}; \tau_{41,0} = 60, [\text{с}];$$

$$p_{43,43} = 1; \tau_{43,43} = \tau_{\min}.$$

Следовательно, определены все переходные вероятности и шаги перехода цепи, что позволяет синтезировать МПВ [39]:

$$P_{[44,44]} = \begin{pmatrix} 0 & p_{0,1} & p_{0,2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & p_{1,1} & 0 & p_{1,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{2,2} & 0 & p_{2,4} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{3,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{4,4} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots \\ p_{42,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{42,43} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{43,43} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

и МШП [39]:

$$T_{[44,44]} = \begin{pmatrix} 0 & \tau_{0,1} & \tau_{0,2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \tau_{1,1} & 0 & \tau_{1,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \tau_{2,2} & 0 & \tau_{2,4} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \tau_{3,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \tau_{4,4} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots \\ \tau_{42,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \tau_{42,43} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \tau_{43,43} \end{pmatrix}. \quad (2.2)$$

Таким образом, из множества переходных вероятностей и шагов перехода определены МПВ и МШП, теперь вся информация о процессе заложена в них.

Далее, с использованием аппарата численного анализа [3,4,12,27,34,38,45,46,55,64,66,68,89-91,101,104,110,117,119,120,124-127] приведенной цепи, возможно, определить ВВХ процесса обслуживания абонента.

Из приведенных переходных вероятностей и шагов перехода выделены регулируемые параметры модели (характеризующие качество связи, абонента, злоумышленника, степень квалификации оператора системы-112, степень квалификации оператора-консультанта, степень квалификации оператора-психолога, степень совершенства IVR), необходимые в дальнейшем для фор-

мирования, интересующего исследователя вероятностно-временного уклона (ВВУ) поведения рассматриваемого процесса.

## 2.2 Описание регулируемых параметров модели

С целью формирования ВВУ поведения процесса, необходимого для нахождения его ВВХ, требуется выделить регулируемые параметры модели, содержащие вариативные показатели исследуемого физического процесса. Для этого представим систему-112 в терминах абонентов и обслуживающих систем (рисунок 2.3).

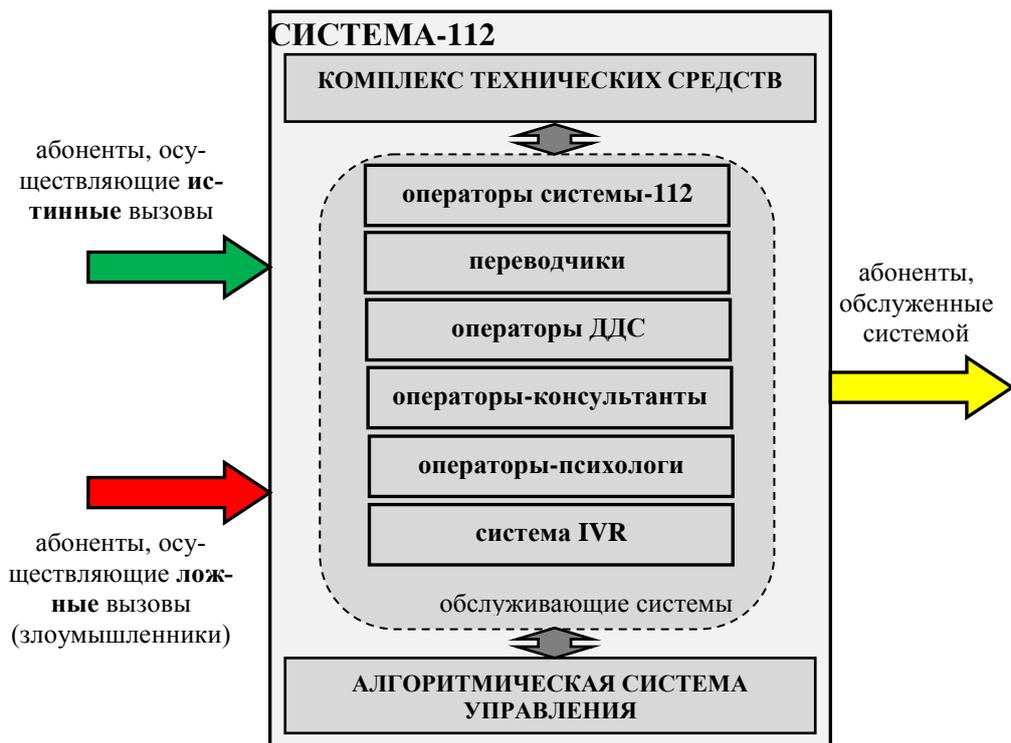


Рисунок 2.3 – Общий вид системы-112 в терминах абонентов и обслуживающих систем

Модель системы-112 в терминах РПМ и физических характеристик системы можно представить в виде, изображенном на рисунке 2.4.

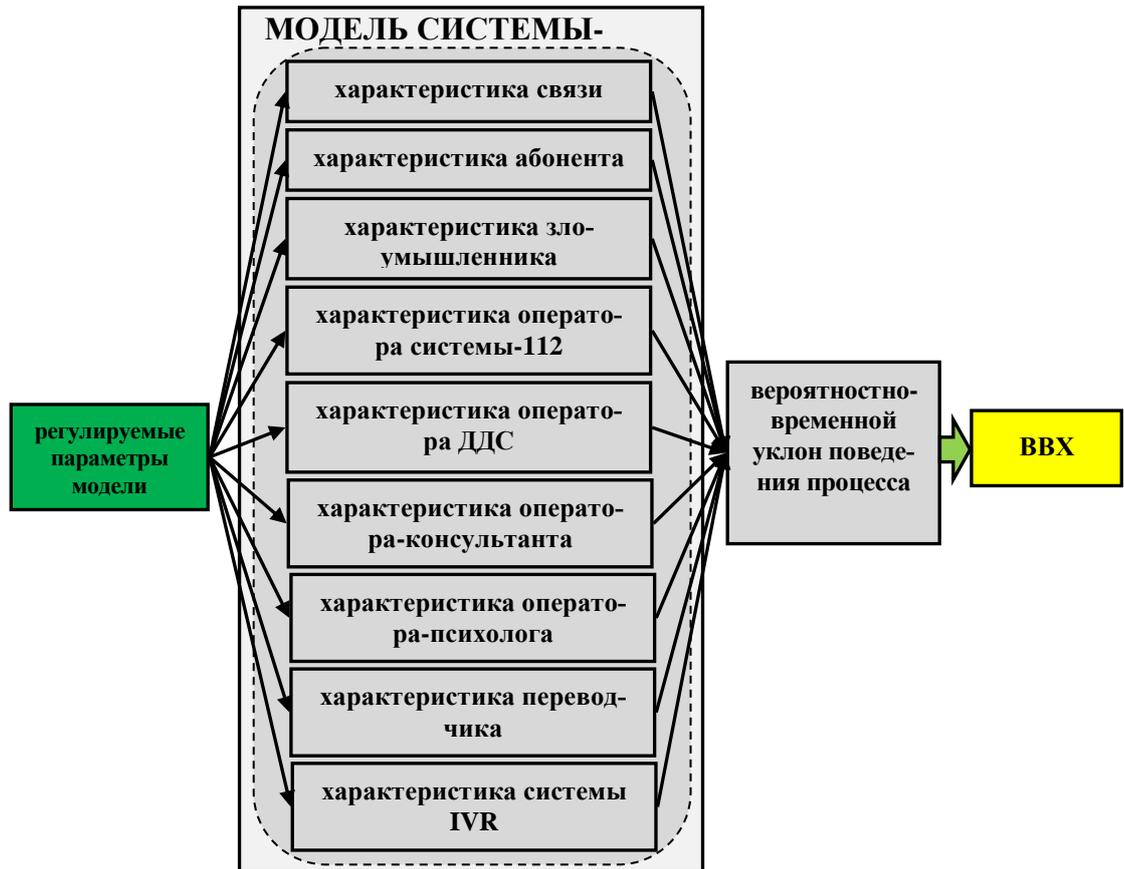


Рисунок 2.4 - Модель системы-112 в терминах РПМ

Тогда, с учетом приведенной  $G(S)$  ГСП, регулируемые параметры модели можно считать [31,37,60]:

$p_{0,1}$  - вероятность наличия соединения истинного вызова от абонента (характеристика абонента);

$\tau_{1,1}(t_1)$  - оперативность ответа оператора системы-112 на вызов абонента (характеристика связи, характеристика оператора системы-112);

$p_{3,3}; \tau_{3,3}(t_2)$  - оперативность начала опроса оператором системы-112 абонента (характеристика связи, характеристика оператора системы-112);

$p_{3,9}$  - вероятность неумышленного прерывания ожидания абонента (характеристика связи);

$p_{5,7}$  - вероятность необходимости переводчика для опроса абонента (характеристика абонента);

$p_{7,9}$  - вероятность неумышленного прерывания опроса абонента (характеристика связи);

$p_{10,5}$ ;  $p_{12,5}$ ;  $p_{14,5}$  - вероятности восстановления опроса абонента, осуществляющего истинный вызов оператором системы-112 в случае прерывания (характеристика связи, характеристика оператора системы-112);

$p_{4,17}$ ;  $\tau_{4,17}(t_3)$  - оперативность умышленного, так и неумышленного прерывания ожидания абонента (характеристика связи, характеристика злоумышленника);

$p_{6,15}$  - вероятность необходимости переводчика для опроса абонента, осуществившего ложный вызов (характеристика злоумышленника);

$p_{15,17}$  - вероятность умышленного, так и неумышленного прерывания опроса с переводчиком абонента, осуществившего ложный вызов (характеристика связи, характеристика злоумышленника);

$p_{16,17}$  - вероятность умышленного, так и неумышленного прерывания опроса, без переводчика абонента, осуществившего ложный вызов (характеристика связи, характеристика злоумышленника);

$p_{18,6}$ ;  $p_{20,6}$ ;  $p_{22,6}$  - вероятности восстановления опроса абонента, осуществляющего ложный вызов оператором системы-112 в случае прерывания (характеристика связи, характеристика злоумышленника, характеристика оператора системы-112);

$p_{7,24}$ ;  $\tau_{7,24}$  - окончание опроса абонента с переводчиком, осуществившего истинный вызов, оператором, установление им факта истинного оповещения, передача УКИО дежурно-диспетчерской службе (характеристика абонента, характеристика оператора системы-112, характеристика переводчика, характеристика связи);

$p_{15,23}$ ;  $\tau_{15,23}$  - окончание опроса абонента с переводчиком, осуществившего ложный вызов, оператором, установление им факта ложного оповещения (характеристика злоумышленника, характеристика переводчика, характеристика оператора системы-112);

$p_{24,25}$  - вероятность передачи ДДС УКИО (характеристика связи, характеристика оператора системы 112);

$p_{25,26}$  - вероятность доведения подтверждения от оператора ДДС оператору системы-112 (характеристика связи, характеристика оператора ДДС);

$p_{26,42}$  - вероятность необходимости предоставления абоненту консультативного обслуживания голосовым интерактивным автоответчиком (IVR) (характеристика абонента);

$p_{26,27}$  - вероятность необходимости предоставления абоненту консультативного обслуживания оператором-консультантом (характеристика абонента);

$p_{42,27}$  - вероятность завершения предоставления интересующей информации абоненту системой IVR и необходимость возвращения к консультации абонента оператором-консультантом (характеристика абонента, характеристика системы IVR);

$p_{42,35}$  - вероятность завершения предоставления интересующей информации абоненту системой IVR и необходимость возвращения к консультации абонента оператором-психологом (характеристика абонента, характеристика IVR);

$p_{42,0}$  - вероятность срыва предоставления абоненту информации системой IVR (характеристика связи);

$\tau_{42,43}(t_4)$  - оперативность предоставления абоненту всей необходимой информации системой IVR (характеристика абонента, характеристика IVR);

$p_{27,28}$  - вероятность неумышленного прерывания консультации абонента оператором-консультантом (характеристика связи);

$p_{27,42}$  - вероятность потребности абонента в обслуживании IVR во время его консультации оператором-консультантом (характеристика абонента, характеристика оператора-консультанта);

$p_{29,27}$ ;  $p_{31,27}$ ;  $p_{33,27}$  - вероятности восстановления консультации абонента оператором-консультантом в случае прерывания (характеристика связи, характеристика оператора-консультанта);

$P_{34,35}$  - вероятность необходимости предоставления абоненту психологической поддержки оператором-психологом (характеристика абонента);

$P_{35,27}$  - вероятность завершения психологической поддержки абонента оператором-психологом и потребность в консультации оператора-консультанта (характеристика абонента, характеристика оператора-психолога);

$P_{35,36}$  - вероятность неумышленного прерывания психологической поддержки абонента оператором-психологом (характеристика связи);

$P_{37,35}$ ;  $P_{39,35}$ ;  $P_{41,35}$  – вероятности восстановления консультации абонента оператором-психологом в случае прерывания (характеристика связи, характеристика оператора-психолога).

Взаимосвязь регулируемых параметров модели и характеристик системы-112 в обобщенном виде представлена в таблице 2.1 и на рисунке 2.5.

Таблица 2.1. Взаимосвязь РПМ и характеристик системы-112

Регулируемые параметры модели		Характеристика системы
Переходная вероятность	Шаг перехода	
$P_{0,1}, P_{5,7}, P_{26,42}, P_{26,27}, P_{34,35}$		абонента
$P_{42,27}, P_{42,35}$	$\tau_{42,43}(t_4)$	абонента, системы IVR
$P_{27,42}$		абонента, оператора-консультанта
$P_{35,27}$		абонента, оператора-психолога
$P_{7,24}$	$\tau_{7,24}$	абонента, связи, оператора системы-112, переводчика
$P_{6,15}$		злоумышленника
$P_{4,17}, P_{15,17}, P_{16,17}$	$\tau_{4,17}(t_3)$	злоумышленника, связи
$P_{15,23}$	$\tau_{15,23}$	злоумышленника, переводчика, оператора системы-112
$P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6}$		злоумышленника, связи, оператора системы-112
$P_{3,9}, P_{7,9}, P_{35,36}, P_{27,28}, P_{42,0}$		связи
$P_{3,3}, P_{10,5}; P_{12,5}; P_{14,5}, P_{24,25}$	$\tau_{1,1}(t_1), \tau_{3,3}(t_2)$	связи, оператора системы-112
$P_{25,26}$		связи, оператора ДДС
$P_{29,27}; P_{31,27}; P_{33,27}$		связи, оператора-консультанта
$P_{37,35}; P_{39,35}; P_{41,35}$		связи, оператора-психолога

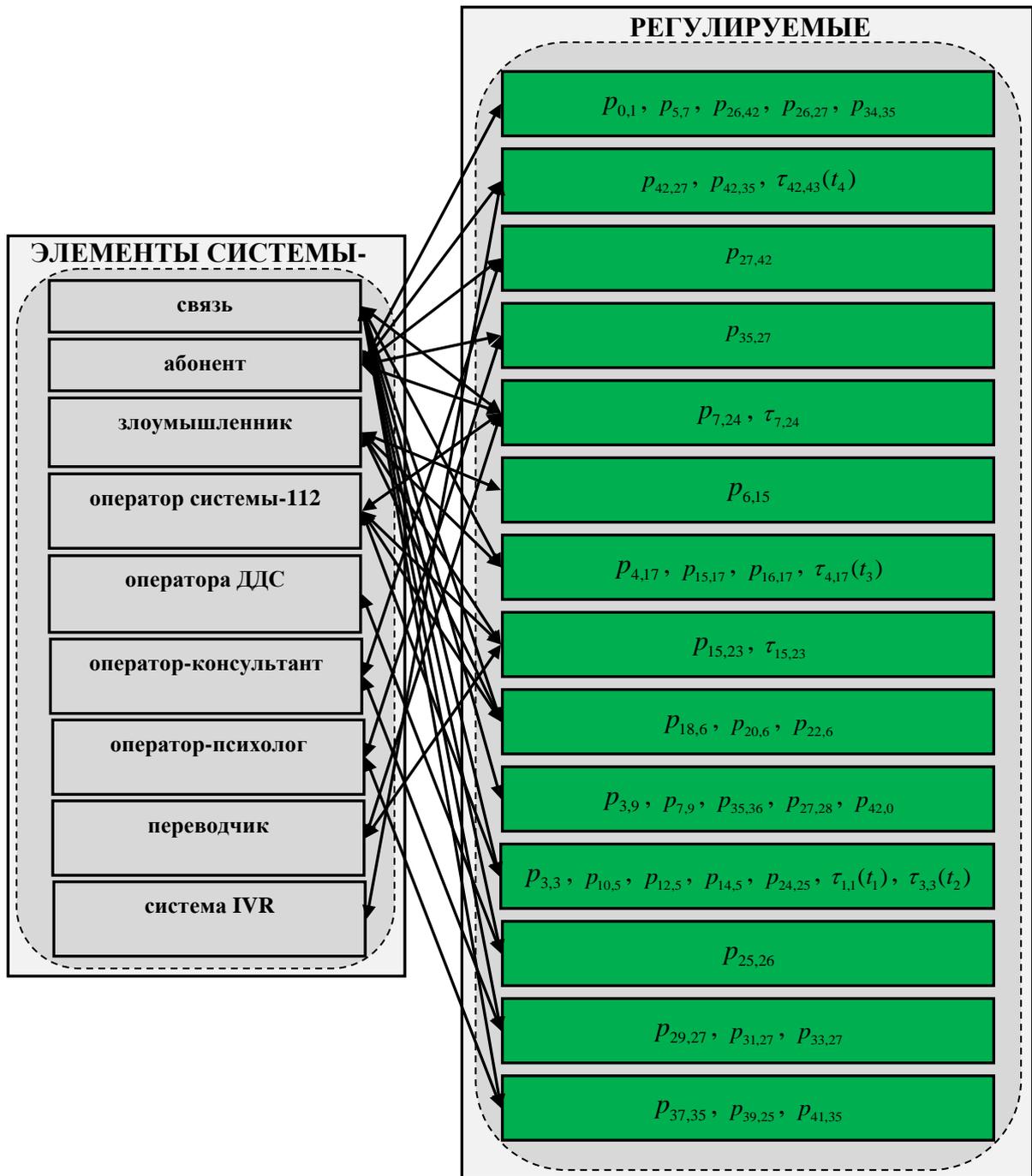


Рисунок 2.5 - Взаимосвязь элементов системы-112 и регулируемых параметров модели

На рисунке 2.6 представлена зависимость элементов системы от внешних условий.

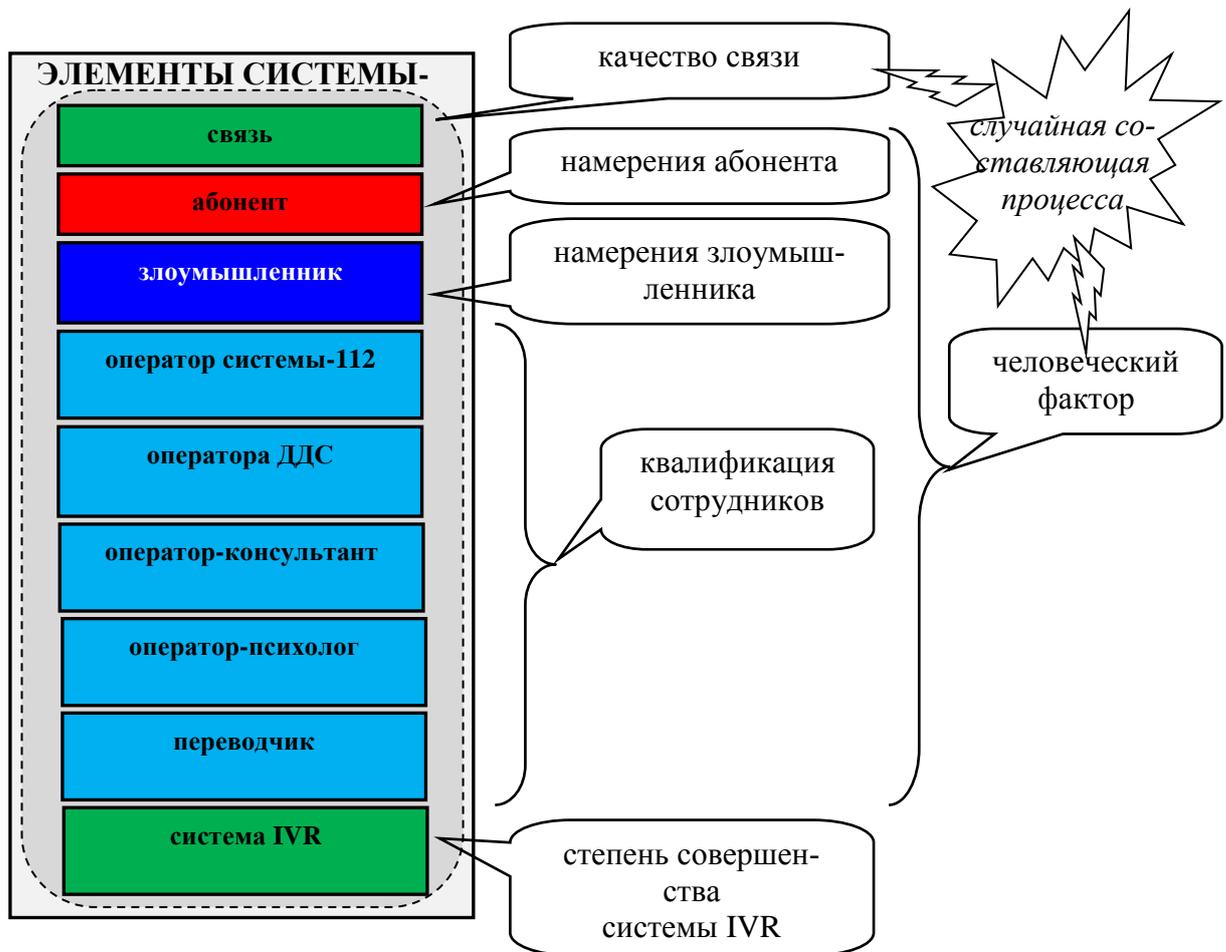


Рисунок 2.6 - Зависимость элементов системы-112 от внешних условий

Таким образом, выявлены РПМ, необходимые для формирования требуемого исследователю ВВУ поведения рассматриваемого процесса, показана их взаимосвязь с физическими характеристиками системы.

Следовательно, возможно представить модель системы-112 в общем виде. На рисунке 2.7 изображен общий вид модели системы-112.

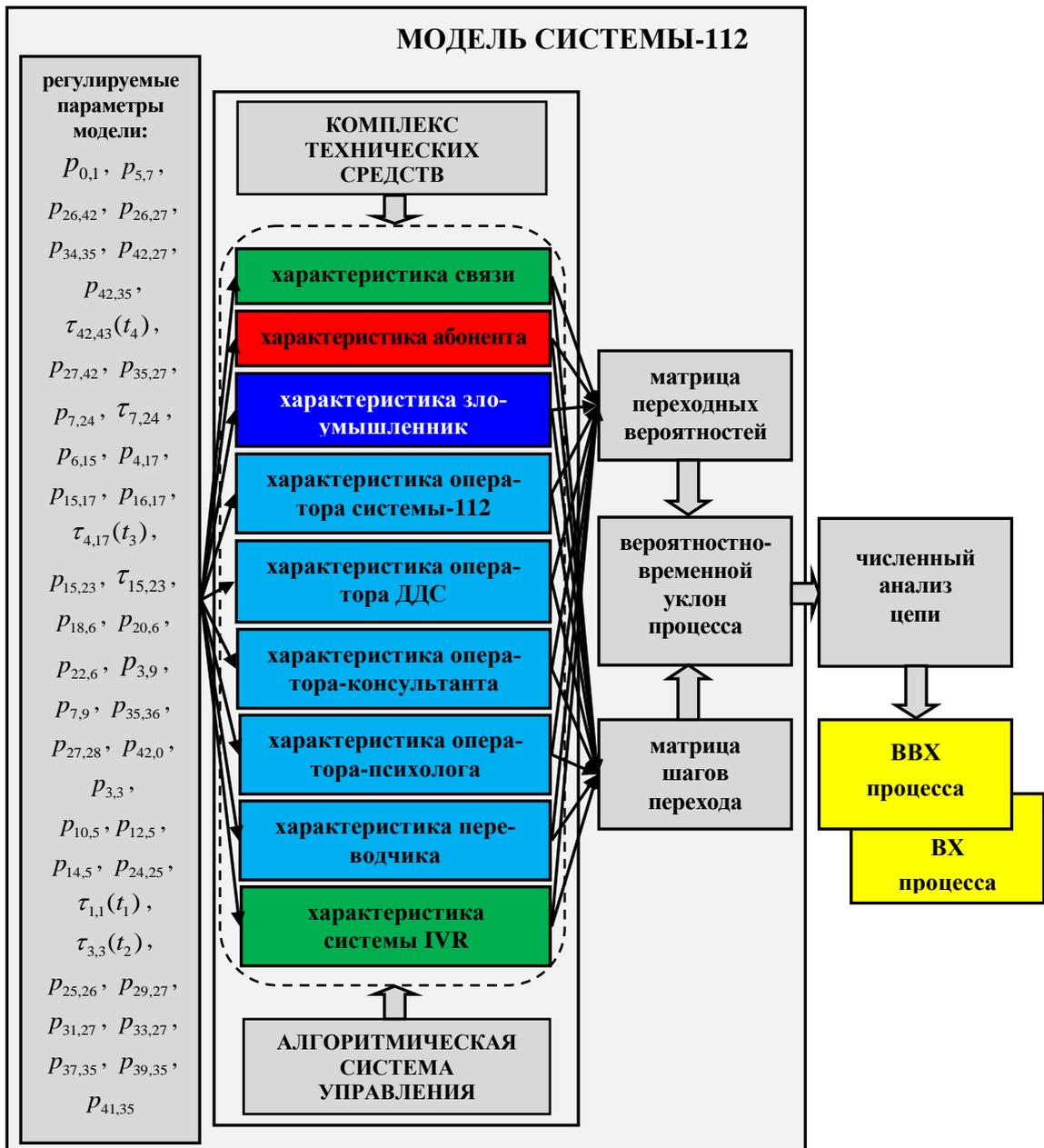


Рисунок 2.7 – Общий вид модели системы-112

### 2.3 Определение вероятностно-временных характеристик процесса

Далее, на базе численного анализа представленной цепи, определим в аналитическом виде ВВХ и ВХ процесса [34,38,41,45,89-91,119-120] обслуживания абонента, осуществляющего вызов ЭОС по единому номеру «112».

Итак, имеется поглощающая конечная поглощающая полумарковская цепь с 44 состояниями  $S_0, S_1, \dots, S_{43}$  с поглощающим состоянием  $S_{43}$ .

Определены МПВ  $P_{[44,44]} = \left\| \{p_{i,j}\} \right\|$  и МШП  $T_{[44,44]} = \left\| \{\tau_{i,j}\} \right\|$ .

Каждой ПВ ( $p_{i,j}$ ) соответствует свой ШП ( $\tau_{i,j}$ ), где  $i, j = \overline{0,43}$ .

Цепь рассматривается на  $i = [1, L]$  шагах процесса.

Для нахождения динамики вероятности поглощающего состояния  $S_{43}$  во времени (ВВХ) существует *метод среднего шага переходов*. Этапы метода таковы [38,119,120].

1. Перемножить элементы МПВ на соответствующие элементы МШП, в результате получить матрицу:

$$\left\| \begin{array}{cccccccc} 0 & p_{0,1} \cdot \tau_{0,1} & p_{0,2} \cdot \tau_{0,2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & p_{1,1} \cdot \tau_{1,1} & 0 & p_{1,3} \cdot \tau_{1,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{2,2} \cdot \tau_{2,2} & 0 & p_{2,4} \cdot \tau_{2,4} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{3,3} \cdot \tau_{3,3} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{4,4} \cdot \tau_{4,4} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots \\ p_{42,0} \cdot \tau_{42,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{42,43} \cdot \tau_{42,43} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & p_{43,43} \cdot \tau_{43,43} \end{array} \right\|. \quad (2.3)$$

2. Сложить построчно элементы полученной матрицы, в результате получить вектор-столбец  $t_{S_{(44)}}$ :

$$t_{S_{(n+1)}} = \left\| \begin{array}{c} t_{S_0} \\ t_{S_1} \\ t_{S_2} \\ t_{S_3} \\ t_{S_4} \\ \dots \\ t_{S_{42}} \\ t_{S_{43}} \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{c} p_{0,1} \cdot \tau_{0,1} + p_{0,2} \cdot \tau_{0,2} \\ p_{1,1} \cdot \tau_{1,1} + p_{1,3} \cdot \tau_{1,3} \\ p_{2,2} \cdot \tau_{2,2} + p_{2,4} \cdot \tau_{2,4} \\ p_{3,3} \cdot \tau_{3,3} + \dots \\ p_{4,4} \cdot \tau_{4,4} + \dots \\ \dots \\ p_{42,0} \cdot \tau_{42,0} + p_{42,43} \cdot \tau_{42,43} \\ p_{43,43} \cdot \tau_{43,43} \end{array} \right\|, \quad (2.4)$$

элементы которого являются частными средними шагами цепи.

3. Решить уравнение Колмогорова-Чепмена (УКЧ) [3,12,66,119,120] – определить вероятности состояний цепи в динамике шагов процесса:

$$P_{S_{(44)}}^{(i)} = P_{S_{(44)}}^{(i-1)} \cdot P_{[44,44]}, \quad (2.5)$$

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.

На шаге  $i=1$  вектор-строка  $P_{S_{(44)}}^{(1)}$  формируется на базе вектора начальных состояний  $P_{S_{(44)}}^{(0)}$  и он, согласно физической сущности процесса, равен  $(1,0,\dots,0,0)$ . Тогда динамику  $P_{S_{43}}^{(i)}$  от шагов процесса (ВВХ) возможно интерпретировать так:

$$P_{S_{43}}^{(i)} = \left( P_{[44,44]} \right)_{0,43}^i, \quad (2.6)$$

где  $i$  – шаги процесса  $[0, L]$ ;

$(\cdot)_{0,43}$  - процедура выбора последнего элемента первой строки матрицы.

4. Перемножить результат решения УКЧ ( $P_{S_{(44)}}^{(i)}$ ), получаемый на каждом шаге процесса, на  $t_{S_{(44)}}$ , в результате сформировать  $i$  средних шагов перехода  $\bar{\tau}_{u_i}$ :

$$\bar{\tau}_{u_i} = P_{S_{(44)}}^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}} = \left\| P_{S_0}^{(i-1)} \quad P_{S_1}^{(i-1)} \quad \dots \quad P_{S_{43}}^{(i-1)} \quad P_{S_{44}}^{(i-1)} \right\| \cdot \begin{pmatrix} t_{S_0} \\ t_{S_1} \\ \dots \\ t_{S_{43}} \\ t_{S_{44}} \end{pmatrix}, \quad (2.7)$$

где  $P_{S_{(44)}}^{(i-1)} = \left[ P_{[44,44]} \right]_0^{(i-1)}$  - вектор-строка вероятностей состояний цепи на  $i-1$  шаге;

$[\cdot]_0$  - процедура выделения первой строки из матрицы  $\left[ P_{[44,44]} \right]^{(i-1)}$ .

5. Для определения вероятности состояния  $S_{43}$  в динамики времени (ВВХ) поставить в соответствие  $P_{S_{43}}^{(i)}$  (выражение (2.6)) и соответствующий средний шаг цепи, получаемый как  $\sum_{i=0}^{L-1} \bar{\tau}_{u_i}$  - строки 3 и 4 таблицы 2.2.

Таблица 2.2. Динамика  $P_{S_{43}}^{(i)}$  во времени

1	шаг процесса	0	1	2	...	$L-1$	$L$
2	средний шаг цепи $i$ шага (время)	0	$\bar{\tau}_{u_0}$	$\bar{\tau}_{u_1}$	...	$\bar{\tau}_{u_{L-2}}$	$\bar{\tau}_{u_{L-1}}$
3	средний шаг цепи на $i$ шаге (время)	0	$\bar{\tau}_{u_0}$	$\bar{\tau}_{u_0} + \bar{\tau}_{u_1}$	...	$\bar{\tau}_{u_0} + \bar{\tau}_{u_1} + \dots + \bar{\tau}_{u_{L-2}}$	$\bar{\tau}_{u_0} + \bar{\tau}_{u_1} + \dots + \bar{\tau}_{u_{L-2}} + \bar{\tau}_{u_{L-1}}$
4	$P_{S_{43}}^{(i)}$	$P_{S_{43}}^{(0)}$	$P_{S_{43}}^{(1)}$	$P_{S_{43}}^{(2)}$	...	$P_{S_{43}}^{(L-1)}$	$P_{S_{43}}^{(L)}$

Общее время, затрачиваемое процессом для перехода в  $S_{43}$  за  $L$  шагов, составит:

$$t_{S_{43}} = \bar{\tau}_{u_1} + \bar{\tau}_{u_2} + \dots + \bar{\tau}_{u_{L-2}} + \bar{\tau}_{u_{L-1}} = \sum_{i=1}^L [P_{[44,44]}]_0^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}}. \quad (2.8)$$

С другой стороны, известны марковские цепи с доходами [117], их характеристики: МПВ  $P_{[44,44]}$  и матрица доходов (МД)  $R_{[44,44]} = \|\{r_{i,j}\}\|$ .

Каждой ПВ МПВ ( $p_{i,j}$ ) соответствует свой доход в виде  $r_{i,j}$ . Для нахождения вектора полных доходов процессов существует следующее рекуррентное соотношение, введенное Рональдом Ховардом:

$$V_{(44)}^{(i+1)} = q_{(44)} + P_{[44,44]} \cdot V_{(44)}^{(i)}, \quad (2.9)$$

где  $q_{(44)}$  - непосредственно ожидаемый доход,

$$q_{(n+1)} = \begin{pmatrix} q_{S_0} \\ q_{S_2} \\ \dots \\ q_{S_{43}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{0,1} \cdot r_{0,1} + P_{0,2} \cdot r_{0,2} \\ P_{1,1} \cdot r_{1,1} + P_{1,3} \cdot r_{1,3} \\ \dots \\ P_{43,43} \cdot r_{43,43} \end{pmatrix}.$$

Пусть элементы  $R_{[44,44]}$  будут представлять собой временные интервалы перехода из состояний в состояния цепи, то есть будут являться шагами переходов, тогда:

$$R_{[44,44]} = T_{[44,44]}, \quad q_{(44)} = t_{S_{(44)}}, \quad (2.10)$$

следовательно, выражение для вектора полных доходов будет иметь вид:

$$V_{\langle 44 \rangle}^{(i)} = t_{S_{(44)}} + P_{[44,44]} \cdot V_{\langle 44 \rangle}^{(i-1)}, \quad (2.11)$$

Просчитаем данное выражение для  $i = \overline{[1,5]}$ , получим:

$$\begin{aligned} V_{\langle 44 \rangle}^{(5)} &= P_{[44,44]}^0 \cdot t_{S_{(44)}} + P_{[44,44]}^1 \cdot t_{S_{(44)}} + P_{[44,44]}^2 \cdot t_{S_{(44)}} + P_{[44,44]}^3 \cdot t_{S_{(44)}} + P_{[44,44]}^4 \cdot t_{S_{(44)}} = \\ &= \left( P_{[44,44]}^0 + P_{[44,44]}^1 + P_{[44,44]}^2 + P_{[44,44]}^3 + P_{[44,44]}^4 \right) \cdot t_{S_{(44)}} = \sum_{i=0}^4 \left[ P_{[44,44]} \right]^i \cdot t_{S_{(44)}}, \end{aligned} \quad (2.12)$$

где

$$t_{S_{(44)}} = P_{[44,44]}^0 \cdot t_{S_{(44)}}. \quad (2.13)$$

Тогда, выражение (12) можно представить так:

$$V_{\langle 44 \rangle}^{(5)} = \sum_{i=1}^5 \left[ P_{[44,44]} \right]^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}}, \quad (2.14)$$

а для  $i = \overline{[1,L]}$  шагов оно примет вид:

$$V_{\langle 44 \rangle}^{(L)} = \sum_{i=1}^L \left[ P_{[44,44]} \right]^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}}. \quad (2.15)$$

Данное выражение представляет собой вектор-столбец:

$$V_{\langle 44 \rangle}^{(L)} = \sum_{i=1}^L \left[ P_{[44,44]} \right]^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}} = \left\| t_{S_0} \quad t_{S_1} \quad \dots \quad t_{S_{42}} \quad t_{S_{43}} \right\|^T, \quad (2.16)$$

каждый элемент вектора представляет собой ожидаемый доход (потраченное время за  $L$  шагов процесса) при условии того, что процесс начнется в каком либо из состояний цепи, например:  $t_{S_0}$  - время, потраченное процессом при условии того, что он начался в  $S_0$ ;  $t_{S_1}$  - время, потраченное процессом при условии того, что он начался в  $S_1$ , и т.д.

Для определения времени, потраченного процессом при переходе в  $S_{43}$  при условии того, что он начался в  $S_0$ , необходимо в векторе-строке (2.16) выделить первую строку, т.е.:

$$t_{S_0} = \left[ V_{\langle 44 \rangle}^{(L)} \right]_0 = \sum_{i=1}^L \left[ P_{[44,44]} \right]_0^{(i-1)} \cdot t_{S_{(44)}}. \quad (2.17)$$

Выражения (2.8) и (2.17) совпадают, следовательно, метод среднего шага перехода может интерпретироваться через рекуррентное соотношение Р. Ховарда и его, возможно, использовать для определения ВВХ.

Также для анализа данной цепи можно воспользоваться следующими положениями теории марковских процессов. Представим МПВ в каноническом виде [66,119]:

$$P'_{[44,44]} = \left\| \begin{array}{c|c} I_{[1,1]} & O_{[1,43]} \\ \hline R_{[43,1]} & Q_{[43,43]} \end{array} \right\| \quad (2.18)$$

Фундаментальная матрица (ФМ) цепи есть [54]:

$$N_{[43,43]} = (I_{[43,43]} - Q_{[43,43]})^{-1}, \quad (2.19)$$

где  $I_{[43,43]}$  – единичная матрица;

$Q_{[43,43]}$  - матрица, сформированная из МПВ  $P_{[44,44]}$ , определенным образом [66];

$(.)^{-1}$  - процедура получения обратной матрицы.

Элементы ФМ представляют собой средние значения времени, проведенного процессом в  $s_i$  состоянии, до выхода из открытого множества состояний процесса  $S$ .

Дисперсионная матрица (ДМ) есть [66]:

$$N_{d[43,43]} = N_{[43,43]} \times (2N_{dg[43,43]} - I) - N_{sg[43,43]}, \quad (2.20)$$

где  $N_{dg[43,43]}$  - диагональная матрица, полученная из ФМ заменой всех элементов нулями, кроме элементов главной диагонали;

$N_{sg[43,43]}$  - матрица, полученная из ФМ путем возведением каждого ее элемента в квадрат.

Элементы ДМ  $N_{d[43,43]}$  представляют собой дисперсии значений времени, проведенного процессом в  $s_i$  до выхода из  $S$ .

Среднее количество затрачиваемых шагов  $M[L]$  и дисперсия  $D[L]$  для перехода из  $l$ -го состояния в поглощающее осуществляется на базе ФМ и ДМ по выражениям (2.19) и (2.20) это и есть ВХ процесса (среднее время обслу-

живания (математическое ожидание (МО) и дисперсия (или СКО) времени).

Также ВХ возможно определить и на базе ВВХ. Такой подход является численным (оценочным) [120], для этого необходимо знать следующее.

Для поглощающего состояния  $S_{43}$  существует вероятность нахождения в поглощающем состоянии  $S_{43}$  *на*  $i$  шаге, равная:

$$P_{S_{43}}^{(i+1)} - P_{S_{43}}^{(i)}, \quad (2.21)$$

где  $P_{S_{43}}^{(i)}$  - вероятность нахождения в  $S_{43}$  за  $i$  шагов;

$P_{S_{43}}^{(i+1)}$  - вероятность нахождения в  $S_{43}$  за  $i+1$  шагов цепи.

Оценочное значение МО числа шагов процесса и оценочное значение дисперсии среднего количества шагов цепи до попадания в поглощающее состояние за фиксированное число шагов процесса ( $L$ ), составит:

$$\hat{M}(L) = \sum_{i=1}^L \left[ i \cdot \left( P_{S_{43}}^{(i)} - P_{S_{43}}^{(i-1)} \right) \right], \quad (2.22)$$

$$\hat{D}(L) = \sum_{i=1}^L \left[ \left( P_{S_{43}}^{(i)} - P_{S_{43}}^{(i-1)} \right) \cdot \left[ i - \hat{M}(L) \right]^2 \right]. \quad (2.23)$$

Так как шагу процесса соответствует время  $\bar{\tau}_{u_i}$ , то выражения (2.22) и (2.23) принимают вид:

$$\hat{M}(t) = \sum_{i=1}^L \left[ i \cdot \bar{\tau}_{u_i} \cdot \left( P_{S_{43}}^{(i)} - P_{S_{43}}^{(i-1)} \right) \right], \quad (2.24)$$

$$\hat{D}(t) = \sum_{i=1}^L \left[ \left( P_{S_{43}}^{(i)} - P_{S_{43}}^{(i-1)} \right) \cdot \left[ \bar{\tau}_{u_i} \cdot i - \hat{M}(t) \right]^2 \right], \quad \hat{\sigma}(t) = \sqrt{\hat{D}(t)}. \quad (2.25)$$

где  $\hat{M}(t)$  - среднее время обслуживания;

$\hat{D}(t)$ ,  $\hat{\sigma}(t)$  - дисперсия и СКО среднего времени.

Таким образом, в аналитическом виде определены ВВХ и ВХ процесса обслуживания абонента, осуществляющего вызов экстренных оперативных служб.

## Выводы по разделу

Осуществлено математическое моделирование процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

Приведена система необходимых определений, ограничений и допущений, определяющая границы проводимого исследования.

На базе конечной поглощающей полумарковской цепи создана модель рассматриваемого процесса.

Синтезирован граф состояний и переходов цепи. Описан физический смысл состояний цепи, переходных вероятностей и шагов перехода. Сформирована матрица переходных вероятностей и матрица шагов перехода, определены их элементы.

Выявлены регулируемые параметры модели, необходимые для формирования требуемого исследователю вероятностно-временного уклона поведения процесса, показана их взаимосвязь с физическими характеристиками системы-112. Представлены возможности численного анализа приведенной цепи, необходимого для нахождения вероятностно-временных и временных характеристик обслуживания.

### **3 МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТА СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЗОВА ЭКСТРЕННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ ПО ЕДИНОМУ НОМЕРУ «112» В УСЛОВИЯХ ЛОЖНОГО ВЫЗОВА**

#### **3.1 Формирование переходных вероятностей и шагов перехода полумарковской цепи описывающей процесс обслуживания абонента системой-112 в терминах программной среды**

Для осуществления численного анализа цепи необходимо сформировать переходные вероятности и шаги перехода, в терминах используемой расчетной среды. Для этих целей выбрана программная среда для решения задач Mathcad [67,75,84], которая в полной мере способна реализовать задания переходных вероятностей, шагов перехода, соответствующих матриц (МПВ и МШП) и процедур матричного анализа, а при необходимости и численные методы исследования [5], применяемые при анализе цепи.

Описание исходных данных моделирования процесса в терминах регулируемых параметров модели таковы [31,37]:

##### **- 1.1 модельные:**

$z_c$  - количество шагов процесса;

$\tau_{\min}$  - минимальное время цепи;

##### **- 1.2 истинного вызова и абонента осуществляющего истинный вызов:**

$p_{0,1}$  - вероятность наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов;

$t_1$  - максимальное время ожидания обратившегося абонента ответа оператора;

$t_2$  - максимальное время ожидания обратившегося абонента начала опроса оператором;

$p_1$  - максимальная вероятность прерывания опроса (обслуживания) абонента;

$t_3$  - максимальное время ожидания обратившегося абонента ответа переводчика или психолога;

$p_{3,7}$  - вероятность потребности обратившегося абонента в переводчике;

$t_4$  - МО времени опроса абонента оператором;

$\sigma_1$  - СКО времени опроса абонента;

$t_5$  - максимальное время инициализации обратного дозвона оператором;

$t_6$  - максимальное время ожидания оператором ответа абонента при обратном дозвоне;

-- первого дозвона:

$p_2$  - вероятность дозвона оператором до абонента при первом дозвоне (среднее значение);

$\sigma_2$  - СКО значения  $p_2$  (данный параметр вводится для программного моделирования случайного характера дозвона до абонента и будет совместно с параметром  $p_2$ , устанавливать конкретное значение вероятности дозвона, по средствам соответствующего генератора случайных чисел, реализующего установленный исследователем закон распределения);

-- второго дозвона:

$p_3$  - вероятность дозвона оператором до абонента при втором дозвоне;

$\sigma_3$  - СКО значения  $p_3$ ;

-- третьего дозвона:

$p_4$  - вероятность дозвона оператором до абонента при третьем дозвоне;

$\sigma_4$  - СКО значения  $p_4$ ;

### **- 1.3 ложного вызова и абонента осуществляющего ложный вызов**

$p_{6,15}$  - вероятность потребности обратившегося абонента, осуществляющего ложный вызов в переводчике;

$p_{15,17}; \tau_{15,17}$  - вероятность и время умышленного прерывания опроса с переводчиком абонента (должно быть меньше максимального времени опроса, секунд);

$p_{16,17}; \tau_{16,17}$  - вероятность и время умышленного прерывания опроса без переводчика абонента (должно быть меньше максимального времени опроса, секунд);

$p_{18,6}; \tau_{18,6}$  - вероятность и время обратного дозвона до абонента с первого раза (должно быть меньше  $t_6$ , секунд);

$p_{20,6}; \tau_{20,6}$  - вероятность и время обратного дозвона до абонента со второго раза (должно быть меньше  $t_6$ , секунд);

$p_{22,6}; \tau_{22,6}$  - вероятность и время обратного дозвона до абонента с третьего раза (должно быть меньше  $t_6$ , секунд);

### **- 1.4 оператора системы-112 и оператора дежурно-диспетчерской службы:**

$p_{24,25}$  - 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»;

### **- 1.5 оператора-консультанта, оператора-психолога, подсистемы 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 подсистеме IVR – вероятность начала работы подсистемы IVR;

**- 1.5.1 подсистемы IVR:**

$t_8$  - МО времени предоставления информации абоненту подсистемой IVR;

$\sigma_8$  - СКО времени предоставления информации абоненту подсистемой IVR;

$p_{42,27}$  - потребность абонента, после обслуживания подсистемой IVR, в предоставлении консультации оператором-консультантом – вероятность начала работы оператора-консультанта;

$p_{42,35}$  - потребность абонента, после обслуживания подсистемой IVR, в предоставлении консультации оператором-психологом – вероятность начала работы оператора-психолога;

**- 1.5.2 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 подсистемой IVR во время его обслуживания оператором-консультантом;

-- первого дозвона:

$p_5$  - вероятность дозвона оператором-консультантом до абонента при первом дозвоне;

$\sigma_{10}$  - СКО значения  $p_5$ ;

-- второго дозвона:

$p_6$  - вероятность дозвона оператором-консультантом до абонента при втором дозвоне;

$\sigma_{11}$  - СКО значения  $p_6$ ;

-- третьего дозвона:

$p_7$  - вероятность дозвона оператором-консультантом до абонента при третьем дозвоне;

$\sigma_{12}$  - значения  $p_7$  ;

### **- 1.5.2 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;

-- первого дозвона:

$p_8$  - вероятность дозвона оператором-психологом до абонента при первом дозвоне;

$\sigma_{13}$  - СКО значения  $p_8$  ;

-- второго дозвона:

$p_9$  - вероятность дозвона оператором-психологом до абонента при втором дозвоне;

$\sigma_{14}$  - СКО значения  $p_9$  ;

-- третьего дозвона:

$p_{10}$  - вероятность дозвона оператором-психологом до абонента при третьем дозвоне;

$\sigma_{15}$  - СКО значения  $p_{10}$  .

Следовательно, имеем следующие группы параметров (исходных данных) моделирования в терминах КППЦ.

Первая

группа:

$P_{0,1}; P_{5,7}; P_{26,27}; P_{26,42}; P_{42,27}; P_{42,35}; P_{27,42}; P_5; \sigma_{10}; P_6; \sigma_{11}; P_7; \sigma_{12}; P_{34,35}; P_{35,27}; P_8; \sigma_{13}; P_9; \sigma_{14}; P_{10};$

$\sigma_{15}$  - описывает параметры истинного вызова;

Вторая группа:  $P_{6,15}; P_{22,6}; \tau_{22,6}; P_{16,17}; \tau_{16,17}; P_{18,6}; \tau_{18,6}; P_{20,6}; \tau_{20,6}; P_{15,17}; \tau_{15,17}$  - параметры ложного вызова;

Третья

группа:

$t_1; t_2; P_1; t_3; t_4; \sigma_1; t_5; t_6; P_2; \sigma_2; P_3; \sigma_3; P_4; \sigma_4; P_{24,25}; t_7; P_{25,26}; t_8; \sigma_8; t_9; \sigma_8; t_{10}; zc; \tau_{\min}$  - показатели технического процесса и внешние условия

Таким образом, сформированы исходные данные моделирования, которые в дальнейшем будут использованы при формировании переходных вероятностей и шагов перехода конечной полумарковской цепи описывающей рассматриваемый процесс, в терминах программной среды Mathcad.

Для расчета ВВХ процесса необходима разработка соответствующей программы. В связи с этим необходимо сформировать и задать значения ПВ и ШП (единиц времени, в секундах) цепи в терминах Mathcad, они таковы [42]:

**- для ИСТИННОГО вызова:**

$\tau_{0,1} = \tau_{\min} = 0.001$  - время установления истинного вызова от абонента, обратившегося по номеру 112;

$p_{1,3} = 0.75; \tau_{1,3} = 3$  - ответ оператора системы-112 (далее оператора) 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 от абонента, где: *runif* - процедура формирования случайных величин равномерно распределенных на интервале  $[\tau_{1,3}; t_1]$ ,  $[\cdot]_0$  - процедура обращения к случайной величине [67];

$p_{3,5} = 0.939; \tau_{3,5} = 1$  - начало опроса оператором абонента и установление им факта необходимости использования переводчика;

$p_{g_{3,9}} = \text{runif}[1; 0; p_1]_0; \tau_{3,9} = \text{runif}[1; 0; t_2]_0$  - не умышленное прерывание опроса абонента;

$$p_{3,9} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{3,9} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{3,9} > 1 \\ pg_{3,9} & \text{otherwise} \end{cases} \quad - \text{исключает использования в расчетах величин мень-$$

ших нуля и больших единицы, появления которых возможно в результате использования процедуры формирования случайных величин;

$$p_{3,3} = 1 - p_{3,5} - p_{3,9}; \tau_{3,3} = \text{runif}[1; \tau_{3,5}; t_2]_0 \quad - \text{не начала опроса оператором абонента};$$

$$\tau_{5,7} = \text{runif}[1; 0; t_3]_0 \quad - \text{время ожидания абонентом переводчика};$$

$$p_{5,8} = 1 - p_{5,7}; \tau_{5,8} = \tau_{\min} \quad - \text{начала опроса оператором абонента без переводчика};$$

$$pg_{7,9} = \text{runif}[1; 0; p_1]_0; \tau_{7,9} = \text{runif}[1; 0; t_4]_0 \quad - \text{не умышленное прерывание опроса с}$$

переводчиком абонента;

$$p_{7,9} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{7,9} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{7,9} > 1 \\ pg_{7,9} & \text{otherwise} \end{cases} \quad ,$$

$$p_{7,24} = 1 - p_{7,9}; \tau_{7,24} = \text{rnorm}[1; t_4; \sigma_1]_0 \quad - \text{окончание опроса с переводчиком абонента},$$

где: *rnorm* - процедура формирования случайных величин нормально распределенных на интервале  $[t_4; \sigma_1]$ . Необходимо отметить, что порядок использования в программе расчета конкретных законов распределения в процедурах формирования случайных величин зависит как от условий работы системы, степени квалификации исследователя, так и требований предъявляемых к системе;

$$pg_{8,9} = \text{runif}[1; 0; p_1]_0; \tau_{8,9} = \text{runif}[1; 0; t_4]_0 \quad - \text{не умышленное прерывание опроса}$$

без переводчика абонента;

$$p_{8,9} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{8,9} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{8,9} > 1 \\ pg_{8,9} & \text{otherwise} \end{cases} \quad ,$$

$$p_{8,24} = 1 - p_{8,9}; \tau_{8,24} = \text{rnorm}[1; t_4; \sigma_1]_0 \quad - \text{окончание опроса без переводчика абонента};$$

**-- для первого обратного дозвона:**

$$p_{9,10} = 1; \tau_{9,10} = \text{runif}[1; 0; t_5]_0 \quad - \text{инициализация первого обратного дозвона опера-$$

тором;

$$pg_{10,5} = \text{rnorm}[1; p_2; \sigma_2]_0; \tau_{10,5} = \text{runif}[1; 0; t_6]_0 \quad - \text{обратный дозвон до абонента с пер-$$

вого раза;

$$p_{10,5} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{10,5} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{10,5} > 1 \\ pg_{10,5} & \text{otherwise} \end{cases},$$

$p_{10,11} = 1 - p_{10,5}$ ;  $\tau_{10,11} = t_6$  - не дозвон оператором при первом обратном дозвоне;

**-- для второго обратного дозвона:**

$p_{10,11} = 1$ ;  $\tau_{10,11} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$  - инициализация второго обратного дозвона оператором;

$pg_{12,5} = \text{rnorm}[1;p_3;\sigma_3]_0$ ;  $\tau_{12,5} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента со второго раза;

$$p_{12,5} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{12,5} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{12,5} > 1 \\ pg_{12,5} & \text{otherwise} \end{cases},$$

$p_{12,13} = 1 - p_{12,5}$ ;  $\tau_{12,13} = t_6$  - не дозвон оператором при первом обратном дозвоне;

**-- для третьего обратного дозвона:**

$p_{13,14} = 1$ ;  $\tau_{13,14} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$  - инициализация третьего обратного дозвона оператором;

$pg_{14,5} = \text{rnorm}[1;p_4;\sigma_4]_0$ ;  $\tau_{14,5} = \text{runif}[1;0;t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента с третьего раза;

$$p_{14,5} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{14,5} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{14,5} > 1 \\ pg_{14,5} & \text{otherwise} \end{cases},$$

$p_{14,0} = 1 - p_{14,5}$ ;  $\tau_{14,0} = t_6$  - не дозвон оператором при третьем обратном дозвоне – возврат к фазе ожидания очередного вызова абонента;

**- для ЛОЖНОГО вызова:**

$p_{0,2} = 1 - p_{0,1}$  - вероятность наличия вызова от абонента, осуществляющего ложный вызов;

$\tau_{0,2} = \tau_{\min}$  - время установления соединения ложного вызова от абонента, обратившегося по номеру 112;

$p_{2,4} = p_{1,3}$ ;  $\tau_{2,4} = \tau_{1,3}$  - ответ оператора на ложный вызов от абонента;

$p_{2,2} = 1 - p_{2,4}$ ;  $\tau_{2,2} = \text{runif}[1; \tau_{2,4}; t_1]_0$  - не ответ оператора на ложный вызов от абонента,

$p_{4,6} = p_{3,5}$ ;  $\tau_{4,6} = \tau_{3,5}$  - 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 абонента;

$p_{16,23} = 1 - p_{16,17}$ ;  $\tau_{16,23} = \text{rnorm}[1; t_4; \sigma_1]_0$  - окончание опроса без переводчика абонента;

**-- 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:**

$p_{19,20} = 1$ ;  $\tau_{19,20} = \text{runif}[1; 0; t_5]_0$  - инициализация второго обратного дозвона оператором;

$p_{20,21} = 1 - p_{20,6}$ ;  $\tau_{20,21} = t_6$  - не дозвон оператором при втором обратном дозвоне;

**-- для третьего обратного дозвона:**

$p_{21,22} = 1$ ;  $\tau_{21,22} = \text{runif}[1; 0; t_5]_0$  - инициализация третьего обратного дозвона оператором;

$p_{22,0} = 1 - p_{22,6}$ ;  $\tau_{22,0} = t_6$  - не дозвон оператором при третьем обратном дозвоне - возврат к фазе ожидания очередного вызова абонента;

$p_{20,0} = 1$ ;  $\tau_{23,0} = \tau_{\min}$  - возврат к фазе ожидания очередного вызова абонента;

**- 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;

**- 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 подсистемы IVR – вероятность и время завершения обслуживания абонента системой-112;

**- для ПОДСИСТЕМЫ 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 подсистемы IVR – возврат к фазе ожидания очередного вызова абонента – вероятность и время прерывания работы подсистемой IVR;

$$p_{42,0} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{42,0} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{42,0} > 1 \\ pg_{42,0} & \text{otherwise} \end{cases};$$

$p_{42,43} = 1 - p_{42,27} - p_{42,35} - p_{42,0}$ ;  $\tau_{42,43} = \text{rnorm}[1;t_8;\sigma_8]_0$  - завершение обслуживания абонента подсистемой 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;

$$p_{27,28} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{27,28} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{27,28} > 1 \\ pg_{27,28} & \text{otherwise} \end{cases};$$

$$\tau_{27,42} = \text{rnorm}[1;t_9;\sigma_9]_0;$$

$p_{27,34} = 1 - p_{27,28} - p_{27,42} - p_{42,0}$ ;  $\tau_{27,34} = rnorm[1; t_9; \sigma_9]_0$  - завершение обслуживания оператором-консультантом;

**-- для первого обратного дозвона:**

$p_{28,29} = 1$ ;  $\tau_{28,29} = runif[1; 0; t_5]_0$  - инициализация первого обратного дозвона оператором-консультантом;

$pg_{29,27} = rnorm[1; p_5; \sigma_{10}]_0$ ;  $\tau_{29,27} = runif[1; 0; t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента с первого раза;

$$p_{29,27} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{29,27} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{29,27} > 1 \\ pg_{29,27} & \text{otherwise} \end{cases} ;$$

$p_{29,30} = 1 - p_{29,27}$ ;  $\tau_{29,30} = t_6$  - не дозвон оператором-консультантом при первом обратном дозвоне;

**-- для второго обратного дозвона:**

$p_{30,31} = 1$ ;  $\tau_{30,31} = runif[1; 0; t_5]_0$  - инициализация второго обратного дозвона оператором-консультантом;

$pg_{31,27} = rnorm[1; p_6; \sigma_{11}]_0$ ;  $\tau_{31,27} = runif[1; 0; t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента со второго раза;

$$p_{31,27} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{31,27} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{31,27} > 1 \\ pg_{31,27} & \text{otherwise} \end{cases} ;$$

$p_{31,32} = 1 - p_{31,27}$ ;  $\tau_{31,32} = t_6$  - не дозвон оператором-консультантом при втором обратном дозвоне;

**-- для третьего обратного дозвона:**

$p_{32,33} = 1$ ;  $\tau_{32,33} = runif[1; 0; t_5]_0$  - инициализация третьего обратного дозвона оператором-консультантом;

$pg_{33,27} = rnorm[1; p_7; \sigma_{12}]_0$ ;  $\tau_{32,27} = runif[1; 0; t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента с третьего раза;

$$p_{33,27} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{33,27} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{33,27} > 1 \\ pg_{33,27} & \text{otherwise} \end{cases} ;$$

$p_{33,0} = 1 - p_{33,27}$ ;  $\tau_{33,0} = t_6$  - не дозвон оператором-консультантом при третьем обратном дозвоне;

**- 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-112 – вероятность и время завершения обслуживания абонента системой-112;

$p_{35,36} = \text{rnorm}[1;0;p_1]_0$ ;  $\tau_{35,36} = \text{runif}[1;0;t_{10}]_0$  - не умышленное прерывание обслуживания абонента оператором-психологом;

$$p_{35,36} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{35,36} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{35,36} > 1 \\ pg_{35,36} & \text{otherwise} \end{cases};$$

$$\tau_{35,27} = \text{runif}[1;0;t_{10}]_0;$$

$p_{35,43} = 1 - p_{35,36} - p_{35,27}$ ;  $\tau_{35,43} = \text{runif}[1;0;t_{10}]_0$  - 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 дозвон до абонента с первого раза;

$$p_{37,35} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{37,35} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{37,35} > 1 \\ pg_{37,35} & \text{otherwise} \end{cases};$$

$p_{37,38} = 1 - p_{27,25}$ ;  $\tau_{37,38} = t_6$  - не дозвон до абонента оператором-психологом при первом обратном дозвоне;

**-- для второго обратного дозвона:**

$p_{38,39} = 1$ ;  $\tau_{38,39} = \text{runif}[1;0;t_5]_0$  - инициализация второго обратного дозвона оператором-психологом;

$pg_{39,35} = rnorm[1; p_9; \sigma_{14}]_0$ ;  $\tau_{39,35} = runif[1; 0; t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента со второго раза;

$$p_{39,35} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{39,35} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{39,35} > 1 \\ pg_{39,35} & \text{otherwise} \end{cases} ;$$

$p_{39,40} = 1 - p_{39,35}$ ;  $\tau_{39,40} = t_6$  - не дозвон до абонента оператором-психологом при втором обратном дозвоне;

**-- для третьего обратного дозвона:**

$p_{40,41} = 1$ ;  $\tau_{40,41} = runif[1; 0; t_5]_0$  - инициализация третьего обратного дозвона оператором-психологом;

$pg_{41,35} = rnorm[1; p_{10}; \sigma_{15}]_0$ ;  $\tau_{41,35} = runif[1; 0; t_6]_0$  - обратный дозвон до абонента с третьего раза;

$$p_{41,35} = \begin{cases} 0 & \text{if } pg_{41,35} < 0 \\ 1 & \text{if } pg_{41,35} > 1 \\ pg_{41,35} & \text{otherwise} \end{cases} ;$$

$p_{41,0} = 1 - p_{41,35}$ ;  $\tau_{41,0} = t_6$  - не дозвон до абонента оператором-психологом при третьем обратном дозвоне;

$p_{43,43} = 1$ ;  $\tau_{43,43} = \tau_{\min}$  - вероятность и время поглощающего состояния цепи.

Таким образом, сформированы переходные вероятности и шаги перехода конечной полумарковской цепи, описывающей рассматриваемый процесс в терминах Mathcad, которые будут использованы при написании расчетной программы по нахождению ВВХ процесса.

### 3.2 Блок-схема методики

На базе модели создана соответствующая методика [34,41], основные этапы ее таковы.

1. Формирование исходных данных, с учетом ограничений, допущений и требований.

1.1 Модельных параметров.

1.2 Параметров истинного вызова и абонента его осуществляющего.

1.3 Параметров ложного вызова и абонента его осуществляющего.

1.4 Параметров операторов системы-112 и ДДС.

1.5 Параметров оператора-консультанта, оператора-психолога, подсистемы IVR.

1.5.1 Подсистемы IVR.

1.5.2 Оператора-консультанта.

1.5.3 Оператора-психолога.

2 Формирование переходных вероятностей и шагов перехода поглощающей конечной полумарковской цепи описывающей процесс.

3 Формирование матрицы переходных вероятностей.

3.1 Проверка стохастичности МПВ.

4. Формирование матрицы шагов перехода.

5. Определение ВВХ процесса.

5.1 Определение ВВХ в динамики шагов процесса.

5.1.1 Формирование вектора начальных состояний.

5.1.2 Формирование УКЧ в матричной форме.

5.2 Определение ВВХ в динамики времени процесса.

5.2.1 Формирование вектора-столбца частных средних шагов перехода.

5.2.2 Формирование единой оси времени.

5.2.3 Формирование функций ВВХ.

5.2.4 Расчет и построение графиков ВВХ.

6. Определение ВХ процесса

6.1 Определение средних времен достижения состояний процесса численным, оценочным способом.

6.1.1 Расчет среднего времени обслуживания абонента.

6.1.2 Расчет среднего квадратического отклонения времени обслуживания.

7. Определение степени загруженности состояний процесса на базе регулярной конечной полумарковской цепи.

7.1 Формирование на базе конечной поглощающей полумарковской цепи конечной регулярной полумарковской цепи (КРПЦ).

7.1.1 Формирование матрицы переходных вероятностей КРПЦ.

7.1.2 Формирование вектора-столбца частных средних шагов перехода РКПЦ.

7.2 Определение предельного вектора.

7.3 Проверка стохастичности предельного вектора.

7.4 Определение доли времени нахождения процесса в состояниях КРПЦ.

7.4.1 Расчет общего времени нахождения процесса в состояниях КРПЦ.

7.4.2 Расчет долей времени нахождения процесса в состояниях КРПЦ.

7.5 Определение времени нахождения процесса в состояниях КРПЦ.

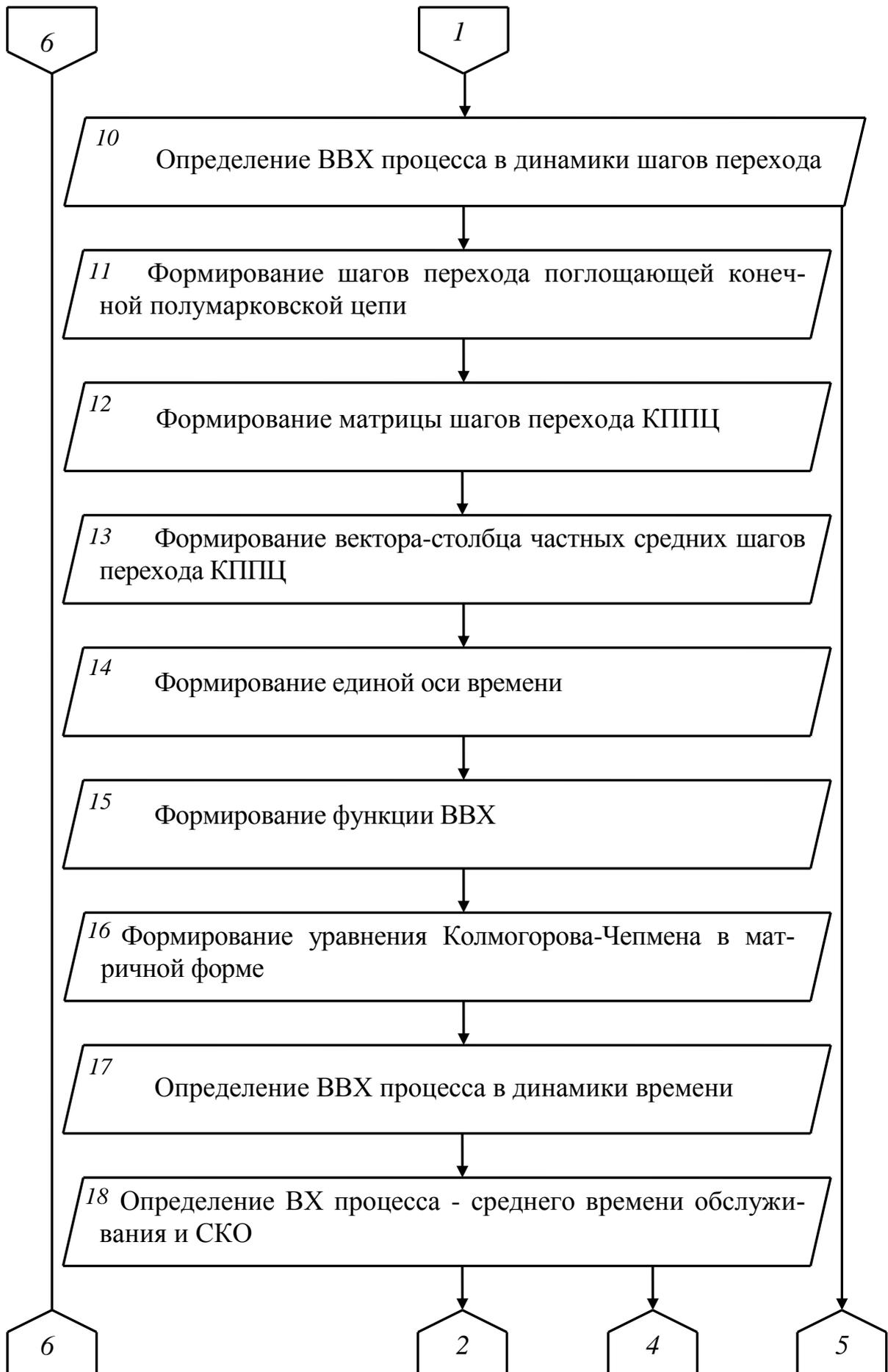
7.6 Оценка степени «загруженности» состояний процесса.

9. Анализ полученных данных и интерпретация их в физической сущности процесса.

10. Выявления закономерностей поведения физического процесса.

11. Формирование научно-обоснованных организационно-технических рекомендаций по совершенствованию системы-112, обеспечивающих предъявляемые требования к системе.







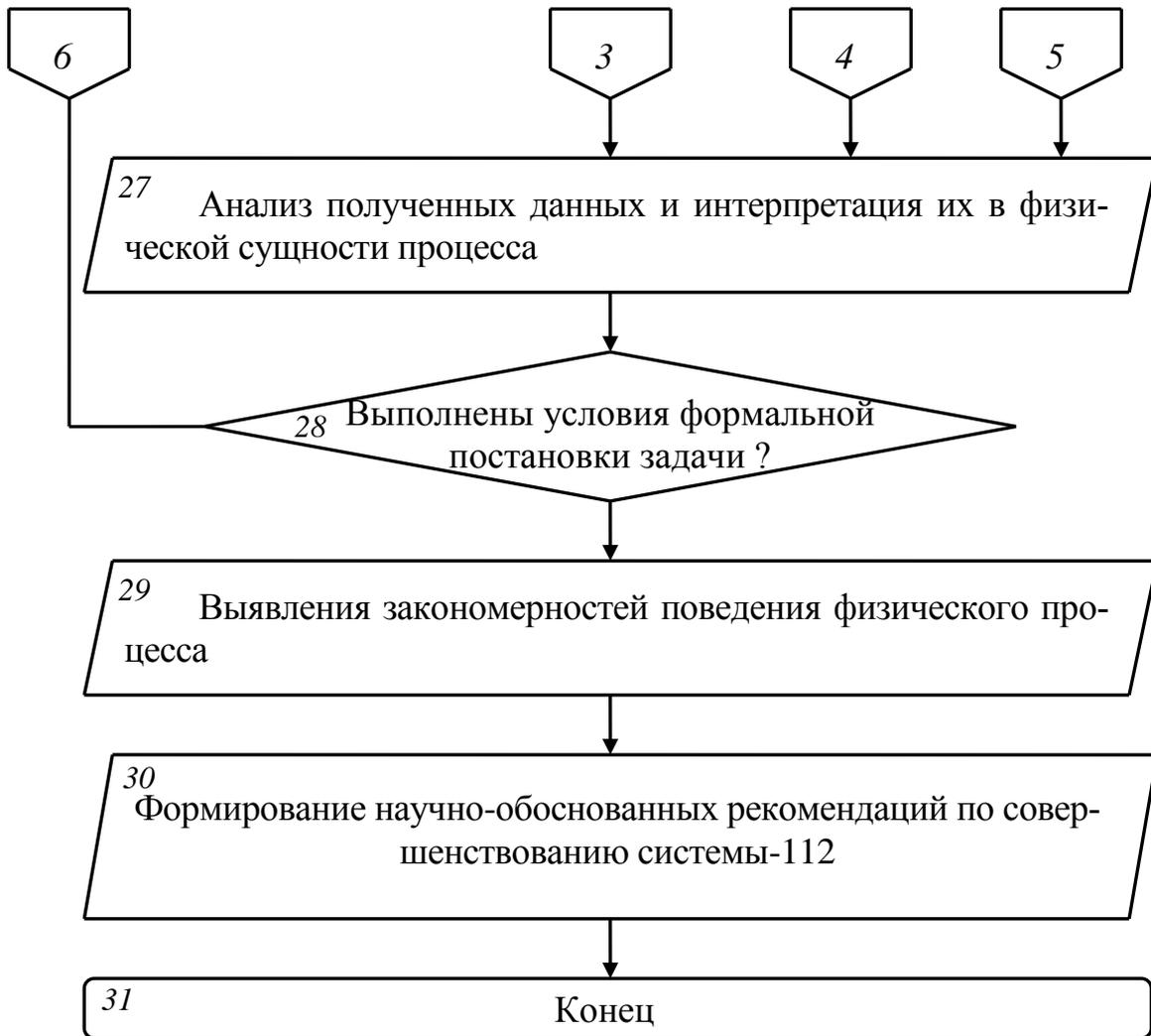


Рисунок 3.1 – Блок-схема методики

### **3.3 Расчет вероятностно-временных и временных характеристик процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в условиях ложного вызова**

Расчет ВВХ осуществлен при исходных данных, представленных в таблице 3.1. Обозначим исходные данные, приведенные в данной таблицы, как *базовые*.

Таблица 3.1 Базовые исходные данные моделирования

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

Примечание:

- в приведенной таблицы красным цветом отмечены исходные данные моделирования, соответствующие истинному вызову, синим цветом обозначены данные, соответствующие ложному вызову, зеленым цветом данные, соответствующие техническому процессу и внешним условия, а желтым – модельные параметры;

- все приведенные данные в таблице являются регулируемыми параметрами модели и могут настраиваться исследователем в зависимости от выдвигаемых требований, ограничений и допущений;

- параметры  $z_c$  и  $P_{обсл}^{(треб)}$  взаимосвязаны, так как задание количества шагов процесса  $z_c$  (поведение полумарковской цепи) обеспечивает требуемую вероятность обслуживания истинного абонента  $P_{обсл}^{(треб)}$ .

На рисунке 3.2. представлены графики расчета ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 для базовых исходных данных.

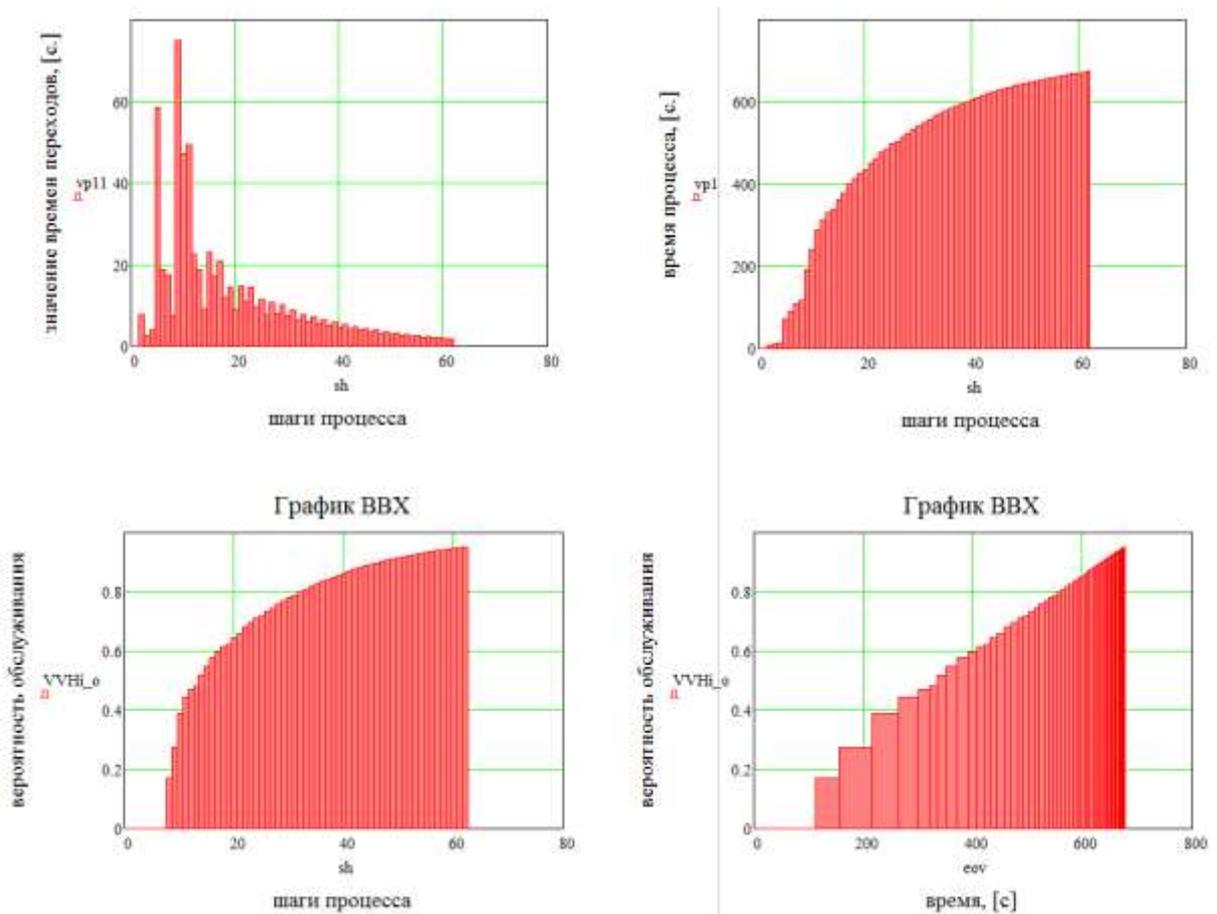


Рисунок 3.2 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при

$$p_{0,1} = 0.5$$

Примечание: - верхний левый график представляет собой зависимость значения времен переходов (в секундах) от шагов процесса (описываемой цепью);

- верхний правый график представляет собой зависимость времени процесса (в секундах) от шагов процесса;

- левый нижний график есть зависимость вероятности обслуживания абонента, осуществляющего истинный вызов, от шагов процесса (ВВХ процесса);

- правый нижний график есть зависимость вероятности обслуживания абонента, осуществляющего ложный вызов, от времени процесса (в секундах) (ВВХ процесса).

Далее предположим, что вероятность наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов, лежит в диапазоне  $[0,6; 0,95]$  при остальных базовых исходных данных моделирования, приведенных в таблице 3.1. Рассчитаем ВВХ такого процесса.

На рисунке 3.3 представлен расчет ВВХ обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0.6$  и  $z_c = 48$ .

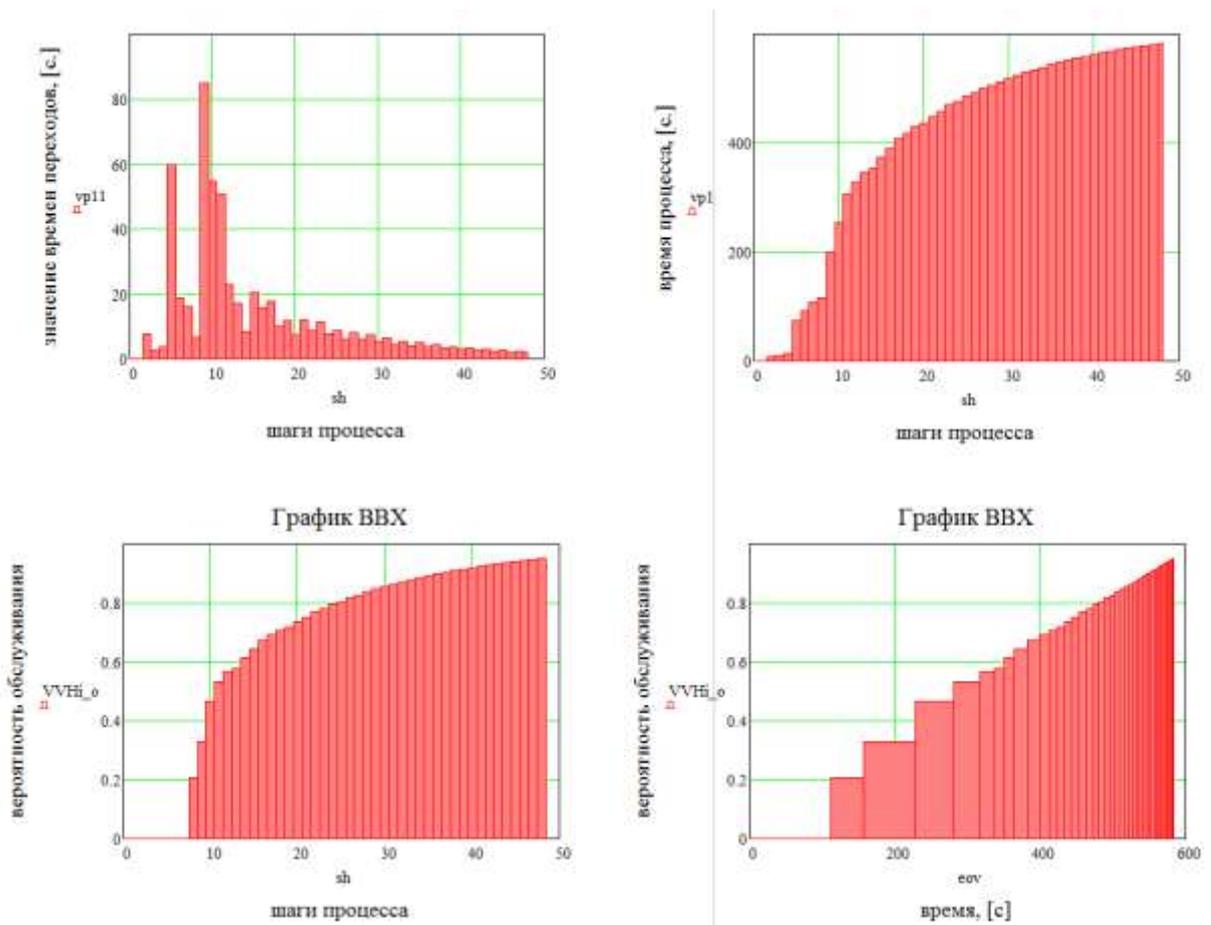


Рисунок 3.3 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при

$$p_{0,1} = 0.6$$

На рисунке 3.4 представлен расчет ВВХ обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0.7$  и  $zc = 38$ .

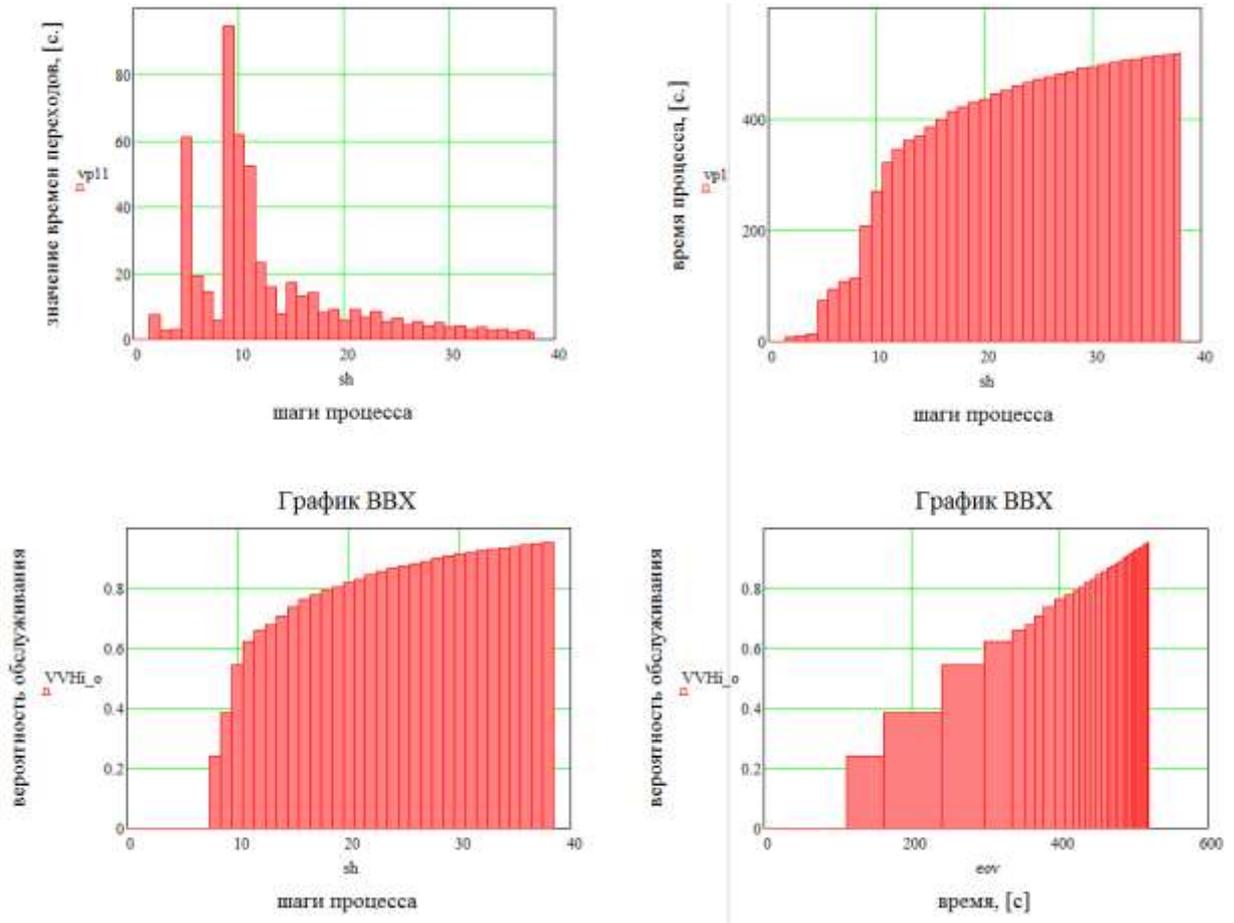


Рисунок 3.4 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при

$$p_{0,1} = 0.7$$

На рисунке 3.5 представлен расчет ВВХ обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0.8$  и  $zc = 30$ .

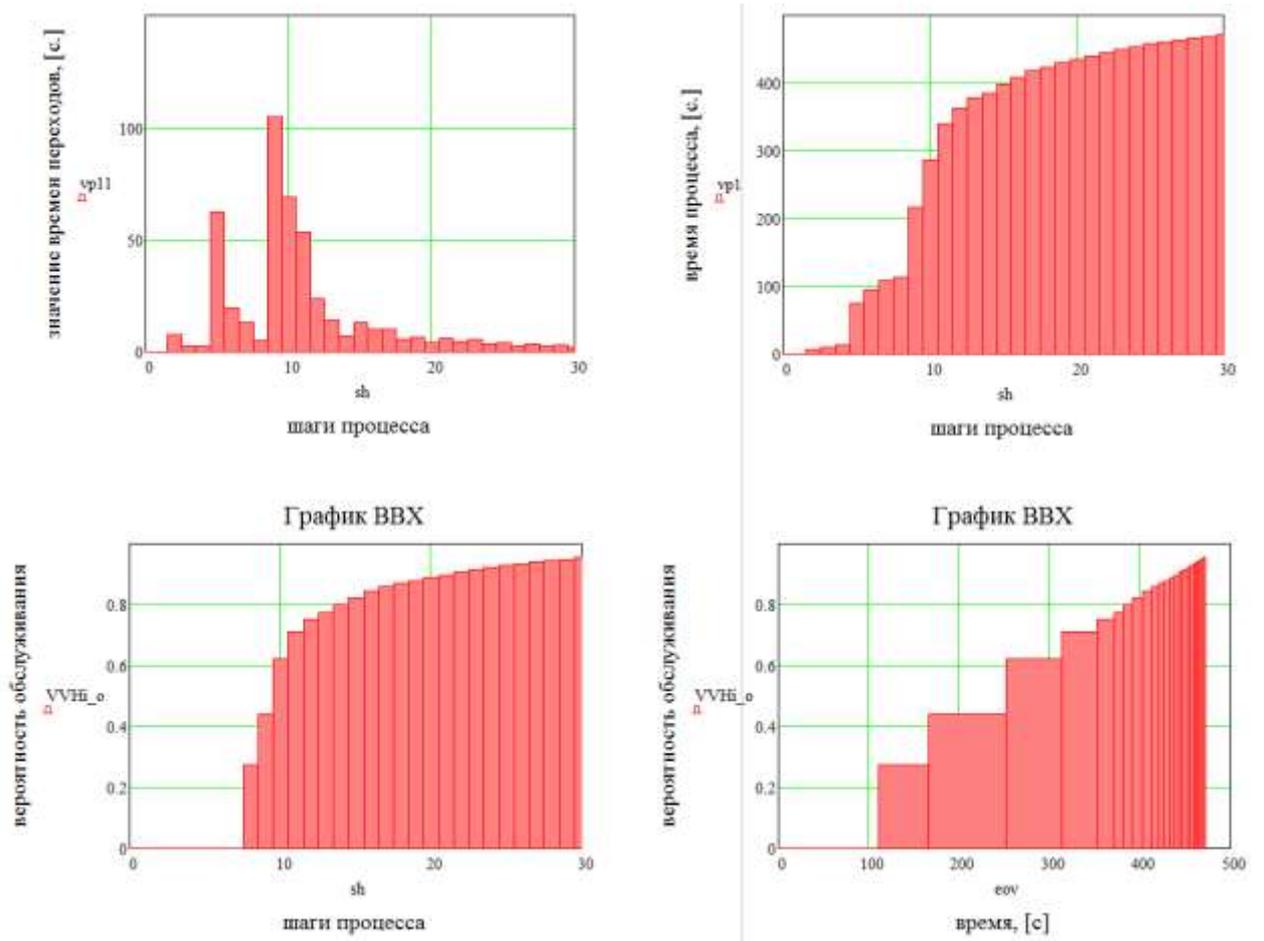


Рисунок 3.5 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0.8$

На рисунке 3.6 представлен расчет ВВХ обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0.9$  и  $z_c = 21$ .

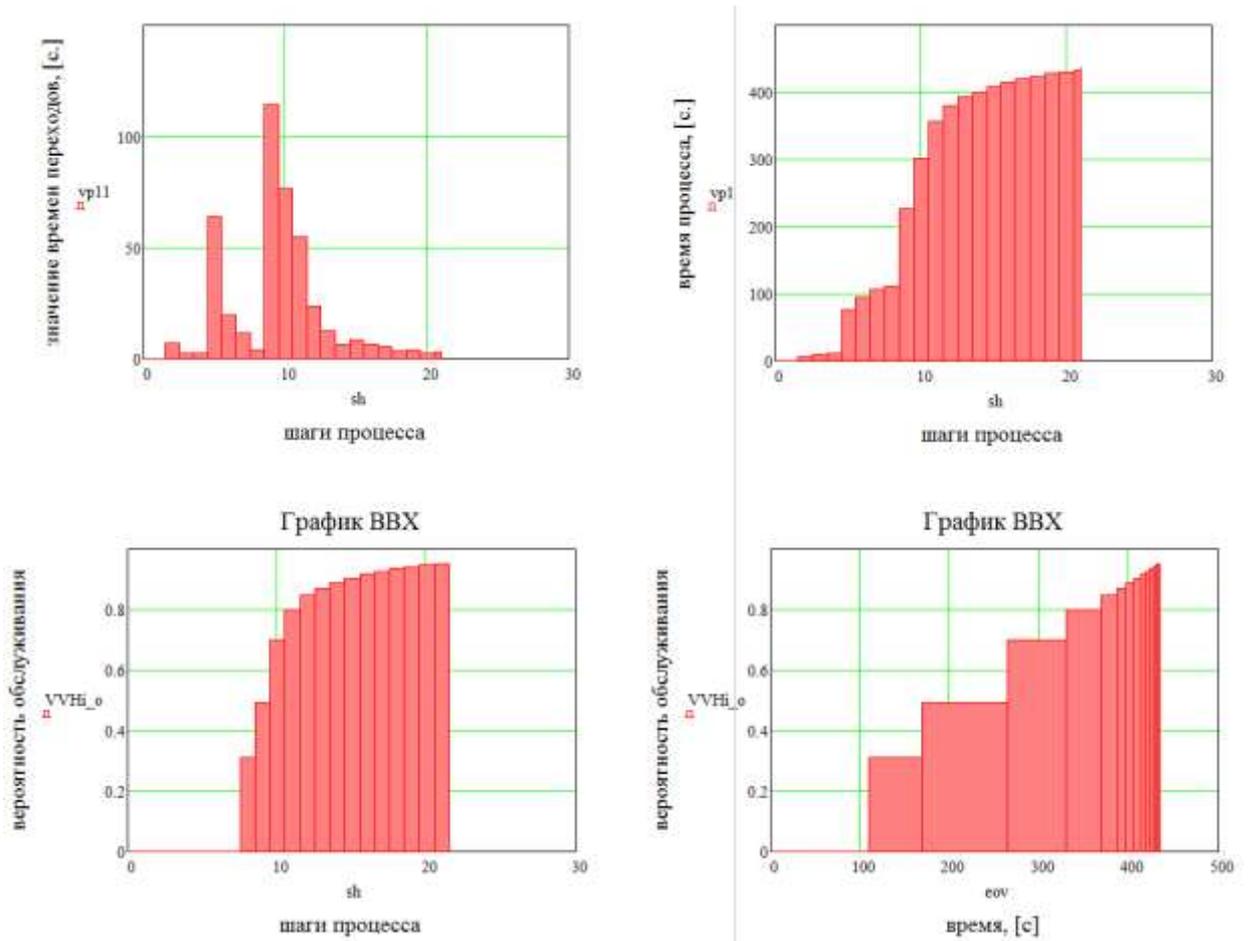


Рисунок 3.6 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0.9$

На рисунке 3.7 представлен расчет ВВХ обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0.95$  и  $zc = 16$ .

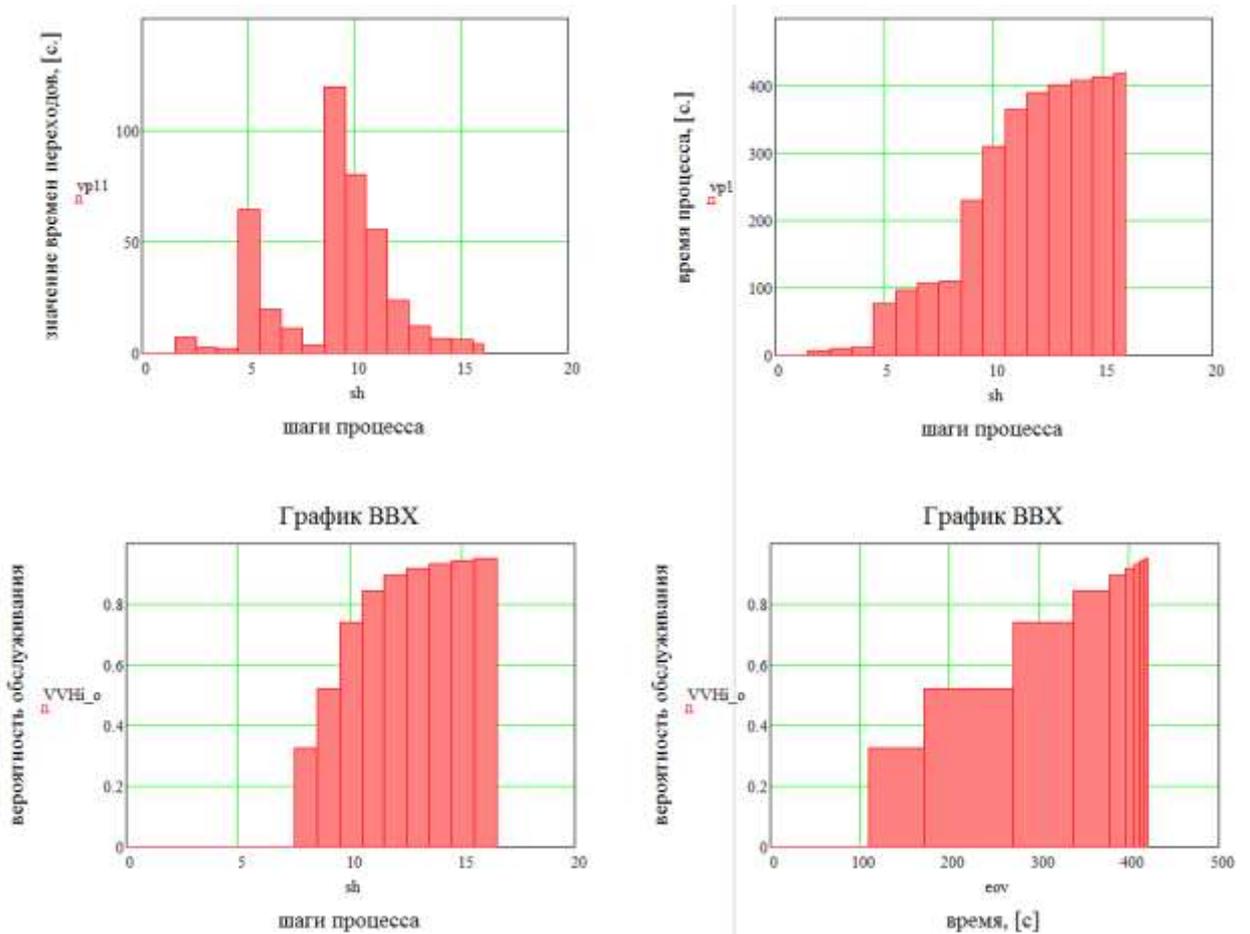


Рисунок 3.7 - BBX процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{0,1} = 0,95$

В таблице 3.2 приведены сводные данные представленных результатов моделирования, учитывающие также время обслуживания абонента, при  $p_{0,1} = 0,2; 0,3; 0,4$ .

Таблица 3.2. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности наличия истинного вызова

	вероятность наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	1488	1035	809,538	674,279	582,488	518,129	471,213	433,647	418,111

На рисунке 3.8 показан график зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности наличия истинного вызова.

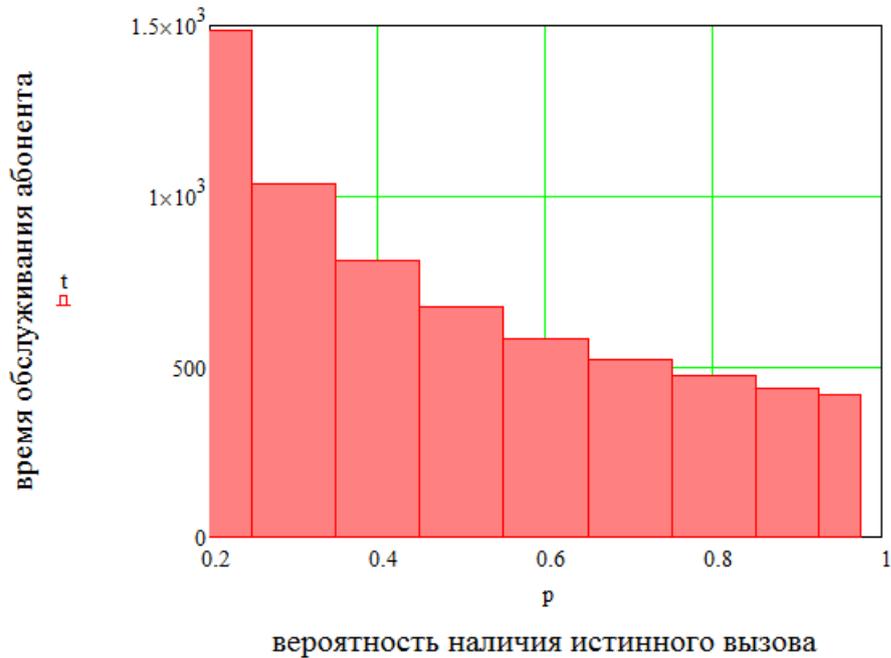


Рисунок 3.8 - График зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности наличия истинного вызова

Приведенные расчеты характеризуют оперативность обслуживания абонента, осуществляющего истинный вызов системой-112 в условиях наличия ложного вызова.

Далее осуществим расчет ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при базовых исходных данных моделирования (приведенных в таблице 3.1) и вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8 в зависимости от потребности обращающегося абонента в консультации оператора-консультанта ( $p_{26,27} \in [0,1; 0,9]$ ).

На рисунке 3.9 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,1$ .

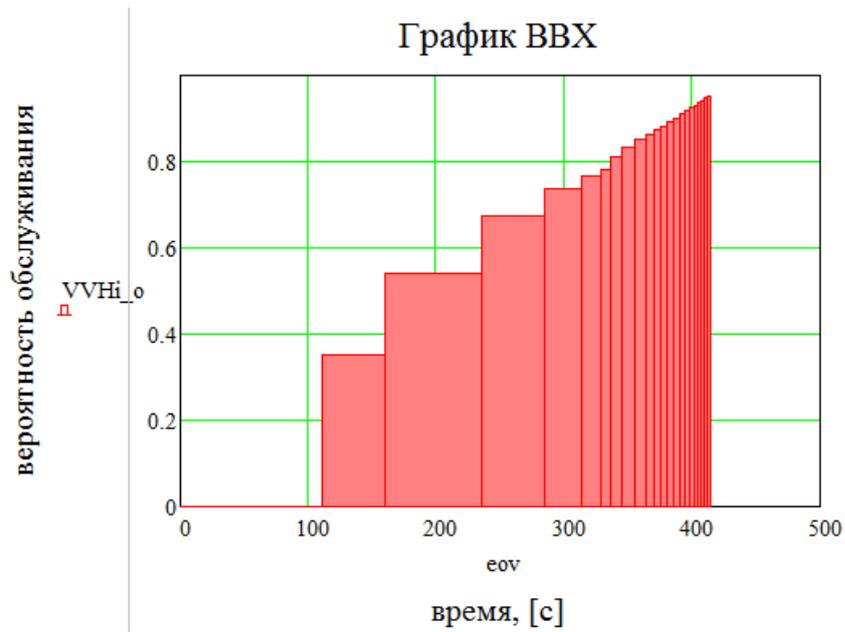


Рисунок 3.9 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при

$$p_{26,27} = 0.1$$

На рисунке 3.10 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,2$ .

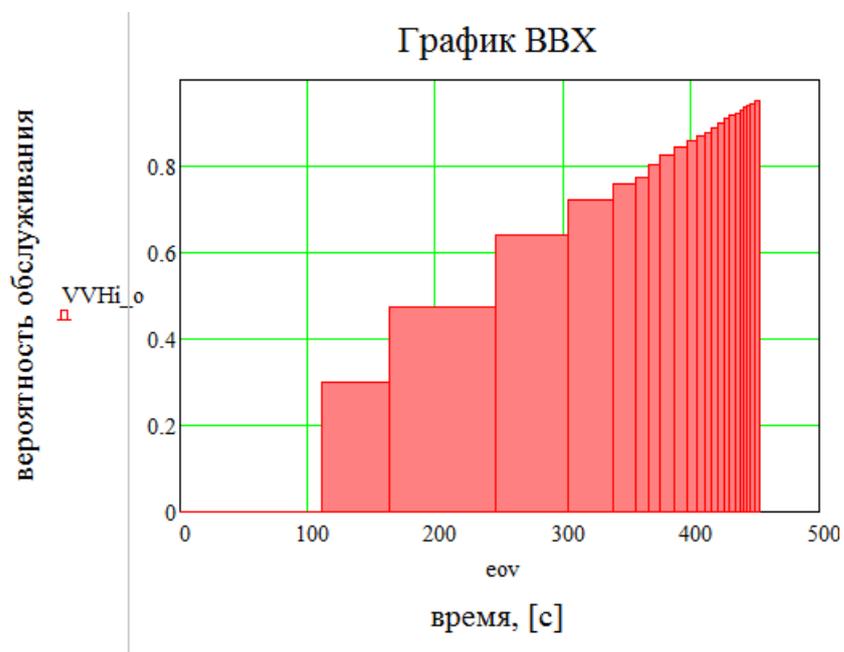


Рисунок 3.10 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

$$\text{при } p_{26,27} = 0.2$$

На рисунке 3.11 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,3$ .

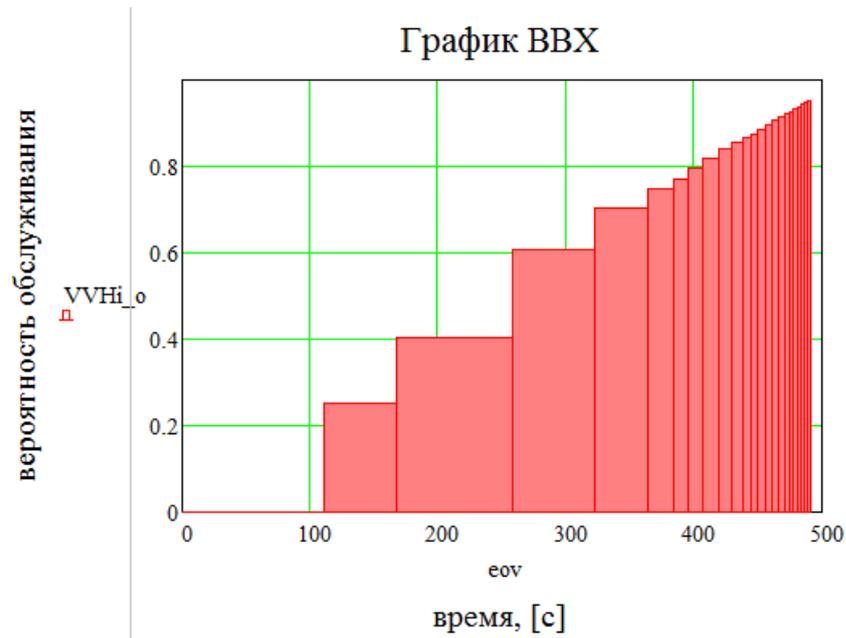


Рисунок 3.11 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,3$

На рисунке 3.12 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,4$ .

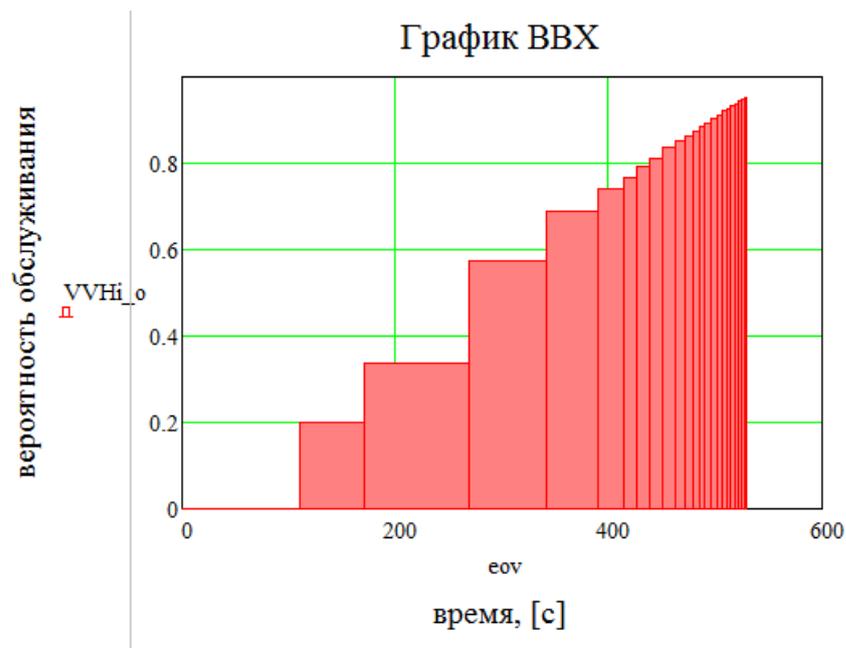


Рисунок 3.12 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,4$

На рисунке 3.13 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,5$ .

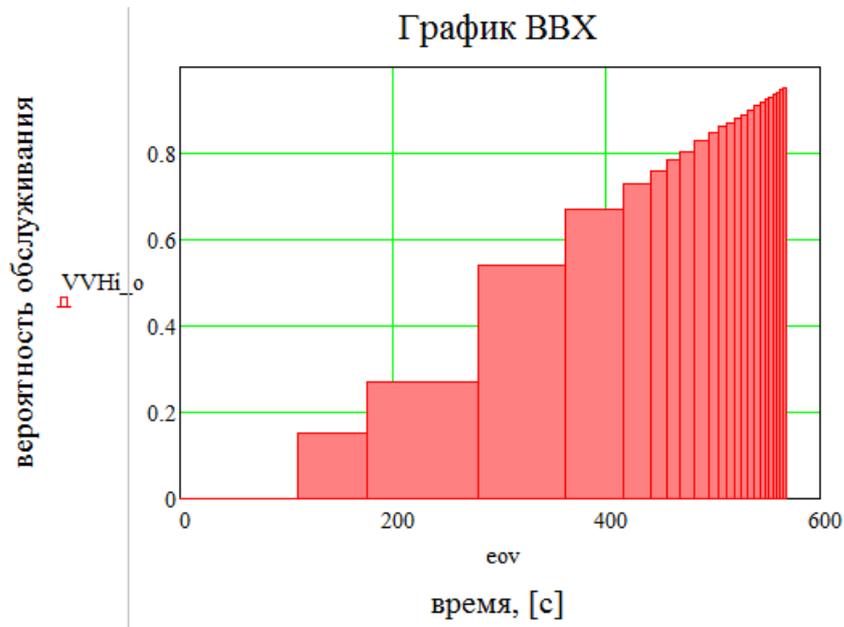


Рисунок 3.13 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,5$

На рисунке 3.14 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,6$ .

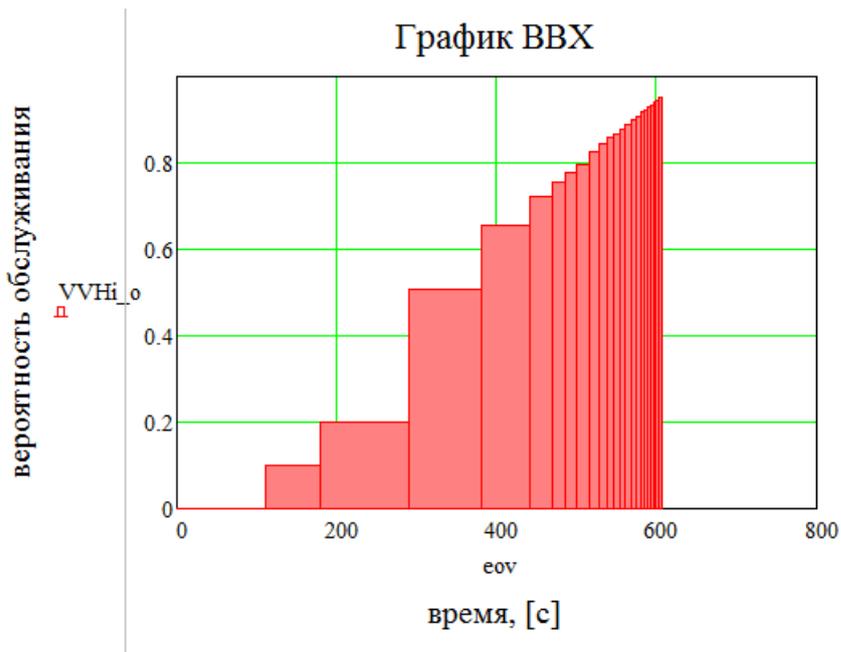


Рисунок 3.14 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,6$

На рисунке 3.15 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,7$ .

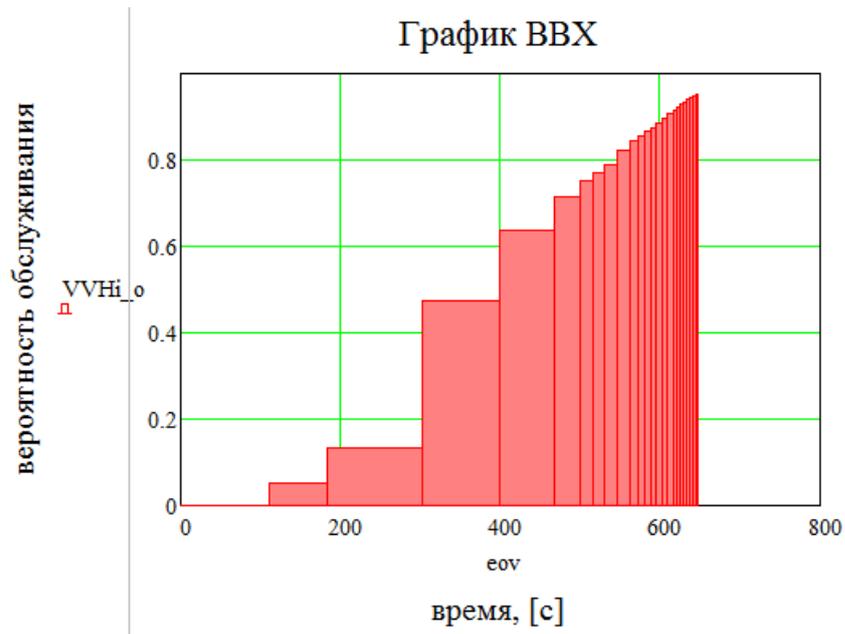


Рисунок 3.15 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,27} = 0.7$

На рисунке 3.16 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,8$ .

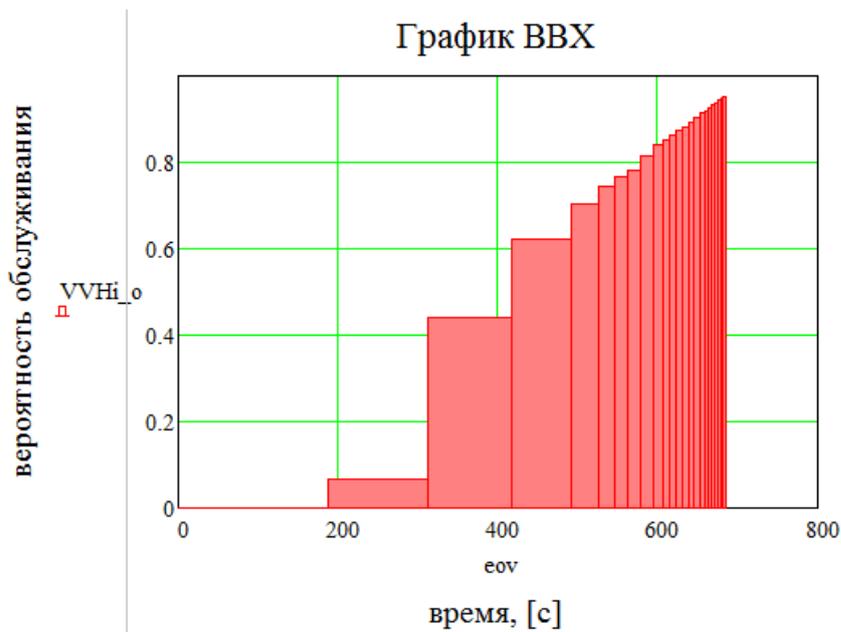


Рисунок 3.16 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,27} = 0.8$

На рисунке 3.17 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0,9$ .

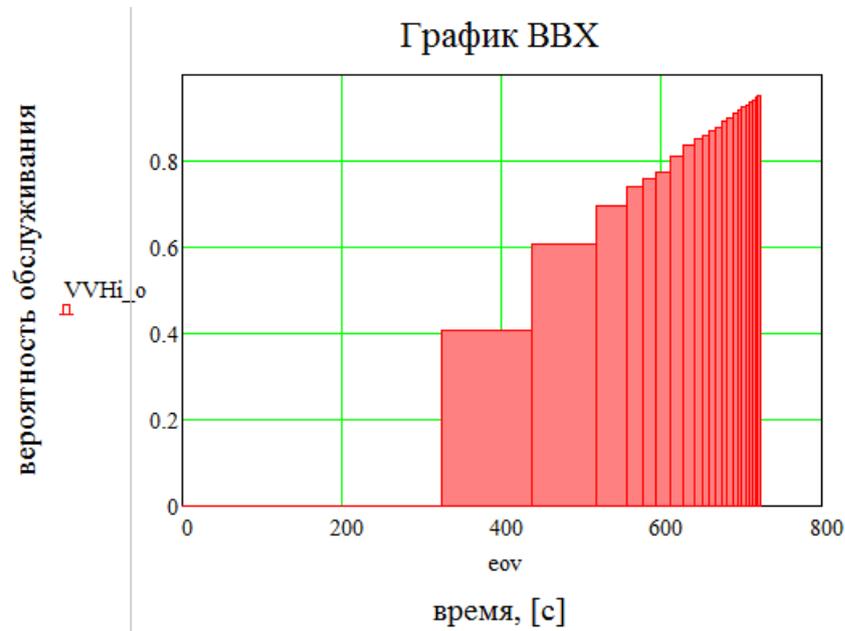


Рисунок 3.17 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при  $p_{26,27} = 0.9$

В таблице 3.3 приведены сводные данные результатов моделирования процесса представленных на рисунках 3.9-3.17.

Таблица 3.3. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности потребности абонента в консультации оператора-консультанта при вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8

	вероятность потребности абонента в консультации оператора-консультанта								
	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.]	412,599	450,271	490,161	528,081	566,033	604,017	645,342	683,584	721,859

На рисунке 3.18 показан график зависимости времени обслуживания абонента, с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности потребности абонента в консультации оператора-консультанта.

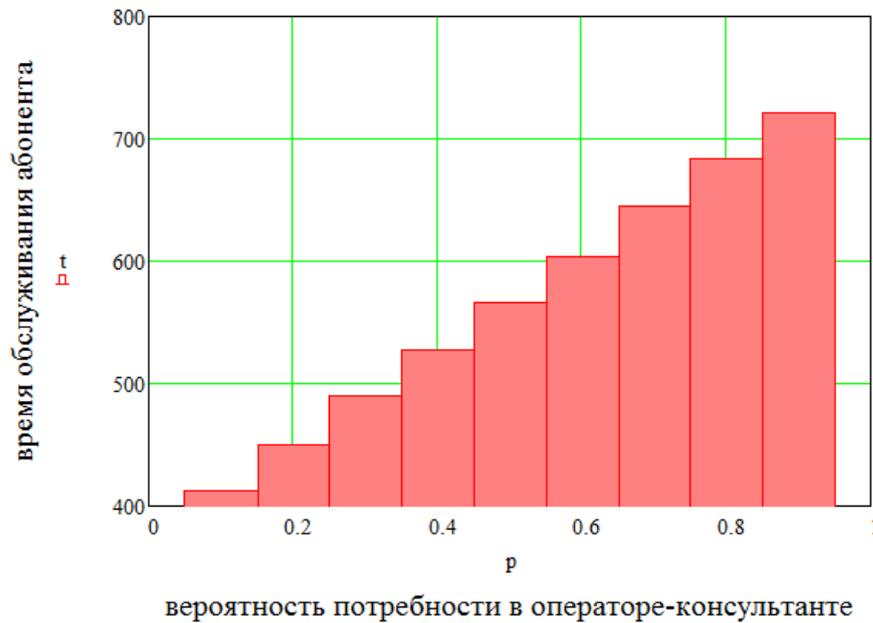


Рисунок 3.18 - График зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности потребности абонента в консультации оператора-консультанта

Приведенные расчеты характеризуют оперативность обслуживания абонента осуществляющего истинный вызов системой-112 в условиях наличия ложного вызова в зависимости от потребности абонента в консультации оператора-консультанта.

Далее осуществим расчет ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при базовых исходных данных моделирования (приведенных в таблице 3.1) и вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8 в зависимости от потребности абонента в предоставлении информации по IVR ( $p_{26,42} \in [0,1; 0,9]$ ).

На рисунках 3.19-3.27 представлен расчет ВВХ обслуживания истинного абонента системой-112 при  $p_{26,42} \in [0,1; 0,9]$ .

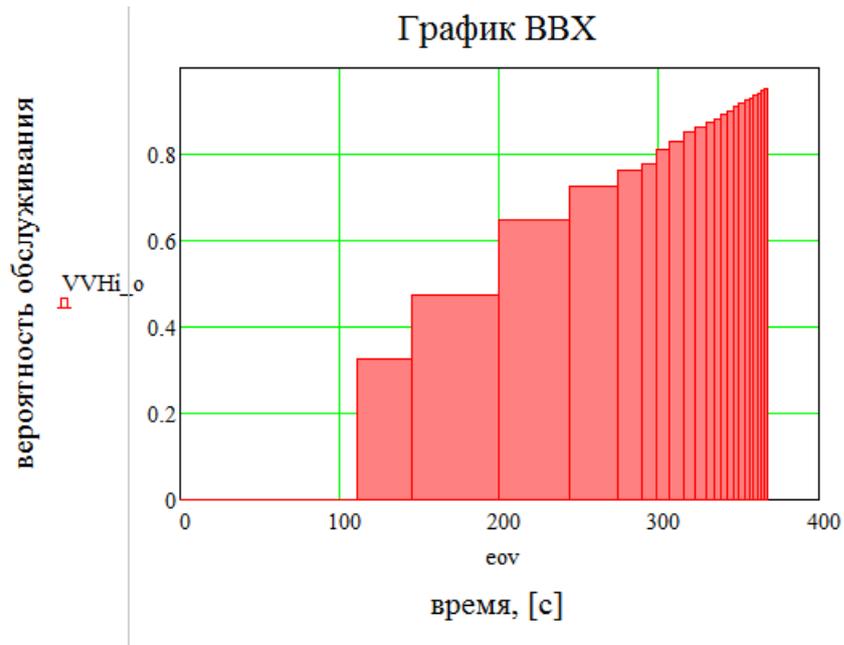


Рисунок 3.19 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112  
при  $p_{26,42} = 0,1$

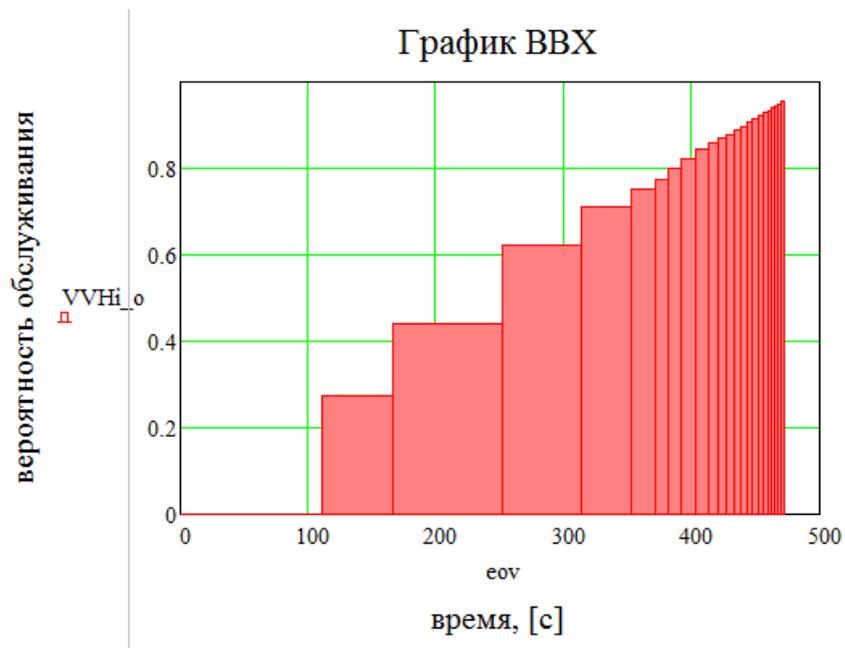


Рисунок 3.20 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112  
при  $p_{26,42} = 0,2$

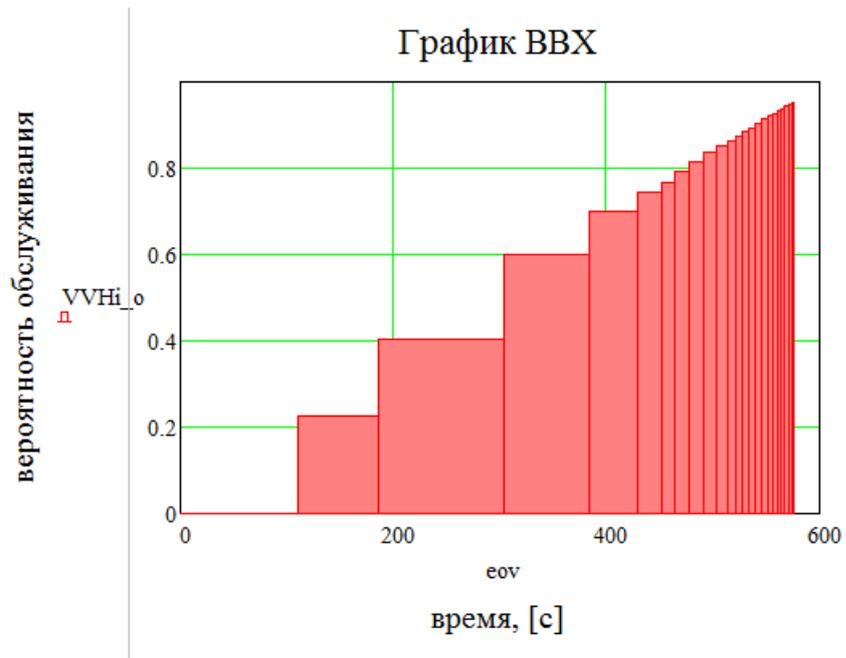


Рисунок 3.21 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

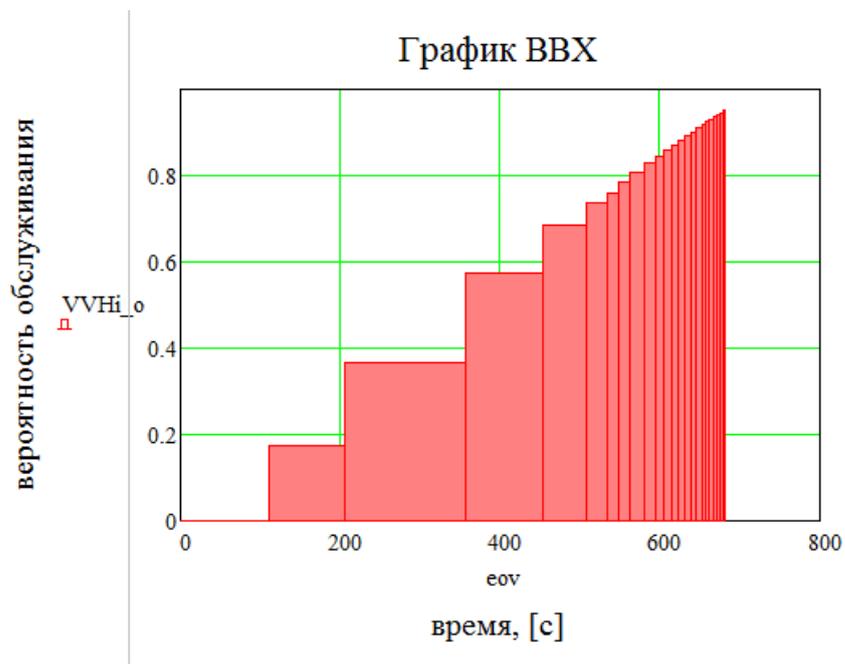
при  $p_{26,42} = 0,3$ 

Рисунок 3.22 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,42} = 0,4$

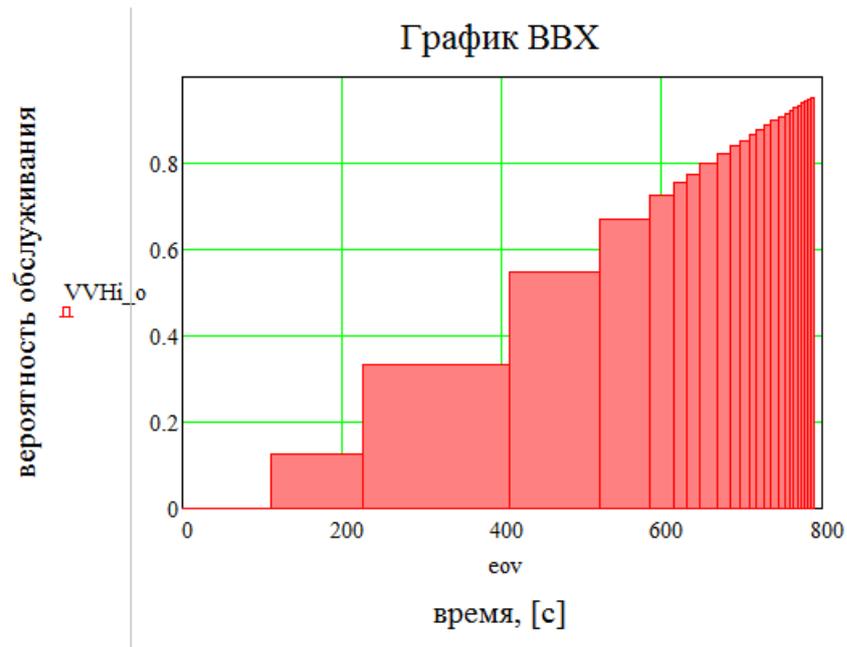


Рисунок 3.23 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,42} = 0,5$

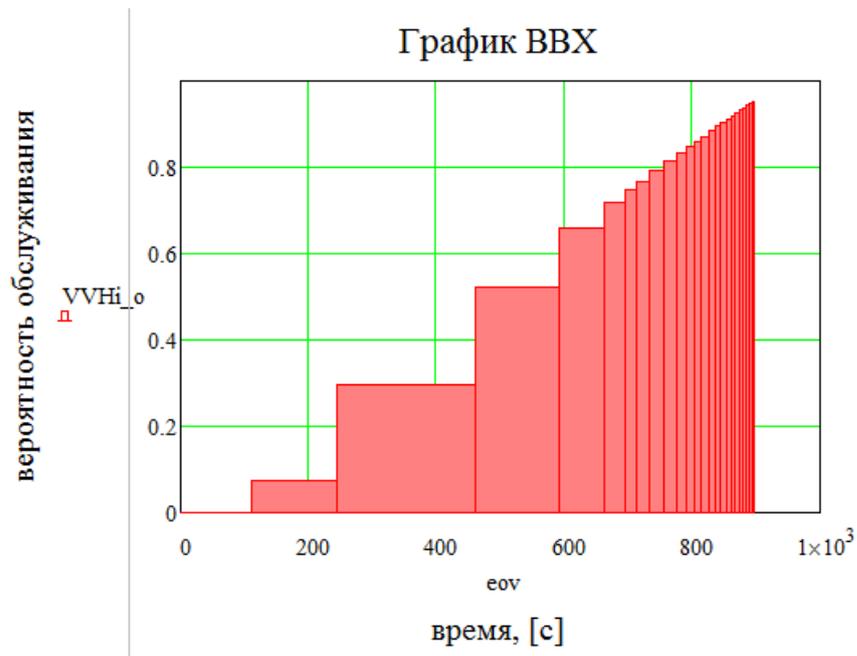


Рисунок 3.24 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,42} = 0,6$

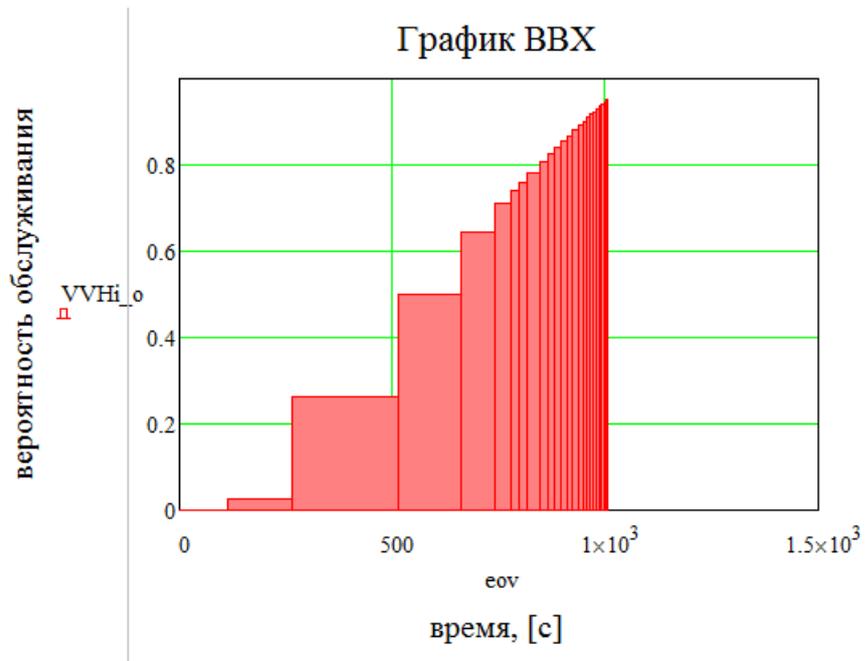


Рисунок 3.25 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,42} = 0,7$

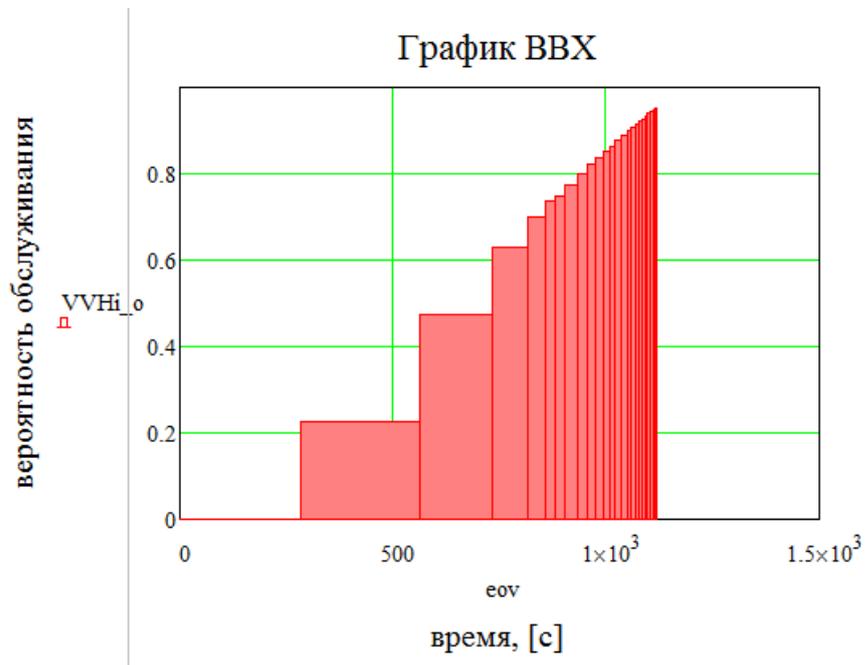


Рисунок 3.26 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,42} = 0,8$

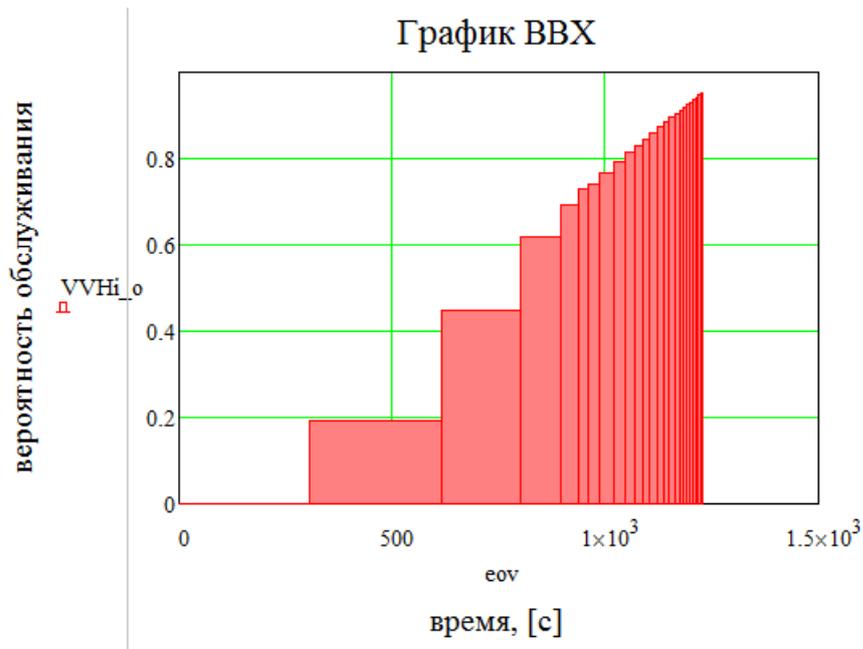


Рисунок 3.27 - ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112

при  $p_{26,42} = 0,9$

В таблице 3.4 приведены сводные данные результатов моделирования процесса представленных на рисунках 3.19-3.27.

Таблица 3.4. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от потребности абонента в предоставлении информации по IVR при вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8

	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

На рисунке 3.28 показан график зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности потребности абонента в предоставлении информации по IVR.

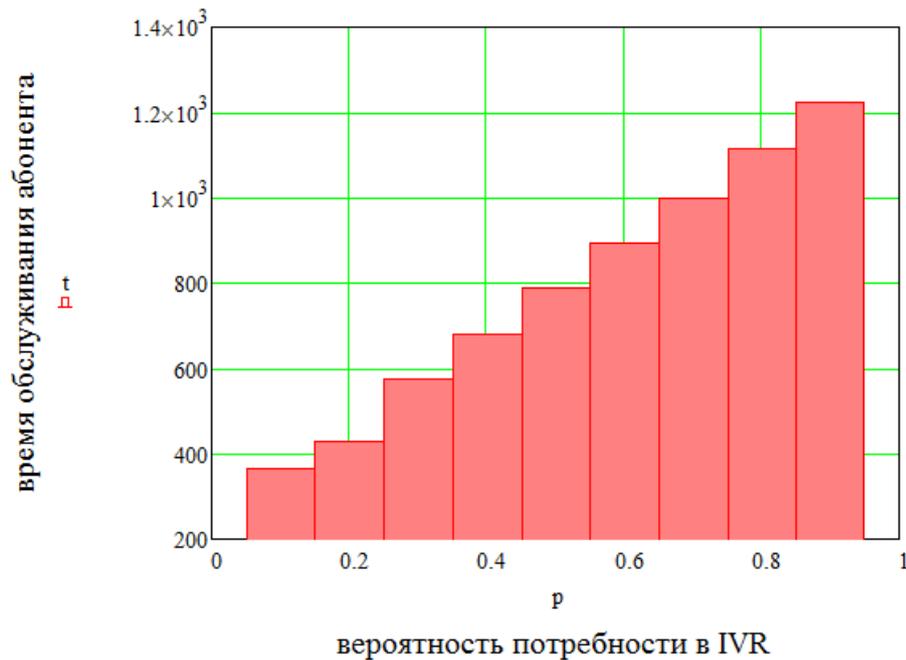


Рисунок 3.28 - График зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности потребности абонента в предоставлении информации по IVR

Приведенные расчеты характеризуют оперативность обслуживания абонента, осуществляющего истинный вызов системой-112 в условиях наличия ложного вызова в зависимости от потребности абонента в предоставлении информации по IVR.

Далее осуществлен расчет зависимости времени обслуживания истинного абонента с вероятностью 0,95 системой-112 (при базовых исходных данных моделирования, приведенных в таблице 3.1) от вероятности потребности обратившегося абонента, осуществляющего ложный вызов в переводчике ( $p_{6,15} = \{0,1; 0,05; 0,9\}$ ). В таблице 3.5 представлены соответствующие расчеты.

Таблица 3.5. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности потребности обратившегося абонента, осуществляющего ложный вызов в переводчике при вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8

	вероятность потребности обратившегося абонента осуществляющего ложный вызов в переводчике		
	0,1	0,5	0,9
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	466,219	471,213	476,206

Следующий расчет посвящен определению зависимости времени обслуживания истинного абонента с вероятностью 0,95 системой-112 (при базовых исходных данных моделирования, приведенных в таблице 3.1) от вероятности умышленного прерывания опроса ложным абонентом (при  $p_{15,17} = p_{15,17} \in [0,1; 0,9]$ ). В таблице 3.6 представлены соответствующие расчеты.

Таблица 3.6. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности умышленного прерывания опроса ложным абонентом при вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8

	вероятности умышленного прерывания опроса ложным абонентом								
	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.]	435,561	440,214	448,873	456,795	471,213	487,451	516,782	569,071	704,233

На рисунке 3.29 показан график зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности умышленного прерывания опроса ложным абонентом.

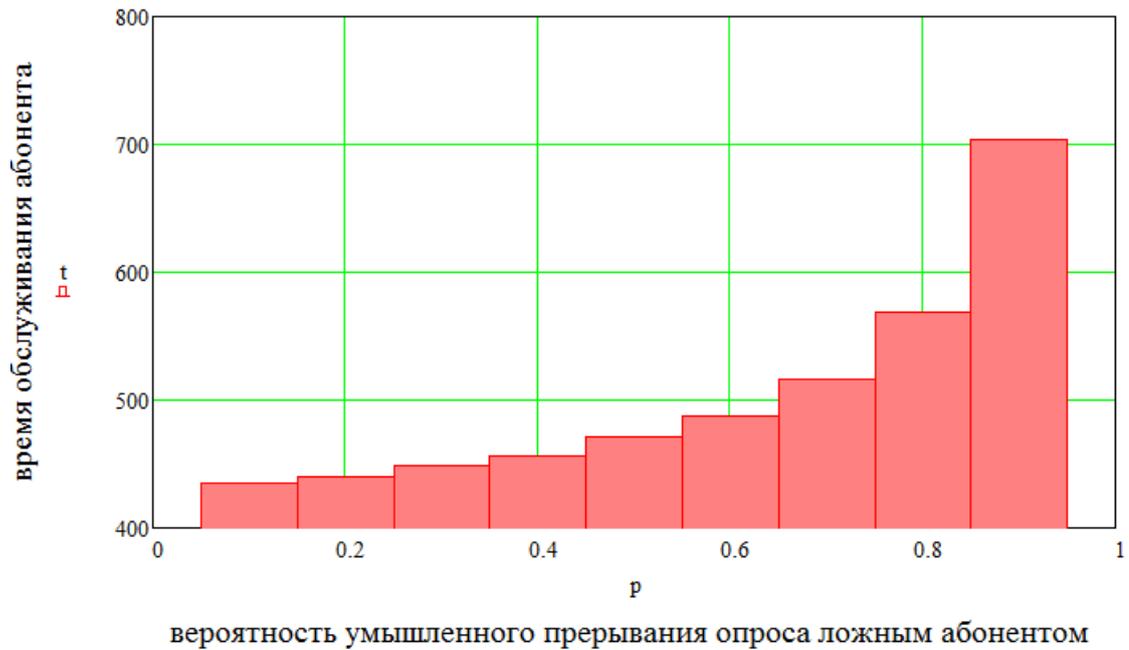


Рисунок 3.29 - График зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятности умышленного прерывания опроса ложным абонентом

Приведенные расчеты характеризуют оперативность обслуживания абонента, осуществляющего истинный вызов системой-112, в условиях наличия ложного вызова в зависимости от вероятности умышленного прерывания опроса ложным абонентом.

Следующий расчет посвящен определению зависимости времени обслуживания истинного абонента с вероятностью 0,95 системой-112 (при базовых исходных данных моделирования, приведенных в таблице 3.1) от вероятности обратного дозвона оператором до ложного абонента (при следующих распределениях вероятностей дозвона  $(p_{18,6}; p_{20,6}; p_{22,6}) = (0,3; 0,6; 0,9); (0,6; 0,9; 0,3); (0,9; 0,3; 0,6)$ ). В таблице 3.7 представлены соответствующие расчеты.

Таблица 3.7. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от вероятностей обратного дозвона (с первого, второго и третьего раза соответственно) до абонента, осуществляющего ложный вызов при вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8

	вероятности дозвона до ложного абонента (с первого, второго и третьего раза, соответственно) - $(P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6})$		
	(0,3; 0,6; 0,9)	(0,6; 0,9; 0,3)	(0,9; 0,3; 0,6)
вариант распределения вероятностей	1	2	3
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	471,213	464,038	460,547
	вероятности дозвона до ложного абонента (с первого, второго и третьего раза, соответственно) - $(P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6})$		
	(0,3; 0,3; 0,3)	(0,6; 0,6; 0,6)	(0,9; 0,9; 0,9)
вариант распределения вероятностей	4	5	6
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	460,297	464,328	460,427

На рисунке 3.30 показан график зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от варианта распределения вероятностей обратного дозвона до ложного абонента.



Рисунок 3.30 - График зависимости времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от варианта распределения вероятностей обратного дозвона до ложного абонента

Расчет характеризуют оперативность обслуживания абонента, осуществляющего истинный вызов системой-112, в условиях наличия ложного вызова в зависимости от распределения вероятностей обратного дозвона до абонента, осуществляющего ложный вызов.

Очередной расчет посвящен определению зависимости времени обслуживания истинного абонента с вероятностью 0,95 системой-112 (при базовых исходных данных моделирования, приведенных в таблице 3.1) от времени третьего обратного дозвона оператором до ложного абонента (при  $\tau_{22,6} = (15 \ 25 \ 35 \ 45 \ 55)$ , [с.]). В таблице 3.8 представлены соответствующие расчеты.

Таблица 3.8. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от времени третьего обратного дозвона до абонента, осуществляющего ложный вызов при вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8

	время третьего обратного дозвона до абонента, осуществляющего ложный вызов, [с.]				
	15	25	35	45	55
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	469,089	469,621	470,151	470,682	471,213

Следующий расчет посвящен определению зависимости времени обслуживания истинного абонента с вероятностью 0,95 системой-112 (при базовых исходных данных моделирования, приведенных в таблице 3.1) от распределения времен обратных дозвонov (первого, второго и третьего) оператором до ложного абонента (при,  $(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6}) = (45; 50; 55); (50; 55; 45); (55; 45; 50)$  [с.]). В таблице 3.9 представлены соответствующие расчеты.

Таблица 3.9. Зависимость времени обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112 от распределения времен обратных дозвонov до абонента, осуществляющего ложный вызов при вероятности наличия вызова от абонента, осуществляющего истинный вызов на уровне 0,8

	времена обратного дозвона до ложного абонента (с первого, второго и третьего раза, соответственно) - $(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6})$		
	(15; 35; 55)	(35; 55; 15)	(55; 15; 35)
вариант распределения времен	1	2	3
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	467,85	468,879	467,628

	времена обратного дозвона до ложного абонента (с первого, второго и третьего раза, соответственно) - $(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6})$		
	(15; 15; 15)	(35; 35; 35)	(55; 55; 55)
вариант распределения времен	4	5	6
время обслуживания абонента с вероятностью 0,95 системой-112, [с.]	463,904	468,119	472,334

Таким образом, осуществлен расчет ВВХ процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова ЭОС по единому номеру «112» в условиях ложного вызова.

### 3.4 Рекомендации по использованию результатов исследования

#### Анализ результатов моделирования.

Для наглядности представления полученных данных моделирования на рисунке 3.31 представлен сводный график ВВХ обслуживания абонента (с вероятностью 0,95) на котором:

- красным цветом значится зависимость времени обслуживания абонента от вероятности наличия истинного вызова;
- синим - зависимость времени обслуживания абонента от вероятности потребности абонента в консультации оператором-консультантом;
- зеленым - зависимость времени обслуживания абонента от вероятности потребности абонента в получении информации от IVR;
- розовым - зависимость времени обслуживания абонента от вероятности потребности абонента, осуществляющий ложный вызов в переводчике;

- голубым - зависимость времени обслуживания абонента от вероятности умышленного прерывания опроса абонентом, осуществляющим ложный вызов.

Причем графики ВВХ синего, зеленого, розового и голубого цвета соответствуют вероятности наличия истинного вызова на уровни 0,8.

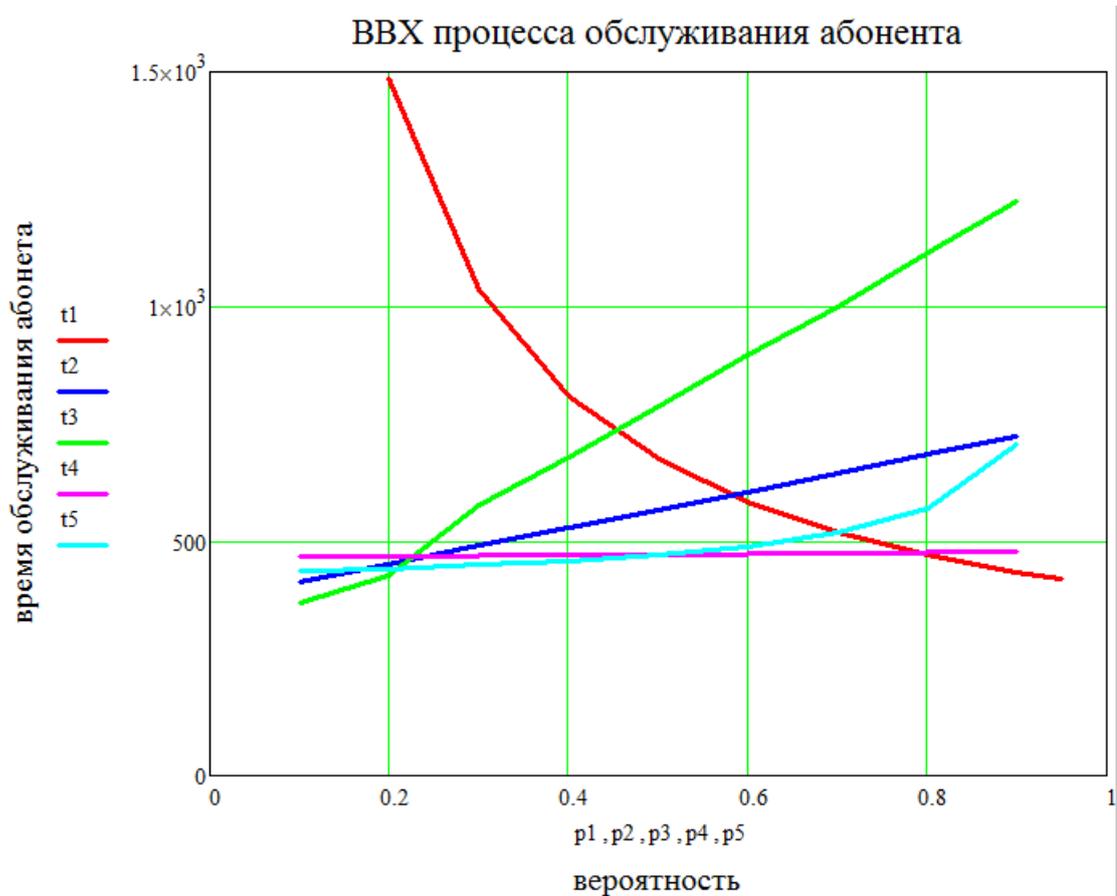
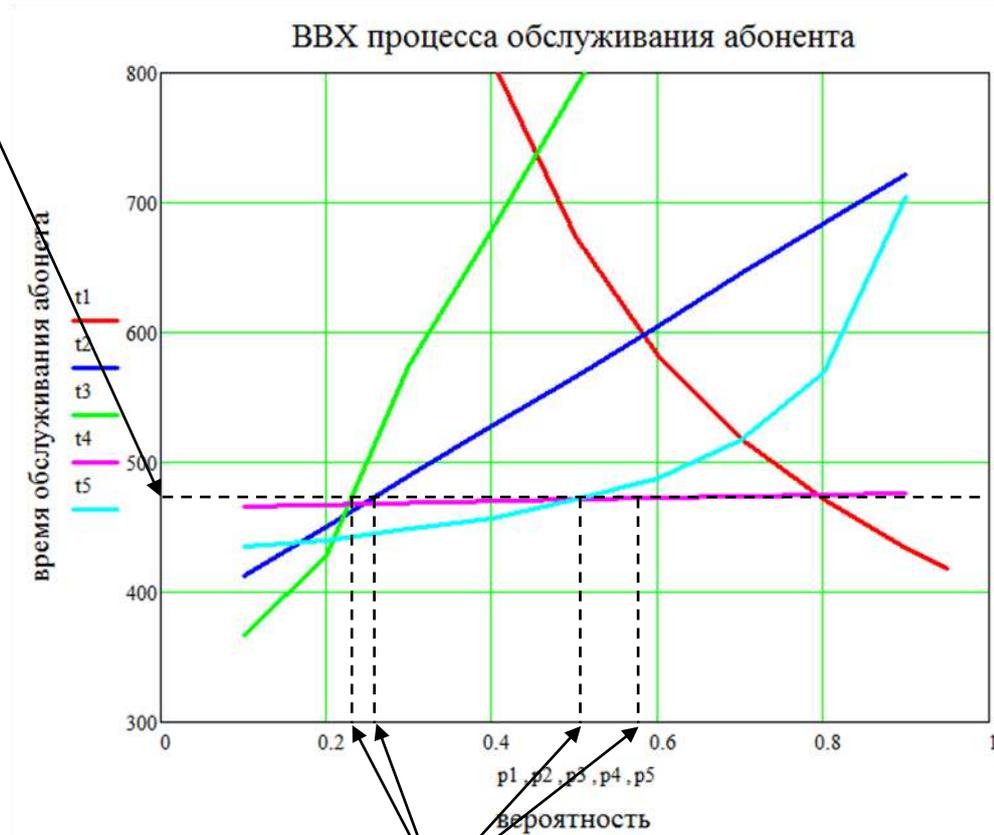


Рисунок 3.31 – Сводный график ВВХ процесса обслуживания абонента системой-112 при различных исходных данных моделирования

Для улучшения визуализации представленных данных, на рисунке 3.32 представлены графики ВВХ в увеличенном масштабе диапазона времени (300 - 800 секунд).

$t_{обсл}^{зад.}$  - гарантированное (с вероятностью 0,95) заданное (заказчиком) время обслуживания истинного абонента при вероятности наличия ложного вызова 0,2



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

Рисунок 3.32 - Сводный график ВВХ обслуживания абонента в увеличенном масштабе

На базе сводных графиков ВВХ, возможно определить регулируемые параметры модели, обеспечивающие выполнения требования по обеспечению заданного времени обслуживания истинного абонента  $t_{обсл}^{зад.}$  при фиксированной вероятности ложного вызова. Для большей наглядности, это можно сделать и графическим способом (рисунок 3.32):

1. задать гарантированное (с определенной вероятностью) заданное (например, заказчиком) время обслуживания истинного абонента при фикси-

рованной вероятности наличия ложного вызова, из этой точки провести прямую, параллельную оси  $X$ , до пересечения со всеми графиками функций;

2. в местах пересечения графиков функций, опустить перпендикуляры к оси  $X$  и зафиксировать полученные соответствующие значения РПМ ( $P_{26,42}; P_{26,27}; P_{15,17}; P_{6,15}$ ) (полученные значения РПМ будут обеспечивать предъявляемые требования);

3. сопоставить найденным значениям РПМ физические параметры исследуемого процесса.

Таким образом, возможно, определить границы физических параметров процесса, в которых обеспечиваются предъявляемые требования.

Далее представлен подход по выявлению сочетания вероятности и времени обратных дозвонov до ложного абонента, обеспечивающего, экстремум оперативности обслуживания истинного абонента. В таблицах 3.10-3.12 приведены соответствующие данные моделирования.

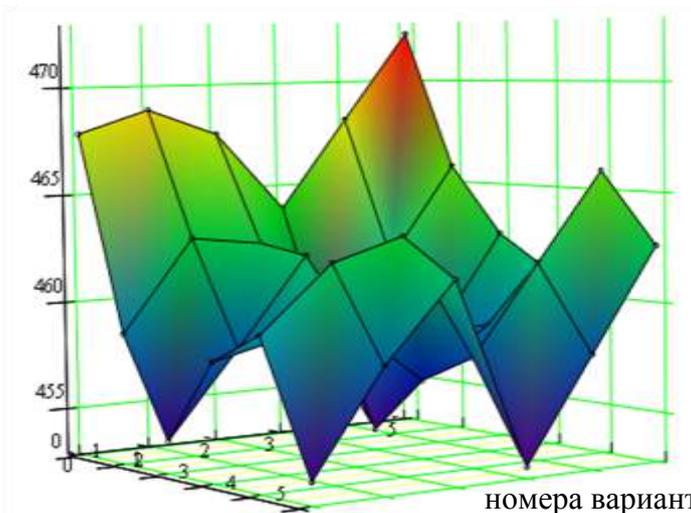
В таблице 3.10 представлен расчет времен обслуживания истинного абонента ситемой-112 с вероятностью 0,95 при наличии истинного вызова на уровне 0,8 в зависимости от вариантов распределения времен и вероятностей обратных дозвонov до ложного абонента.

На рисунке 3.33 показан график поверхности описывающий ВВХ обслуживания истинного абонента ситемой-112 в зависимости от вариантов распределения времен и вероятностей обратных дозвонov до абонента, осуществляющего ложный вызов.

Таблица 3.10 Времена обслуживания абонента в зависимости от вариантов распределения времен и вероятностей обратного дозвона до ложного абонента

	распределения времен обратных дозвонov								
	$(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6})$	(15;35;55)	(35;55;15)	(55;15;35)	(15;15;15)	(35;35;35)			(55;55;55)
№ вар.	1	2	3	4	5	6			
время обслуживания абонента, [с.]	467,85	468,879	467,628	463,904	468,119	472,334	1	(0,3;0,6;0,9)	распределение вероятностей обратных дозвонov
	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.	$(P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6})$	

время обслуживания истинного абонента, [с.]



номера вариантов распределения вероятностей обратных дозвонov

номера вариантов распределения времен обратных дозвонov

Рисунок 3.33 – График поверхности ВВХ обслуживания абонента в зависимости от распределений времен и вероятностей обратных дозвонov до ложного абонента

В таблице 3.11 представлен расчет времен обслуживания истинного абонента ситемой-112 с вероятностью 0,95 при наличии истинного вызова на уровне 0,6 в зависимости от вариантов распределения времен и вероятностей обратных дозвонov до ложного абонента.

Таблица 3.11 Времена обслуживания абонента

$(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6})$	распределения времен обратных дозвонov								
	(15;35;55)	(35;55;15)	(55;15;35)	(15;15;15)	(35;35;35)	(55;55;55)			
№ вар.	1	2	3	4	5	6	1	(0,3;0,6;0,9)	распределение вероятностей обратных дозвонov
время обслуживания абонента, [с.]	573,131	575,863	572,363	564,994	573,786	585,607	1	(0,3;0,6;0,9)	
	545,849	557,375	556,131	541,157	553,118	565,08	2	(0,6;0,9;0,3)	
	532,159	542,607	553,598	530,774	542,808	554,842	3	(0,9;0,3;0,6)	
	546,95	549,055	549,323	542,21	548,443	554,675	4	(0,3;0,3;0,3)	
	548,042	555,815	558,432	542,955	554,097	565,238	5	(0,6;0,6;0,6)	
	531,247	543,579	552,856	529,894	542,561	555,227	6	(0,9;0,9;0,9)	
							№ вар.	$(P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6})$	

На рисунке 3.34 показан график поверхности описывающий ВВХ обслуживания истинного абонента ситемой-112 при наличии истинного вызова на уровне 0,6 в зависимости от вариантов распределения времен и вероятностей обратных дозвонov до ложного абонента.

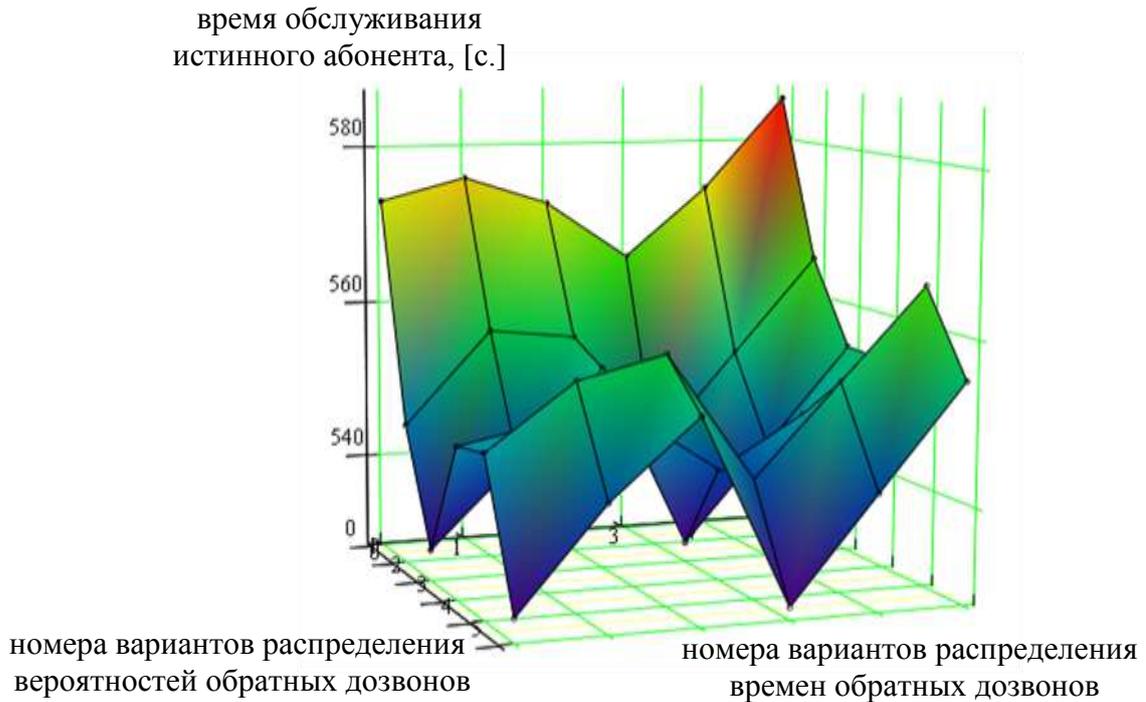


Рисунок 3.34 – График поверхности ВВХ обслуживания абонента

Теперь предположим, что злоумышленник будет осуществлять умышленное завершение вызова, только один раз, но на каком дозвоне и когда, известно лишь с определенной вероятностью. Данный случай моделируется заданием следующих распределений РПМ  $(p_{18,6}; p_{20,6}; p_{22,6})$  и  $(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6})$ . Предположим что ни таковы:

$$(p_{18,6}; p_{20,6}; p_{22,6}) = (15; 35; 55), (35; 55; 15), (55; 15; 35), (15; 15; 15), (35; 35; 35), (55; 55; 55);$$

$$(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6}) = (0,9; 0,05; 0,05), (0,05; 0,9; 0,05), (0,05; 0,05; 0,9).$$

В таблице 3.12 представлен расчет времен обслуживания истинного абонента ситемой-112 с вероятностью 0,95 при наличии истинного вызова на уровне 0,8 в зависимости от приведенных распределений.

Таблица 3.12 Времена обслуживания абонента

	распределения времен обратных дозвонov								
	$(\tau_{18,6}; \tau_{20,6}; \tau_{22,6})$	(15;35;55)	(35;55;15)	(55;15;35)	(15;15;15)	(35;35;35)			
№ вар.	1	2	3	4	5	6			
время обслуживания абонента, [с.]	451,824	455,7	459,571	451,764	455,698	459,633	1	(0,9;0,05;0,05)	Распределение вероятностей обратных дозвонov
	463,348	467,048	460,218	459,782	463,638	467,294	2	(0,05;0,9;0,05)	
	476,691	470,778	473,761	470,193	473,743	477,294	3	(0,05;0,05;0,9)	
							№ вар.	$(P_{18,6}; P_{20,6}; P_{22,6})$	

На рисунке 3.35 показан график поверхности описывающий ВВХ обслуживания истинного абонента ситемой-112 при наличии истинного вызова на уровне 0,8 в зависимости от вариантов распределения времен и вероятностей обратных дозвонov до ложного абонента, приведенных в таблице 3.12.

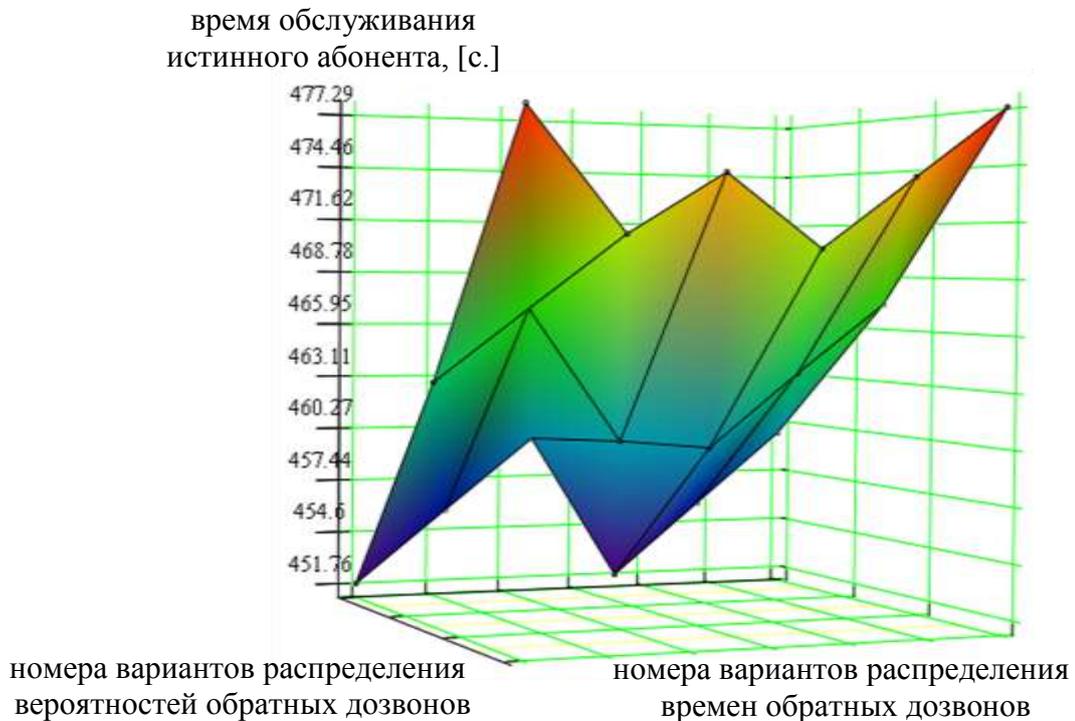


Рисунок 3.35 – График поверхности ВВХ обслуживания абонента

По представленным поверхностям легко выявить сочетания времен и вероятностей обратных дозвонov, обеспечивающих максимум или минимум времени обслуживания истинного абонента системой-112.

Введем следующее допущение.

**Допущение 7.** Предположим, что цель злоумышленника увеличить время обслуживания истинного абонента – понизить оперативность его обслуживания системой-112.

На базе представленных результатов моделирования выявлены следующие зависимости гарантированного времени обслуживания истинного абонента системой-112 от различных факторов.

Так, например, анализ зависимостей гарантированных ( $P_{обсл}^{(треб)}=0,95$ ) времен обслуживания истинного абонента системой-112 при вероятности наличия истинного вызова 0,8 от вероятности:

- потребности абонента в консультации оператором-консультантом (таблица 3.3);
  - потребности абонента в предоставлении информации по IVR (таблица 3.4);
  - потребности ложного абонента в переводчике при  $p_{0,1}=0,8$  (таблица 3.5);
  - умышленного прерывания опроса ложным абонентом (таблица 3.6),
- показал:

максимальная зависимость (увеличения времени обслуживания) наблюдается от потребности абонента в предоставлении информации по IVR (при увеличении вероятности потребности абонента в предоставлении информации по IVR на 0,8 время обслуживания увеличивается на 858,159, [с.]), менее сильная зависимость наблюдается от потребности абонента в консультации оператором-консультантом (при увеличении вероятности потребности абонента в консультации оператором-консультантом на 0,8 время обслуживания увеличивается на 309,26, [с.]) и от умышленного прерывания опроса ложным абонентом (при увеличении вероятности умышленного прерывания опроса ложным абонентом на 0,8 время обслуживания увеличивается на 270,662,

[с.]), а наименьшая зависимость от потребности ложного абонента в переводчике (при увеличении вероятности потребности ложного абонента в переводчике на 0,8 время обслуживания увеличивается на 9,987, [с.]).

Анализ зависимости гарантированного ( $P_{обсл}^{(трѐб)}=0,95$ ) времени обслуживания истинного абонента системой-112 от вероятности наличия ложного (таблица 3.2) вызова показал: при увеличении вероятности ложного вызова с 0,05 до 0,5 время обслуживания истинного абонента увеличивается на 256,168, [с.]).

Анализ зависимостей гарантированных ( $P_{обсл}^{(трѐб)}=0,95$ ) времен обслуживания истинного абонента системой-112 от распределений вероятностей и времен обратных дозвонov до абонента, осуществляющего ложный вызов (данные таблиц 3.7-3.12) показал: чем больше вероятность наличия ложного вызова, тем больше разница между минимальными и максимальными временами обслуживания истинного абонента для постоянных распределений вероятностей обратного дозвона.

Таким образом, проведен анализ данных полученных в результате моделирования, выявлены закономерности его поведения, на базе этого возможно выработать научно-обоснованные рекомендации по повышению оперативности обслуживания абонента системой-112 в условиях ложных вызовов.

На базе представленного анализа полученных результатов моделирования были сформированы следующие рекомендации по использованию результатов исследования, направленные на повышение оперативности обслуживания абонента системой-112 в условиях ложных вызовов.

Алгоритм должен быть адаптивным и в зависимости от уровня ложных вызовов настраивать свои регулируемые параметры, обеспечивающие повышения оперативности (уменьшения гарантированного времени) обслуживания истинного абонента.

Регулируемыми параметрами алгоритма предлагается сделать:

- время ожидания обратившегося абонента ответа оператора системы-112;
- время ожидание обратившегося абонента начала опроса оператора системы-112;
- время предоставления информации абоненту оператором системы-112;
- время ожидание обратившегося абонента начала опроса оператором-переводчиком;
- время предоставления информации абоненту оператором-переводчиком;
- время ожидание обратившегося абонента начала опроса оператора ДДС;
- время предоставления информации абоненту оператором ДДС;
- время ожидания обратившегося абонента ответа оператора-консультанта;
- время предоставления информации абоненту оператором-консультантом;
- время ожидания обратившегося абонента ответа оператора-психолога;
- время предоставления информации абоненту оператором-психологом;
- время ожидания обратившегося абонента предоставления информации подсистемой IVR;
- время предоставления информации абоненту подсистемой IVR;
- количество обратных дозвонів оператором;

- время инициализации обратного звонка оператором;
- время ожидания оператором ответа абонента при обратном звонке;

Также целесообразно реализовать возможность отключения следующих функций предоставления информации абоненту:

- оператором-консультантом;
- оператором-психологом;
- подсистемой IVR.

Модель и методика позволяют осуществлять моделирование процесса обслуживания абонента с регулированием параметров алгоритма обслуживания, расчет оперативности показал: снижения гарантированного времени обслуживания составляет от 9 до 18%, в зависимости от уровня противодействия.

### **Выводы по разделу**

Описаны исходные данные моделирования процесса в терминах регулируемых параметров разработанной модели исследуемого процесса.

Сформированы переходные вероятности и шаги перехода полумарковской цепи, описывающей процесс обслуживания абонента системой-112 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 и ее блок-схема.

Определены базовые исходные данные моделирования.

Осуществлены расчет вероятностно-временных характеристик процесса обслуживания абонента системой -112 в условиях ложного вызова при различных исходных данных моделирования.

Проведен анализ полученных данных и выявлены закономерности поведения исследуемого процесса.

Сформированы рекомендации по повышению оперативности обслуживания абонента системой-112 в условиях ложного вызова.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации поставлена и решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата 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 чрезвычайной ситуации.

В настоящее время в системе-112 наблюдается тенденции увеличения объемов передаваемой и запрашиваемой информации абонентами, количества вызовов на иностранном языке, количества вызовов с не полностью выраженной заявкой о происшествии, количества ложных вызовов. Все это предопределяет, в неиндефинитный период, внешние условия функционирования системы-112 в виде повышения загруженности, неопределенности и противодействия.

Поэтому задача разработки соответствующего научно-методического аппарата является актуальной.

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.

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.

На базе математической модели и методики сформирована многоэтапная расчетная схема (блок-схема) повышения оперативности процесса обслуживания абонента системой-112.

На базе модели и методики были разработаны рекомендации по разработке адаптивного алгоритма обслуживания абонента системой-112, функционирующего в условиях ложного вызова и отсутствия или не полностью выраженной заявки о происшествии или чрезвычайной ситуации.

Доработка относится к математическому (алгоритмическому и программному) обеспечению системы-112.

Для различных исходных данных, описывающих наличие ложного вызова и не полностью выраженной заявки о происшествии, проведен расчет вероятностно-временных и временных характеристик процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

Повышение оперативности обслуживания абонента (снижения гарантированного времени обслуживания) достигается за счет использования регулируемых параметров алгоритма обслуживания абонента, настраиваемых с учетом имеющегося уровня противодействия и неопределенности и составляет 9%.

Достоверность разработанной модели и методики подтверждена 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.

Результаты диссертационной работы внедрены в организациях промышленности и научно-исследовательскими институтами при обосновании регулируемых параметров протоколов взаимодействия различного уровня в радиосетях оповещения.

Результаты работы 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 СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АРМ	-	автоматизированное рабочее место
АСУ	-	автоматизированная система управления
ВВУ	-	вероятностно-временной уклон
ВВХ	-	вероятностно-временные характеристики
ВХ	-	временные характеристики
ГСП	-	граф состояний и переходов
ДДС	-	дежурно-диспетчерская служба
ДМ	-	дисперсионная матрица
ЕДДС	-	единая дежурно-диспетчерская служба
КМЦ	-	конечная марковская цепь
КППЦ	-	конечная полумарковская поглощающая цепь
МД	-	матрица доходов
МО	-	математическое ожидание
МПВ	-	матрица переходных вероятностей
МШП	-	матрица шагов перехода
НМА	-	научно-методический аппарат
ПВ	-	переходная вероятность
РКПЦ	-	регулярная конечная полумарковская цепь
РПМ	-	регулируемый параметр модели
РЦОВ	-	районный центр обработки вызовов
СКО	-	среднее квадратическое отклонение
УКИО	-	унифицированная карточка информационного обмена
УКЧ	-	уравнение Колмогорова-Чепмена
УОВ	-	узел обслуживания вызовов
ФМ	-	фундаментальная матрица
ЦОВ	-	центр обработки вызовов

ШП	-	шаг перехода
ЭОС	-	экстренная оперативная служба
ЭТД	-	эксплуатационно-техническая документация
E1	-	стандарт цифровой передачи данных
IMEI	-	international mobile equipment identity (уникальный код мобильного устройства)
IVR	-	голосовой интерактивный автоответчик
SIM	-	subscriber identification module (модуль идентификации абонента)
SIP	-	session initiation protocol (протокол установления сеанса)
VPN	-	virtual private network (виртуальная частотная сеть)

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Азаров Г.И. Способы повышения оперативности передачи информации в системах управления и связи: Монография / Азаров Г.И. – М: Академия ГПС МЧС России, 2012. - 150 с.
2. Азаров Г.И. Теоретические основы анализа оперативности передачи информации в системах управления и связи: Монография / Азаров Г.И. – М: Академия ГПС МЧС России, 2012. - 62 с.
3. Андреев В.Н., Иоффе А.Я. Эти замечательные цепи. – М.: Знание, 1987. – 176 с., ил.
4. Баруча-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. Перевод с англ. В.В. Калашникова. – М.: «Наука», 1969. – 512 с.
5. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. Учебное пособие.- М.: наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 / - 600 с.
6. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. Пер. с англ. Н.М. Митрофановой, А.А. Первозванского, А.П. Хусу, О.В. Шалаевского. Под ред. А.А. Первозванского. Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. – М.: 1965. – 457 с.
7. Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е., Немчилов А.В., Чаплыгин А.А. Пространственные и вероятностно-временные характеристики эффективности станций ответных помех при подавлении систем радиосвязи./ Под ред. В.И.Борисова. – М.: РадиоСофт, 2008. – 362 с.
8. Боровков А.А. Курс теории вероятностей. - М.: Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1972 г. – 288 с.
9. Браун Р., Мэзон Р., Фламгольц Э. и др. Исследование операций: В 2-х томах. Модели и применения. / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. Пер. с англ. по ред. чл.-корр. АН СССР И.М. Макарова, д-ра техн.наук И.М. Бескровного – М.: Издательство «Мир», 1981. Т. 2. 677 с., ил.
10. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по тео-

рии сложных систем. М., Изд-во «Советское радио», 1973, 440 с.

11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Учебник для студентов вузов. – 10 изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 576 с.

12. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения, – М.: «Наука», 1991, – 384 с., ил.

13. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине (издательство второе). Пер. с англ. И.В. Соловьева, Г.Н. Поварова. Под ред. Г.Н. Поварова. Издательство «Наука». Главная редакция изданий для зарубежных стран. – М.: 1983. – 340 с.

14. Власов Д.С. Задачи построения системы обеспечения информационной безопасности типового объекта МЧС России // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей V международной научно-технической и научно-методической конференции. 2016. С.281-285.

15. Воронин А.А., Ростовцев Ю.Г., Цыбрин В.Г. Основы построения систем передачи данных. / Военный инженерный Краснознаменный институт имени А.Ф. Можайского/ - г. Ленинград, 1978.

16. ГОСТ 34.602-2020 «Техническое задание на создание автоматизированной системы». Приказ Росстандарта от 19.11.2021 года №1522-ст.

17. ГОСТ 59853-2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения». Приказ Росстандарта от 19.11.2021 года №1520-ст.

18. ГОСТ Р 22.2.06-2016. Национальный стандарт РФ. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

19. ГОСТ Р 53801-2010. Связь федеральная. Термины и определения. СПб.: ФГУП Ленинградский отраслевой НИИ связи (ФГУП «ЛОНИС»).

20. ГОСТ Р 59793-2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания». Приказ Росстандарта от 25.10.2021 года №1285-ст.

21. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19762-4-2011 Информационные технологии.

Технологии автоматической идентификации и сбора данных (АИСД). Гармонизированный словарь часть 4. Общие термины в области радиосвязи. – М. : Стандартинформ, 2012. – 32 с.

22. ГОСТ Р МЭК 61165-2019. Надежность в технике. Применение марковских методов. Национальный стандарт Российской Федерации. 12.01.2019 года.

23. Григорьев В.Н. Обеспечение национальной безопасности Российской Федерации в сфере деятельности МЧС России // Технологии гражданской безопасности. 2021. №4 (70) С.90-96.

24. Гриняев С.Н., Мареев П.Л., Медведев Д.А. Национальная безопасность России: сущность, виды, понятийный аппарат / Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – М.: АНО ЦСОиП, 2021. 172 с.

25. Девришбеков, М.Ш. Эффективность информационной поддержки принятия решений в МЧС России [Электронный ресурс] / М. Ш. Девришбеков // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". – 2016. – Вып. 5(69). – Режим доступа : <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2016-5/2016-5.html>.

26. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 5 декабря 2016 г. №646.

27. Дынкин Е.Б. Основания теории марковских процессов. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. - 227 с.

28. Единые технические требования к объектам общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей (ОКСИОН), в том числе к современным техническим средствам информирования и оповещения населения, г. Москва 2013 г.

29. Емельянов Г.А., Шварцман В.О. Передача дискретной информации: Учебник для вузов.- М: Радио и связь, 1982. - 240 с.

30. 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 // Проектирование и технология электронных средств : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2023. – № 1. – С. 41–47. – ISSN 2071–9809.

31. 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 // Проектирование и технология электронных средств : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2023. – № 2. – С. 52–57. – ISSN 2071–9809.

32. Иванов, И. Б. Регулярные конечные марковские цепи, описывающие процесс доведения сообщения объекту управления критической инфраструктуры по радиоканалу управления автоматизированной системы управления в условиях энергетического и информационного воздействия [Текст] / М. Ю. Попов, Е. В. Калганов, Н. В. Попова, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов // Проектирование и технология электронных средств : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2023. – № 1. – С. 16–23. – ISSN 2071–9809.

33. 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 // Проектирование и технология электронных средств : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2023. – № 2. – С. 12–20. – ISSN 2071–9809.

34. Иванов, И. Б. Методика определения ВВХ процесса работы оператора автоматизированного рабочего места АСУ критической инфраструктуры на базе непрерывного марковского процесса [Текст] / М. Ю. Попов, В. Б. Девятяров, П. К. Калач, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // Доклады 25-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. XXV.,– С. 21–26. – ISBN 978-5-905278-53-2.

35. Иванов, И. Б. Моделирование процесса работы оператора автоматизированного рабочего места АСУ критической инфраструктуры на базе непрерывного марковского процесса, заданного матрицей переходных вероятностей [Текст] / М. Ю. Попов, О. Е. Слободсков, Е. В. Калганов, Р. В. Попов, И. Б. Иванов // Доклады 25-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. - Вып. XXV.,– С. 27–32. – ISBN 978-5-905278-53-2.

36. Иванов, И. Б. Моделирование процесса работы оператора автоматизированного рабочего места АСУ критической инфраструктуры на базе непрерывного марковского процесса, заданного матрицей интенсивностей [Текст] / М. Ю. Попов, Е. В. Калганов, Д. А. Киреев, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // Доклады 25-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. - Вып. XXV.,– С. 62–67. – ISBN 978-5-905278-53-2.

37. Иванов, И. Б. Описание регулируемых параметров модели, созданной на базе полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» [Текст] / М. Ю. Попов, С. С. Чайков, Н. В. Попова, С. А. Кравец, И. Б. Иванов // Доклады 25-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. - Вып. XXV.,– С. 51–55. – ISBN 978-5-905278-53-2.

38. 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 «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023); Се-

рия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. - Вып. XXV.,– С. 56–61. – ISBN 978-5-905278-53-2.

39. Иванов, И. Б. Определение матриц переходных вероятностей и шагов перехода полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» [Текст] / М. Ю. Попов, С. С. Чайков, П. С. Смородов, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // Доклады 25-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. - Вып. XXV.,– С. 45–50. – ISBN 978-5-905278-53-2.

40. 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 «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2023); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023 - Вып. XXV.,– С. 39–44. – ISBN 978-5-905278-53-2.

41. 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) «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий» (РЕУС-ИТ 2023) ; Доклады ; Серия: науч. конф. посвящ. Дню радио / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. LXXVIII.,– С. 185–189. – ISBN 978-5-905278-54-9.

42. 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. Девятяров, Р. В. Попов, И. Б. Иванов, Н. В. Попова // Всероссийская конференция (с международным участием) «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий» (РЕУС-ИТ 2023) ; Доклады ; Серия: науч. конф. посвящ. Дню радио / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. LXXVIII.,– С. 170–174. – ISBN 978-5-905278-54-9.

43. Иванов, И. Б. Формирование переходных вероятностей и шагов перехода полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в терминах Mathcad [Текст] / М. Ю. Попов, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов, Н. В. Попова, Е. А. Кононыхина // Всероссийская конференция (с международным участием) «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий» (РЕУС-ИТ 2023) ; Доклады ; Серия: науч. конф. посвящ. Дню радио / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. LXXVIII.,– С. 158–163. – ISBN 978-5-905278-54-9.

44. Иванов И. Б. Математическая постановка задачи повышения оперативности обслуживания абонента системой-112 в условиях ложного вызова [Текст] / И. Б. Иванов // Всероссийская конференция «Современные технологии обработки сигналов» (СТОС-2023) ; Доклады ; Серия: научные всероссийские конференции / Рос. Науч.-техн. Общ. Радиотехн., электрон. И связи им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. IV.,– С. 27–31. – ISBN 978-5-905278-55-6.

45. Иванов, И. Б. Программа расчета численных характеристик поглощающей конечной полумарковской цепи на базе языка программирования C++ в среде Visual studio [Текст] / М. Ю. Попов, В. Б. Девятяров, И. Б. Иванов, Д. А. Киреев, И. А. Харитонов // Всероссийская конференция «Современные технологии обработки сигналов» (СТОС-2023) ; Доклады ; Серия: научные всероссийские конференции / Рос. Науч.-техн. Общ. Радиотехн.,

электрон. И связи им. А.С. Попова. – М., 2023. – Вып. IV.,– С. 42–47. – ISBN 978-5-905278-55-6.

46. Иванов, И. Б. Определение показателей динамики процесса обслуживания абонента системой-112 в условиях ложного вызова [текст] / М. Ю. Попов, В. Б. Девятияров, И. Б. Иванов, Д. А. Киреев, Я. К. Торбенко // Доклады 26-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» - DSPA-2024. Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2024. - Вып. XXVI.,– С. 264–269.

47. 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. Илюшенко, И. Б. Иванов, Р. В. Попов, Н. В. Попова // Доклады 26-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» - DSPA-2024. Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2024. - Вып. XXVI.,– С. 270–275.

48. Иванов, И. Б. Моделирование процесса обслуживания абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб [Текст] / М. Ю. Попов, О. Е. Слободсков, Р. В. Попов, И. Б. Иванов // Всероссийская конференция (с международным участием) «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий» (РЕУС- ИТ 2024) ; Доклады ; Серия: науч. конф. посвящ. Дню радио / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М., 2024. – Вып. LXXIX.,– С. 134–139. – ISBN 978-5-905278-58-7.

49. Иванов, И. Б. Особенности поиска сигнала сообщения широкополосным многоканальным приемником объекта критической инфраструктуры в условиях воздействия [Текст] / М. Ю. Попов, В. В. Илющенко, О. Е. Слободсков, Р. В. Попов, И. Б. Иванов // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXI Рос. межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация

«Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2022. – С. 61–67.

50. Иванов, И. Б. Описания управления объектом критической инфраструктуры по радиоканалу с учетом работы комплекса технических средств АСУ в условиях противодействия [Текст] / М. Ю. Попов, В. В. Илющенко, В. Б. Девятияров, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXI Рос. межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2022. – С. 54–60.

51. 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 / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2022. – С. 68–74.

52. Иванов, И. Б. Определение полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб в терминах переходных вероятностей и шагов перехода [Текст] / М. Ю. Попов, Е. В. Калганов, Н. В. Попова, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXII Рос. Межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Ка-

лужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Носфера», 2023. – С. 126–131.

53. Иванов, И. Б. Определение матриц переходных вероятностей и шагов перехода полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб [Текст] / М. Ю. Попов, О. Е. Слободсков, Н. В. Попова, И. Б. Иванов, Я. К. Торбенко // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXII Рос. Межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Носфера», 2023. – С. 132–137.

54. Иванов, И. Б. Описание регулируемых параметров модели, созданной на базе полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб [Текст] / М. Ю. Попов, Р. В. Попов, И. Б. Иванов, Я. К. Торбенко, Н. В. Попова // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXII Рос. Межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Носфера», 2023. – С. 138–143.

55. Иванов, И. Б. Определение вероятностно-временных и временных характеристик обслуживания вызова экстренных оперативных служб абонентом [Текст] / С. Г. Кабанович, М. Ю. Попов, Н. В. Попова, И. Б. Иванов, В. В. Слепцов // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXII Рос. Межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радио-

строения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2023. – С. 144–150.

56. Иванов, И. Б. Описание исходных данных моделирования процесса обслуживания оператором системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб обратившегося абонента [Текст] / М. Ю. Попов, В. Б. Девятияров, Р. В. Попов, И. Б. Иванов, Н. В. Попова // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXII Рос. Межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2023. – С. 151–156.

57. Иванов, И. Б. Формирование переходных вероятностей и шагов перехода полумарковской цепи, описывающей действия оператора системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб в терминах Mathcad [Текст] / М. Ю. Попов, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов, Н. В. Попова, С. И. Колотушкин // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXII Рос. Межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2023. – С. 157–163.

58. Иванов, И. Б. Методика определения вероятностно-временных характеристик процесса обслуживания вызова абонента системой обеспечения вызова экстренных оперативных служб [Текст] / М. Ю. Попов, О. Е. Слободсков, Е. В. Калганов, Н. В. Попова, И. Б. Иванов // Новые информационные технологии в системах связи и управления : Тр. XXII Рос. Межведомственная НТК / М-во промышленности и торговли Рос. Федерации, Государственная корпорация «Ростех», АО «Объединенная приборостроительная корпорация», АО «Концерн радиостроения «Вега», АО «Калужский НИИ телемеханических устройств». – Калуга: Изд-во. ООО «Ноосфера», 2023. – С. 164–167.

59. Иванов, И. Б. Описание переходных вероятностей и шагов перехода полумарковской цепи, описывающей обслуживания абонента системой «112» [Текст] / В.А. Цимбал, М.Ю. Попов, И.Б. Иванов, Я.К. Торбенко // Тр. XLII Всерос. НТК «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» / Фил. Воен. акад. РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов Моск. обл.). – Серпухов, 2023. – Ч. 7. – С. 161–165.

60. Иванов, И. Б. Регулируемые параметры модели, описывающей процесс обслуживания абонента системой «112» [Текст] / М. Ю. Попов, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов, Н. В. Попова // Тр. XLII Всерос. НТК «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» / Фил. Воен. акад. РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов Моск. обл.). – Серпухов, 2023. – Ч. 7. – С. 110–113.

61. Иванов, И. Б. Формализация процесса обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» полумарковской цепью [Текст] / М. Ю. Попов, Е. В. Калганов, Д. А. Киреев, И. Б. Иванов // Тр. XLII Всерос. НТК «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» / Фил. Воен. акад. РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов Моск. обл.). – Серпухов, 2023. – Ч. 7. – С. 114–118.

62. Интеллектуальные адаптивные системы и комплексы в связи и управлении: Монография / Злобин В.И., Иващенко М.В., Иванова Г.В. – М.: МО РФ, 2005. – 276 с.

63. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашеро́в, И.Л.Бердников и др.; Под общей редакцией А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993 – 528 с.: ил. ISBN 5-217-02011-3.

64. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т.2: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. М.: МЦНМО, 2010. – 560 с.: ил.

65. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование. Некоторое приложение. Нью-Йорк, 1963-1970. Пер. с англ. Б.Г. Миркина. Под ред. И.Б. Гутчина. М., Изд-во «Советское радио», 1972, 192 стр.
66. Кемени Джон Дж., Снелл Дж. Ларк. Конечные цепи Маркова/ Пер. с англ. – М.: Наука, 1970. – 272 с.
67. Кирьянов Д.В. Руководство по Mathcad 14. - СПб.: БВХ- Петербург, 2007. – 704 с.
68. Коваленко И.Н., Москатов Г.К., Барзилович Е.Ю. Полумарковские модели в задачах проектирования систем управления летательными аппаратами. М., «Машиностроение», 1973, стр.176.
69. Количественные характеристики деятельности оператора – инженерная психология. Сайт: <http://studme.org>.
70. Красносельский Н.И. и др. Автоматизированные системы управления и связи: Учебник для вузов / Н.И. Красносельский, Ю.А. Воронцов, М.А. Аппак. – М.: Радио и связь, 1988 – 272 с.: ил.
71. Кузин Л.Т. Основы кибернетики: в 2-х т. Т.2. Основы кибернетических моделей. Учеб.пособие для вузов. – М.: Энергия, 1979. – 584 с., ил.
72. Майзер Х., Эйджин Н., Тролл Р. и др. Исследование операций: В 2-х томах. Методологические основы и математические методы. / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. Пер. с англ. по ред. чл.-корр. АН СССР И.М. Макарова, д-ра техн.наук И.М. Бескровного – М.: Издательство «Мир», 1981. Т. 1. 712 с., ил.
73. Майн Х., Осаки С. Марковские процессы принятия решений. Пер. с англ. В.В. Калашникова, В.С. Манусевича. Под ред. Н.П. Бусленко. Издательства «Наука». Главная редакция физико-математической литературы. – М.: 1977. – 176 с.
74. Макаренко, С.И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века : монография / С.И. Макаренко. – СПб. : Научные технологии, 2017. – 546 с.
75. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15: Учебный курс.

– СПб.: Питер, 2011. – 400 с.: ил. ISBN 978-5-459-00357-4.

76. Марков А.А. Избранные труды. Теория чисел. Теория вероятностей. Редакция профессора Ю.В. Линника. Издательство академии наук ССР. – г. Ленинград, 1951 г.

77. Меньков А.В. Теоретические основы автоматизированного управления / А.В. Меньков, В.А. Острейковский. – Учебник для вузов. – М.: Издательство Оникос, 2005. – 640 с.: ил.

78. Методические рекомендации по планированию, организации и обеспечению связи в МЧС России. – СПб. : Полиграфический центр ТК ФГБОУ ВПО СПбУ ГПС МЧС России, 2013. – 170 с.

79. Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Официальный сайт МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru>.

80. МЧС России: перспективы развития РСЧС до 2040 года. URL: <http://secuteck.ru/articles2/firesec/mchs-rossii-perspektivy-razvitiya-rschs-do-2040-goda>.

81. Носов, М.В. Организация связи в РСЧС : учебное пособие / М.В. Носов. – АГЗ МЧС России, 2005. – 144 с.

82. О работе в call центре: обязанности оператора. Колл-центр Creative Call Project. сайт: <http://www.creativecallproject.ru>.

83. Отчет о НИР «Тесла-ИИФ» [Текст] : отчет о НИР (итоговый) / МОУ «Институт инженерной физики» ; науч. рук. Прасолов В. А. ; исполн.: Иванов И. Б. [и др.]. – Серпухов, 2019. – 251 с.

84. Охорзин В.А. Компьютерное моделирование в системе Mathcad: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 144 с.: ил. ISBN 5-279-03037-6.

85. Пейдж, Скотт Модельное мышление. Как анализировать сложные явления с помощью математических моделей / Скотт Пейдж ; пер. с англ. Н.Яцюк ; [науч.ред. И.Красиков, А. Минько]. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020 – 528 с.

86. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. . – М.: АСТ, 2006. – 504 с.

87. Пивоваров А.Н. Методы обеспечения достоверности информации в АСУ. – М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.

88. Попов, М. Ю. Механизм управления скоростью передачи сообщений как подход к снижению гарантированного времени доведения в односторонней циркулярной радиосети оповещения [Текст] / В. А. Цимбал, М. Ю. Попов, А. В. Подлегаев // Hi-tech Earth Space Research. Научные технологии в космических исследованиях Земли : науч.–техн. жур. – Москва, 2016. – Т. 8. №51 – С. 54–59. – ISSN 2412-1363 (online), ISSN 2409-5419 (print).

89. Попов, М. Ю. Нахождение ВВХ доведения сообщений в соединении «точка-точка» в циркулярной радиосети оповещения [Текст] / В. А. Цимбал, М. Ю. Попов, Л. Н. Косарева, М. Ю. Дробышев, А. М. Деркач // Проектирование и технология электронных средств : всерос. науч.–техн. жур. – Владимир, 2014. – № 2. – С. 2–7. – ISSN 2071–9809.

90. Попов, М. Ю. Нахождение характеристик конечных марковских цепей на основе метода фиктивных состояний и его приложение к анализу процесса передачи данных [Текст] / М. Ю. Попов, И. А. Якимова, С. А. Панченко // Радиотехнические и телекоммуникационные системы : науч.–техн. жур. – Муром, 2012. – Вып. 3 (7). – С. 69–72. – ISSN 2221–2574.

91. Попов, М. Ю. Определение вероятностно-временных характеристик процесса на базе марковского процесса с доходами [Текст] В. А. Цимбал, М. Ю. Попов, О. Е. Слободсков, В. В. Черкасов, Н. В. Попова // Доклады 23-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2021); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М. : Вып. XXIII.,– С. 90–94. – ISBN 978-5-905278-45-7.

92. Попов, М. Ю. Особенности управления объектом критической инфраструктуры по радиоканалу с учетом работы комплекса технических

средств АСУ в условиях воздействий [Текст] / М. Ю. Попов, В. В. Илющенко, В. Б. Девятяров, О. Е. Слободсков, В. В. Черкасов // Доклады 24-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA-2022); Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение / Рос. науч.-техн. общ. радиотехн., электрон. и связи им. А.С. Попова. – М. : Вып. XXIV., – С. 48–52. – ISBN 978-5-905278-49-5.

93. Постановление Правительства Российской Федерации от 09.06.2022 №1052 «О государственном надзоре за реализацией органами государственной власти и органами местного самоуправления полномочий в области гражданской обороны».

94. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.06.2022 №1086 «О государственном надзоре за реализацией органами государственной власти полномочий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций».

95. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2007 г. №804 «Об утверждении положения о гражданской обороне в Российской Федерации».

96. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

97. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2004 г. №895 «Об утверждении Положения о приоритетном использовании, а также приостановлении использования любых сетей и средств связи во время чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

98. Приказ №156 от 2 марта 2022 г. Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. «Об утверждении Порядка защиты сетей и информационных систем операторов связи от несанкционированного доступа к ним и передаваемой по ним информации при функционировании системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

99. Приказ МЧС России от 14.08.2019 № 425 «Положение о порядке

организации реагирования на чрезвычайные ситуации».

100. Приложение №11 к Методическим рекомендациям «О развитии, организации эксплуатации и контроля функционирования системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» (утв. МЧС России), 2018 г.

101. Растрингин Л.А., Рипа К.К. Автоматная теория случайного поиска. Рига, «Зинатне», 1973. 344 с.

102. Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. Чувствительность систем управления. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1981. – 464 с.

103. Роль человека в интегрированной АСУ. Оперативный персонал АСУ. Сайт: <http://www.scienceforum.ru>.

104. Сильвестров Д.С. Полумарковские процессы с дискретными множеством состояний. – М.: Сов.радио, 1980. – 272 с.

105. Синавина В.С. Оценка качества функционирования АСУ. (Исследование достоверности машинной обработки информации.) М., «Экономика», 1973.

106. Смирнов Б.А., Душков Б.А., Космолинский Ф.П. Инженерная психология. Экономические проблемы. М., издательство «Экономика», 1983 г.

107. Соколов Г.А., Чистякова Н.А. Теория вероятностей. Управляемые цепи Маркова в экономике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 248 с. – ISBN 5-9221-0624-4.

108. Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014-2020 годы и на перспективу до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 1 ноября 2013 г. №2036-р.

109. Тимофеев Б.Б., Козлик Г.А., Кулаков А.Ф., Мартьянов А.И. Алгоритмизация в автоматизированных системах управления. – Киев.: Техника, Харьковская типоофсетная фабрика «Коммунист», 1972. – 240 с.

110. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. М.: «Сов. радио», 1977. – 488 с.: ил.

111. Томович Р., Вукобратович М. Общая теория чувствительности. Пер. с сербск. и с англ., под ред. Цыпкина Я.З., М., Изд-во «Советское радио», 1972, 240 стр.
112. Указ Президента Российской Федерации от 13 ноября 2012 г. № 1522 «О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций».
113. Указ Президента Российской Федерации от 02 июля 2021 г. №400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
114. Федеральный закон от 26.07.2017 №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры РФ».
115. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х томах. Т.1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 528 с., ил.
116. Флешман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. М., Изд-во «Советское радио», 1971, 224 стр.
117. Ховард Р.А. Динамическое программирование и марковские процессы. Нью-Йорк, 1963. Пер. с англ. В.В. Рыкова. Под ред. И.П. Бусленко. М., Изд-во «Советское радио», 1960, 189 с.
118. Цибулевский И.Е. Ошибочные реакции человека-оператора. – М.: Сов. радио, 1979, 208 с.
119. Цимбал В.А. Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход: монография / В.А. Цимбал – М: Вузовская книга, 2014. - 144 с.: ил.
120. Цимбал, В. А. Численный анализ характеристик неоднородных конечных марковских цепей при разных шагах переходов [Текст] / В. А. Цимбал, М. Ю. Попов, И. А. Якимова // Материалы Междун. науч.-техн. конф. «Информационные технологии в управлении» (ИТУ 2014) / – Санкт-Петербург, 2014. – С. 738–742.
121. Черноусько Ф.Л., Меликян А.А. Игровые задачи управления и поиска. - М.: Издательство «Наука», 1978 г. – 271 с.
122. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. Учеб-

ное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 516 с.: ил.

123. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: Учебное пособие. – 3-е изд. – М.: Дело, 2004. – 440 с.

124. Ellis, R. Large deviations for Markov Processes with discontinuous statistics. II: Random walks // *Probab. Theory Rel. Fields*, / R. Ellis, P. Dupuis, – 1999. – V.91. – №2.

125. Fayolle, G. Topics in the Constructive Theory of Countable Markov Chains. Cambridge Univ. Press. / G. Fayolle, V.A. Malyshev, N.V. Menchikov. – 2001.

126. Markov chain Monte Carlo in practice / edited by W.R. Gilks, S. Richardson, and D.J. Spiegelhalter. Previously published: London: Chapman and Hall, 1996 Includes index. ISBN 0-412-05551-1.

127. M.Popov et al., «Synthesis of Transient Probabilities of Absorbing Final Markov Chain Describing Traffic Management Protocol Process of the Mil-std-188-141b Standard to Ensure the Probability-time Characteristic Requirements», 2020 22th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA), Moscow, Russia, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/DSPA48919.2020.9213298.