

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

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

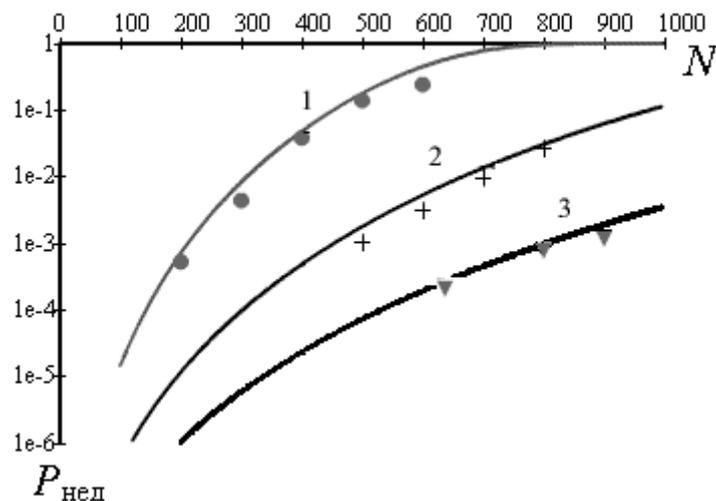


Рис.1. Зависимость вероятности недоставки от числа ОС:
 $\bar{T} = 2 \cdot 10^4$ (кривая 1), $5 \cdot 10^4$ (2), $10 \cdot 10^4$ (3); $\bar{t}_0 = 30$, $k_{\Delta} = 0.8$, $M = 7$.

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.

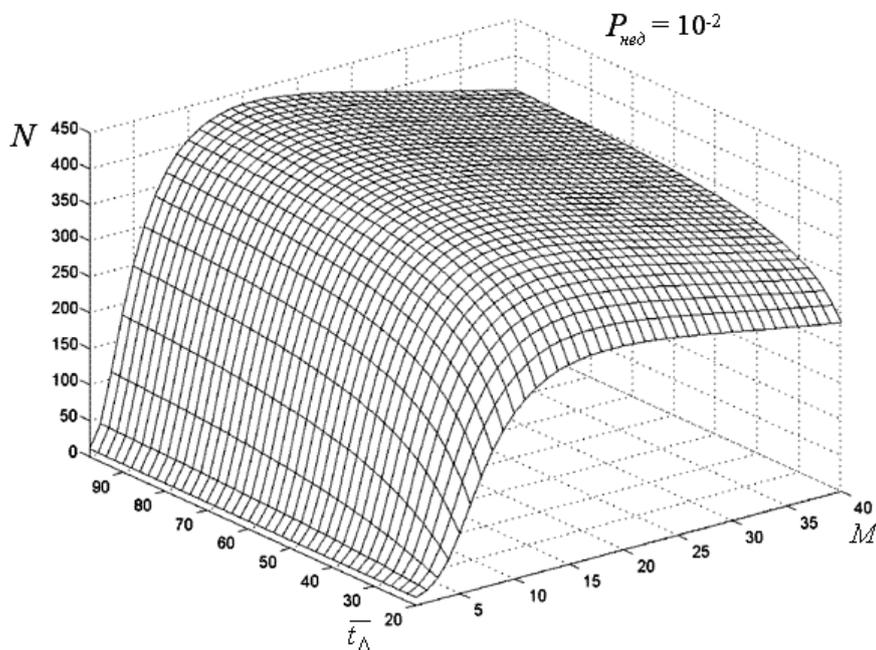


Рис. 2. Зависимость максимального числа ОС от M и \bar{t}_Δ :

$$\bar{T} = 2 \cdot 10^4, \bar{t}_0 = 1.2 \cdot \bar{t}_\Delta, P_{\text{нед}} = 10^{-2}$$

На рис. 3 приведена зависимость N_{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 $M_{\text{опт_min}} \approx 10, \bar{t}_{0_опт} \approx 40$.

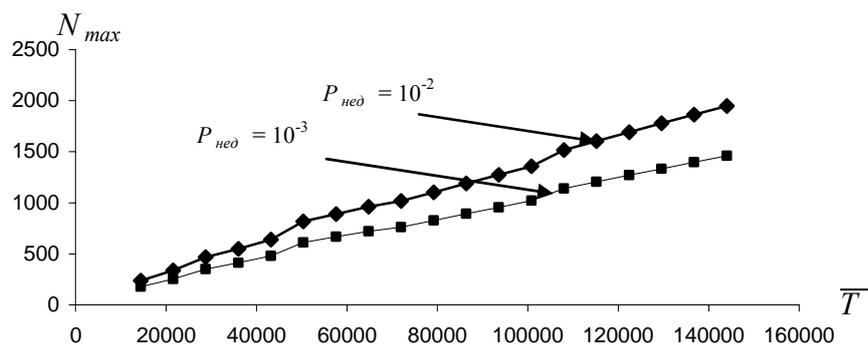


Рис.3. Зависимость максимально допустимого числа ОС от величины интервала мониторинга при оптимальных значениях параметров M и \bar{t}_Δ для двух значений допустимой вероятности недовывода ($P_{\text{нед}} = 10^{-2}, 10^{-3}$)

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 $M_{\text{ТИ}}$.

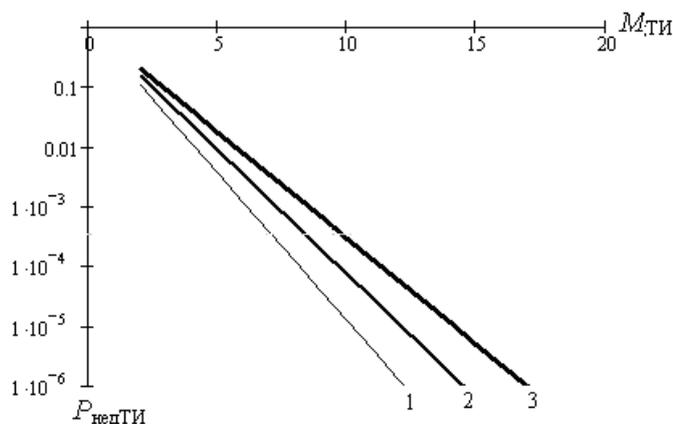


Рис.4 Зависимость вероятности недоставки ТИ числа повторов пакетов в пачке ТИ. $\bar{T} = 2 \cdot 10^4$, $\bar{t}_0 = 1.2 \cdot \bar{t}_\Delta$, $M = 10$, $\bar{t}_\Delta = 30$, $N = 400$ (кривая 1), 500 (2), 600 (3)

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,

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

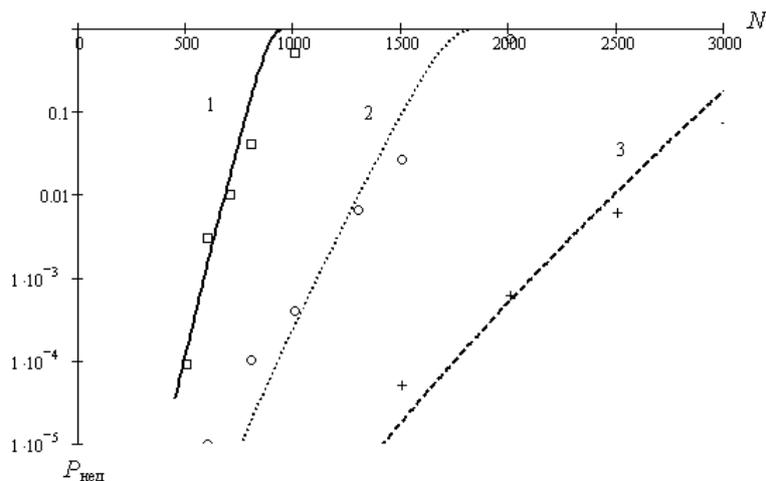


Рис. 5. Зависимости вероятности недоставки извещений от числа объектовых станций N : $\overline{T} = 7200$ (кривая 1), 14400 (2), 28800 (3); $\overline{t_0} = 20$, $k_{\Delta} = 0.8$, $\overline{T}_{\text{дост}} = 240$.

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} .

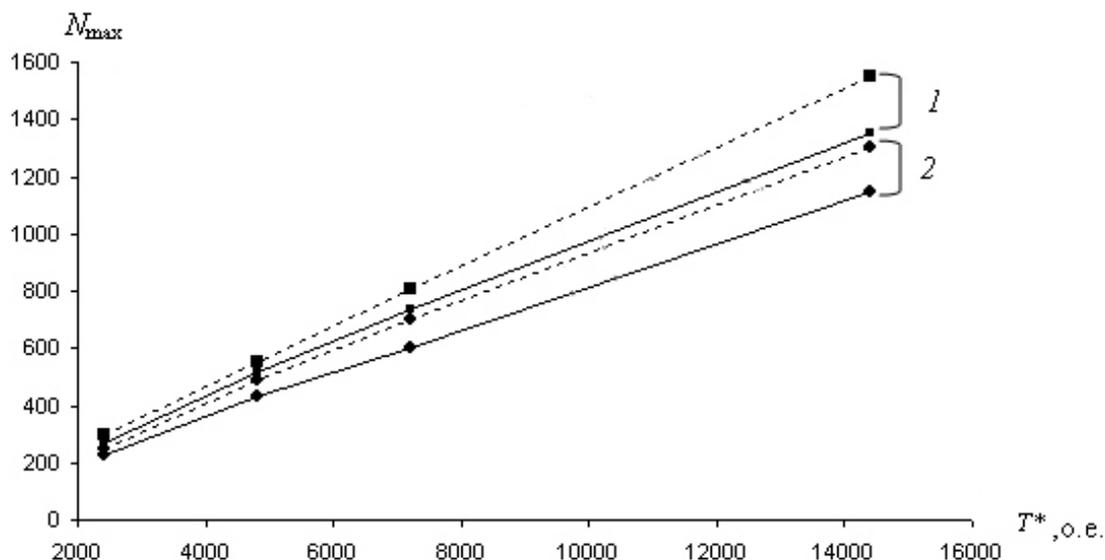


Рис. 6. Зависимости N_{\max} от периода мониторинга для $P_{\text{нед max}} = 10^{-2}$ (кривая 1), 10^{-3} (2), для двух рассмотренных алгоритмов функционирования – с убывающим средним интервалом повторения (пунктир) и квазипериодическим (сплошная линия)

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 $\overline{t_{0\text{ТИ}}} = \frac{t_{0\text{ТИ}}}{t_c}$,

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

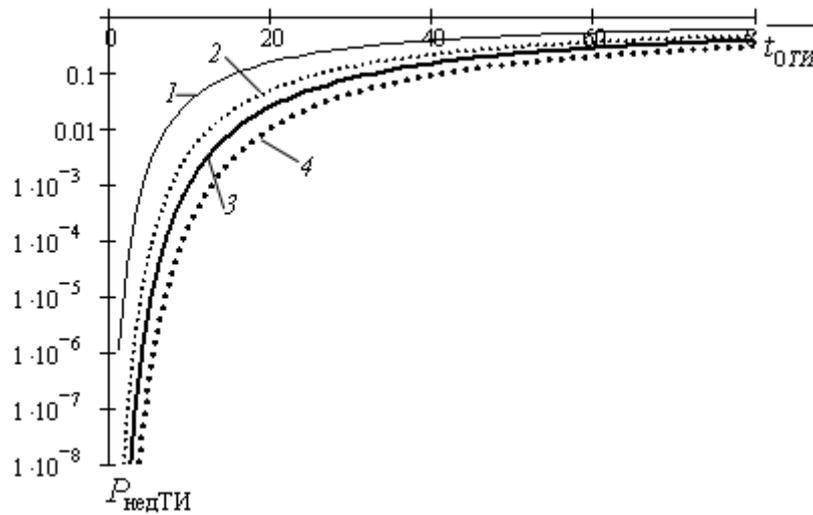


Рис. 7. Зависимости вероятности не доставки тревожных извещений от среднего периода повторений тревожного извещения при $N = 750$ (кривая 1,3), 500 (2,4) $\bar{T} = 7200$ (1,2), 4400 (3,4) $T_{\text{достТИ}} = 40$.

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.

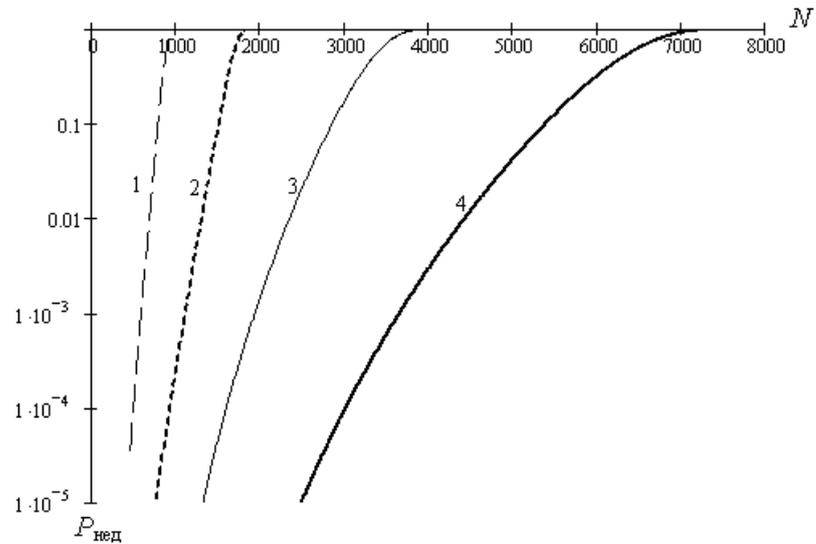


Рис. 8. Зависимости вероятности недоставки извещений от числа объектовых станций N : $\bar{T}=7200$ (кривая 1,3), 14400 (2,4); $t_0 = 20$, $k_{\Delta} = 0.1$, $\bar{T}_{\text{досг}} = 240$ для двунаправленной системы (1,2) и для двунаправленной системы с использованием протокола МДКН(3,4).

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.

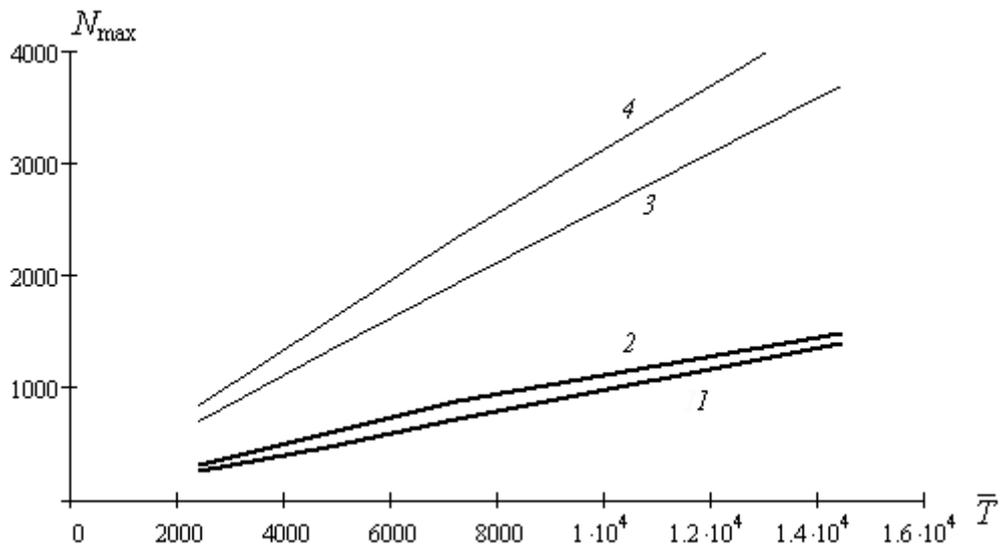


Рис. 9. Зависимости максимального количества ОС от периода мониторинга для двух максимально допустимых значений вероятности недоставки: $P_{\text{нед max}} = 10^{-2}$ (кривая 1,3), 10^{-3} (2,4), для двунаправленной системы (1,2), для двунаправленной системы, с использованием протокола МДКН(3,4).

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.

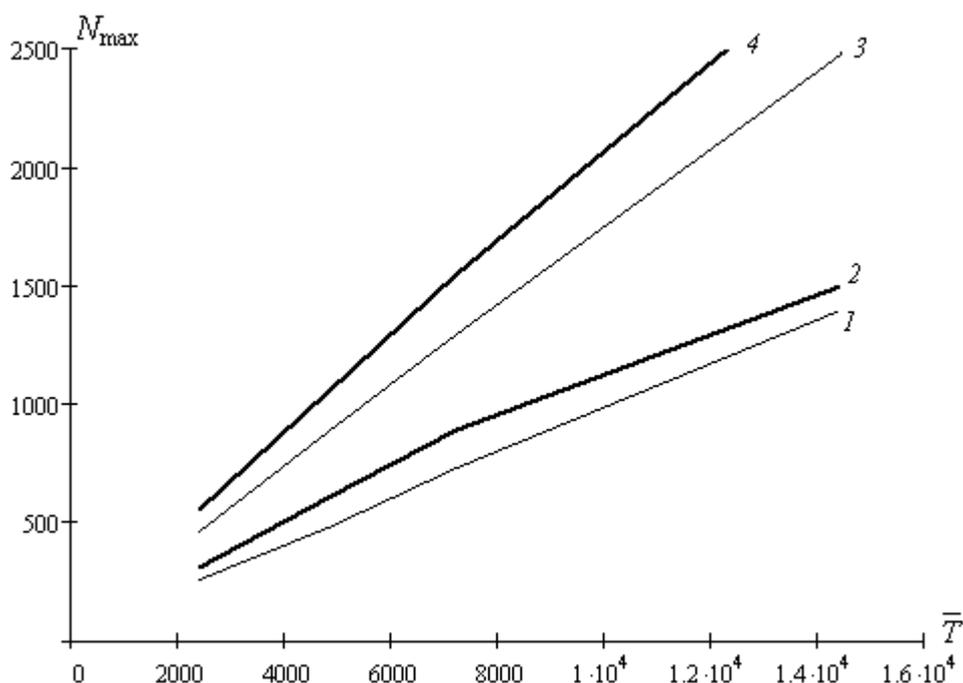


Рис. 10. Зависимости максимального количества ОС от периода мониторинга для двух максимально допустимых значений вероятности доставки:

$P_{\text{нед max}} = 10^{-2}$ (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)