

На правах рукописи

Кудряшов Денис Алексеевич

Параметрическая оптимизация алгоритмов функционирования  
радиосистем передачи тревожных извещений

Специальность 05.12.04 - радиотехника, в том числе системы и устройства  
телевидения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2009

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель:

Заслуженный деятель науки РФ

доктор технических наук, профессор *Цикин Игорь Анатольевич*

Официальные оппоненты:

*Сосунов Борис Васильевич*, профессор, д.т.н., Военная академия связи.

*Гутин Виталий Семенович*, к.т.н., ст.н.с., Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

Ведущая организация:

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.М. Бонч-Бруевича

Защита состоится 21 мая в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.01 в ГОУ ВПО Санкт-Петербургском государственном политехническом университете по адресу: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, II уч. корпус, ауд. 470

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан 20 апреля

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.229.01

доктор технических наук, профессор

Коротков А.С

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность проблемы**

В настоящее время во многих сферах деятельности возрастает потребность использования систем мониторинга удаленных объектов. Широкое применение получили, в частности, радиосистемы передачи тревожных извещений (РСПТИ). Обычно такие системы состоят из одной центральной станции (ЦС), находящейся на пульте центрального наблюдения (ПЦН) и большого числа объектовых радиостанций (ОС). Основной задачей РСПТИ является оперативная доставка тревожных извещений с охраняемых объектов на ПЦН. Кроме того, необходимым является постоянный мониторинг состояния каждого охраняемого объекта. При этом возрастают требования как к достоверности и времени доставки извещений, так и к количеству обслуживаемых ОС.

Специфика РСПТИ заключается в том, что при передаче по радиоканалу информация может быть искажена из-за влияния большого количества помех. Во многих случаях наиболее серьезной проблемой являются искажения, вызванные коллизиями (перекрытием во времени на общей частоте) сигналов различных станций в самой системе. Уровень влияния таких искажений зависит от топологии системы, алгоритма ее функционирования, количества ОС и т.д.

По способу взаимодействия можно выделить однонаправленные и двунаправленные радиосистемы передачи тревожных извещений. Преимуществом однонаправленных систем является конструктивная простота и дешевизна объектового оборудования, поэтому актуальным является нахождение оптимальных параметров, при которых достигается максимальная емкость системы.

С точки зрения алгоритма функционирования, двунаправленные системы могут быть асинхронными и синхронными. Наиболее широкое распространение получили асинхронные системы, а также комбинированные («квазисинхронные») системы, когда часть извещений (например, сигналы автотеста) передаются синхронным образом, а остальные (в том числе, собственно тревожные) – в асинхронном режиме.

Применение двунаправленных систем может повысить емкость системы по сравнению с однонаправленными системами. Однако, это ведет к усложнению системы и, как следствие, удорожанию оборудования. Поэтому и в

этом случае актуальной является задача повышения емкости системы путем выбора оптимальных параметров алгоритма функционирования. Актуальной также является оценка выигрыша двунаправленных систем по сравнению с однонаправленными и определение областей применения этих видов систем.

Для повышения эффективности работы асинхронных двунаправленных систем может быть использован протокол МДКН. Однако неясным остается вопрос влияния скрытых станций на эффективность данного алгоритма.

### **Цель работы**

Целью работы является увеличение количества объектовых станций в радиосистемах передачи тревожных извещений на основе параметрической оптимизации алгоритма функционирования системы.

### **Задачи работы**

Для достижения указанной цели необходимо решение следующих *задач*:

- создание имитационных моделей как однонаправленных, так и двунаправленных РСПТИ с различными алгоритмами функционирования, в том числе с использованием протокола МДКН;
- получение аналитических оценок вероятностно-временных характеристик как однонаправленных, так и двунаправленных РСПТИ с различными алгоритмами функционирования, в том числе с использованием протокола МДКН
- оптимизация и сравнение характеристик указанных систем по критерию максимума количества объектовых станций при вероятности недоставки и времени доставки извещений, не превышающих заданных значений;
- оценка возможности применения корректирующего кодирования для повышения достоверности передачи извещений в рассмотренных системах.

### **Методы исследования**

Для решения поставленных задач использовались: методы теории вероятностей, теории случайных процессов и математической статистики, теории случайных потоков, различных методов моделирования.

### **Научная новизна**

- Предложена методика имитационного моделирования радиосистем передачи тревожных извещений, учитывающая искажения извещений вследствие возникновения коллизий сигналов от различных объектовых станций в системе, позволяющая произвести оценку допустимого числа станций в широком диапазоне значений величин интервала мониторинга и времени доставки, а также параметров алгоритма функционирования.
- Получены аналитические выражения, позволяющие рассчитать максимально допустимое количество объектовых станций при заданных условиях функционирования системы и определить оптимальные параметры алгоритма функционирования как однонаправленной, так и двунаправленной систем передачи тревожных извещений, в том числе с использованием протокола МДКН.
- Проведена оптимизации параметров протокола множественного доступа к центральной станции по критерию максимума количества объектовых станций при вероятности недоставки и времени доставки извещений, не превышающих заданных значений.

### **Положения, выносимые на защиту**

- Разработанные в ходе проведенного исследования аналитические методы оценки эффективности и имитационные модели однонаправленной и двунаправленной систем позволяют провести оптимизацию параметров алгоритмов функционирования систем в широком диапазоне значений величин интервала мониторинга и времени доставки по критерию максимума объектовых станций, что дает возможность провести обоснованный выбор алгоритма функционирования и параметров системы.
- Проведенная в работе параметрическая оптимизация алгоритма функционирования однонаправленной системы передачи тревожных извещений позволяет увеличить количество обслуживаемых объектовых станций на 30 – 50 % в сравнении с используемыми системами типа «Информер» при сохранении тех же вероятностно-временных характеристик.
- Проведенная в работе параметрическая оптимизация алгоритма функционирования двунаправленной системы передачи тревожных извещений позволяет увеличить количество обслуживаемых объектовых станций в 5...7 раз в сравнении с однонаправленными системами при сохранении тех же

вероятностно-временных характеристик. При этом использование алгоритма функционирования с уменьшающимся интервалом повторения позволяет увеличить емкость системы на 20%... 30% по сравнению с квазипериодическим алгоритмом функционирования.

- Предложенная в работе параметрическая оптимизация алгоритма функционирования двунаправленной системы передачи тревожных извещений с использованием протокола МДКН позволяет повысить количество обслуживаемых объектовых станций в 2...3 раза в сравнении с двунаправленными системами без использования прокола контроля несущей при сохранении тех же вероятностно-временных характеристик, при условии отсутствия скрытых станций.

### **Положения, представляющие практическую ценность**

Полученные в работе результаты позволяют увеличить количество обслуживаемых ОС в реально действующих РСПТИ за счет оптимизации параметров протокола множественного доступа к центральной станции.

Использование результатов диссертационной работы на этапе проектирования РСПТИ позволяет обоснованно выбрать как метод множественного доступа к центральной станции, так и параметры соответствующего протокола доступа. В частности, полученные в работе данные позволили при разработке радиосистемы «Аргон» повысить максимально допустимое количество объектовых станций на 30%. (Имеется Акт предприятия «Аргус-Спектр» об использовании результатов диссертационной работы при построении однонаправленной радиосистемы передачи извещений «Аргон»).

### **Апробация работы**

Основные результаты работы докладывались на IX Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы. «Фундаментальные исследования в технических университетах. Национальная безопасность» (Санкт-Петербург, 2005 г.); XIII Международной научно-методической конференции «Высокие интеллектуальные технологии и инновации в образовательно-научной деятельности. Национальная безопасность» (Санкт-Петербург, 2006 г.); 63-й Научно-технической конференции, посвященной Дню радио. Секция «Системы передачи информации» (Санкт-Петербург, 2008 г.)

## **Публикации**

Общее число печатных работ по теме диссертации - 7, из них: статей - 4; тезисов докладов на научно-технических конференциях – 3.

## **Структура диссертации**

Работа имеет объем 115 стр. и состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Текст содержит 8 таблиц и иллюстрируется 32 рисунками.

## **Вклад автора в разработку проблемы**

Научные положения, теоретические выводы, практические рекомендации расчеты и математическое моделирование разработаны автором самостоятельно.

**Достоверность полученных результатов** определяется удовлетворительным совпадением полученных аналитических оценок достоверности доставки извещений с результатами имитационного моделирования.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В **первой главе** проведен обзор различных методов построения радиосистем передачи тревожных извещений. Особое внимание уделяется проблеме обеспечения высокой достоверности передачи извещений как в однонаправленных, так и в асинхронных двунаправленных системам в условиях наличия коллизий сигналов извещений различных станций в самой системе. Сформулирована задача оптимизации РСПТИ по критерию максимума объектовых станций при вероятности недоставки и времени доставки извещений, не превышающих заданных значений. Сформулированы цель и задачи исследования.

**Вторая глава** посвящена разработке методики имитационного моделирования как однонаправленных, так и двунаправленных систем для трех наиболее важных режимов работы систем:

- режим автотестирования (режим АТ): система находится в состоянии покоя, когда события на ОС отсутствуют; на длительности интервала

мониторинга  $T_M$  каждая из  $N$  имеющихся объектовых станций передает тестовое извещение контроля канала;

- режим взятия/снятия объектов на охрану/с охраны. Данный режим аналогичен режиму АТ при условии, что число станций, передающих извещения на рассматриваемом интервале времени  $T$ , может быть меньше величины  $N$ . Наибольший интерес представляет режим интенсивного взятия/снятия, когда число станций равно общему числу станций  $N$ , а величина  $T$  оказывается меньше (или существенно меньше) интервала мониторинга  $T_M$ .
- режим передачи тревожных извещений, когда одна (или несколько) из станций передает тревожное извещение, в то время как другие находятся в одном из описанных выше режимов.

Для анализа однонаправленных систем разработана модель, когда система состоит из одной центральной и  $N$  объектовых станций. На некотором интервале наблюдения  $[0, T]$  каждая из объектовых станций однократно передает извещение в виде пачки из  $M$  пакетов. Недоставкой извещения от любой из ОС считается событие, когда все  $M$  пакетов в пачке попали в коллизию с пакетами от другой (других) ОС. Считается, что моменты начала передачи пачки пакетов каждой из  $N$  объектовых станций равномерно распределены на интервале  $[0, T]$ .

В процессе моделирования рассматривается одна из ОС. Последовательно перебираются все пакеты от данной станции. Для каждого пакета, перебирая все пакеты от остальных станций, проверяется, не перекрывается ли во времени данный пакет с другими. Если окажется, что все пакеты данной ОС попали в коллизию с пакетами от другой (других) ОС, считается, что произошла недоставка извещения. Выполняя данную процедуру многократно, можно получить оценку вероятности  $p_0$  недоставки извещения от любой из ОС. Вероятность недоставки извещения от хотя бы одной из  $N$  станций может быть вычислена как:  $P_{\text{нед}} = 1 - (1 - p_0)^N$ .

Для анализа двунаправленной системы разработана модель, когда система состоит, как и в случае однонаправленной РСПТИ, из одной центральной станции и  $N$  объектовых станций. На некотором интервале наблюдения  $[0, T]$  каждая из объектовых станций однократно передает извещение на ЦС на общей для всех ОС частоте, после чего ждет от ЦС квитанции о доставке на другой частоте. В случае неполучения квитанции ОС



повторно отправляет извещение через случайный интервал времени  $t_{\text{повт}}$  и вновь ожидает квитанцию. Извещение может повторяться многократно при условии, что от момента времени первой попытки передачи до момента времени начала очередной попытки прошло время не больше, чем  $T_{\text{дост}}$ . Если за время  $T_{\text{дост}}$  извещение не было доставлено на ЦС, попытки передачи его на данной частоте прекращаются. Данное событие считается недоставкой извещения.

В процессе моделирования рассматривается массив времен первых попыток передачи извещений объектовыми станциями. Данный массив ранжируется по возрастанию, после чего последовательно перебираются элементы данного массива и проверяется, не перекрывается ли переданный в данный момент пакет с пакетом, переданным другой объектовой станцией в предыдущий момент времени из указанного массива. В случае такого перекрытия в массив добавляются новые моменты передачи извещений. При этом массив остается ранжированным. Если разница между новым моментом времени и моментом времени первой попытки передачи будет превышать величину  $T_{\text{дост}}$ , то данное событие считается недоставкой извещения от хотя бы одной из  $N$  станций. Выполняя данную процедуру многократно, можно получить оценку вероятности недоставки извещения от хотя бы одной из  $N$  станций.

Для анализа эффективности применения протокола МДКН в двунаправленных РСПТИ рассмотрена следующая модель. На некотором интервале наблюдения  $[0, T]$  станция прослушивает канал, и если он свободен, отправляет на ЦС извещение. При этом считается, что извещение с вероятностью 1 будет доставлено на ЦС (предполагается, что «скрытые» станции отсутствуют). В случае, если канал занят, станция ждет в течение случайного интервала времени  $t_{\text{ожид}}$ , после чего вновь пытается передать извещение. Данные попытки могут повторяться многократно при условии, что от момента начала первой попытки передачи до момента начала очередной попытки прошло не больше, чем  $T_{\text{дост}}$ . Если за время  $T_{\text{дост}}$  извещение не было доставлено на ЦС, попытки передачи его на данной частоте прекращаются. Данное событие считается недоставкой извещения.

Модель реализована аналогично рассмотренной выше. Однако в отличие от нее, если в процессе перебора элементов массива обнаружится, что данный пакет, будучи переданным, перекрылся бы с пакетом, начало которого определяется предыдущим элементом ранжированного массива, данный

момент времени заменяется в массиве на новый момент, причем массив по-прежнему остается ранжированным. Вероятность недоставки извещения определяется аналогично случаю предыдущей модели.

В третьей главе проведен анализ однонаправленной системы. Показано, что для режима АТ вероятность недоставки извещения от любой из  $N$  станций может быть найдена как:

$$P_{\text{нед}} = 1 - \left(1 - P \cdot \left(P + \frac{t_c}{t_{\Delta}}\right)^{M-1}\right)^N, \text{ где} \quad (1)$$

$$P = 1 - \left[1 - \frac{T_{\text{пачки}}}{T} \cdot \left(1 - \frac{(T_{\text{пачки}} - 2 \cdot t_c)^M}{T_{\text{пачки}}^M}\right)\right]^{N-1} \quad (2)$$

и

$$T_{\text{пачки}} = (M - 1) \cdot t_0 + M \cdot t_c \quad (3)$$

Для проверки достоверности полученных аналитических выражений в представляющей практический интерес области значений  $P_{\text{нед}} = 10^{-3} \dots 10^{-1}$ , проведено сравнение с результатами имитационного моделирования.

На рис. 1 приведены зависимости вероятности недоставки от числа объектовых станций, причем сплошными линиями изображены аналитические зависимости, а точками – результаты моделирования. При этом везде далее

$$\bar{T} = \frac{T}{t_c}, \quad \bar{t}_0 = \frac{t_0}{t_c}, \quad \bar{t}_{\Delta} = \frac{t_{\Delta}}{t_c}.$$

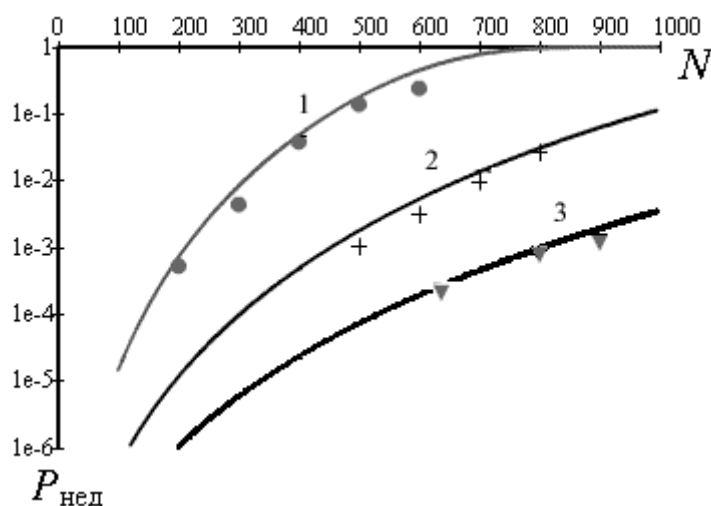


Рис.1. Зависимость вероятности недоставки от числа ОС:  
 $\bar{T} = 2 \cdot 10^4$  (кривая 1),  $5 \cdot 10^4$  (2),  $10 \cdot 10^4$  (3);  $\bar{t}_0 = 30$ ,  $k_{\Delta} = 0.8$ ,  $M = 7$ .

Как видно из рис. 1, в указанной области значений вероятности наблюдается удовлетворительное совпадение расчетных значений с результатами моделирования.

На основе полученных аналитических выражений проведена оптимизация системы по критерию максимума объектовых станций. На рис. 2 приведена зависимость допустимого числа объектовых станций от параметров алгоритма функционирования.

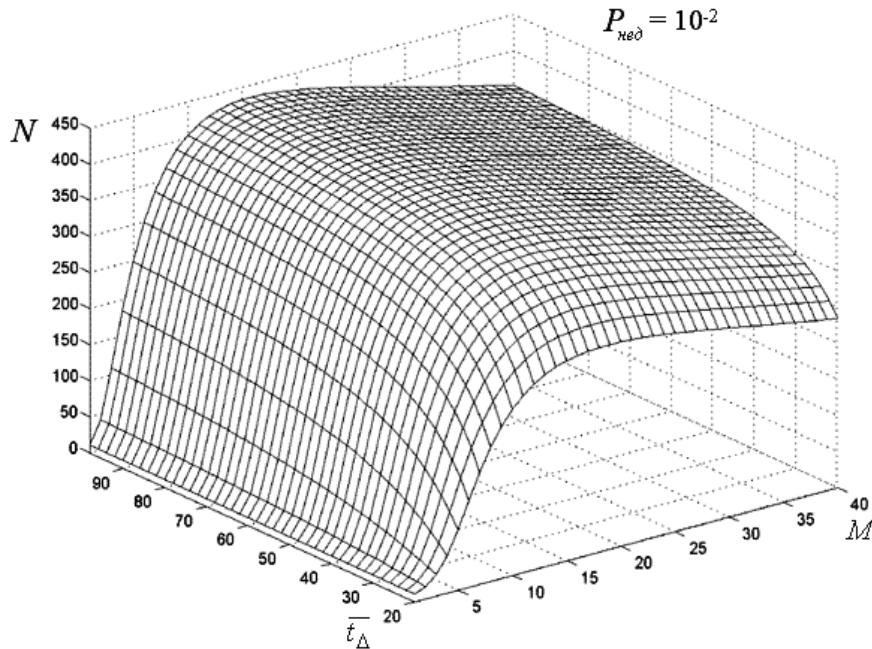


Рис. 2. Зависимость максимального числа ОС от  $M$  и  $\bar{t}_\Delta$  :  
 $\bar{T} = 2 \cdot 10^4$ ,  $\bar{t}_0 = 1.2 \cdot \bar{t}_\Delta$ ,  $P_{\text{нед}} = 10^{-2}$

На рис. 3 приведена зависимость  $N_{\text{max}}$  от периода мониторинга  $\bar{T}$  для значений  $P_{\text{нед}} = 10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ . При этом в рассмотренном диапазоне значений  $\bar{T}$  и  $P_{\text{нед}}$  максимальное число станций достигается при  $M_{\text{опт\_min}} \approx 10$ ,  $\bar{t}_{0\_опт} \approx 40$ .

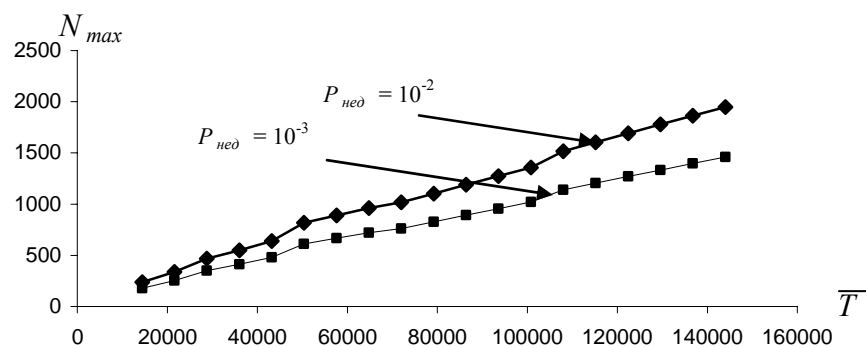


Рис.3. Зависимость максимально допустимого числа ОС от величины интервала мониторинга при оптимальных значениях параметров  $M$  и  $\bar{t}_\Delta$  для двух значений допустимой вероятности недовозки ( $P_{\text{нед}} = 10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ )

Для режима передачи тревожных извещений показано, что вероятность доставки тревожного извещения может быть найдена, как:

$$P_{\text{недТИ}} = P^{M_{\text{ТИ}}}, \text{ где вероятность } P \text{ может быть найдена по формуле (2).}$$

На рис. 4 приведена зависимость  $P_{\text{недТИ}}$  от  $M_{\text{ТИ}}$ .

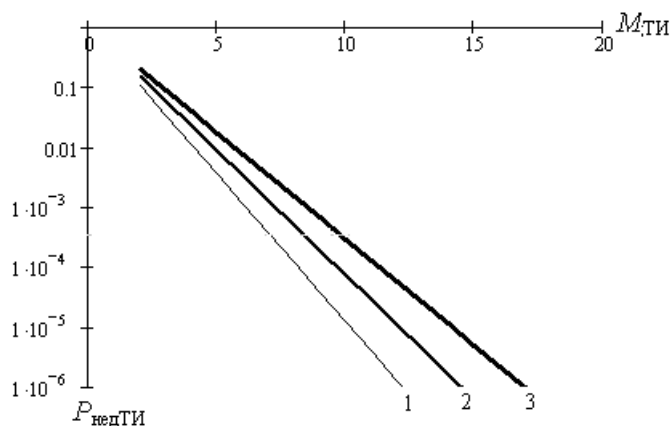


Рис.4 Зависимость вероятности недоставки ТИ числа повторов пакетов в пачке ТИ.  $\bar{T} = 2 \cdot 10^4$ ,  $\bar{t}_0 = 1.2 \cdot \bar{t}_\Delta$ ,  $M = 10$ ,  $\bar{t}_\Delta = 30$ ,  $N = 400$  (кривая 1), 500 (2), 600 (3)

Видно, что увеличение количества повторов тревожного извещения приводит к уменьшению вероятности недоставки. Однако, количество повторов извещения должно быть таким, чтобы суммарное время не превышало времени доставки  $T_{\text{достТИ}}$ . Таким образом, максимально допустимое число ОС в первую очередь определяется параметрами режима передачи служебных извещений. Влияние параметров режима передачи ТИ проявляется только в случае, когда отношение  $\frac{T_{\text{достТИ}}}{t_c}$  мало.

В **четвертой главе** проведен анализ двунаправленной системы. Показано, что для режима АТ вероятность недоставки извещения от любой из  $N$  станций может быть найдена как:

$$P_{\text{нед}} = 1 - \left[ 1 - P \cdot \left( P + \frac{t_c}{t_\Delta - t_c} \right)^{\frac{T_{\text{дост}}}{t_0 + 2 \cdot t_c}} \right]^N, \text{ где} \quad (4)$$

$$P = \frac{N \cdot \frac{2 \cdot t_c}{T}}{1 - N \cdot \frac{4 \cdot t_c}{T}} \quad (5)$$

Для проверки достоверности полученных аналитических выражений в представляющей практический интерес области значений  $P_{\text{нед}} = 10^{-3} \dots 10^{-1}$ , проведено сравнение с результатами имитационного моделирования.

На рис. 4 приведены зависимости вероятности недоставки от числа объектовых станций, причем сплошными линиями изображены аналитические зависимости, а точками – результаты моделирования. При этом везде далее,

$$\overline{T}_{\text{дост}} = \frac{T_{\text{дост}}}{t_c}.$$

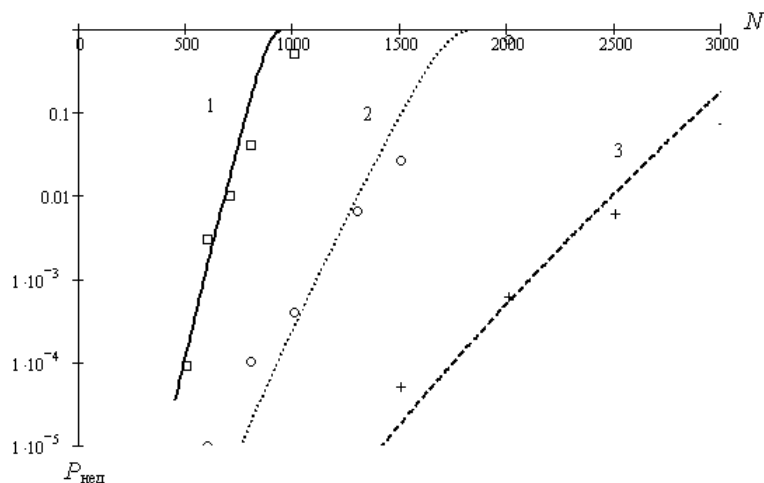


Рис. 5. Зависимости вероятности недоставки извещений от числа объектовых станций  $N$ :  $\overline{T} = 7200$  (кривая 1), 14400 (2), 28800 (3);  $\overline{t_0} = 20$ ,  $k_{\Delta} = 0.8$ ,  $\overline{T}_{\text{дост}} = 240$ .

Как видно из рис. 5, в указанной области наблюдается удовлетворительное совпадение расчетных значений с результатами моделирования.

На основе полученных аналитических выражений проведена оптимизация системы по критерию максимума объектовых станций. На рис. 6, представлена зависимость максимального достижимого значения  $N = N_{\text{max}}$  для оптимальных параметров алгоритмов функционирования с постоянным и уменьшающимся средним периодом повторения при различных значениях  $P_{\text{нед\_max}}$  в зависимости от относительной величины периода мониторинга  $\overline{T}$ .

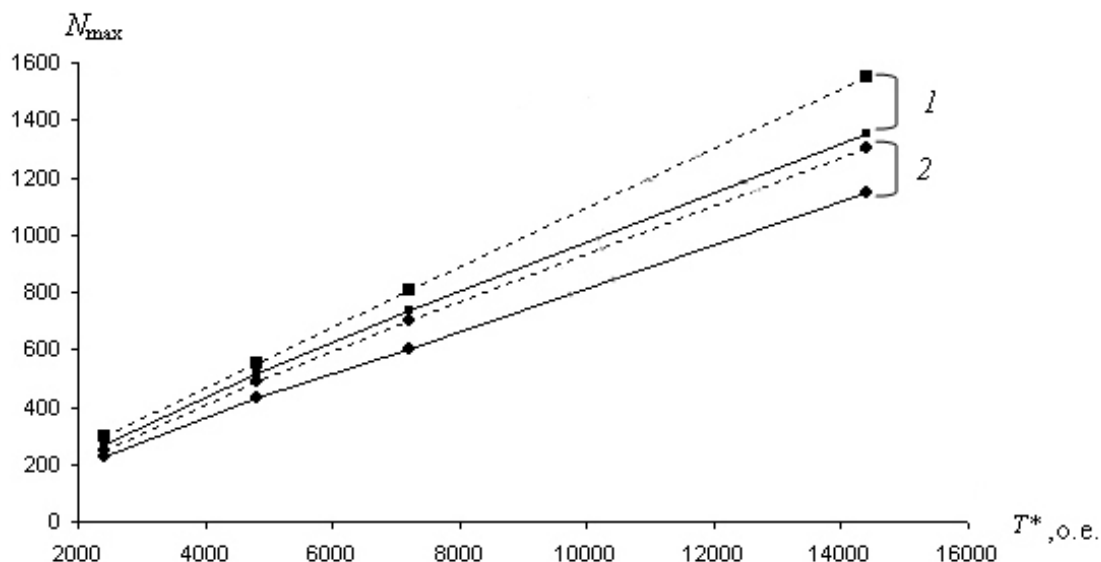


Рис. 6. Зависимости  $N_{\max}$  от периода мониторинга для  $P_{\text{нед max}} = 10^{-2}$  (кривая 1),  $10^{-3}$  (2), для двух рассмотренных алгоритмов функционирования – с убывающим средним интервалом повторения (пунктир) и квазипериодическим (сплошная линия)

Из рис. 6 видно, что зависимость максимального числа ОС от интервала мониторинга близка к линейной. Использование алгоритма повторной передачи извещений с убывающим средним интервалом повторения позволяет несколько повысить значение  $N_{\max}$  на 20%...30%.

Для режима передачи тревожных извещений показано, что вероятность недоставки тревожного извещения может быть найдена, как:

$$P_{\text{недТИ}} = P^{M_{\text{ТИ}}}, \quad (6)$$

где  $P$  вычисляется по формуле (5), а  $M_{\text{ТИ}}$  – количество повторов пакетов в пачке ТИ:

$$M_{\text{ТИ}} = \frac{T_{\text{достТИ}}}{t_{0\text{ТИ}} + 2 \cdot t_c} + 1. \quad (7)$$

На рис. 7 представлена зависимость вероятности недоставки тревожного извещения от величины  $t_{0\text{ТИ}}$ . При этом везде далее  $\overline{t_{0\text{ТИ}}} = \frac{t_{0\text{ТИ}}}{t_c}$ ,

$$\overline{T_{\text{достТИ}}} = \frac{T_{\text{достТИ}}}{t_c}.$$

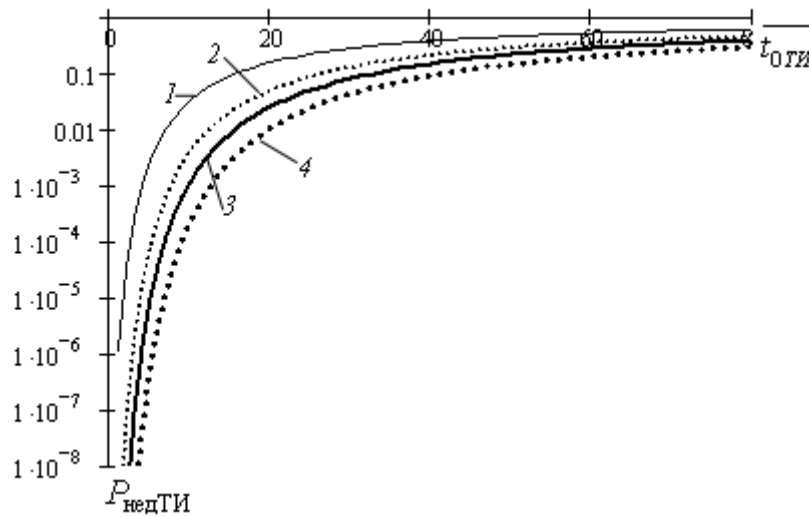


Рис. 7. Зависимости вероятности не доставки тревожных извещений от среднего периода повторений тревожного извещения при  $N = 750$  (кривая 1,3),  $500$  (2,4)  $\bar{T} = 7200$  (1,2),  $4400$  (3,4)  $T_{\text{достТИ}} = 40$ .

Как видно из рис. 7 минимум вероятности не доставки тревожного извещения достигается при значении  $\overline{t_{0ТИ}}$ , стремящемся к нулю. Однако, вследствие того, что вероятность одновременного появления двух тревожных извещений отлична от нуля, величина  $\overline{t_{0ТИ}}$  также должна быть больше нуля. В работе показано, что для обеспечения уровень вероятности не доставки ТИ не выше  $10^{-4} \dots 10^{-3}$ , значение  $\overline{t_{0ТИ}}$  должно равняться  $2 \dots 4$ .

В пятой главе проведена оценка увеличения числа объектовых станций путем применения протокола МДКН. Показано, что при отсутствии в системе скрытых станций вероятность не доставки извещения от любой из  $N$  станций может быть найдена как:

$$P_{\text{нед}} = 1 - \left( 1 - \left( N \cdot \frac{t_c}{T} \right)^{\frac{T_{\text{дост}} + 1}{t_0 + t_c}} \right)^N \quad (8)$$

На рис. 8 для сравнения приведены зависимости вероятности не доставки от числа объектовых станций для двунаправленной системы без использования (кривые 1 и 2) и с использованием (кривые 3 и 4) протокола МДКН.

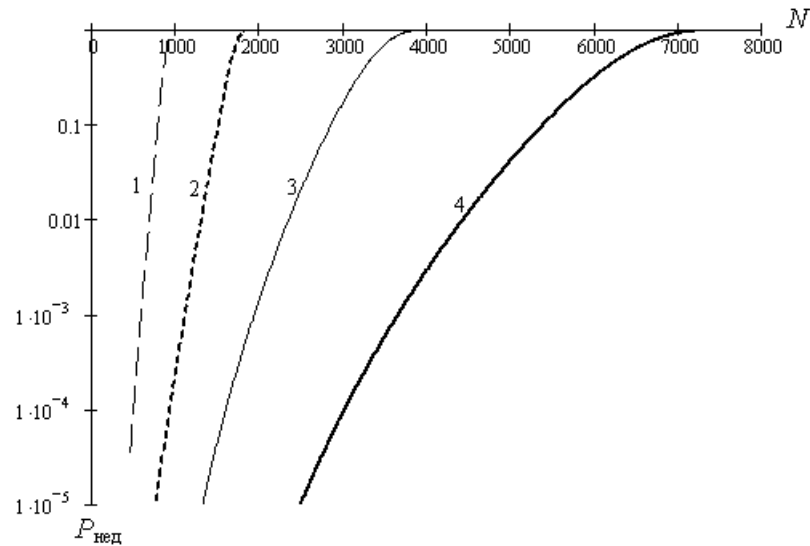


Рис. 8. Зависимости вероятности недоставки извещений от числа объектовых станций  $N$ :  $\bar{T}=7200$  (кривая 1,3), 14400 (2,4);  $t_0 = 20$ ,  $k_{\Delta} = 0.1$ ,  $\bar{T}_{\text{досг}} = 240$  для двунаправленной системы (1,2) и для двунаправленной системы с использованием протокола МДКН(3,4).

Как видно из рис 8, использование протокола МДКН в двунаправленных системах позволяет существенно увеличить количество ОС. На рис. 9 приведены зависимости максимально допустимого числа ОС от величины периода мониторинга.

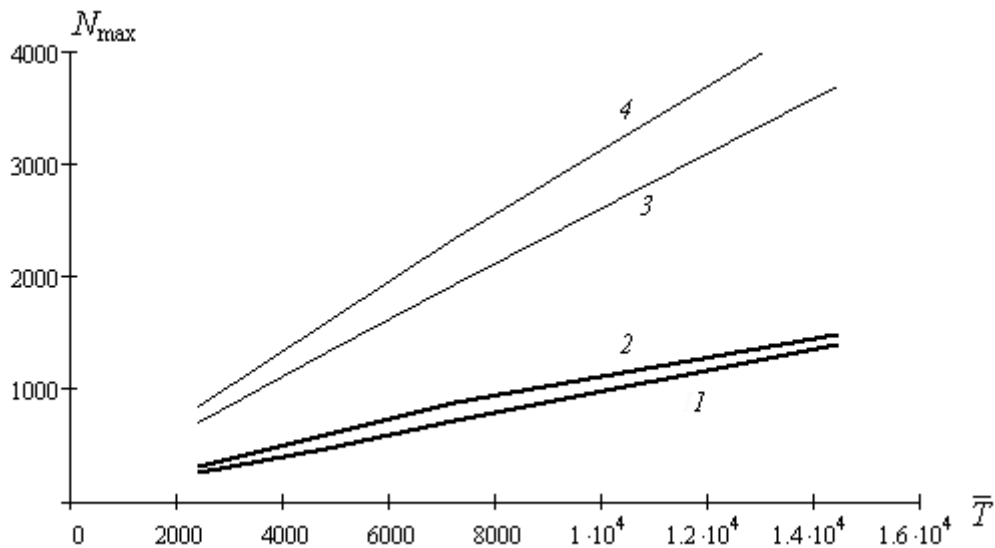


Рис. 9. Зависимости максимального количества ОС от периода мониторинга для двух максимально допустимых значений вероятности недоставки:  $P_{\text{нед max}} = 10^{-2}$  (кривая 1,3),  $10^{-3}$  (2,4), для двунаправленной системы (1,2), для двунаправленной системы, с использованием протокола МДКН(3,4).



Как видно из рис. 9 использование протокола МДКН позволяет повысить число ОС в 2...3 раза.

$$P_{\text{нед}} = 1 - \left(1 - P \cdot \left(P + p_1 \cdot \frac{t_c}{t_{\Delta} - t_c}\right)^{\frac{T_{\text{дог}}}{t_0 + t_c}}\right)^N, \text{ где} \quad (9)$$

$p_1$  – вероятность того, что произвольно выбранная  $j$ -я ОС окажется в числе скрытых станций для рассматриваемой  $i$ -й ОС, а

$$P = \frac{N \cdot \frac{2 \cdot t_c}{T} \cdot p_1}{1 - N \cdot \frac{4 \cdot t_c}{T} \cdot p_1} + \frac{N \cdot \frac{1}{T} \cdot (1 - p_1)}{1 - N \cdot \frac{4 \cdot t_c}{T} \cdot p_1}. \quad (10)$$

На рис. 10 приведены зависимости максимально допустимого числа ОС от величины периода мониторинга для двунаправленной системы без МДКН и системы, использующей МДКН в случае, когда вероятность  $p_1$  достигает значения 0.3.

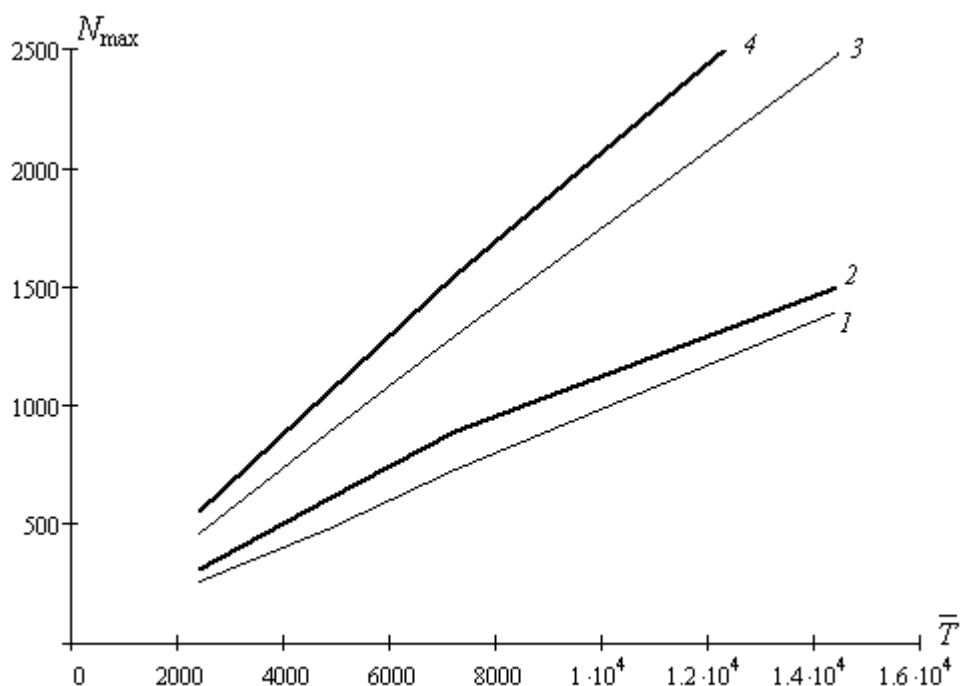


Рис. 10. Зависимости максимального количества ОС от периода мониторинга для двух максимально допустимых значений вероятности доставки:

$P_{\text{нед max}} = 10^{-2}$  (кривая 1,3),  $10^{-3}$  (2,4), для двунаправленной системы (1,2), для двунаправленной системы, с использованием протокола МДКН(3,4);  $p_1 = 0.3$ .

Как видно из рис. 10, использование протокола МДКН даже в условиях, когда вероятность  $p_1$  достигает 0.3, позволяет повысить число ОС на 80%...90%.

В **заключении** рассмотрены основные научные и практические результаты проделанной работы, которые состоят в следующем:

- Предложена методика имитационного моделирования радиосистем передачи тревожных извещений, учитывающая искажения извещений вследствие возникновения коллизий сигналов от различных объектовых станций в системе, позволяющая произвести оценку допустимого числа станций в широком диапазоне значений величин интервала мониторинга и времени доставки, а также параметров алгоритма функционирования.
- Получены аналитические выражения, позволяющие рассчитать максимально допустимое количество объектовых станций при заданных условиях функционирования системы и определить оптимальные параметры алгоритма функционирования как однонаправленной, так и двунаправленной систем передачи тревожных извещений, в том числе с использованием протокола МДКН.
- Проведена оптимизации параметров протокола множественного доступа к центральной станции по критерию максимума количества объектовых станций при вероятности недоставки и времени доставки извещений, не превышающих заданных значений.
- Полученные в работе результаты позволяют увеличить количество обслуживаемых ОС в реально действующих РСПТИ за счет оптимизации параметров протокола множественного доступа к центральной станции. Использование результатов диссертационной работы на этапе проектирования РСПТИ позволяет обоснованно выбрать как метод множественного доступа к центральной станции, так и параметры соответствующего протокола доступа. В частности, полученные в работе данные позволили при разработке радиосистемы «Аргон» повысить максимально допустимое количество объектовых станций на 30%. (Имеется Акт предприятия «Аргус-Спектр» об использовании результатов диссертационной работы при построении однонаправленной радиосистемы передачи извещений «Аргон»).

### **Публикации по теме диссертации**

1. Варгаузин В.А., Кудряшов Д.А., Цикин И.А. Оптимизация параметров систем передачи тревожных извещений.// мат. IX Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах. Национальная безопасность»: тез. докл. СПб: Изд. СПбГПУ. – 2005. – С. 6 – 7.
2. Варгаузин В.А., Кудряшов Д.А., Цикин И.А. Оптимизация параметров радиосистем передачи тревожных извещений.// мат. XIII Международной научно-методической конференции «Высокие интеллектуальные технологии и инновации в образовательно-научной деятельности. Национальная безопасность»: тез. докл. СПб: Изд. СПбГПУ. – 2006 – С. 117 – 118.
3. Кудряшов Д.А., Цикин И.А. Повышение эффективности однонаправленных систем передачи тревожных извещений.// Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2008. – № 1. – С. 42- 49.
4. Кудряшов Д.А., Цикин И.А. Повышение достоверности в радиоохраных системах.// мат. 63-й Научно-технической конференции, посвященной дню радио: тез. докл. СПб. – 2008 – С. 42 – 43.
5. Варгаузин В.А., Кудряшов Д.А., Цикин И.А., Червинский М.В. Охранные радиосистемы со случайным множественным доступом к общему частотному каналу.// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. –№ 2. – С. 39 – 45. (Список ВАК)
6. Кудряшов Д.А., Цикин И.А. Оптимизация алгоритма функционирования однонаправленных систем радиомониторинга.// Труды СПбГПУ. – 2008. – № 507. – С. 93-98.
7. Кудряшов Д.А., Цикин И.А. Вероятностно-временные характеристики двунаправленной радиосистемы передачи тревожных извещений.// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2008. –№ 5. – С. 41 – 45. (Список ВАК)