

0716684-1

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ТАЮРСКАЯ Галина Васильевна

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИЕМО - ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ В
РАДИОСИСТЕМАХ

Специальность 05.12.01 - Теоретические основы радиотехники

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук



КАЗАНЬ - 2000

Работа выполнена в Казанском Государственном университете (КГУ)

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук
доцент Плеухов А.Н.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор
Белькович О.И. (КГУ).

кандидат технических наук, директор института
информатики АН РТ Насыров И.З.

Ведущая организация КГУ, радиотехнический факультет, кафедра
радиоуправления, г. Казань.

Защита состоится 22 июня 2000г. в 14 часов на заседании диссертационного
совета Д 053.29.05 при Казанском государственном университете по адресу:

г. Казань 420008, ул. Кремлевская, 18.

ауд 212

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского
Казанского государственного университета.

Автореферат разослан 20 мая 2000 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук



НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
КФУ



0000947732

В.С. Бухмин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. Существует целый ряд специализированных радиосистем, посылающих сигналы в ответ на радиосигналы, поступающие от большого количества передатчиков (источников). В таких запросно-ответных радиосистемах радиосигналы поступают на вход приемника не регламентировано во времени, т.е. случайно. Приведем некоторые из таких радиосистем :

- радиотелеметрическая система, служащая для передачи с борта летательного аппарата (ЛА) информации о состоянии и работе различных бортовых агрегатов, приборов и устройств, и т.д.;
- радиосистемы управления полетом ЛА путем подачи на их борт команд и программ управления и контроля их прохождения и исполнения;
- радиосистемы связи, предназначенные для поддержания телефонной, телеграфной и телевизионной связи между абонентами, расположенными в различных пунктах земной поверхности или между экипажем и землей;
- радиосистемы управления воздушным движением;
- радиосистемы ближней навигации;
- радиосистемы межсамолетной навигации;
- радиосистемы предупреждения столкновения самолетов;
- радиосистемы радиолокационного опознавания и другие.

Различные или однотипные радиосистемы могут объединяться в радиотехнические комплексы.

Такие радиосистемы работают в диалоговом режиме, поэтому, если радиосигнал поступает на вход приемника в то время, когда приемное устройство ведет прием и обработку другого радиосигнала, то один из этих радиосигналов не обрабатывается т.е. не принимается и теряется (который - зависит от правила приема радиосигнала в системе). В силу этого условиями, определяющими прием сигнала и излучение ответного ему сигнала будут не спектрально-энергетические соотношения, а временные (спектрально-энергетические соотношения могут влиять на искажение информации, содержащиеся в принимаемом сигнале).

Для анализа процессов приема радиосигналов в таких системах возникла необходимость разработки математической модели, адекватной этим радиосистемам, и ее исследование.

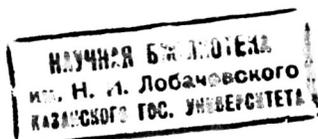
В работах коллектива кафедры радиофизики Казанского государственного университета было показано, что математическими моделями таких приемопередающих радиосистем являются системы массового обслуживания без ожидания (т.е. с потерями) с бернуллиевскими потоками заявок на обслуживание и постоянным, по крайней мере для однородных источников, временем обслуживания.

В дальнейших работах кафедры радиофизики КГУ с участием автора был расширен круг задач, рассматриваемых в связи с проблемами проектирования и эксплуатации радиосистем такого типа.

Рассмотрение тактико-технических характеристик и алгоритмов функционирования таких систем позволяет сделать вывод о том, что выбор числа абонентов, участвующих в создании той электромагнитной ситуации, в которой функционируют эти системы, весьма произволен, что требует решения задач, связанных с количественной оценкой качества функционирования таких систем и определения оптимальных значений числа запросчиков, создающих электромагнитную ситуацию, в условиях которой функционирует система, а также выбора оптимального набора дисциплин приема радиосигналов, обеспечивающего наибольшую эффективность функционирования приемно-передающих радиосистем.

Кроме того возникла необходимость в детальном выяснении механизма процесса взаимовлияния как однотиповых, так и разнотиповых радиотехнических комплексов с целью снижения этого взаимовлияния.

Поэтому **целью диссертационной работы** явились разработка методик оценки пропускных способностей радиотехнических систем, работающих с потоками сигналов широкого спектра степеней неоднородности при разнообразных дисциплинах приема и обслуживания сигналов, оценки оптимального абонентного состава радиотехнического комплекса и разработки алгоритма снижения взаимовлияния разноцелевых комплексов друг на друга. Причем результаты работы не должны ограничиваться идеолого-рекомендательным уровнем, а должны быть представлены в виде инженерных формул, пригодных для непосредственных практических расчетов.



Объект исследования. В качестве объекта исследования были выбраны радиосистемы активного «запроса-ответа» (САЗО) широкого круга назначения, с потоками сигналов, подчиняющихся бернуллиевскому распределению.

Предметом исследования являлось выяснение влияния вероятностных характеристик систем на их пропускную способность, эффективность и способность функционирования в условиях электромагнитной ситуации, создаваемой как однотиповыми системами САЗО, так и системами разноцелевого назначения.

Научная новизна состоит в следующем:

1. Впервые детально рассмотрена пропускная способность радиосистем с широким спектром степени неоднородности потока радиосигналов и дисциплин приема в радиосистемах.

2. Показана несостоятельность попыток оптимизации функционирования радиосистем с использованием параметров сугубо свойственных только теории массового обслуживания. Следствием этого явилось привлечение параметров в условном масштабе эквивалентным стоимости сигнала: энергетической, информационной и т.д. С использованием этих параметров были предложены целевые функции, позволяющие оценить степень эффективности функционирования радиосистем.

3. Впервые были рассмотрены многоаппаратные приемные радиосистемы, работающие с бернуллиевскими потоками сигналов высокой степени неоднородности.

4. Впервые были выявлены вероятностные характеристики, определяющие характер и степень взаимодействия двух близкорасположенных радиокомплексов друг на друга.

Практическая значимость работы.

1. Разработанные методики позволяют оценить допустимые пределы уменьшения длительности времени обслуживания сигналов на стадии проектирования, выбор числа абонентов, оптимальных дисциплин приема сигналов в эксплуатируемых запросно-ответных радиосистемах.

2. Выбор оптимального числа приемников и дисциплин обслуживания сигналов в многоаппаратных системах сбора и обработки информации.

3. Выбор наиболее приемлемых алгоритмов диспетчеризации функционирования близкорасположенных передо-передающих радиокомплексов.

Полученные результаты были включены в отчеты по НИР кафедры радиофизики КГУ по хоздоговорной тематике в 1967-1989г., а также были использованы в учебном процессе кафедры радиофизики КГУ при выполнении дипломных и курсовых работ и в лекциях по курсам «Практические приложения теории операций» и « Оптимизация радиосистем и радиотелекоммуникационных сетей».

На защиту выносятся следующие положения:

1. Абсолютная пропускная способность радиосистем, хотя и является одной из важнейших характеристик их функционирования, неприемлема в качестве решающего критерия для оценки оптимальности функционирования радиосистем и может служить только в виде частного критерия для оценки качества функционирования систем с неоднородными потоками.

2. Общим критерием оптимальности функционирования радиосистем могут служить целевые функции, построенные с привлечением стоимостных факторов нерадийотехнического характера (энергетические, психологические и т.д.).

3. Процессы функционирования многоаппаратных приемных радиосистем с бернуллиевскими потоками сигналов не могут быть описаны цепочечной вероятностной схемой, а имеют сильно разветвленную структуру с большим количеством взаимопереходов одних состояний в другие и требуют нестандартных методов их анализа. Именно результаты такого анализа могут позволить сделать выбор оптимального числа приемников и набора дисциплин обслуживания сигналов.

4. Детальный анализ процессов взаимовлияния двух близкорасположенных присмо-передающих радиосистем показал, что основным недостатком обычного алгоритма функционирования этих систем является невозможность одновременной работы этих систем в режиме передачи из-за неодновременности окончания приема запросных сигналов. Предлагаются три алгоритма диспетчеризации функционирования этих систем, позволяющие им одновременно работать в режиме передачи. Эти алгоритмы не только всегда повышают суммарную пропускную способность радиосистем, но и позволяют выбрать наиболее приемлемый из них за счет перераспределения парциальных пропускных способностей радиосистем.

Достоверность результатов и выводов. Все предложенные в работе методики не остановлены на уровне идеолого-методических рекомендаций, а доведены до формул, пригодных для инженерных расчетов.

Правильность полученных формул для расчетов пропускных способностей систем при различных дисциплинах обслуживания, различных степенях неоднородностей потоков сигналов и различных алгоритмов диспетчеризации приема сигналов была подтверждена методами имитационного моделирования на ЭВМ

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертации изложены в 16 опубликованных работах; были представлены и обсуждались на научной конференции «Статистическая радиотехника» (г. Куйбышев 1970), четвертой всесоюзная конференция по проблемам управления развитием систем (Рига 1986), Всесоюзных конференциях по ЭМС (Москва 1987, 1988), а также регулярно на научных конференциях Казанского государственного университета (1975 - 1996).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы, приложения. Работа содержит 106 страниц печатного текста, приводится 27 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении описана история процесса исследования запросно-ответных радиосистем и область задач, решаемых автором в объеме этих исследований.

В первой главе работы предлагаются и анализируются методики определения пропускных способностей полнодоступных одноканальных (одноаппаратных) радиосистем с различными видами беспriorитетных и приоритетных дисциплин обслуживания сигналов. . Обратим внимание на то ,что термин "канал" имеет различный смысл в рамках теории массового обслуживания и радиосвязи. Поэтому, во избежании путаницы радиосистемы будем называть «одно» и «многоаппаратные», подразумевая при этом понятия «одно» и «многоканальные» в рамках теории массового обслуживания.

Разработаны методики составления размеченных графов состояний систем и составления системы уравнений, позволяющие определить эти вероятности.

Получены формулы, позволяющие определить пропускные способности радиосистем через вероятности состояний и условий двухфазности процесса обслуживания сигналов в системах с приоритетными дисциплинами.

Получены формулы, позволяющие произвести замсну суперпозиции неоднородных потоков одним однородным потоком с эквивалентными параметрами (интенсивностью

и длительностью времени обслуживания) для бесприоритетных дисциплин обслуживания.

Предложена методика составления размеченных графов для систем с плавным приоритетом и высокой неоднородностью потоков.

Во второй главе рассматриваются возможные оценки эффективности функционирования прямо-передающих радиосистем, обосновывается целесообразность уменьшения длительности времени обслуживания радиосигнала на этапе проектирования радиосистем по критерию "пропускная способность - стоимость".

При заданной длительности времени обслуживания сигналов повысить эффективность радиосистемы можно за счет выбора оптимального числа запросчиков.

Обосновывается несостоятельность попыток оптимизации функционирования радиосистем с использованием параметров сугубо свойственных только теории массового обслуживания. Поэтому предлагаются целевые функции, описывающие эффективность функционирования радиосистем с привлечением стоимостных факторов:

a - стоимость «дохода» от приема одного сигнала;

b - стоимость штрафа за потерю одного сигнала;

c - стоимость единицы времени простоя системы.

Одной из целевых функций является абсолютная (разностная) целевая функция: $L = \text{«доход»} - \text{«убыток»}$, отнесенная к единице времени работы системы, которую можно представить в виде

$$L = a\lambda p_0 - [b\lambda(1 - p_0) + cp_0],$$

где λ - интенсивность потока сигналов; $p_0 = f(\lambda)$ - вероятность приема сигналов.

Для систем с однородным потоком оптимальная интенсивность λ_{opt} находится из условия максимизации абсолютной целевой функции, т.е.

$$L(\lambda = \lambda_{opt}) = L_{max}.$$

Этот максимум находится из уравнения

$$\left. \frac{dL}{d\lambda} \right|_{\lambda = \lambda_{opt}} = 0.$$

Проведенные инженерные расчеты показали непригодность применения такой целевой функции для оптимизации большого ряда реальных систем. Поясним

вышесказанное заключение: если стоимостные коэффициенты « b » и « c » определяются достаточно просто в теории исследования операций как

b - стоимость повторной посылки сигналов;

c - сумма стоимостей разработки и реализации системы плюс расходы на ее эксплуатацию, отнесенная к экономическому сроку жизни системы;

то для определения коэффициента « a » в литературе определенных рекомендаций нет. Поэтому явилось естественным предположение, что минимальное значение коэффициента « a » определяется соотношением $a_{\min}=b$.

Рассчитанная с учетом этого предположения величина $\lambda_{\text{опт}}$ приводит к значению относительной пропускной способности $p_0 \leq 0,7$, т.е. не менее 30% сигналов при такой интенсивности потока заведомо не принимаются, что для большинства реальных запросно-ответных радиосистем совершенно неприемлемо.

Поэтому для выбора оптимальной интенсивности потока была предложена убыточная целевая функция

$$L_y = b\lambda(1 - p_0) + cp_0,$$

которая получается из разностной целевой функции усечением первого члена и изменением знака на обратный при вычитаемом, что приводит к необходимости ее минимизации.

Очевидно, что $\lambda_{\text{опт}}$ для однородного потока будет находиться из условия минимизации убыточной целевой функции

$$\left. \frac{dL_y}{d\lambda} \right|_{\lambda=\lambda_{\text{опт}}} = 0$$

В случае неоднородного потока сигналов, состоящего из N однородных потоков, стоимостные коэффициенты « b » могут быть различными для разных потоков, стоимостной же коэффициент « c » для всех потоков будет одинаковым, поскольку он оценивает стоимость простоя системы. Тогда убыточная целевая функция будет являться суммой парциальных убыточных функций и может быть представлена в виде

$$L_y = \sum_i b_i \lambda_i (1 - W_{\text{об}i}) + cp_0,$$

где $W_{\text{об}i}$ - вероятность приема сигнала i -ого потока ($i=1 \dots N$).

Определение глобального минимума такой целевой функции может быть получено из решения системы дифференциальных уравнений в частных производных по всем λ_i

$$\begin{cases} \frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial \lambda_i} = b_i - \frac{z b_i - (\sum_k b_k \lambda_k + c) \tau_i}{z^2} = 0 \\ \dots \\ i = 1 \dots N \end{cases},$$

где $z = 1 + \sum_k b_k \lambda_k$.

К сожалению, структура уравнений этой системы такова, что при всех $N \geq 2$ получение решения в радикалах невозможно, поэтому необходимо прибегать к численным методам решения на ЭВМ.

Для существования решений этой системы должно выполняться условие

$$c > \sum_{k=1}^N b_k \lambda_k.$$

Это условие можно принять как оценочное для определения границ области N -мерного пространства, в котором могут существовать решения системы уравнений

$$\frac{\partial \mathcal{L}_i}{\partial \lambda_i} = 0, \quad (i=1 \dots N).$$

На примере рассмотрения системы с двумя неоднородными потоками, из которых один приоритетный, а другой нет, показана возможность, за счет применения дисциплин обслуживания с перестраиваемым приоритетом, приводящего к перераспределению парциальных пропускных способностей, выбора степени приоритетности, позволяющей получить либо максимум целевой функции при заданных стоимостных коэффициентах, либо максимум суммарной пропускной способности при неизвестных стоимостных параметрах.

Задача Эрланга, как известно, явилась одной из первых задач ТМО и является в рамках принятой в работе терминологии задачей анализа многоаппаратной системы, обслуживающей однородный поток заявок. Современная радиоэлектронная ситуация в большинстве случаев предусматривает достаточно высокую степень неоднородности потоков сигналов в силу неоднородности источников этих сигналов. Необходимо отметить, что неоднородность бернуллиевских потоков, обусловленная различием в

длительностях времен обслуживания сигналов, принадлежащих различным источникам, гораздо сильнее влияет на функционирование радиосистем, чем неоднородность пуассоновских потоков, где математическое ожидание длительности времени обслуживания в определенной мере нивелируется экспоненциальным распределением длительности времени обслуживания. Поэтому в **третьей главе** были рассмотрены вопросы о принципах построения и функционирования многоаппаратных приемных радиосистем (систем сбора и обработки информации) с неоднородными потоками радиосигналов и различными дисциплинами приема их, предложены методы составления уравнений состояний с большим числом аппаратов.

Это позволило получить условия, определяющие целесообразность введения приоритетов в многоаппаратных системах с неоднородными потоками сигналов. Справедливость этих условий была проверена расчетами и имитационным моделированием.

Разработана методика оценки оптимального числа приемников с учетом стоимости организации дополнительного «канала», что позволило обоснованно подойти к выбору числа приемников в системах сбора и обработки информации.

В главе четвертой рассматриваются вопросы взаимного влияния двух приемопередающих радиоконфлюксов, расположенных в непосредственной близости друг от друга (в частности, на одном борту). Показано, что в этих случаях главенствующую роль играют не вопросы спектрального состава сигналов, а вопросы, связанные с временами излучения сигналов передатчиками этих систем. В качестве основного недостатка обычного функционирования этих систем указана невозможность одновременной работы этих систем в режиме передачи сигналов. Предложено три варианта весьма недорогой, но эффективной взаимной диспетчеризации перехода таких систем в режим излучения сигналов:

Алгоритм "Взаимное ожидание".

Сформулируем дисциплину обслуживания, соответствующую этому алгоритму:

"Ответный сигнал в любой из систем излучается немедленно только в том случае, если другая система не была занята приемом своего сигнала. Если же в момент окончания приема сигнала в одной системе другая система была занята приемом своего сигнала, то излучение ответного сигнала в этой системе задерживается до окончания приема сигнала в другой системе, и оба ответных сигнала излучаются одновременно".

Алгоритм "Ограниченное ожидание"

В отличие от вышеприведенного алгоритма излучение ответного сигнала в первой системе задерживается только в том случае, если окончание обслуживания сигнала в первой системе закончилось не раньше, чем за отрезок времени равный $\delta\tau_2$ (τ_2 - время обслуживания сигнала во второй системе) до окончания сигнала во второй системе. Если обслуживание сигнала во второй системе окончилось во время обслуживания сигнала в первой системе, то излучение ответного сигнала во второй системе задерживается до окончания обслуживания сигнала в первой системе, после чего обе системы излучают одновременно.

Алгоритм "Ожидание первого."

В этом случае ответный сигнал в первой системе излучается в любом случае немедленно по окончании приема запросного сигнала. Если обслуживание сигнала во второй системе окончилось во время приема сигнала в первой системе, то излучение ответного сигнала задерживается до конца приема сигнала в первой системе и оба сигнала излучаются одновременно.

Показана возможность выбора наиболее оптимальной дисциплины диспетчеризации как по суммарной пропускной способности всего комплекса двух радиосистем, так и по парциальным пропускным способностям каждой из радиосистем в отдельности.

Анализ проведенных расчетов позволяет сделать следующие выводы:

1. алгоритм "Взаимное ожидание" поднимает парциальные пропускные способности как первого так второго потоков по сравнению с "Обычным" алгоритмом и, следовательно, повышает суммарную пропускную способность всего комплекса;
2. алгоритм "Ограниченное ожидание" еще более повышает пропускную способность по первому потоку и несколько снижает пропускную способность по второму потоку по сравнению с алгоритмом "Взаимное ожидание";
3. алгоритм "Ожидание первого" максимизирует пропускную способность по первому потоку по сравнению с вышеизложенными алгоритмами, практически не снижая пропускной способности по второму потоку по сравнению с обычным алгоритмом;
4. если заданы числовые значения штрафных коэффициентов b_1 и b_2 , то выбирается тот алгоритм, который обеспечивает минимум целевой функции L_n :

$$L_n = b_1 \lambda_1 (1 - W_{\text{ос1}}) + b_2 \lambda_2 (1 - W_{\text{ос2}}),$$

где $W_{об}$ - вероятность приема сигнала в i -ой системе.

В случае, когда эти коэффициенты равны или их значения неизвестны, в качестве целевой функции необходимо использовать суммарную пропускную способность и выбирать тот алгоритм, который обеспечивает ее максимум.

В заключении сформулированы основные результаты работы:

1. Разработана методика расчета пропускных способностей одноаппаратных систем, обслуживающих неоднородные потоки бернуллиевских сигналов с различными видами приоритетов. Предложена методика построения приоритетов для систем с очень высокой степенью неоднородности потоков и разработан общий алгоритм построения размеченных графов состояний систем. Благодаря этому была показана возможность повышения пропускной способности запросно-ответных радиосистем за счет введения приоритетности и получены формулы для определения целесообразности введения приоритетности. Полученные формулы были проверены расчетами, проведенными для гипотетических запросно-ответных радиосистем и результаты расчетов подтверждены имитационным моделированием на ЭВМ.

2. Предложена целевая функция, построенная по критерию "пропускная способность- стоимость", и получены формулы для расчета оптимального числа запросчиков запросно-ответных радиосистем с однородными потоками сигналов.

Предложена оригинальная методика оценки оптимального числа запросчиков для запросно-ответных радиосистем с неоднородными потоками сигналов и различными дисциплинами обслуживания. Получены формулы, позволяющие оценить границы многомерной области, в которой могут находиться оптимальные значения чисел запросчиков, излучающих неоднородные потоки сигналов. Проведенные по методикам расчеты показали, что обоснованный выбор числа запросчиков в системах с однородными потоками сигналов позволяет уменьшить убыточную целевую функцию почти на 30%. В системах с неоднородными потоками эти методики позволили оценить возможное подключение дополнительного числа источников (бесприоритетных), не нарушающих прием сигналов основного числа источников (приоритетных).

3. Разработана методика расчета пропускных способностей многоаппаратных приемных радиосистем с неоднородными потоками сигналов, с беспriorитетными и приоритетными дисциплинами обслуживания. Разработана рецептура составления размеченных графов и систем уравнений состояний системы для любого числа аппаратов. Это позволило получить условия, определяющие целесообразность введения

приоритетов в многоаппаратных системах с неоднородными потоками сигналов. Справедливость этих условий была проверена расчетами и имитационным моделированием.

Разработана методика оценки оптимального числа приемников с учетом стоимости организации дополнительного «канала», что позволило обоснованно подойти к выбору числа приемников в системах сбора информации.

4. Выявлены факторы, снижающие пропускные способности двух близкорасположенных приемо-передающих радиосистем; получены формулы, позволяющие количественно оценить это взаимовлияние, а также выяснен основной недостаток обычного алгоритма функционирования таких систем.

Предложено несколько алгоритмов функционирования двух близкорасположенных приемо-передающих радиосистем, позволяющих снизить отрицательный эффект взаимовлияния друг на друга и позволяющих повысить их суммарную пропускную способность. В результате этого получены условия, определяющие целесообразность введения того или иного алгоритма функционирования по суммарной пропускной способности комплекса в целом. Для систем, в которых известны штрафные стоимостные коэффициенты за потерю сигналов, была составлена целевая функция, зависящая от парциальных пропускных способностей каждой из двух близкорасположенных систем. Введение того или иного алгоритма функционирования перераспределяет парциальные пропускные способности, что позволило обоснованно подойти к выбору наиболее приемлемого алгоритма функционирования близкорасположенных приемо-передающих радиосистем.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Романов И.М., Таюрская Г.В., Таюрский А.Г. Вероятность обслуживания сигналов неоднородных равноправных потоков //Прием и обработка информации в структурно-сложных информационных системах: Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун - та, 1970. - Вып.2. -С 60 -63

2.Таюрский А.Г., Таюрская Г.В., Рахматуллин Р.Б. Повышение эффективности сложных радиосистем, работающих с потоками сигналов различных степеней

неоднородности. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1991. - Вып.19. -С 3 -16.

3. Плеухов А.Н., Таюрская Г.В., Таюрский А.Г. Оценка целесообразности повышения пропускной способности приемо-передающих радиосистем на стадии проектирования. // Когерентная оптика и оптическая спектроскопия.: Сборник статей - Казань. - 1999. - С.102 -107.

4. Нежметдинов Т.К., Таюрский А.Г., Таюрская Г.В. Прогнозирование эффективности сложных систем с учетом коэффициента модернизации. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1982. - Вып.12. -С 18 -23.

5. Нежметдинов Т.К., Таюрский А.Г., Таюрская Г.В. Прогнозирование сложных антагонистических систем. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1982. - Вып.12. -С 11 - 18.

6. Таюрский А.Г., Таюрская Г.В. Исследование целесообразности уменьшения времени обслуживания сигналов по стоимостным критериям.- // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1981. - Вып.11. -С 80 -82.

7. Романов И.М., Таюрский А.Г., Таюрская Г.В. Оценка оптимальности загрузки СМО с потерями с учетом экономических факторов. //Прием и обработка информации в структурно- сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд-во Казан. гос. ун - та, 1978. - Вып.7 С 10 -13.

8. Таюрская Г.В. Выбор оптимальных нагрузок в приоритетных системах.// Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник - Казань: Изд во Казан. гос. ун - та, 1985. - Вып. 14 - С 39-44.

9. Лебедев А.Н., Таюрская Г.В. Оптимизация СМО с частичным приоритетом. //Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1985. - Вып.16. -С 23 - 25

10. Таюрская Г.В., Таюрский А.Г. Повышение абсолютной пропускной способности радиотехнических систем при помощи приоритетных дисциплин обслуживания. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун - та, 1987. - Вып.16. -С.138 - 1

11. Владыкин Ю.Г., Таюрский А.Г., Таюрская Г.В., Шапкин Ф.А. Повышение эффективности сложных радиосистем путем управления их пропускной способностью. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун - та, 1987. - Вып.17. - С 21 - 22

12. Плеухов А.Н., Таюрская Г.В., Таюрский А.Г. Повышение эффективности функционирования запросно-ответных радиосистем. // Когерентная оптика и оптическая спектроскопия.: Сборник статей - Казань. - 1999. - С.107 -114.

13. Таюрская Г.В., Таюрский А.Г. Повышение пропускной способности радиосистем за счет введения приоритетных дисциплин обслуживания сигналов. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах: Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун - та, 1984. - Вып.14. -С 15 - 19.

14. Дороднов А.А Таюрский А.Г., Таюрская Г.В. Определение оптимального числа приемников в сложных системах с «квазидиспетчером». // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1984. - Вып.14. -С 34 - 39.

15. Дороднов А.А Таюрский А.Г., Таюрская Г.В. Выбор оптимального числа приемников в специализированных сложных приемо-передающих комплексах. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1983. - Вып.13. -С 138 - 143.

16. Таюрский А.Г., Таюрская Г.В. Шафигуллин Р.Н. Алгоритмы повышения пропускных способностей близкорасположенных приемо-передающих радиосистем. // Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Сборник. - Казань: Изд - во Казан. гос. ун -та, 1991. - Вып.19. -С 17 - 31.

СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Сосновский А.А., Хаймович И.А. Радиотехнические средства ближней навигации и посадки летательных аппаратов. - М. : Машиностроение, 1975. - 270с.

2. Бычков С.И., Пахолков Г. А., Яковлев В.Н. Радиотехнические системы предупреждения столкновения самолетов, - М.: Сов. Радио, 1977. - 272с.

3. Самолетные навигационные системы / Под ред. М. Кейтона и В. Фрайда: Перевод с англ. М.: Воениздат, 1973. - 462с.

4. Романов И.М., Кобчиков А.В., Нежметдинов Т.К., Нугманов И.С. Введение в теорию проектирования асинхронных импульсных радиосистем. - Казань, 1971. - 230с.
5. Таюрский А.Г. Дифференциация приема радиосигналов в системах с неоднородными потоками. Автореферат кандидатской диссертации, Казань, 1972.
6. Вентпель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология.- М., Наука, 1988.- 208с.
7. Таюрский А.Г. Имитационное моделирование радиотехнических и электронных систем массового обслуживания. Казань : Издательство КГУ, 1998 -60с.
8. Чумаков Н.М., Серебряный Е.И. Оценка эффективности сложных технических устройств. - М.: Советское радио, 1980 - 192с.
9. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. - М.: Сов. Радио, 1975. - 368с.
10. Гуревич В.Э. О показателях технической эффективности систем передачи // Радиотехнические системы связи: Сб. Научных трудов институтов связи/ ЛЭИС. - Л.:1989.
11. Емельянов С.В., Борисов В.И., Малевич А.Н., Черкашин А.М. Модели и методы векторной оптимизации - //Техническая кибернетика. 1973, N5 с 386-448.
12. Чуев Ю.В., Спехова Г.П. Технические задачи исследования операций. - М.: Сов.радио, 1971, 244с.

2-00

Отпечатано на ризографе.
Бумага офсет. Заказ ФФ 13/05.
Тираж 100 экз. ООП ТРО ВОИ т. : 31-55-02