М3213

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

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

На правах рукописи

ДОЛГАНОВ
Александр Васильевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА СИСТЕМ СБОРА И КОНЦЕНТРАЦИИ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В АСУ НА ПРИМЕРЕ ВОЛЖСКОГО АВТОЗАВОДА

05.13.06 — Автоматизированные системы переработки информации и управления

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА 1978

Работа выполнена в Пензенском политехническом институте и ордена Трудового Красного Знамени Волжском автомобильном заводе.

Научный руководитель — профессор Сергеев Н. П.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Шихаев К. Н.,
кандидат технических наук, доцент Самохвалов Э. Н.

Ведущее предприятие — ордена Ленина институт проблем управления (ИАТ) Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР.

Защита диссертации состоится «20» марта 1978 г. на заседании специализированного совета К-33/4 «Вычислительная и информационная техника» Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища им. Н. Э. Баумана по адресу: г. Москва, 107005, 2-я Бауманская, д. 5.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке

...экземплярах заверенные печатью, просим вы-

16 февраля 1978 г.

...вета,
Решков

М321555

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
1321555
Долганов А.В. Исследование

Актуальность проблемы. Опыт создания и эксплуатации АСУ на крупных машиностроительных предприятиях (Волжский автозавод) показывает необходимость для обеспечения высокой ритмичности и эффективности производства поиска путей дальнейшего повышения оперативности и достоверности сбора и обработки первичной информации при рациональном использовании ЭВМ.

Решение указанной задачи предполагает в идеальном случае создание автоматизированной системы сбора и обработки данных (АССОД), обеспечивающей режим функционирования АСУ в реальном масштабе времени. Однако в случае разветвленной сети источников информации (ИИ) и высокой интенсивности суммарных ее потоков существующие технические средства оказываются не в состоянии достаточно эффективно решить поставленную задачу. Анализ состояния отечественных и зарубежных работ в области исследования и синтеза новых технических средств сбора и обработки информации в АСУ показывает необходимость и актуальность создания систем сбора и концентрации в реальном масштабе времени информационных потоков (ССКИ), которые позволили бы обеспечить возможность оперативного отображения хода производственного процесса в течение производственного цикла (час, смена, сутки) при эффективном использовании ЭВМ.

№ 821533

Цель работы. Целью настоящей работы является комплексное исследование и разработка методов синтеза оптимальных систем сбора и концентрации в реальном масштабе времени информационных потоков в АСУ, специализированных для сбора и накопления первичной информации в течение производственного цикла и предоставления ее в ЭВМ через заданные промежутки времени или по запросу.

Методы исследования. При формализации общей задачи синтеза оптимальной структуры ССКИ используется математический аппарат теории линейного программирования, а также теории вероятностей и теории надежности. Для исследования процессов, происходящих в ССКИ, и анализа взаимодействия основных узлов системы применяется математический аппарат и модели теории массового обслуживания. Для решения задачи оптимизации основных параметров системы и ее узлов используются статистические методы и методы моделирования.

Результаты теоретических исследований проверены в реальных условиях эксплуатации ССКИ в АСУ Волжского автозавода.

Научная новизна. В диссертационной работе впервые сформулирована и решена комплексная проблема исследования и разработки методов синтеза оптимальных систем сбора и концентрации в реальном масштабе времени информационных потоков в АСУ, включая ее центральную единицу — концентратор информации (КИ), с учетом стандартных процедур по управлению каналами связи и взаимодействия с внешними накопителями на магнитных дисках (ВН-МД). На основе метода раздельной оптимизации подсистем по их частным критериям разработаны доступные инженерам-разработчикам аналитические методы синтеза основных узлов и оценки параметров подобных систем. В частности, преодолены трудности, связанные с исследованием многофазных систем массового обслуживания (СМО) с циклическими связями, получено рекуррентное соотношение связывающее n-е моменты распределения времен ожидания обслуживания для двухфазной СМО без промежуточного буфера и без потерь, разработаны аналитические методы исследования и оценки основных параметров и задержек обслуживания в ВН-МД, предложена методика оптимизации эффективности использования ВН-МД, обоснован выбор критериев качества функционирования центральной единицы системы и получены их аналитические выражения, разработаны алгоритмы статистического и имитационного моделирования процессов, происходящих в ССКИ.

Практическая ценность. Синтезированные алгоритмы функционирования основных узлов и всей системы в целом позволяют создать простую аппаратуру сбора и концентрации первичной информации, которая помимо Волжского автозавода может найти применение на других машиностроительных предприятиях. Разработаны достаточно точные аналитические методы исследования и расчета основных параметров подобных систем, включая ВН-МД, удобные для практического использования инженерами-проектировщиками. Предложенные алгоритмы моделирования системы и ее основных узлов позволяют существенно сократить время анализа и поиска оптимальных вариантов структуры за счет автоматизации определения различных вероятностно-временных параметров подобных систем и ВН-МД в критических ситуациях. Применение на вычислительном центре Волжского автозавода разработанных методов оптимизации использования ВН-МД позволило сократить время обработки первичной информации только по задачам управления основным производством на 20 процентов. Экономический эффект от внедрения 1-й очереди ССКИ в АСУ Волжского автозавода составил свыше 300 тысяч рублей в год.

Реализация работы. Разработанные методы и алгоритмы использованы при создании опытных образцов аппаратуры ССКИ

СУНДАМЕНТАЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

по заказу Волжского автозавода на кафедре «Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации» Пензенского политехнического института (ППИ), а также в вычислительных центрах Волжского автозавода для оптимизации процессов сбора и обработки первичной информации. Отлаженные программы моделирования реализованы и опробованы на ЭВМ GE425.

Апробация работы. Содержание отдельных разделов и работы в целом доложено:

— на заседаниях кафедры «Автоматизация и механизация процессов обработки и выдачи информации» ППИ,

— на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ППИ в 1973—1976 гг.;

— на научно-технической конференции РЭС им. А. С. Попова, Пенза, 1973 г.;

— на заседании кафедры «Автоматизированные системы управления» МВТУ им. Н. Э. Баумана;

— на заседании Междуведомственной комиссии по приемке АСУ-ВАЗ, назначенной постановлением ГКНТ СМ СССР № 155 от 13.04.77, Тольятти, 1977 г.

Публикации. По результатам выполненных в работе исследований опубликовано 8 работ.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 150 страницах машинописного текста, 51 рисунка и 8 таблиц, списка использованной литературы и приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматриваются особенности организации и функционирования систем сбора и обработки информации в АСУ, на основе чего формулируется и решается задача синтеза оптимальных структур ССКИ в реальном масштабе времени.

С помощью стоимостных оценок потерь, определяемых несовершенством системы управления на базе существующих средств сбора и обработки информации в АСУ, проведен анализ проблемы повышения оперативности и достоверности отображения хода производственного процесса и сформулированы основные требования к системам сбора и обработки информации.

Учитывая, что в большинстве АСУ обработка информации осуществляется обычно с суточным циклом, а возможные отклонения хода производства от установленных норм происходят значительно чаще, в работе показано, что погрешность отображения состояния хода производства ξ изменяется пропорционально скоростям изменения входной информации $a_i = dx(t)/dt$, времени запаздывания ее поступления $b_i = d\tau(t)/dt$ и длительности промежутка времени Δt между последовательными интервалами обработки первичной информации.

В случае, если a_i, b_i, ξ известны, то величина Δt может быть определена из неравенства

$$\Delta t \leqslant \frac{2\xi}{a_i b_i}.$$

Проведенный анализ позволяет установить, что для повышения оперативности сбора и обработки информации необходимо обеспечить непрерывный сбор и накопление первичной информации со всеми видами входного контроля в течение производственного цикла (смена, сутки) и предоставление этой информации в ЭВМ за минимальное время через определенные промежутки времени (ежечасно) или по запросу.

Используя метод раздельной оптимизации больших систем по частным критериям функциональных подсистем, сформулирована содержательная часть общей задачи синтеза и оптимизации ССКИ в реальном масштабе времени в постановке задачи линейного программирования.

Имеется ССКИ с заданной топологией, состоящая из N источников, соединенных с ЭВМ через посредство M концентраторов информации. Пусть в любой момент времени в ИИ зарегистрирован и ожидает передачу определенный объем информации $v_{ij}(i = 1, 2, \ldots, N)$, который необходимо передать в j-й КИ. Для запоминания указанного объема информации в КИ должна быть предусмотрена емкость памяти $B_j = \sum_{i=1}^{N} v_{ij}$.

Обобщенная функция затрат на организацию ССКИ в этом случае будет записана в виде следующей суммы:

$$W(t) = W_{ij}(t) + W_j(t) + W_{jx}(t),$$

где $W_{ij}(t)$ — функция общей стоимости организации передачи информации на участке ИИ—КИ; $W_j(t)$ — функция общей стоимости организации передачи информации на участке КИ—ЭВМ; $W_{jx}(t)$ — функция общей стоимости хранения информации в КИ.

Функция $W_{ij}(t)$ представляет собой совокупность величин, являющихся приведенными стоимостями передачи информации по каналам ИИ—КИ, зависящими от пропускных способностей каналов $r_{ij}(t)$ и их длин l_{ij}:

$$W_{ij}(t) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} w_{ij}(r, l)\, v_{ij}.$$

Аналогично

$$W_j(t) = \sum_{j=1}^{M} w_j(C, L)\, v_j,$$

где $w_j(C, L)$ — приведенная стоимость передачи информации на участке КИ—ЭВМ, зависящая от пропускной способности канала КИ—ЭВМ $C_j(t)$ и его длины L_j.

$$W_{jx}(t) = \sum_{j=1}^{M} t_{\text{по}} S_j(t) B_j,$$

где $S_j(t)$ — приведенная стоимость хранения информации в КИ; $t_{\text{по}}$ — период обработки информации.
Если $t_{\text{по}} = \text{const}$ и $S_j(t) = \text{const}$, то

$$W(t) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} w_{ij}(r, l)\, v_{ij} + t_{\text{по}} S_j(t) \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} v_{ij} + \sum_{j=1}^{M} w_j(C, L)\, v_j.$$

Общая задержка, возникающая в системе и снижающая ее пропускную способность, получена в следующем виде:

$$T_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} v_{ij} \left[\frac{1}{r_{ij}(t)} + \frac{1}{R_j(t)}\right] + \sum_{j=1}^{M} \frac{v_j}{C_j(t)},$$

где $R_j(t)$ — пропускная способность j-го КИ.

Для указанных функциональных подсистем ССКИ задача их оптимизации выражена следующим образом.

1. Подсистема сбора и накопления информации.

а) При заданной топологии для $t_{\text{по}} = \text{var}$, $\Lambda = (\lambda_{11}, \lambda_{12}, \ldots, \lambda_{NM})$ найти

$$\min W_1(t) = \min [W_{ij}(t) + W_{jx}(t)] = \min \left[\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} w_{ij}(r, l)\, v_{ij} + S_j(t) \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} t_{\text{по}} v_{ij}\right]$$

по $w(r, l)$ так, чтобы $T_{\text{общ}} \leqslant \left|\tau_{\text{р ии}}\right|_{\text{доп}}$ и $w_{ij}(r, l) \leqslant |w(r, l)|_{\text{доп}}$, где $\left|\tau_{\text{р ии}}\right|_{\text{доп}}$ — допустимый интервал разгрузки ИИ.

б) При заданной топологии для $\Lambda = (\lambda_{11}, \lambda_{12}, \ldots, \lambda_{NM})$ найти

$$\min T_{\text{общ}_1} = \min \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} v_{ij} \left[\frac{1}{r_{ij}(t)} + \frac{1}{R_j(t)}\right]$$

по $r(t)$ так, чтобы $[W_{ij}(t) + W_{jx}(t)] \leqslant |W_1(t)|_{\text{доп}}$ и $r(t) > \Lambda$.

2. Подсистема сопряжения с ЭВМ.

а) При заданной топологии для $t_{по}=\text{var}$ и $\Lambda=(\lambda_{11}, \lambda_{12}, \ldots, \lambda_{\Lambda M})$ найти

$$\min W_2(t) = \min[W_j(t) + W_{jx}(t)] = \min\left[S_j(t)\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} t_{по}\, v_{ij} + \right.$$

$$\left. + \sum_{j=1}^{M} w_j(C, L)\, v_j\right]$$

по $w(C, L)$ так, чтобы $T_{общ} \leqslant \left|\tau_{р_{ИИ}}\right|_{доп}$ и $w_j(C, L) \leqslant |w(C, L)|_{доп}$.

б) При заданной топологии и $\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_M)$ найти

$$\min T_{общ_2} = \min\left[\sum_{j=1}^{M} \frac{B_j}{R_j(t)} + \sum_{j=1}^{M} \frac{v_j}{C_j(t)}\right]$$

по $C(t)$ так, чтобы $[W_j(t) + W_{jx}(t)] \leqslant |W_2(t)|_{доп}$ и $C(t) > \Lambda$.

При решении общей задачи синтеза и оптимизации структуры ССКИ установлено, что оптимальной для применения в АСУ на крупных предприятиях является такая структура, в которой сочетается автономность управления сбором и накоплением информации с возможностью одновременного и независимого доступа к ВН-МД со стороны КИ для записи и со стороны ЭВМ для считывания и обработки накопленной информации и имеется непосредственная связь КИ с ЭВМ через прямой канал ввода-вывода.

Во второй главе рассматриваются вопросы теоретического исследования математических моделей функционирования и взаимодействия основных узлов ССКИ.

При рассмотрении основных принципов построения математических моделей ССКИ показано, что характер взаимодействия информационных потоков на входах узлов и внутри системы можно считать пуассоновским, входной источник требований — бесконечным, а процессы функционирования основных узлов системы могут быть описаны как процессы обслуживания.

С учетом этого разработаны математическая модель ССКИ и ее центральной единицы — КИ, которые в общем случае являются многофазными СМО с циклическими связями. В частности, модель КИ представляется в виде трехфазной СМО с циклическими связями, обслуживающими подсистемами которой являются мультиплексор ввода-вывода (МВВ), центральное устройство управления (ЦУУ) и ВН-МД.

Наличие циклических связей в многофазных СМО приводит к необходимости исследования этих моделей как сетей СМО. Учитывая, что данная проблема в общем виде пока не решена, с помощью теоремы Д. Джексона и гипотезы Л. Клейнрока обоснована возможность раздельной оптимизации основных подсистем, что подтверждено также близостью результатов аналитических расчетов и моделирования, приведенных в работе.

Основные логические функции по управлению каналами связи и ВН-МД сосредоточены в МВВ и ЦУУ, которые в режиме сбора и накопления выполняют функции концентрации сообщений путем организации приема и накопления первичной информации в ВН-МД и функции деконцентрации, заключающиеся в передаче служебных знаков опроса и подтверждения диалога в соответствующие ИИ.

Предполагая, что КИ непрерывно опрашивает ИИ и осуществляет прием и накопление сообщений от источников, готовых к передаче, а емкость буферных регистров в адаптерах каналов связи (АКС) и МВВ конечна, исследован процесс взаимодействия основных узлов КИ.

При исследовании механизма взаимодействия МВВ с ЦУУ в случае отсутствия между ними промежуточного БЗУ, проведенного с помощью двухфазной СМО без промежуточного БЗУ и без потерь, выведено рекуррентное соотношение, связывающее между собой n-е моменты распределения времен ожидания обслуживания в 1-й и во 2-й обслуживающих подсистемах в зависимости от интенсивности входящего потока:

$$\overline{t^n_{W_2}} - \overline{t^n_{W_1}} = \frac{n\,\overline{t^{n-1}_{W_1}}}{\lambda},$$

а также показано практическое применение полученного соотношения для определения общего времени занятости КИ.

При исследовании процесса передачи сообщений из БЗУ ЦУУ в ВН-МД показано, что уменьшение величины непроизводительных потерь времени ЦУУ и обеспечение возможности эффективной передачи в ВН-МД сообщений с переменной длиной требуют использования в ЦУУ приоритетных дисциплин обслуживания.

В результате проведенного анализа установлена оптимальность использования:

а) в МВВ дисциплины с относительным приоритетом, для которого получено условие оптимальности, связывающее средние времена задержек обслуживания приоритетных ($\overline{t}_{q_1}$) и неприоритетных ($\overline{t}_{q_2}$) требований в зависимости от интенсивности приоритетного (λ_1) и неприоритетного (λ_2) потоков и времен их обслуживания ($\overline{t}_{s_1}$), ($\overline{t}_{s_2}$):

$$\frac{\overline{t}_{q_1}}{\overline{t}_{q_2}} = \frac{\lambda_2 \overline{t}_{s_1}}{\lambda_1 \overline{t}_{s_2}} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1 \cdot [1 - (\rho_1 + \rho_2)]},$$

где ρ_1 — коэффициент использования МВВ при обслуживании приоритетного потока; ρ_2 — коэффициент использования МВВ при обслуживании неприоритетного потока.

б) В ЦУУ дисциплины с абсолютным приоритетом и дообслуживанием, для которого получено условие оптимальности в следующем виде:

$$\bar{t}_{s_1}/\bar{t}_{s_2} = \rho_2/\rho_1.$$

В третьей главе проводится выбор критериев качества функционирования центральной единицы системы и осуществляется разработка методов оценки и оптимизации параметров ее основных узлов.

В результате рассмотрения основных технико-экономических параметров, характеризующих центральную единицу системы и качество ее функционирования, обоснована эффективность применения мультипликативного обобщенного показателя со значениями весовых коэффициентов, равными единице, и позволяющего оценить степень влияния на качество функционирования КИ параметров, характеризующих надежность функционирования системы, эффективность использования ЭВМ, пропускную способность системы и достоверность передачи информации по каналам связи.

Предоставленный таким образом обобщенный показатель получен в следующем виде:

$$\mathcal{Э}_{\text{КИ}} = \frac{K_{\text{г}}}{1 + \frac{\bar{t}_{\text{отк}}}{\bar{t}_{\text{п}}} \cdot \frac{1 - K_{\text{г}}}{K_{\text{г}}} + \frac{\bar{t}_{\text{пф}}}{\bar{t}_{\text{п}}}} \cdot \frac{K_{\text{эи}} [C_{\text{общ}} - (1 - K_{\text{эи}}) C_{\text{ЭВМ}}]}{C_{\text{общ}}} \times$$

$$\times \frac{(1 + P_{\text{ош}})^2 \cdot (1 - P_{\text{ош}} + E \cdot P_{\text{ош}})}{(1 + R)^2} \times$$

$$\times \frac{\bar{t}_{s_{\text{ВН}}}}{\bar{t}_{q_{\text{ВН}}} \cdot \left\{1 + \frac{n-1}{2} \cdot \left[\frac{\lambda \bar{t}_1 (1 - \bar{t}_{\text{опр}}/\bar{t}_1)}{3600} + \frac{\bar{t}_{\text{опр}}}{\bar{t}_1}\right]\right\}},$$

где $K_{\text{г}}$ — коэффициент готовности; $\bar{t}_{\text{отк}}$ — среднее время между отказами; $\bar{t}_{\text{п}}$ — среднее время полезной работы; $\bar{t}_{\text{пф}}$ — среднее время профилактического обслуживания; $K_{\text{эи}}$ — коэффициент эффективности использования ЭВМ; $C_{\text{общ}}$ — общие приведенные затраты; $C_{\text{ЭВМ}}$ — стоимость машинного времени ЭВМ за единицу времени; $P_{\text{ош}}$ — вероятность приема ошибочного сообщения; E — эффективность помехоустойчивого кода; R — избыточность передачи; n — число ИИ, готовых к передаче; $\bar{t}_1$ — среднее приведенное к одному сообщению полезное время работы КИ; $\bar{t}_{\text{опр}}$ — среднее время занятости КИ при опросе ИИ; $\bar{t}_{s_{\text{ВН}}}$ — среднее время, необходимое для записи сообщения в ВН-МД; $\bar{t}_{q_{\text{ВН}}}$ — среднее значение общего времени занятости ВН-МД в процессе записи в него сообщения с учетом всех задержек.

Вследствие случайного характера окончания формирования сообщений в БЗУ ЦУУ возникают задержки обслуживания в процессе передачи этих сообщений в ВН-МД. В работе рассмотрены два варианта взаимодействия ЦУУ с ВН-МД, а именно: непосредственное взаимодействие и взаимодействие через устройство управления накопителем (УУН). Так как число зон БЗУ ограничено количеством каналов связи, которое в реальных системах является конечным, то оценка параметров ВН-МД в процессе взаимодействия его с ЦУУ проведена соответственно с помощью однофазной и двухфазной моделей массового обслуживания с конечным источником.

В частности, для первого варианта получены соотношения, позволяющие определить:

а) среднее время занятости ВН-МД в процессе записи сообщений

$$\bar{t}_{q_{\text{ВН}}} = \bar{t}_{s_{\text{ВН}}} \cdot \left(\frac{m}{\rho_{\text{ВН}}} - \nu \right),$$

где $\rho_{\text{ВН}}$ — коэффициент использования ВН-МД $(\rho_{\text{ВН}} = \lambda_\Sigma \cdot \bar{t}_{s_{\text{ВН}}})$; λ_Σ — интенсивность потока сообщений из БЗУ ЦУУ; m — число зон БЗУ; $\nu = \bar{\tau}_c / \bar{t}_{s_{\text{ВН}}} = 1/\lambda_l \cdot \bar{t}_{s_{\text{ВН}}}$; $\bar{\tau}_c$ — среднее время между моментами окончания формирования сообщений в определенной зоне БЗУ; λ_l — интенсивность потока сообщений из i-й зоны.

б) среднее время ожидания обслуживания на входе ВН-МД

$$\bar{t}_{W_{\text{ВН}}} = \frac{\bar{L}_W \cdot (\nu + 1)}{\bar{t}_{s_{\text{ВН}}} \cdot (m - \bar{L}_W)},$$

где $\bar{L}_W$ — среднее число сообщений в очереди, равное $m - (\nu + 1)\rho_{\text{ВН}}$.

Для второго варианта в случае общего распределения времени обслуживания в УУН получено выражение для определения среднего значения времени обслуживания в ВН-МД:

$$\bar{t}_{s_{\text{ВН}}} = \bar{t}_N + \frac{\bar{t}_{s_{\text{УУН}}}}{1 - d} \cdot \left\{ 1 - \frac{d}{2} \left[1 - \sigma^2_{t_{s_{\text{УУН}}}} / (\bar{t}_{s_{\text{УУН}}})^2 \right] \right\},$$

где $\bar{t}_N$ — среднее время поиска заданной дорожки; $\bar{t}_{s_{\text{УУН}}}$ — среднее время обслуживания в УУН; $\sigma^2_{t_{s_{\text{УУН}}}}$ — дисперсия времени обслуживания в УУН; $d = \frac{m-1}{m} \cdot \rho_{\text{УУН}}$; $\rho_{\text{УУН}}$ — коэффициент использования УУН, равный $\lambda_\Sigma \cdot \bar{t}_{s_{\text{УУН}}}$.

Анализ данного выражения показывает, что среднее время обслуживания в ВН-МД в случае малого числа зон БЗУ и незначи-

тельной интенсивности потока из ЦУУ в основном определяется временем поиска заданной дорожки. Показано также, что с увеличением интенсивности потока сообщений и числа зон БЗУ существенно возрастают задержки, связанные с образованием очередей и обслуживанием требований в УУН.

Предполагая, что диск вращается с постоянной скоростью, а процессы поиска заданной дорожки и возникновения очередей в УУН независимы, доказана возможность вычисления дисперсии времени обслуживания в ВН-МД по следующей приближенной формуле:

$$\sigma^2_{t_{s_{\text{ВН}}}} = \sigma^2_{t_N} + \left(\overline{t}_{s_{\text{ВН}}} - \overline{t}_N - \overline{t}_{s_{\text{УУН}}}\right)^2,$$

где $\sigma^2_{t_N}$ — дисперсия времени поиска заданной дорожки.

Так как эффективность использования ВН-МД во многом определяется способом организации массива сообщений, предложена методика оптимизации его использования с помощью обобщенного показателя качества, равного произведению приведенной полезной емкости ВН-МД и среднего времени его занятости при единичном обращении к нему ЭВМ. Проведен анализ различных способов организации массива сообщений и получены выражения для данного показателя в случае:

а) Последовательного массива:

$$K_1 = \frac{1}{C} \cdot \left[\frac{\overline{t}_{\text{вр}}}{n} + \frac{\overline{t}_N}{N_T} \cdot \left(\left|\frac{N_T}{C}\right| - 1\right)\right],$$

где C — полезная емкость „цилиндра" ВН-МД; $t_{\text{вр}}$ — среднее время ожидания вращения диска; n — максимальное число сообщений в странице; $\left|\frac{N_T}{C}\right|$ — ближайшее большее целое число; N_T — общее число сообщений в массиве.

б) Последовательного массива с зоной переполнения, организованной последовательно:

$$K_2 = \frac{1+Q}{C}\left\{\frac{\overline{t}_{\text{вр}}}{n}(1+Q) + \left[\left|\frac{N_T}{C}\right|(1+Q) - 1\right]\frac{\overline{t}_N}{N_T}\right\},$$

где Q — доля сообщений от N_T, которые записываются в зону переполнения.

в) Индексно-последовательного массива:

$$K_3 = \frac{1}{mn}\left(\frac{\overline{t}_{\text{вр}}}{n} + \frac{2\overline{t}_N}{N_T}\right),$$

где m — число различных рабочих зон в ВН-МД.

г) Индексно-последовательного массива с зоной переполнения, организованной последовательно:

$$K_4 = \frac{1+Q}{C}\left\{\left(\frac{1}{m}+Q\right)\frac{\overline{t}_{вр}}{n}+\left(\left|\frac{N_T Q}{C}\right|+1\right)\frac{\overline{t}_N}{N_T}\right\},$$

д) Случайного способа организации массива:

$$K_5 = \left[\frac{\overline{t}_{вр}}{n}+\overline{t}_N\left(1+g\right)\right]\frac{1}{m\,C\,R},$$

где g — процентное отношение синонимов физического адреса ВН-МД, учитывающее вероятность получения одинаковых адресов для различных сообщений; R — коэффициент заполнения страницы.

Анализ полученных выражений позволил установить, что для КИ наиболее эффективным является индексно-последовательный способ, в котором для адресации индекса используется номер канала связи и адрес ИИ, закончившего передачу сообщения в БЗУ ЦУУ.

Проведен анализ возможных способов повышения достоверности приема и накопления информации в КИ, в результате чего обоснована эффективность применения для обнаружения ошибок итеративного кода с проверкой на нечетность, а для коррекции предложен способ многократного повторения приема сообщений с использованием принципа синхронного сравнения и накопления правильных знаков сообщений. Аналитическими методами показано, а результатами экспериментального исследования подтверждено, что в этом случае даже при двухкратном повторении передачи обеспечивается достоверность приема не ниже 10^{-8} при вероятности искажения в каналах связи менее 10^{-4}.

Необходимость использования дополнительной емкости БЗУ при применении указанного способа повышения достоверности предопределила поиск путей минимизации информационной емкости БЗУ за счет рациональной организации БЗУ. В работе рассмотрены три способа, использующие постоянное, переменное и динамическое распределение полей памяти. Показано, что эффективность третьего способа существенно повышается по сравнению с первыми двумя при увеличении разброса длин сообщений и уменьшении длины элементарного блока. Для каждого способа получены соответствующие аналитические выражения для оценки требуемой емкости БЗУ, а также проведена оценка вероятности переполнения БЗУ с использованием многолинейной модели массового обслуживания.

В четвертой главе рассматриваются вопросы статистического и имитационного моделирования процессов, происходящих в системе и ее основных узлах, синтеза алгоритмов функционирования центральной единицы системы, а также применения ССКИ в АСУ Волжского автозавода.

Для проверки результатов комплексного теоретического исследования процессов, происходящих в ССКИ, разработан алгоритм и отлажена на ЭВМ программа моделирования процесса функционирования системы, с помощью которой получены распределения основных вероятностно-временных параметров обслуживания.

Проверка эффективности выбранного способа организации массива сообщений в ВН-МД и имеющих при этом место задержек обслуживания произведена с помощью имитационного моделирования. Для этого разработан алгоритм и отлажена программа имитатора критических ситуаций в ССКИ, с помощью которой получены зависимости времени доступа к информации от физических особенностей ВН-МД, связанных с наличием различных скоростей перемещения механизма привода головок, для рассмотренных способов организации массива сообщений.

С учетом основных теоретических положений и выводов, полученных при аналитическом исследовании ССКИ, синтезированы алгоритмы функционирования центральной единицы системы и разработаны функциональные схемы, которые легли в основу созданных образцов аппаратуры ССКИ.

Проведенные экспериментальные исследования и моделирование дали результаты, близкие к расчетным, и подтвердили достоверность основных теоретических положений, полученных в работе и эффективность выбранных технических решений.

В конце главы рассмотрены вопросы применения разработанной системы в АСУ Волжского автозавода и намечены пути ее дальнейшего совершенствования.

В приложениях приведены вывод рекуррентной формулы для двухфазной СМО без промежуточного буфера и без потерь, анализ процесса опроса и приема сообщений в КИ, представлены компиляции программы, реализующей алгоритм моделирования ССКИ, и Акт внедрения результатов работы на Волжском автозаводе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе получены следующие основные выводы и результаты:

1. Анализ особенностей функционирования АСУ показал, что наиболее рациональным путем решения проблемы дальнейшего повышения оперативности сбора и обработки первичной информации при эффективном использовании ЭВМ является создание ССКИ в реальном масштабе времени, которые обеспечивают непрерывный сбор и накопление в ВН-МД первичной информации и предоставление этой информации в ЭВМ через фиксированные промежутки времени, кратные величине производственного цикла (смена, сутки) или по запросу. Таким образом, ССКИ позволяет заполнить существующий в настоящее время разрыв между АССОД с раздельным вводом-выводом и АССОД, рабо-

тающими в реальном масштабе времени, при минимальных затратах и оптимальном использовании вычислительных средств.

2. Используя метод раздельной оптимизации больших систем по частным критериям функциональных подсистем, сформулирована содержательная часть общей задачи синтеза и оптимизации подсистемы сбора и накопления информации и подсистемы сопряжения с ЭВМ и получены соответствующие аналитические выражения.

3. Критически оценены и сформулированы основные принципы построения и исследования математических моделей ССКИ и ее основных узлов. В результате обоснована эффективность применения математического аппарата и моделей теории массового обслуживания для исследования процессов, происходящих в ССКИ. С помощью теоремы Д. Джексона и гипотезы Л. Клейнрока обоснована возможность независимого исследования моделей ее основных узлов, что подтверждено также результатами моделирования.

4. Проведенный анализ процессов функционирования и взаимодействия в основных узлах ССКИ позволил получить и систематизировать ряд соотношений, удобных для практического использования. В частности, выведено рекуррентное соотношение, связывающее n-е моменты распределения времен ожидания обслуживания в двухфазной СМО без промежуточного буфера и без потерь в зависимости от интенсивности входящего потока.

5. Разработана математическая модель процесса взаимодействия ВН-МД с КИ и предложена методика расчета задержек обслуживания, возникающих при записи сообщений в ВН-МД, выявлены пути повышения эффективности использования ВН-МД и разработана методика оптимизации организации массива сообщений в нем; проведен анализ способов повышения достоверности приема и накопления информации в КИ и обоснована эффективность применения для исправления ошибок способа многократного повторения приема сообщений с использованием принципа синхронного сравнения и накопления правильных знаков; обоснован выбор и получены аналитические выражения для оптимизации частных показателей качества функционирования ССКИ в реальном масштабе времени, на основе которых выведено соотношение для обобщенного критерия.

6. Разработан алгоритм и отлажены программы для моделирования на ЭВМ процесса функционирования ССКИ в реальном масштабе времени; в результате моделирования получены распределения основных статистических характеристик КИ.

7. Разработан алгоритм и отлажены программы для экспериментальной проверки эффективности различных способов организации массивов сообщений в ВН-МД; в результате испытания получены экспериментальные зависимости времен доступа к информации от способа организации массива.

8. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования полностью подтвердили эффективность применения разработанной ССКИ на крупных предприятиях для управления сбором, накоплением и передачей в ЭВМ первичной информации.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. *Долганов А. В.* Оценка времени поиска заданной дорожки в накопителе на магнитных дисках — В сб.: Устройства и системы автоматизированной обработки информации. Вып. 1, Пенза, 1975.

2. *Долганов А. В., Бревнов В. В.* Многолинейная система коммутации источников информации в АСУ. — В сб.: Устройства и системы автоматизированной обработки информации. Вып. I Пенза, 1975.

3. *Еременко А. В., Бревнов В В., Долганов А. В.* О выборе емкости буферного запоминающего устройства и ее распределении. В сб: Информационно-измерительная техника. Вып. 5, Пенза, 1975.

4. *Савельев Б. А., Сергеев Н. П., Долганов А. В.* Помехоустойчивость приема частотно-модулированных сигналов в системе обработки данных ЭВМ при воздействии на них импульсных помех. — В сб.: Вычислительная техника. Вып. 4, Пенза, 1975.

5. *Сергеев Н. П., Долганов А. В., Бревнов В. В.* К вопросу организации систем передачи информации. — Тезисы докладов областной научно-технической конференции НТО РЭС им. А. С. Попова «Вопросы проектирования и математического обеспечения информационно-вычислительных систем. Пенза, 1973.

6. *Сергеев Н. П., Долганов А. В., Бревнов В. В.* К вопросу организации систем сбора информации. — Тезисы докладов областной научно-технической конференции НТО РЭС им. А. С. Попова «Вопросы проектирования и математического обеспечения информационно-вычислительных систем». Пенза, 1973.

7. *Долганов А. В., Бревнов В. В.* О выборе способа организации массивов сообщений в НМД. — В сб.: Устройства и системы автоматизированной обработки информации. Вып. 3, Пенза, 1975.

8. *Еременко А. В., Долганов А. В., Бревнов В. В., Романчев И. В.* Исследование процесса передачи сообщений из БЗУ во внешний накопитель. — В сб.: Механизация и автоматизация управления, К. УкрНИИНТИ, 1977, № 4.

Долганов Александр Васильевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА СИСТЕМ СБОРА И КОНЦЕНТРАЦИИ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В АСУ НА ПРИМЕРЕ ВОЛЖСКОГО АВТОЗАВОДА

05.13.06 — Автоматизированные системы переработки информации и управления

Технический редактор *Е. Д. Воронкова*
Корректоры *Б. В. Шифрина, Л. Д. Кубасова*

ФЛ23044 Сдано в набор 9/I 1978 г. Подписано к печати 24/I 1978 г. Формат 60×90 1/16. Бумага типографская № 2. Физ. печ. л. 1,0. Тираж 100. Заказ № 18. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел ППИ
Пенза, Красная, 40.

ПВТУ
им. Н. Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА