

УДК 656.254:656.2.02

В. Г. ШЕВЧУК, доцент, В. О. МАТУСЕВИЧ, кандидат технических наук, Е. С. БЕЛОУСОВА, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ МЕЖДУГОРОДНЫХ ВЫЗОВОВ АБОНЕНТОВ ЖАТС ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ GSM-ШЛЮЗА

Представлено компьютерное моделирование исходящих потоков междугородных вызовов абонентов ЖАТС при включении GSM-шлюза. Определено число потерянных вызовов в результате моделирования системы при различном количестве каналов. Произведено моделирование процесса обслуживания исходящих вызовов в сеть операторов сотовой связи с использованием GSM-шлюза. Показано, что наиболее перспективными для ЖАТС являются цифровые GSM-шлюзы.

Для проверки правильности результатов расчета числа необходимых каналов связи возможно применение аналитических методов теории массового обслуживания, в частности, имитационного моделирования, при котором функционирование каналов связи воспроизводится на компьютере, при этом элементарные явления, составляющие этот процесс, имитируют с сохранением логической структуры и последовательности протекания. В процессе имитации фиксируют определенные события и состояния, по которым вычисляют характеристики качества функционирования системы. Имитация процесса поступления вызовов заключается в следующем:

- имитация занятия канала связи и обслуживающего оборудования через случайные промежутки времени (в соответствии с существующими вероятностными закономерностями);
- постановка вызовов на обслуживание или отказ в обслуживании, в зависимости от свободности/занятости каналов и оборудования в момент поступления вызова;
- имитация разговора абонентов в течение случайных интервалов времени;
- сброс вызова по завершению разговора;
- сбор статистических данных о времени разговора, количестве вызовов, которым отказано в обслуживании и др.

Множественно воспроизводя процесс поступления вызовов, накапливают статистический материал, который позволяет судить об эффективности использовании каналов связи (количество обслуженных вызовов, количество отказов, среднее время разговора абонентов, коэффициент загрузки оборудования и пр.) и о его оптимизации (требуемом изменении количества каналов связи).

Для имитационного моделирования необходима реализация следующих видов алгоритмов:

- имитации во времени процесса функционирования элементов исследуемого объекта;
- обеспечения взаимодействия элементов исследуемого объекта и объединения их в единый процесс;
- генерации случайных факторов с требуемыми вероятностными характеристиками;
- статистической обработки и графической презентации результатов имитационного эксперимента [1].

NetCracker Professional – инструмент для проектирования и моделирования как локальных (одно- и многоуровневых), так и распределённых сетей связи, который представляет модель сети в динамическом и визуальном виде. Программа содержит базу данных с мно-

жеством сетевых устройств различных производителей и позволяет создавать и добавлять в нее собственные устройства. Графический интерфейс drag-and-drop позволяет проектировать и планировать сети без предварительного обучения. Одной из наиболее интересных и полезных функций программы является наглядная имитация работы сети связи с помощью анимации. После того как сеть спроектирована, можно задать в ней виды трафика и проверить ее работу. В случае небольших проектов имитация работы сети происходит в режиме реального времени.

В процессе имитации работы проекта с параметрами, максимально приближенными к реальным, программа отображает и накапливает различные статистические данные, которые по окончании имитации работы можно просмотреть и распечатать в виде отчетов [2, 13].

Пакет GPSS (General Purpose Simulation System – система моделирования общего назначения) предназначен для имитационного моделирования дискретных систем и входит в число наиболее распространенных и используемых на практике средств автоматизации имитационного моделирования. Одной из последних версий пакета GPSS для персональных компьютеров, работающих под управлением операционной системы Windows, является GPSS World.

Пакет GPSS реализует собственный язык имитационного моделирования, в основу которого положен транзактный способ организации квазипараллелизма и способ изменения модельного времени «шагом до следующего события». Имитационная модель в GPSS представляет собой последовательность текстовых строк, каждая из которых определяет правила создания, перемещения, задержки и удаления транзактов [1].

Для задания процесса поступления вызовов необходимо определить закон распределения времени между вызовами и закон распределения длительностей вызовов. Для этого был использован пакет STATGRAPHICS Plus. В качестве статистических данных были взяты длительности вызовов в час наибольшей нагрузки (ЧНН) в будние дни, поступивших от абонентов ЖАТС в сеть оператора сотовой связи Velcom за неделю [10].

По результатам анализа было определено, что законы распределения имеют разный характер в разные дни, закон изменения длительности вызовов соответствует логарифмическому нормальному распределению, если не учитывать разговоры с длительностью 0 с,

а закону изменения времени между вызовами не соответствует ни один из законов распределения [12].

В пакете GPSS предусмотрена возможность моделирования случайных величин с произвольным законом распределения. Для этого были составлены ряды распределения (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Сгруппированный статистический ряд поступления вызовов

Время между вызовами, с	Частота, Гц			
	первичная	накопленная	относительная	накопленная относительная
0	64	64	0,070718	0,070718
10	327	391	0,361326	0,432044
20	199	590	0,21989	0,651934
30	131	721	0,144751	0,796685
40	74	795	0,081768	0,878453
50	45	840	0,049724	0,928177
60	24	864	0,026519	0,954696
70	19	883	0,020994	0,975691
80	7	890	0,007735	0,983425
90	6	896	0,00663	0,990055
100	2	898	0,00221	0,992265
110	1	899	0,001105	0,99337
120	1	900	0,001105	0,994475
130	3	903	0,003315	0,99779
140	1	904	0,001105	0,998895
150	0	904	0	0,998895
160	1	905	0,001105	1

Таблица 2 – Сгруппированный статистический ряд длительности вызовов

Длительность вызова, с	Частота, Гц			
	первичная	накопленная	относительная	накопленная относительная
0	1	1	0,001259	0,001259
10	58	59	0,073048	0,074307
20	97	156	0,122166	0,196474
30	81	237	0,102015	0,298489
40	84	321	0,105793	0,404282
50	71	392	0,089421	0,493703
60	53	445	0,066751	0,560453
70	51	496	0,064232	0,624685
80	67	563	0,084383	0,709068
90	38	601	0,047859	0,756927
100	24	625	0,030227	0,787154
110	34	659	0,042821	0,829975
120	25	684	0,031486	0,861461
130	25	709	0,031486	0,892947
140	17	726	0,021411	0,914358
150	15	741	0,018892	0,933249
160	15	756	0,018892	0,952141
170	12	768	0,015113	0,967254
180	13	781	0,016373	0,983627
190	7	788	0,008816	0,992443
200	6	794	0,007557	1

Представим содержательное описание объекта моделирования в соответствии с приведенными требованиями. Для нового оборудования по результатам математического расчета требуется 4 канала на исходящее направление, т. е. основным объектом моделирования является оборудование с 4 каналами, на которое в течение ЧНН будут поступать вызова с определенной интенсивностью и длительностью вызовов, соответствующей сгруппированному статистическому ряду.

Целью моделирования является определение характеристик качества обслуживания вызовов на сети операторов сотовой связи, в частности, числа отказанных вызовов и оптимального количества каналов связи.

Параметрами моделирования (управляющими характеристиками) являются интенсивность поступления вызовов (интенсивность входящего потока) и длительность обслуживания вызовов. Переменными моделирования (контролируемыми характеристиками) объекта являются: количество поступивших и обслуженных вызовов, длительность установки и сброса соединения. Перечисленные выше характеристики будут выступать в качестве показателей эффективности функционирования исследуемой системы, определяющих цели моделирования.

Ограничения модели:

- простейший поток вызовов, отсутствуют повторные заявки;
- в случае занятости всех каналов, происходит отказ вызова.

Выполним этап формализации функционирования многоканального оборудования. Поскольку исследуемая система – система массового обслуживания, в которой все события инициируются перемещением вызовов – динамических объектов (занятие канала, обслуживание, освобождение канала), то в данном случае целесообразно использовать транзактный способ организации квазипараллелизма компонентов модели.

Транзактный способ организации квазипараллелизма – развитие процессного способа для моделирования систем массового обслуживания [1].

Инициаторами появления событий в имитационной модели (ИМ) являются транзакты – динамические объекты, отождествляемые с заявками на обслуживание, которые перемещаются между элементами системы массового обслуживания. Для описания ИМ создается фиксированный набор блоков, связанных с обработкой и обслуживанием транзактов. С их помощью происходит уничтожение и создание транзактов, задержка их на некоторый период времени, управление движением транзактов, занятие и освобождение различных типов ресурсов системы. Связь между обслуживающими приборами устанавливается с помощью системы очередей и способов извлечения из них транзактов.

Для формализации используется два типа элементов: обслуживающие устройства и очереди. Каждому поступающему вызову соответствует транзакт. Для создания или уничтожения транзактов, изменения маршрута их движения, задержки на некоторый интервал времени используются дополнительные фиктивные блоки (рисунок 1).

При разработке ИМ может использоваться любой из универсальных языков программирования (например, Паскаль, Си и др.). На практике предпочтение часто отдается специализированному предметно-ориентированному программному обеспечению автоматизации имитационного моделирования. Подходы, основанные на использовании универсальных языков и средств автоматизации имитационного моделирования, имеют как свои достоинства, так и недостатки [1].

В качестве исследуемого периода модельного времени выбрано 3600 с, что соответствует одному часу наибольшей нагрузки. Такой период времени является достаточным и не требует больших затрат машинного

времени. За этот период было промоделировано обслуживание в среднем 140 вызовов. Для составленной модели многоканального устройства были проведены эксперименты с изменением количества каналов для определения оптимального их количества.

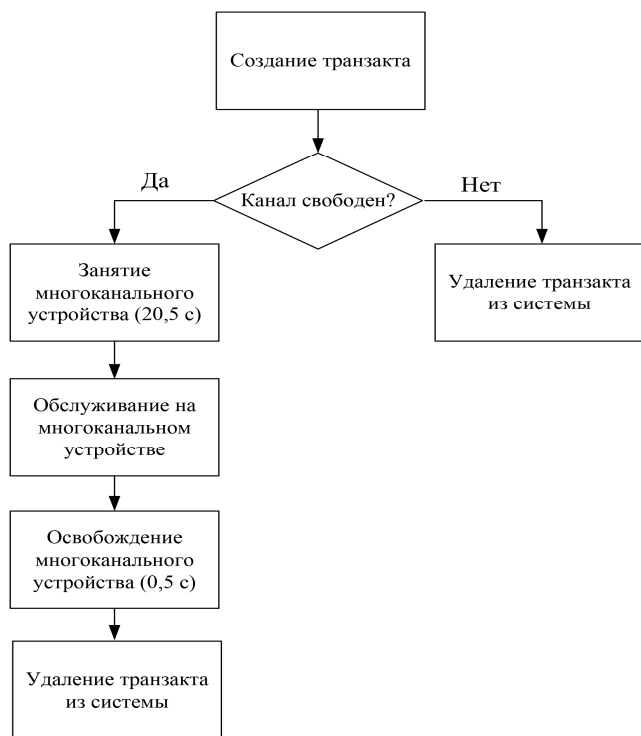


Рисунок 1 – Алгоритм обслуживания вызовов

Всего было проведено 10 экспериментов с изменением числа каналов связи от 1 до 10, в результате в ходе каждого эксперимента были определены количество поступающих, обслуженных и потерянных вызовов, коэффициент загрузки устройств (часть периода моделирования, в течение которого каналы связи были заняты), среднее число занятых каналов связи за весь период моделирования. По результатам моделирования был подсчитан процент потерянных вызовов для каждого эксперимента.

На рисунке 2 графически представлено изменение количества потерянных вызовов при изменении числа каналов для заданной модели. На основе этого можно сделать вывод о том, что 4 канала для заданного потока вызовов является оптимальным, в случае роста нагрузки и увеличения интенсивности вызовов количество каналов связи необходимо увеличить до 8, при этом потерянные вызовы составят 0,625 %.



Рисунок 2 – Изменение числа потерянных вызовов в результате моделирования при различном количестве каналов

На рисунке 3 представлена схема моделирования, в которой отражаются телефонные соединения работников ШЧ с операторами сетей сотовой связи двумя способами: по аналоговой линии через ЖАТС и через GSM-шлюз по потоку E1.

Первоначально была запущена модель с первым вариантом подключения (без GSM-шлюза), для чего был установлен разрыв между ШЧ и GSM-шлюзом (на схеме он обозначен красной вспышкой).

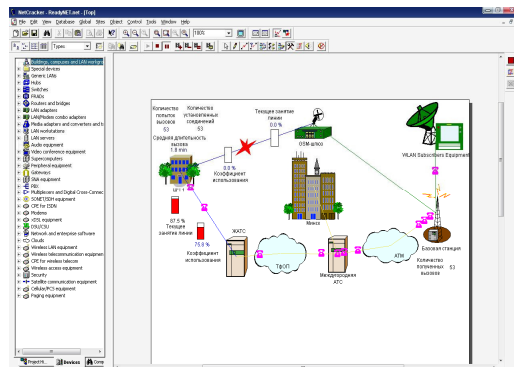


Рисунок 3 – Моделирование процесса обслуживания исходящих вызовов в сеть операторов сотовой связи

Из рисунка 3 видно, что канал передачи практически заполнен (коэффициент использования равен 75 %), при этом все вызовы обслуживаются. При запуске второй модели (с использованием GSM-шлюза) разрыв был установлен между ШЧ и ЖАТС. Видно, что выбранное количество каналов способно обслужить все поступающие вызовы, при этом загрузка канала составляет примерно 20 % (рисунок 4).

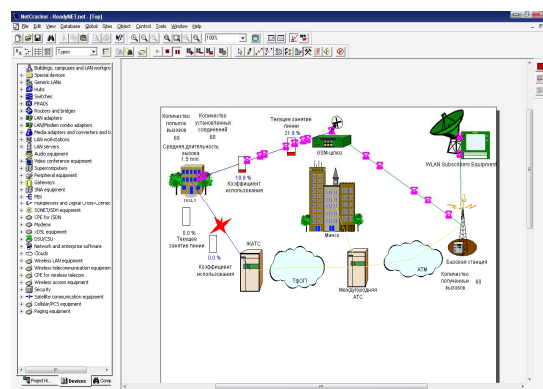


Рисунок 4 – Моделирование процесса обслуживания исходящих вызовов в сеть операторов сотовой связи с использованием GSM-шлюза

В ходе имитационного моделирования была проверена правильность расчетов количества каналов аналитическим методом по I формуле Эрланга. Проверка осуществлялась в двух совершенно разных по принципу работы программах, а именно в пакете GPSS, который реализует собственный язык имитационного моделирования, и NetCracker Professional, который является инструментом для проектирования и моделирования сетей.

По своей сути, GSM-шлюз является мобильным телефоном, имеющим свои номера в сети операторов сотовой связи, и одновременно стационарным аппаратом ЖАТС. При звонке с мобильного на стационарный телефон абонент набирает номер GSM-шлюза (SIM-карты, установленной в устройстве) и после сигнала,

подтверждающего соединение, – внутренний номер абонента. При этом происходит два соединения: "мобильный-мобильный" и "стационарный-стационарный". Как следствие, дорогое соединение "мобильный-стационарный" (оно же междугородное) отсутствует. Другими словами, его абсолютно бесплатно осуществляет GSM-шлюз (если не принимать в расчет стоимость самого устройства и его эксплуатации). Аналогично происходит соединение и в обратном направлении [4].

GSM-шлюз берет на себя роль коммутатора и избавляет оператора от коммутации межсетевых телефонных звонков. Базовой функцией устройства является передача голоса между сетями GSM и абонентами ЖАТС, минуя городские телефонные сети ТфОП (рисунок 5) [5].

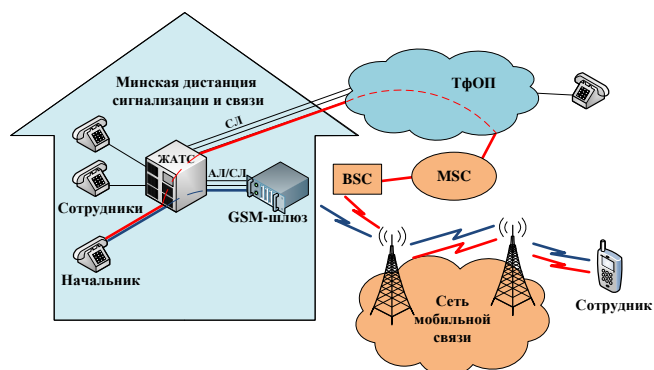


Рисунок 5 – Базовые функции цифровых GSM-шлюзов

GSM-шлюзы имеют ряд полезных функций, например, распределение входящих вызовов (интеллектуальная маршрутизация). Использование этой функции не требует перепрограммирования таблицы маршрутизации вызовов ЖАТС, что является основным достоинством шлюза. Интеллектуальная маршрутизация позволяет увеличить скорость обработки входящих соединений с помощью функции определения вызывающей линии (CLIP) (рисунок 6) [6].

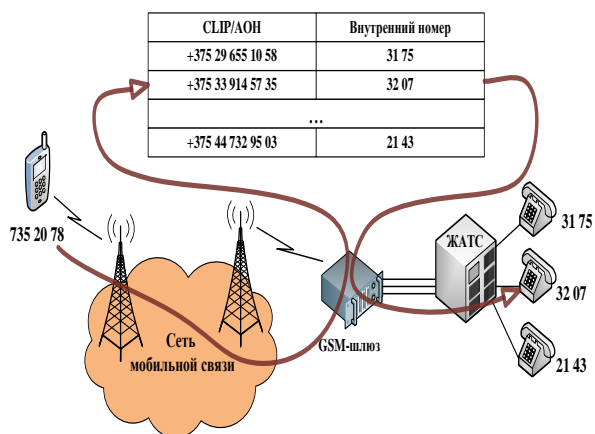


Рисунок 6 – Определение вызывающей линии

Абонент GSM-сети набирает номер шлюза, который принимая вызов, определяет номер вызывающего абонента и номер абонента местной ЖАТС по таблице донaborов и CLIP. После чего устанавливается двухсторонняя связь. Прямой вызов абонента ЖАТС Call-Through может осуществляться как через запрограммированную таблицу маршрутизации, так и с использованием донaborа внутреннего номера абонента ЖАТС [8]. Некоторые шлюзы позволяют ограничить доступ абонентов к использованию услуг ЖАТС по времени суток и дням недели.

Кроме того, каждому абоненту может быть установлено ограничение разговорного времени. Шлюз автоматически сохраняет информацию о совершенных вызовах в файл трассировки. В случае использования функции обратного вызова (Call Back) пользователь мобильного телефона набирает номер шлюза, который без установления соединения считывает номер абонента при помощи CLIP. После этого связь разрывается, и шлюз сам вызывает абонента по запомненному номеру [7, 9]. На современном рынке аппаратуры присутствуют 3 типа GSM-шлюзов: аналоговые, цифровые, и VoIP GSM-шлюзы.

Аналоговые GSM-шлюзы представляют собой устройства, аналогичные мобильному телефонному аппарату стандарта GSM, со встроенными аналоговыми интерфейсами (FXO и FXS) для сопряжения с АТС. Практически все аналоговые шлюзы имеют только один GSM-канал.

Цифровые GSM-шлюзы предназначены для работы с АТС, обладающими функциями ISDN. Основная задача устройства – обеспечение телефонной связи, то есть исходящих или входящих вызовов и организация прямой отправки в сеть GSM. Имеют интерфейс BRI (Basic Rate Interface) или PRI (Primary Rate Interface). Данный тип шлюзов подходит для средних и крупных предприятий. Все они имеют от 2 каналов и более. При использовании модульных шлюзов можно организовать любое требуемое количество каналов связи [9, 11].

VoIP GSM-шлюзы по назначению аналогичны цифровым, но имеют одно преимущество – включение в IP-сеть. Технически каждый звонок преобразовывается из GSM-стандарта в VoIP и передается через выделенную линию Интернет по каналам международного IP-провайдера, поэтому использование этого вида шлюза для железной дороги на данный период будет не востребовано [8].

Существуют следующие способы подключения GSM-шлюзов к ЖАТС:

- FXO, при котором в GSM-шлюз включается внутренний аналоговый номер ЖАТС, для данного соединения необходим модуль аналоговых абонентов (ANGL M/WLC);
- FXS, при котором GSM-шлюз эмулирует городскую линию и она включается в модуль цифровых соединительных линий (CDTI) ЖАТС;
- ISDN BRI, при котором GSM-шлюз, как NT-окончание, уже эмулирует ISDN BRI линию, включаемую в модуль ISDN BRI (UILC line card);
- ISDN PRI, при котором GSM-шлюз, как NT-окончание, эмулирует ISDN PRI линию, включаемую в модуль потока E1 (PRI card) (рисунок 7).

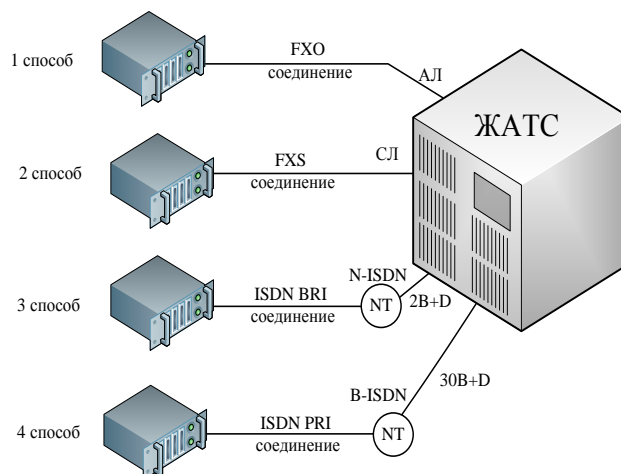


Рисунок 7 – Способы организации соединения GSM-шлюза с ЖАТС

Каждый из описанных способов имеет свои достоинства и недостатки. Так, например, FXS-подключение наиболее дешевое, но менее функциональное, в то же время подключение ISDN PRI имеет наибольшее количество возможностей, но при этом является самым дорогим [9].

На основании моделирования потоков вызовов абонентов ЖАТС, сравнения технических и экономических параметров выбранных GSM-шлюзов установлено, что наиболее перспективными для ЖАТС являются цифровые GSM-шлюзы, а среди них – ISDN GSM-adapter ECOTEL ISDN2-140.

Список литературы

1 Шевченко, Д. Н. Имитационное моделирование на GPSS : пособие для студентов технических специальностей / Д. Н. Шевченко, И. Н. Кравченко. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 97 с.

2 Баканов, В. М. Сети ЭВМ и телекоммуникации: учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторных работ / В. М. Баканов. – М. : МГУТШ, 2008. – 49 с.

3 Первичная обработка результатов измерений [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.pm298.ru/pervich5.php>. – Дата доступа: 27.05.2012.

4 Как работает ECCOM Basis? [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://beljet.narod.ru/index-28.htm>. – Дата доступа: 27.05.2012.

5 Базовые функции аналоговых GSM шлюзов [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.skomplekt.com/tovar/10/gsm baza/>. – Дата доступа: 15.05.2012.

6 Базовые функции цифровых GSM шлюзов [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.skomplekt.com/tovar/10/gsmcifr/>. – Дата доступа: 15.05.2011.

7 GSM шлюзы [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.agat-telecom.ru/wireless/index.html>. – Дата доступа: 15.05.2011.

8 Белоусова, Е. С. Перспективы внедрения GSM-шлюза для учреждения образования / Е. С. Белоусова, Е. А. Богданович // Сб. студ. работ. Вып. 17. – Гомель : БелГУТ, 2010. – С. 53–57.

9 Белоусова, Е. С. Расширение спектра телефонных услуг абонентам ЖАТС с использованием GSM-шлюза / Е. С. Белоусова // Сб. студ. работ. Вып. 18. – Гомель : БелГУТ, 2011. – С. 41–45.

10 Шевчук, В. Г. Исследование неравномерности исходящей телефонной нагрузки железнодорожной АТС к абонентам операторов сотовой связи / В. Г. Шевчук, Е. С. Белоусова // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2012. – № 1 (24). – С. 45–48.

11 Шевчук, В. Г. Совершенствование работы железнодорожных АТС путем применения GSM-шлюза / В. Г. Шевчук, В. О. Матусевич, Е. С. Белоусова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2012.

12 Шевчук, В. Г. Моделирование процесса поступления вызовов на междугороднее направление / В. Г. Шевчук, Е. С. Белоусова, В. О. Матусевич // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2012.

13 Шевчук, В. Г. Компьютерное имитационное моделирование процесса поступления междугородних вызовов / В. Г. Шевчук, В. О. Матусевич, Е. С. Белоусова // Современные системы связи : материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2012.

Получено 01.04.2013

V. G. Shevchuk, V. O. Matusevich, H. S. Belousova. Computer simulation of outgoing long distance calls to subscribers of RATS when turning on GSM-gateway.

Implemented computer modeling of outbound threads Intercity subscriber call RATS when turning on GSM-gateway. Determined the number of lost calls due to system modeling in different channels. Service process modeling was outgoing calls in the network of cellular operators using GSM-gateway. The most promising for RATS are digital GSM-gateways.