М292715

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

ЗИНКИН Сергей Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАЗРАБОТКА НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

(Специальность 05.13.13 – Вычислительная техника)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1976

Работа выполнена в Пензенском политехническом институте на кафедре "Вычислительная техника".

Научный руководитель-
доктор технических наук ВАШКЕВИЧ Н.П.

Официальные оппоненты-
доктор технических наук профессор ШАМАЕВ Ю.М.,
кандидат технических наук доцент СУРКОВ Л.В.

Ведущее предприятие указано в решении специализированного совета.

Защита диссертации состоится "[illegible]" [illegible] 1976г. на заседании специализированного совета К-33/4 "Вычислительная и информационная техника" Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу:г.Москва, 107005, ул.2-я Бауманская, д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке училища.

Ваши о[illegible]печатью, просим выслать

Авто[illegible]

Учё[illegible]
спе[illegible]
д.т[illegible]НКОВ

Л-101307 [illegible] р.100

М292715

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В последнее пятилетие объектом пристального внимания стали процессы тактового управления очередями как на входе, так и внутри комплексов реального времени. Процессы тактового управления имеют ряд положительных особенностей, обусловивших их распространение в больших и средних системах реального времени, например, в коммерческих системах для резервирования авиабилетов, в системах сбора информации с торговых точек и др. Интерес к процессам тактового управления очередями возрос в связи с использованием в больших и средних вычислительных комплексах реального времени специализированных связных процессоров с функциональной ориентацией на предварительную обработку потоков входящих сообщений. В настоящее время теоретические и практические аспекты процессов тактового управления очередями в специализированных вычислительных комплексах реального времени с неоднородной структурой недостаточно полно освещены в отечественной и зарубежной литературе и требуют дальнейшего развития.

Целью настоящей работы является решение комплекса взаимосвязанных задач по повышению эффективности функционирования разработанных и разрабатываемых специализированных вычислительных комплексов реального времени с неоднородной структурой и с комбинированными режимами работы; разработка методов расчета очередей на входе и внутри комплексов и внедрение этих методов в инженерную практику проектирования и анализа специализированных вычислительных систем реального времени.

Предметом исследования являются методы информационного обслуживания в специализированных вычислительных комплексах реального времени и некоторые средства их реализации.

Методика исследования. Исследования проводились на базе комплексного использования аналитических, численных и статистических методов теории массового обслуживания. На отдельных этапах исследований применялись элементы теории вложенных стохастических процессов, элементы теории графов и др.

Научная новизна. Разработаны аналитические модели информационного обслуживания потоков входящих сообщений в специализи-

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
1292715
Зинкин С.А. Исследование э

рованных вычислительных комплексах реального времени при тактовом управлении очередями и при различных методах управления работой комплексов по типу управления в управляемых системах обслуживания. В этих моделях учитываются произвольные входные распределения и требования, предъявляемые системами диагностики. Найдены необходимые и достаточные условия стационарной работы комплексов при различных методах управления. Получены выражения для численных исследований переходных режимов работы комплексов. Разработан конструктивный подход к списанию основных методов информационного обслуживания в подсистемах контурного типа. Доказан ряд предложений о числе контурных дисциплин, описываемых хроматическими орграфами и реализуемых соответствующими аппаратными и программными средствами.

Практическая ценность и реализация результатов работы в промышленности. Для получения численных характеристик процессов информационного обслуживания потоков входящих сообщений в подсистемах контурного типа при тактовом управлении очередями и самими комплексами с учетом обращений к ВЗУ в диссертации разработан следующий комплекс программ:

- программы для нахождения основных характеристик вычислительных комплексов по производящим функциям;
- программы для численных исследований вложенных стохастических процессов, описывающих процессы управления очередями;
- программы для статистического моделирования процессов управления очередями при различных методах поиска и распределения требований в контурах;
- программы для статистического моделирования процессов информационного обслуживания в подсистемах внешних запоминающих устройств с произвольным доступом.

Разработаны также основные структуры управления очередями в контурных системах на базе однородных сред.

Результаты диссертационной работы внедрены в инженерную практику при выполнении работ по оптимизации функционирования специализированного вычислительного комплекса с двумя центральными и двумя связными процессорами, предназначенного для серийного производства. Эти работы выполнены автором в рамках хоздоговорных НИР на кафедре "Вычислительная техника" Пензенского

МВТУ им. Н. Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

политехнического института и внедрены на промышленном предприятии. Копии актов о внедрении и о законченной НИР представлены в диссертации. Условный годовой эффект от той части работы, которую выполнил непосредственно автор, составляет 95 тыс.руб.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано I2 печатных работ.

Апробации. Все материалы работы были изложены автором в докладах и лекциях на различных конференциях и семинарах, в том числе:

- на кафедре "Математические машины" МВТУ им. Н.Э.Баумана (июнь, I976 г.);
- на IX Всесоюзной конференции "Кибернетические методы в теории и практике измерений" (Ленинград, октябрь I974 г.);
- на I Всесоюзной школе-семинаре "Теория и практика построения человеко-машинных систем" (Москва-Пенза, май I975 г., 2 лекции и 3 доклада);
- на IУ Всесоюзной конференции по проблеме "Однородные вычислительные системы и среды" (Киев, октябрь I975 г., 2 доклада);
- в тексте доклада, представленном к П Всесоюзному симпозиуму по вероятностным автоматам (Тбилиси, июнь I976 г.);
- на ХУШ ОНТК, подсекция "Вычислительные системы" (Новосибирск, апрель I975 г., 2 доклада);
- на ХХIУ, ХХУ, ХХУI институтских конференциях (I973-I975гг).

Библиографические данные. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и шести приложений. Работа содержит I95 стр., в том числе I35 стр. машинописного текста, 74 рисунка, список литературы из I28 наименований, 3 стр. копий актов о внедрении результатов. Шесть приложений, оформленные в виде отдельного тома, содержат 8I стр., в том числе 3I стр. машинописного текста, 30 стр. текстов программ на Фортране, 20 стр. рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во в в е д е н и и рассматриваются цели и задачи исследований, логическая связь глав. Указывается, что диссертационная работа представляет собой логическое продолжение исследований, проводящихся на кафедре "Вычислительная техника" Пензенско-

го политехнического института под руководством д.т.н. Вашкевича Н.П. по созданию и анализу специализированных вычислительных систем контроля и управления.

В первой главе рассматриваются вопросы применения метода производящих функций и некоторых численных методов при исследовании эффективности ряда основных методов информационного обслуживания в интерактивных онлайновых специализированных вычислительных комплексах реального времени с неоднородной структурой.

Модели первой главы построены для комбинированных режимов работы комплексов, когда собственно в реальном масштабе времени работают связные процессоры, а центральные обрабатывают потоки входящих сообщений в режиме пакетной обработки. Для неоднородных вычислительных комплексов проблема исследования информационного обслуживания осложняется тем, что процесс формирования пакетов носит "нелинейный" характер при применении различных методов управления работой комплекса по типу управления в управляемых многолинейных системах массового обслуживания.

Считается, что центральные процессоры (основные ЭВМ) затрачивают на обработку общего пакета постоянное время T (длительность совмещенных основных циклов центральных процессоров), а входящие сообщения поступают в соответствии со стандартным стационарным случайным процессом

$$\mathcal{A}(T) = \{ A_r(T) : r = 1,2,\dots ;\ T > 0 \},$$

относительно которого принимаются следующие допущения:

- неотрицательные целочисленные случайные переменные $\{A_r(T) : r = 1,2,\dots\}$ имеют произвольные распределения вероятностей $P_i(T) = P\{A(T) = i\}$, одинаковые для всех r;
- известна производящая функция $P(z,T)$ стационарного распределения вероятностей числа сообщений, прибывающих в связные процессоры за время T (при использовании численных методов это условие необязательно).

В первой главе приводятся многочисленные выражения для получения ряда основных характеристик комплексов с помощью указанных методов, которые легли в основу разработанного комплекса программируемых аналитических моделей информационного обслужи-

вания потоков входящих сообщений в системах реального времени при различных методах управления по типу управления в управляемых системах обслуживания. Эти модели имеют следующие особенности:

- распределение вероятностей для стационарного входного процесса может иметь произвольный вид;

- в этих моделях легко учесть затраты времени на прерывания центральных процессоров;

- длительность T совмещенных основных циклов центральных процессоров является единственным ограничением для времени обработки пакета; обработка сообщений в выбранной группе может быть произвольной;

- при пуассоновских входных потоках становится возможным исследование очередей и при произвольной функции распределения длительностей совмещенных основных циклов центральных процессоров;

- модели для мультипроцессорных комплексов построены для процессоров разной производительности и в моделях с "взаимопомощью" обслуживающих центров учитывается первоочередная загрузка центров с меньшими номерами, что соответствует целям высвобождения части ресурсов этих центров для других, например, контрольно-диагностических функций;

- разработанные программируемые аналитические модели используются в качестве тестов при статистическом моделировании комплексов.

Выведены рекуррентные соотношения для исследования переходных процессов во вложенных цепях Маркова, описывающих процессы информационного обслуживания в комплексах. Эти соотношения позволяют дополнительно провести достаточно полное исследование периода занятости каждого центрального процессора и вывести выражения для загрузок каждого центрального процессора как для стационарного, так и для нестационарного режимов.

Найдены необходимые и достаточные условия существования стационарных режимов в комплексах при различных методах управления. В последнем параграфе первой главы рассмотрены некоторые вопросы нахождения моментов высшего порядка времени пребывания сообщений в очереди.

Комплекс программ, включающий программы для нахождения нулей знаменателей производящих функций, неизвестных, входящих в их состав, для нахождения основных характеристик по производящим функциям, программы для численных исследований комплексов, снабженный подробными комментариями, представлен в приложениях 2–3.

Во в т о р о й главе разрабатываются модели процессов тактового управления очередями в однопроцессорных и двухпроцессорных специализированных вычислительных комплексах реального времени с неоднородной структурой с учетом прерываний в работе центральных процессоров вследствие аппаратных или программных сбоев или отказов, несанкционированных вмешательствах операторов и др. при ряде основных методов управления системой обслуживания.

Рассматривается поведение вычислительного комплекса в следующей усложненной ситуации. В некоторые моменты t_r основная ЭВМ не может формировать пакеты задач и, следовательно, выполнять их в течение времени (t_r , t_{r+1}) из-за затрат времени на устранение последствий программных или аппаратных сбоев и отказов. В этом случае считается, что ЭВМ обрабатывает запрос на прерывание. Исследуются стохастические уравнения вида

$$X(t_{r+1}-0) = [X(t_r-0) - Q_r]^+ + A_r(T),$$

где t_r – r-й момент регенерации немарковского процесса $X(t)$ – длины очереди в произвольный момент времени t ;

Q_r – неотрицательная целочисленная случайная переменная, равная длине общего пакета, обрабатываемого центральными процессорами в r -м такте; $x^+ = max(x, 0)$.

Далее в диссертационной работе выводятся выражения, связывающие введенные частичные производящие функции, с целью получения необходимых и достаточных условий существования стационарных режимов в вычислительных комплексах при различных методах управления. К числу основных особенностей моделей, разработанных во второй главе, относится то, что, как и в первой главе, распределения вероятностей стационарных входных процессов во всех моделях могут быть произвольными, что существенно расширяет их возможности при исследовании комплексов.

В т р е т ь е й главе реферируемой работы рассмотрены практические вопросы организации процессов управления очередями в подсистемах типа "контур" специализированных комплексов реального времени.

Целью главы является разработка конструктивного подхода к описанию основных методов информационного обслуживания в контурах управления очередями специализированных вычислительных комплексов. Конструктивность подхода должна обеспечить возможность построения эффективных аппаратных и программных средств для диспетчеризации потоков сообщений, возможность построения статистических моделей процессов информационного обслуживания с возможной простой перестройкой при переходе от одной дисциплины к другой без значительных переделок моделирующих программ. Этот конструктивный подход должен учитывать также возможность организации аппаратных диспетчеров на базе универсальных однородных вычислительных сред и обеспечивать наиболее простой процесс настройки.

Дисциплины поиска и распределения сообщений задаются хроматическими орграфами. Под хроматическим орграфом здесь понимается ориентированный граф с раскрашенными в два цвета дугами и вершинами.

Рассмотрим сначала дисциплины поиска в контурных системах. В матрице смежностей бихроматического орграфа поиска $\mathcal{U}$ будем записывать элементы a_{ij} по следующему правилу:

– элемент a_{ij} матрицы смежностей равен единице в том случае, если после выдачи на обслуживание требования i-й очереди j-я очередь маскируется, то есть становится недоступной для незанятых центров обслуживания в следующем цикле анализа содержимого очередей контурной системы обслуживания; при этом из вершины i орграфа $\mathcal{U}$ в вершину j ведет дуга красного цвета;

– элемент a_{ij} матрицы смежностей бихроматического орграфа поиска $\mathcal{U}$ равен двойке в том случае, если после выдачи на обслуживание требования i-й очереди j-я очередь демаскируется, то есть становится доступной для незанятых центров обслуживания в следующем цикле анализа содержимого очередей; в этом случае из вершины i орграфа в вершину j ведет дуга синего цвета;

– элемент a_{ij} матрицы смежностей бихроматического орграфа

равен нулю, если доступность очереди остается прежней для очередного цикла анализа содержимого очередей в контурной системе обслуживания; в орграфе $\mathcal{U}$ отсутствует дуга, ведущая из вершины i в j ; $(i, j = 1, 2, \ldots n)$.

Дисциплины распределения или дисциплины занятия центров обслуживания, так же как и дисциплины поиска требований, можно описать с помощью бихроматических орграфов. Элементы f_{ij} матрицы смежностей бихроматического орграфа распределения $\mathcal{F}$ в этом случае записываются по такому же принципу; $(i, j = 1, 2, \ldots m)$.

Из сказанного выше нетрудно получить следующий результат.

Предложение 3.I. С помощью упорядоченной пары $\langle \mathcal{U}, \mathcal{F} \rangle$, где $\mathcal{U}$ – бихроматический орграф, описывающий дисциплину поиска, $\mathcal{F}$ – бихроматический орграф, описывающий дисциплину распределения требований, можно задать множество с мощностью $n m 3^{n+m}$ дисциплин ожидания в очередях.

Как следствия этого предложения в докладе рассматриваются некоторые классические и другие дисциплины обслуживания.

Далее вводится понятие дерева для дисциплин со сложным чередованием. Предлагается эти дисциплины задавать с помощью хроматических орграфов $\mathcal{C}$, у которых раскрашены в два цвета и дуги, и вершины. От орграфов $\mathcal{U}$ орграфы $\mathcal{C}$ отличаются тем, что в них вводятся дополнительные вершины другого цвета; дуги, выходящие из этих вершин, указывают на то, какие очереди маскируются или демаскируются после полной ликвидации очереди, которая ранее была подключена к центру обслуживания. Доказывается следующее предложение.

Предложение 3.2. Упорядоченная двойка $\langle \mathcal{C}, \mathcal{F} \rangle$ задает $n^2 m\, 3^{2n+m}$ дисциплин поиска и распределения требований со сложными чередованиями приоритетов.

В третьей главе далее рассматривается ряд примеров указанных дисциплин и способов их реализации на базе однородных вычислительных ред.

Введем теперь бихроматический орграф $\mathcal{S}$ для описания способов обслуживания в системе динамических требований более высокого порядка срочности, чем обычно. Этот орграф $\mathcal{S}$ строится точно так же, как и орграфы $\mathcal{U}$ и $\mathcal{F}$. Отсюда следует предложение 3.3. Упорядоченная тройка $\langle \mathcal{S}, \mathcal{U}, \mathcal{F} \rangle$ задает

$n^2 m 3^{2n+m}$ дисциплин поиска и распределения требований со сложными динамическими приоритетами.

В третьей главе подробно излагаются вопросы, подтверждающие свойство конструктивности предлагаемого подхода. Во-первых, на основании предложенного подхода разработаны алгоритмы поиска и распределения требований в подсистемах контурного типа вычислительных систем реального времени; во-вторых, показана возможность эффективного вложения аппаратных диспетчеров в универсальные однородные вычислительные среды и, в-третьих, разработаны модели для исследования потерь на входе связного контроллера специализированного вычислительного комплекса.

Разработан ряд аппаратных контроллеров на базе однородных сред, реализующих все указанные в третьей главе дисциплины. Эти контроллеры обладают высокой гибкостью в применении и высоким быстродействием, практически не зависящим от вида реализуемой дисциплины. Матрицы состояний настроечных входов этих контроллеров соответствуют матрицам смежностей хроматических орграфов.

В четвертой главе рассматриваются основные результаты численных исследований и статистического моделирования процессов информационного обслуживания для базового варианта специализированного вычислительного комплекса реального времени, который содержит две связные и две основные ЭВМ.

Для получения численных характеристик процессов информационного обслуживания потоков входящих сообщений в подсистемах контурного типа при тактовом управлении очередями с учетом свопинга в диссертации был разработан следующий комплекс алгоритмов и программ:

- алгоритмы и программы для нахождения основных характеристик вычислительных комплексов по производящим функциям, представленные в приложении 2;

- алгоритмы и программы для численных исследований вложенных стохастических процессов, описывающих процессы управления очередями в вычислительных комплексах реального времени, представленные в приложении 3;

- алгоритмы и программы статистического моделирования процессов обработки входящих потоков при различных методах поиска

и распределения требований в контурах при тактовом управлении, представленные в приложении 4;

- алгоритмы и программы для статистического моделирования процессов информационного обслуживания в подсистемах внешних запоминающих устройств с произвольным доступом, которые представлены в приложении 5.

В четвертой главе указаны основные особенности использования разработанного комплекса программ при исследовании эффективности информационного обслуживания в вычислительных комплексах с неоднородной структурой и при тактовом управлении очередями в основных подсистемах.

Ряд задач, касающихся обработки одной очереди или суммарной очереди для большого числа приоритетных дисциплин в контурах, в реферируемой работе решен одновременно с помощью аналитических, численных и статистических методов. Это позволило достичь следующие цели. Во-первых, осуществлена проверка правильности вывода выражений для производящих функций и громоздких выражений для основных характеристик качества обслуживания, выражений для численных исследований переходных режимов во вложенных стохастических процессах, описывающих управление очередями. Во-вторых, с помощью аналитических и численных методов оценена достоверность статистических моделей для ряда указанных дисциплин.

При реализации указанных выше замечаний использовано сформулированное в четвертой главе предложение об инвариантности стационарного распределения длины суммарной очереди в конце такта относительно ряда методов информационного обслуживания в контурах.

В четвертой главе представлены многочисленные численные результаты, полученные при исследовании информационного обслуживания четырехпроцессорного вычислительного комплекса реального времени, предназначенного для серийного производства. Эти результаты дают достаточно полное представление об эффективности функционирования комплекса и о влиянии, которое оказывают на нее параметры управления и методы информационного обслуживания. В частности, результаты численных исследований и статистического моделирования показали, что в вычислительном комп-

лексе существуют резервы для повышения пропускной способности систем "процессор - ВЗУ с произвольным доступом" в I,5 - 3 раза и всего комплекса в целом в I,25 - I,35 раза в зависимости от загрузки. Эти данные подтверждаются представленными в диссертационной работе актами о законченной опытно-конструкторской работе и о внедрении результатов на промышленном предприятии.

В п р и л о ж е н и и I изложены основные особенности функционирования подсистем "связной процессор - центральный процессор" и указаны основные режимы работы базового варианта специализированного вычислительного комплекса реального времени с неоднородной структурой.

В п р и л о ж е н и я х 2 - 5 представлены алгоритмы и тексты Фортран-программ для численных исследований и статистического моделирования неоднородных вычислительных комплексов реального времени.

В п р и л о ж е н и и 6 рассмотрен ряд дополнительных моделей информационного обслуживания в вычислительных комплексах без тактового управления с учетом прерываний в работе двух ЭВМ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

I. Разработан комплекс программируемых аналитических моделей информационного обслуживания потоков входящих сообщ ий в специализированных вычислительных комплексах реального времени при тактовом управлении очередями и различных методах управления работой комплексов по типу управления в управляемых системах обслуживания.

2. Разработан комплекс алгоритмов и программ для получения численных результатов, включающий в свой состав алгоритмы и программы нахождения нулей знаменателей производящих функций, нахождения неизвестных, входящих в их состав, численных исследований переходных процессов во вложенных цепях Маркова.

3. Разработаны модели процессов тактового управления очередями в однопроцессорных и двухпроцессорных специализирован-

ных вычислительных комплексах реального времени с учетом прерываний.

4. Предложен конструктивный подход к описанию основных методов информационного обслуживания потоков входящих сообщений в подсистемах контурного типа специализированных вычислительных комплексов реального времени, доказан ряд предложений о числе контурных дисциплин, описываемых хроматическими орграфами и реализуемых соответствующими аппаратными и программными средствами, построенными на базе данного подхода. На основании предложенного подхода разработаны алгоритмы поиска и распределения требований в контурных системах. Разработаны связные кон.роллеры на базе однородных структур, матрицы состояний настроечных входов которых соответствуют матрицам смежностей хроматических орграфов. Разработаны модели для анализа потерь на входе связного процессора, при разработке которых учитывались бихроматические орграфы.

5. Разработаны комплексы алгоритмов и программ статистического моделирования процессов информационного обслуживания потоков входящих сообщений в подсистемах контурного типа специализированных вычислительных комплексов реального времени и в подсистемах ВЗУ.

6. Результаты диссертационной работы внедрены в инженерную практику при выполнении работ по оптимизации функционирования четырехпроцессорного специализированного вычислительного комплекса, предназначенного для серийного производства. Рассмотрены основные особенности использования при этом разработанных комплексов программ, представлены многочисленные результаты статистического моделирования и численных исследований информационного обслуживания в основных подсистемах. Исследования показали, что существуют резервы для повышения производительности на 25-35% в зависимости от загрузки и повышения эффективности систем ВЗУ с прямым доступом в I,5 - 3 раза. Эти работы выполнены в рамках хоздоговорных НИР на кафедре "Вычислительная техника" Пензенского политехнического института и внедрены на промышленном предприятии. Копии актов о внедрении и о законченной опытно-конструкторской работе представлены в

диссертации. Условный годовой эффект от внедрения результатов работы, выполненной непосредственно автором, составляет 95 тыс. рублей.

Содержание диссертации отражено в следующих печатных работах:

I. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Раков Б.М. Исследование эффективности информационного обслуживания в распределенной вычислительной системе с учетом надежности ЭВМ. - В кн.: "Однородные вычислительные системы и среды". Материалы IУ Всесоюзной конференции. Изд-во "Наукова думка", Киев, I975, т.I.

2. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Раков Б.М. Об исследовании эффективности и разработке некоторых методов информационного обслуживания в вычислительных комплексах. В журн.: "Вопросы радиоэлектроники", сер. "ЭВТ", № I4, I975.

3. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Хмелевской Б.Г. Алгоритмическое описание информационных процессов на входе специализированных вычислительных систем. ЦНИИ ТЭИ Приборостроения, М., I973, ДРI25.

4. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Раков Б.М. Об информационном обслуживании в резервированных вычислительных комплексах. В журн.: "Вопросы радиоэлектроники", сер. "ЭВТ", № 9, I975.

5. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Раков Б.М. Анализ потерь при управлении информационными потоками в специализированных вычислительных системах. В сб.: "Автоматизация управления", НЭИС, Новосибирск, I975.

6. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Хмелевской Б.Г. Сравнительный анализ двух алгоритмов функционирования входного коммутатора в цифровых системах. ЦНИИ ТЭИ Приборостроения, М., I973, ДРI24.

7. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Раков Б.М. Исследование обслуживания одной очереди двумя ненадежными управляющими ЭВМ методом производящих функций. В сб.: "Автоматизация управления", НЭИС, Новосибирск, I975.

8. Зинкин С.А., Раков Б.М. Об одном методе информационного обслуживания в вычислительной системе. В сб.: "Вычислительная техника", межвуз.сб.научн.трудов, Пенза, вып.4, I975.

9. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Хмелевской Б.Г. Об управлении очередями при накоплении и обработке данных измерительного эксперимента с применением мини-ЭВМ. В кн.: "Кибернетические методы в теории и практике измерений". Материалы докладов IX Всесоюзной конференции. Ленинград, 1974.

I0. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Раков Б.М. К анализу информационного обслуживания в системе "процессор - внешние запоминающие устройства". В журн.: "Вопросы радиоэлектроники", сер. "ЭВТ", № 12, 1974.

II. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А. Применение однородных структур для организации дисциплин ожидания в очередях. В кн.: "Однородные вычислительные системы и среды". Материалы IУ Всесоюзной конференции. Изд-во "Наукова думка",Киев, 1975, т.2.

I2. Вашкевич Н.П., Зинкин С.А., Раков Б.М., Шамов А.А. Исследование процессов информационного обслуживания в системах внешних запоминающих устройств. В журн.: "Вопросы радиоэлектроники", сер. "ЭВТ", № I4, 1975.