

*Автореферат*  
*Р15*  
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ им. М. В. ЛОМОНОСОВА

---

На правах рукописи

РАДОВСКИЙ Леонид Давидович

УДК 658.5.011.56.019.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ  
И ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ  
УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ АСУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Специальность 05.13.07 - автоматизация  
технологических процессов и производств  
(отрасли агропромышленного комплекса)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса 1987

*СВ*

658

658.5.012.0.26

P15

Работа выполнена во Всесоюзном проектно-конструкторском и научно-исследовательском институте автоматизации пищевой промышленности НПО "Пищепром-автоматика" (г. Одесса)

✓ 016284

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Карповский Е.Я.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Кринецкий И.И.,

- кандидат технических наук Григорьев А.Н.

Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт продуктов детского питания и систем управления агропромышленными комплексами консервной промышленности  
КОНСЕРВПРОМКОМПЛЕКС  
(г. Одесса)

1030 Защита состоится " 19 " декабря 1988 г. в час. на заседании специализированного совета К 068.35.02 в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова. 270039, Одесса, ул. Свердлова, 112.

... ознакомиться в библиотеке  
... пути пищевой промышлен-

Карнаушенко 1988 г.

Карнаушенко

ОПЛАТ 28.05.12  
Разработка методов о



v016287

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тем. Новая редакция Программы КПСС ставит задачу: "...сделать крупный шаг в автоматизации производства с переходом к цехам и предприятиям автоматам, системам автоматизированного управления и проектирования". Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) занимает особое место в решении задачи повышения эффективности производства в перерабатывающих отраслях агропромышленного комплекса СССР и реализации Продовольственной программы.

Необходимым условием эффективной автоматизации технологических процессов является высокий уровень функциональной надежности АСУ ТП. В решениях XXIII съезда КПСС повышение надежности характеризуется как одна из важнейших народнохозяйственных проблем современного этапа развития экономики страны.

Однако, реализация этих решений в части повышения надежности АСУ ТП сталкивается с рядом трудностей, связанных с оценением и обеспечением надежности управляющих вычислительных комплексов (УВК) АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие.

Применение известных аналитических методов для прогнозирования надежности УВК АСУ ТП на стадиях разработки возможно лишь при введении упрощающих допущений, существенно снижающих адекватность используемых математических моделей и обоснованность получаемых рекомендаций по обеспечению заданной надежности системы.

Чтобы не допустить сдачи в промышленную эксплуатацию и тиражирования недостаточно надежных систем, важно располагать также методами, позволяющими решать задачи оценивания фактической надежности функционирования УВК АСУ ТП и выработки рекомендаций по обеспечению заданной надежности на стадиях, допускающих доработку системы. Единственной стадией создания АСУ ТП, допускающей, в принципе, решение обеих этих задач, является стадия "Внедрение" ("Ввод в действие"). Однако, известные экспериментальные методы не обеспечивают реализацию указанных задач за ограниченное время опытной эксплуатации, проводимой на стадии "Внедрение".

Изложенное выше обуславливает актуальность разработки методов оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП, применение которых в инженерной практике на стадиях разработки и ввода в действие могло бы явиться важной предпосылкой эффективного внедрения и тиражирования АСУ ТП в пищевой промышленности.

Целью работы является разработка методов оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП пищевых производств на стадиях разработки и ввода в действие. Ставятся задачи: исследовать основные аспекты проблемы оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие; разработать методологические основы применения имитационного моделирования для оценивания надежности функционирования УВК АСУ ТП; развить методы обработки и использования результатов сокращенных эксплуатационных испытаний системы на стадии "Внедрение" для корректировки имитационной модели УВК; разработать методы выбора оптимальных мер по обеспечению заданного уровня надежности УВК АСУ ТП на этапе доработки системы.

Методы исследования. При решении задач, поставленных в диссертации, использовались основные положения теории вероятностей, теории надежности, теории массового обслуживания, математической статистики, регрессионного анализа, математического программирования, а также метод вероятностного моделирования.

Научная новизна. Поставлена и решена новая задача разработки новой методики оценивания и обеспечения надежности функционирования УВК АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие, основывающейся на использовании имитационной модели, корректируемой в процессе создания системы по мере уточнения и детализации проектных и конструкторских решений и накопления информации о характеристиках компонентов системы. При этом:

проведено исследование особенностей УВК АСУ ТП как объекта анализа надежности и сформулированы требования к методам оценивания надежности УВК на стадиях разработки и ввода в действие, определены ограничения возможностей применения существующих методов для оценивания надежности функционирования УВК АСУ ТП;

разработана универсальная имитационная GPSS - модель для оценивания надежности функционирования распределенных систем реального времени, реализующая алгоритм ускоренного моделирования систем массового обслуживания с разномасштабными потоками заявок;

развить, с учетом задач исследования, методы проведения сокращенных эксплуатационных испытаний УВК АСУ ТП на стадии "Внедрение" и разработаны методы специальной обработки их результатов для корректировки имитационной модели УВК;

предложен метод выбора оптимальных мер по обеспечению заданного уровня надежности УВК АСУ ТП на этапе доработки системы.

Практическая ценность. Разработанные методы оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП дают возможность выбора и уточ-

нения на стадиях разработки оптимальной по критерию надежности структуры УВК и параметров его функционирования. На стадии "Внедрение" разработанные методы позволяют принимать обоснованные решения о целесообразности сдачи в промышленную эксплуатацию и тиражирования системы без проведения длительных специальных эксплуатационных испытаний УВК АСУ ТП на надежность и обеспечивают возможность выбора и оптимизации мер по обеспечению заданной надежности функционирования УВК, которые могут быть осуществлены на этапе доработки системы в ограниченные сроки и с минимальными затратами.

Реализация и внедрение результатов исследования. Результаты диссертационной работы использованы в НИОУ "Пищепромавтоматика" при проведении работ по теме "Разработать методы получения оценок показателей надежности и рекомендации по повышению надежности средств и систем автоматизации пищевой промышленности". Предложенные в диссертации методы получили применение при доработке двух стандартов предприятия, двух отраслевых руководящих методических материалов и отраслевого стандарта Минпищепрома СССР, а также пакета программных модулей и программного комплекса, принятых в ОФАП Минпищепрома СССР и ГосФАП СССР.

Расчетный экономический эффект от внедрения разработанных методов составил 95 тыс.рублей в год.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на республиканских и всесоюзных конференциях и совещаниях по проблемам автоматизации технологических процессов, управления производством, а также надежности сложных систем, в т.ч. на Всесоюзном научно-техническом совещании "Автоматизация процессов взвешивания и дозирования" (Одесса, 1981 г.), Республиканской научно-технической конференции "Управляющие мини- и микро-ЭВМ и их применение в народном хозяйстве" (Кишинев, 1984г.), на семинарах "Аналитические и аналитико-машинные методы анализа надежности сложных систем" (Киев, 1984 г.), "Методы исследования надежности сложных технических систем" (Новороссийск, 1985 г.), "Кибернетика и автоматическое управление" (Одесса, 1987 г.).

Апробация разработанных в диссертации методов выполнялась при проведении работ по оцениванию фактически достигнутого уровня надежности УВК АСУ ТП Одесского сахарорафинадного завода и АСУ ТП Утенского пивкомбината, а также работ по обеспечению заданного уровня надежности в процессе технического проектирования УВК АСУ ТП Донского спиртзавода Тульского спиртообъединения и АСУ ТП Бельцкого масложиркомбината.

Публикации. По теме диссертации опубликовано одиннадцать печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 119 страницах машинописного текста, иллюстрируется рисунками и таблицами на 29 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 215 наименований и шести приложений на 123 страницах.

Основные научные положения, представляемые к защите.

1. Единая методика оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие, основной особенностью которой является использование имитационной модели УВК, корректируемой в процессе создания системы по мере уточнения и детализации проектных и конструкторских решений и накопления информации о характеристиках компонентов системы.

2. Комбинированный метод оценивания фактической надежности УВК АСУ ТП пищевых производств на стадии "Внедрение", основной особенностью которого является замена эксплуатационных испытаний УВК на надежность исследованием его имитационной модели, скорректированной по результатам сокращенных испытаний системы на этапе опытной эксплуатации.

3. Развитие методов проведения сокращенных эксплуатационных испытаний УВК АСУ ТП на стадии "Внедрение" и методы специальной обработки их результатов для обеспечения необходимой адекватности имитационной модели и уточнения получаемых с ее помощью оценок надежности.

4. Алгоритмы и программные средства для имитационного моделирования процесса функционирования УВК АСУ ТП, проводимого с целью оценивания надежности. Алгоритм ускорения имитационных экспериментов. Универсальная GPS' - модель для оценивания надежности функционирования распределенных систем реального времени.

5. Метод выбора оптимальных мер по обеспечению заданного уровня надежности УВК АСУ ТП на этапе доработки системы.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию актуальности темы и определению круга вопросов, рассматриваемых в диссертационной работе.

В первой главе анализируется специфика проблемы оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие и ставятся главные задачи исследования.

Необходимым условием эффективной автоматизации технологичес-

ких процессов является высокий уровень функциональной надежности АСУ ТП. Применительно к АСУ ТП, в первом приближении, справедливо выражение:

$$W(t) = W_0(t) \cdot R(t) \cdot K, \quad (I)$$

где  $W(t)$  – среднее значение показателя эффективности реальной системы на интервале времени  $t$  ;  
 $W_0(t)$  – показатель эффективности идеальной (абсолютно безотказной системы);  
 $R(t)$  – показатель надежности системы на интервале  $t$  ;  
 $K$  – коэффициент, учитывающий влияние других факторов (например, коэффициент использования системы).

Приближенное выражение (I) не учитывает того, что для пищевой промышленности, характеризующейся использованием дорогостоящего сырья и высокими требованиями к точности поддержания технологических параметров и качеству продукции, ущерб от отказов АСУ ТП может оказаться столь большим, что сделает ее эффективность отрицательной. Это определяет особую важность работ, направленных на оценивание и обеспечение надежности АСУ ТП пищевых производств на всех стадиях разработки и при вводе в действие.

Основной задачей проектного оценивания надежности, проводимого на стадиях технического и рабочего проектирования АСУ ТП, является сравнительный надежностный анализ альтернативных вариантов структуры системы. На стадии "Внедрение" главная задача – в сжатые сроки осуществить предварительный контроль соответствия фактически достигнутого уровня надежности системы требованиям технического задания и выработать обоснованные рекомендации по обеспечению заданной надежности, которые могут быть осуществлены на этапе доработки системы с минимальными затратами времени и ресурсов.

Однако, для современных АСУ ТП, а в особенности для такой наиболее сложной и ответственной их части как УВК, характерно наличие ряда особенностей, осложняющих решение поставленных задач с помощью известных методов теории надежности.

Известные аналитические методы оценивания надежности УВК на стадиях разработки слабо учитывают особенности работы распределенных УВК в режиме реального времени, наличие резервирования и влияние на надежность режимов вычислительной нагрузки и условий эксплуатации УВК, что снижает адекватность используемых математических моделей и точность получаемых с их помощью результатов. Экспериментальное оценивание надежности УВК АСУ ТП на стадии "Внедрение" отличается рядом особенностей, осложняющих удовлетворение

требований к точности и достоверности получаемых оценок. Длительность этапа опытной эксплуатации (ОЭ) мала (1 - 3 месяца). Начальный период этого этапа характеризуется нестационарностью потоков отказов и сбоев технических средств (ТС) и проявлений ошибок программ. Кроме того, традиционные экспериментальные методы не обеспечивают возможности выработки обоснованных рекомендаций по достижении требуемого уровня надежности. Наиболее перспективным для исследования надежности УВК АСУ ТП представляется метод имитационного моделирования, лишенный ограничений присущих аналитическим методам и дающий возможность проведения более широких, по сравнению с экспериментальными методами, исследований при значительно меньших временных и материальных затратах.

Во второй главе разрабатывается методика оценивания и обеспечения надежности функционирования УВК АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие с применением метода имитационного моделирования.

Основная идея предлагаемой методики состоит в использовании имитационной модели, построенной с учетом априорной информации и корректируемой в процессе создания системы по мере уточнения и детализации проектных и конструкторских решений и накопления информации о характеристиках компонентов системы. Ввиду сложности экспериментального оценивания надежности УВК АСУ ТП на стадии "внедрение", предлагается заменить специальные эксплуатационные испытания УВК на надежность исследованием имитационной модели, построенной и уточненной на стадиях разработки и скорректированной по результатам сокращенных испытаний системы на этапе ОЭ. Кроме того, ввиду возможного несоответствия полученных оценок надежности установленным требованиям, методика предусматривает возможность выбора оптимальных мер по обеспечению заданного уровня надежности путем исследования имитационной модели методами регрессионного анализа и математического программирования.

При построении имитационной модели в диссертации предлагается использовать представление УВК в виде многоканальной системы массового обслуживания (СМО), в которой потоки задач и потоки сбоев и отказов аппаратуры УВК соответствуют входным потокам заявок СМО, аппаратура УВК - обслуживаемыми устройствам СМО, а механизмы диспетчеризации операционной системы - дисциплинам обслуживания заявок, принятым в СМО. На стадии "внедрение" ряд априорно установленных параметров модели должен быть уточнен экспериментальным путем с использованием методов, описанных в третьей главе диссертации.

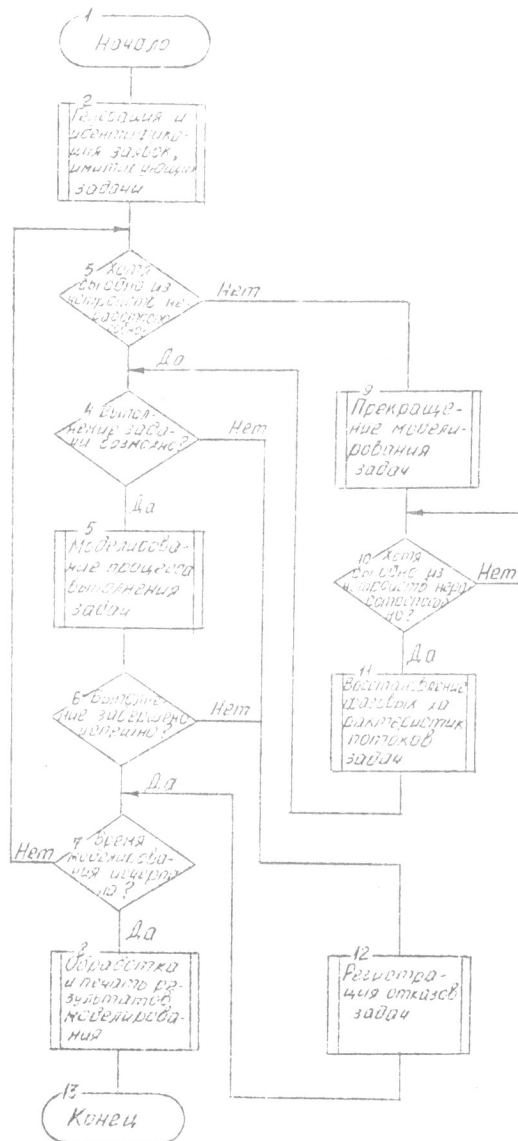
Ключевой проблемой, подлежащей решению при использовании метода имитационного моделирования, является обеспечение необходимой адекватности модели и точности результатов моделирования. В диссертации исследованы причины появления ошибок, приводящих к искажению результатов имитационного моделирования и разработаны методы их минимизации. В качестве метода обеспечения адекватности имитационных моделей предлагается нисходящее последовательное упрощение полной ("портретной") модели, контролируемое по точности на каждом из этапов. Для реализации модели разработан программный комплекс (ПК) REVAL - совокупность универсальных автоматизированных имитационных GPSS-моделей (УАИМ), предназначенных для исследования надежности функционирования многоканальных и многофункциональных распределенных систем реального времени (РСРВ) со структурным (аппаратным и программным) и временным резервированием. Каждая из УАИМ комплекса REVAL обеспечивает моделирование определенного широкого класса РСРВ и способна настраиваться, в соответствии с заданными исходными данными, на любой объект из указанного класса. В ПК REVAL реализован предложенный в диссертации алгоритм ускоренного моделирования, обеспечивающий значительное сокращение затрат машинного времени на моделирование. Укрупненная блок-схема алгоритма ускоренного моделирования показана на рисунке.

В процессе моделирования регистрируются отказы задач, вызванные отказами или сбоями устройств модели УВК, а также отказы, проявляющиеся в недопустимом запаздывании выполнения задач. По результатам моделирования для каждой из задач определяются оценки показателей  $P_{УВК_{iR}}(t)$ , где  $R$  - номер задачи, обеспечивающей выполнение  $i$ -й функции системы. Они являются исходными данными для расчета оценок показателей  $P_{УВК_i}(t)$ , определяющих надежность выполнения УВК АСУ ТП функций системы. В диссертации предлагается алгоритм и программные средства для расчета оценок  $P_{УВК_i}(t)$  для систем со сложными структурными схемами по надежности.

Предложенная методика позволяет осуществить в процессе разработки системы выбор из множества альтернативных вариантов структуры УВК  $S = \{S^{(v)}\}$ , ( $v = \overline{1, m}$ ) варианта, оптимального по критерию надежности. Каждый из вариантов структуры описывается при этом следующим образом:

$$S^{(v)} = [G^{(v)}, R^{(v)}, Z^{(v)}], \quad (2)$$

где  $G^{(v)}$  - формализованное описание структуры системы;  
 $Z^{(v)}$  - затраты на создание системы с данным вариантом структуры;  
 $R^{(v)}$  - некоторый обобщенный показатель надежности системы;



10 Блок-схема алгоритма ускоренного моделирования

$R^{(v)} = \Phi^{(v)} [P_{yBK_i}^{(v)}(t)]$ ,  $(i = \overline{1, N}; v = \overline{1, m})$ , (3)  
 где  $\Phi^{(v)}$  - некоторая функция, учитывающая специфику  $G^{(v)}$  и сравнительную важность элементов множества  $F^{(v)} = \{f_1^{(v)}, f_2^{(v)}, \dots, f_N^{(v)}\}$  выполняемых системой функций.

Условие оптимальности структуры системы:

$$R_{opt}^{(v)} = \max_{(v = \overline{1, m})} \{ \Phi^{(v)} [P_{yBK_i}^{(v)}(t)] \}, (i = \overline{1, N}),$$

$$P_{yBK_i}^{(v)}(t) \geq P_{yBK_i}^{don}(t), (i = \overline{1, N}), Z^{(v)} \in Z^{don},$$
 (4)

где  $P_{yBK_i}^{don}(t)$  и  $Z^{don}$  - допустимые границы соответствующих показателей.

Использование имитационной модели для оценивания надежности УБК на стадии "Внедрение" позволяет получить результаты, принципиально недостижимые при чисто экспериментальном исследовании. Так, в случае несоответствия полученных оценок показателей  $P_{yBK_i}(t)$  или  $P_{yBK_i}(t)$  установленным требованиям, предлагается применить метод выбора оптимальных мер по обеспечению надежности, основывающийся на рациональном использовании имеющегося в системе или дополнительно вводимого резерва различных видов и предусматривающий:

построение для каждой из функций (при необходимости - для каждой из задач) системы полиномиальной модели регрессионного анализа вида:

$$\frac{t}{\{-\ln [P_{yBK_i}(t)]\}} = \theta_{0i} + \sum_{j=1}^{M_i} \theta_{ji} x_{ji},$$
 (5)

в которой в качестве факторов  $x_{ji}$  используются предположительно влияющие на надежность параметры реализации системой этой функции (задачи), уровни которых могут быть еще изменены на стадии "Внедрение";

проведение многофакторного эксперимента на упоминавшейся выше имитационной модели, определение коэффициентов регрессии  $\theta_{0i}$  и  $\theta_{ji}$  ( $j = \overline{1, M_i}; i = \overline{1, N}$ ), проверку адекватности регрессионной модели по  $F$ -критерию Фишера, проверку тесноты линейной корреляционной связи и отсеивание малозначимых факторов с помощью  $t$ -критерия Стьюдента;

оптимизацию мер по обеспечению требуемой надежности выполняемых функций (выбор оптимального набора уровней факторов) по критерию минимума затрат, которая, как правило, может быть сведена к задаче линейного программирования, т.е. к нахождению такого

множества значений  $x_1, x_2, \dots, x_{M'}$ , которое минимизирует целевую функцию:

$$E = \sum_{j=1}^{M'} C_j x_j \rightarrow \min \quad (6)$$

при условии выполнения ограничений:

$$\sum_{j=1}^{M'_i} \theta_{ji} x_j \geq A_i - \theta_{oi}, \quad (i = \overline{1, N}), \quad (7)$$

- где  $E$  – затраты, необходимые для выполнения установленных требований к надежности;
- $C_j$  – удельные затраты, необходимые для изменения значения  $j$ -го фактора на единицу;
- $A_i$  – требования к надежности выполнения функций;
- $M'_i$  – количество существенных факторов в  $i$ -м уравнении регрессии;
- $M'$  – суммарное количество существенных факторов  $M' = \bigcup_{i=1}^N M'_i$ .

При наличии необходимых исходных данных описанный алгоритм оптимизации может применяться и на завершающих этапах проектирования систем.

Для проверки адекватности регрессионных моделей, полученных после отбрасывания несущественных факторов, и проверки применимости линейного программирования для решения задачи оптимизации следует подставить оптимальные значения факторов в исходную имитационную модель, провести имитационный эксперимент, идентичный первоначальному, и сравнить его результаты с полученными при решении задачи линейного программирования, обеспечив, таким образом, "обратную связь".

В третьей главе разрабатываются методы экспериментально-статистических исследований УВК АСУ ТП на стадии "Внедрение", проводимых с целью оценивания надежности.

В соответствии с предложенной во второй главе методикой, основной задачей исследования УВК АСУ ТП в процессе ОЭ является сбор экспериментальных данных, необходимых для корректировки модели и уточнения оценок показателей  $P_{УВК_i}(t)$  и  $P_{УВК_i}(t)$ .

В состав этих данных входят:

- статистические характеристики продолжительности выполнения УВК системных и потребительских задач;
- характеристики потоков нарушений работоспособности (отказов и сбоев) и восстановлений средств вычислительной техники (СВТ);
- данные об отказах функций, выполняемых УВК АСУ ТП.

Для оценивания статистических характеристик продолжительности выполнения УВК задач АСУ ТП разработаны метод и программные средства, обеспечивающие определение общей загрузки процессора УВК, распределение между отдельными задачами и, в итоге, получение для каждой из задач среднего значения и среднего квадратического отклонения продолжительности выполнения.

Для определения характеристик потоков нарушений и восстановлений работоспособности СВТ в диссертации решаются следующие задачи:

- диагностика и регистрация отказов и сбоев СВТ;
- выделение участков нестационарности потоков;
- определение оценок характеристик для квазистационарных участков потоков и уточнение с их помощью априорной информации.

Начальный период ОЭ характеризуется нестационарностью потоков сбоев и отказов, обусловленной, в основном, незавершенностью процессов приработки технических средств. В диссертации решается задача определения длительности этого периода и исключения относящихся к нему исходных данных при оценивании характеристик потоков сбоев и отказов.

В процессе ОЭ могут быть зарегистрированы устойчивые отказы аппаратуры УВК, а также отказы выполняемых УВК функций АСУ ТП. Однако, ввиду кратковременности ОЭ, объем этих данных не может быть достаточным для оценивания соответствующих показателей надежности с требуемой точностью и достоверностью. В качестве метода, позволяющего использовать полученные данные для уточнения априорной исходной информации, закладываемой в модель, и оценок показателей  $P_{УВК_i}(t)$  в диссертации предлагается использовать метод негруппового объединения разнородной информации.

В четвертой главе описываются результаты экспериментальной апробации разработанных в диссертации методов и практическая реализация результатов исследования.

Выбранные в качестве объектов исследования УВК АСУ ТП Донского спиртзавода (Дон.СЗ) и Одесского сахарорафинадного завода (ОСРЗ) являются достаточно типичными представителями систем с распределенной (Дон.СЗ) и централизованной (ОСРЗ) структурой, функционирующих, в основном, в информационно-советующем режиме и получивших широкое распространение в пищевой и химической промышленности. Описываются основные аспекты и результаты:

сравнительного анализа надежности альтернативных вариантов структуры УВК АСУ ТП Дон.СЗ, выбора варианта, обеспечивающего

максимальную надежность, и оптимизации параметров реализации системой ее функциональных задач;

экспериментально-статистических исследований УВК АСУ ТП ОСРЗ в период опытной эксплуатации;

имитационного моделирования процесса функционирования УВК АСУ ТП ОСРЗ и получения предварительных оценок фактической надежности выполнения задач;

выбора оптимальных мер по обеспечению требуемой надежности функционирования УВК АСУ ТП ОСРЗ.

Приведены также и другие данные о практической реализации и внедрении основных результатов выполненных в диссертации исследований, свидетельствующие о применимости и достаточной эффективности предлагаемых методов оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие.

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Основные научные и практические результаты работ состоят в следующем:

1. Исследованы основные аспекты проблемы оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП пищевой промышленности на стадиях разработки и ввода в действие.

2. Разработана единая методика оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП на стадиях разработки и ввода в действие, основной особенностью которой является использование имитационной модели УВК, корректируемой в процессе создания системы по мере уточнения и детализации проектных и конструкторских решений и накопления информации о характеристиках компонентов системы.

3. Разработан комбинированный метод оценивания фактической надежности УВК АСУ ТП пищевых производств на стадии "Внедрение" ("Ввод в действие"), основной особенностью которого является замена специальных эксплуатационных испытаний УВК АСУ ТП на надежность исследованием его имитационной модели, скорректированной по результатам сокращенных эксплуатационных испытаний системы.

4. Предложен алгоритм ускорения имитационных экспериментов; разработаны алгоритмы и программные средства, обеспечивающие оценивание надежности функционирования распределенных систем реального времени с помощью универсальных имитационных моделей.

5. Развита методика специальной обработки результатов сокращенных эксплуатационных испытаний УВК на этапе ОЭ и разработаны мето-

ды использования их для обеспечения необходимой адекватности имитационных моделей; разработаны метод и программные средства для оценивания загрузки, временных характеристик функционирования и пропускной способности УВК АСУ ТП в процессе эксплуатации.

6. Разработаны принципы использования регрессионного анализа и математического программирования для исследования имитационной модели УВК с целью выбора оптимальных мер по обеспечению заданного уровня надежности УВК АСУ ТП на этапе доработки системы.

7. Результаты исследований внедрены в НИО "Пищепромавтоматика" и получили применение при разработке двух стандартов предприятия, двух отраслевых руководящих материалов и отраслевого стандарта Минпищепрома СССР, а также пакета программных модулей и программного комплекса, принятых в ОФАП Минпищепрома СССР и в ГосФАП СССР.

8. Предложенные в диссертации методы оценивания и обеспечения надежности УВК АСУ ТП прошли серьезную экспериментальную апробацию при исследовании надежности четырех АСУ ТП пищевых производств. Расчетный экономический эффект от внедрения результатов работы в НИО "Пищепромавтоматика" составляет 95 тыс. рублей в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих печатных работах.

1. Карповский Е.И., Радовский Л.Д. Оценка параметрической надежности АСУ ТП измерения и дозирования масс //Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания "Автоматизация процессов взвешивания и дозирования".- Одесса, 1981.- С.227-228.

2. Беляев Л.В., Радовский Л.Д. Оперативная оценка показателей надежности программных средств микро-ЭВМ //Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции "Управляющие мини- и микро-ЭВМ и их применение в народном хозяйстве".- Мшинев, 1984.- С.21-22.

3. Казацкер А.А., Радовский Л.Д., Полторак А.О., Бердичевский А.С. Оценка показателей надежности АСУ ТП на стадии "Анализ функционирования" //Автоматизация производства и управления в пищевой промышленности: Сб. науч. трудов НИО "Пищепромавтоматика".- Одесса, 1982.- Вып.22.- С.65-74.

4. Радовский Л.Д. Ускоренное имитационное моделирование систем массового обслуживания с разномасштабными потоками заявок /НИО "Пищепромавтоматика".- Одесса, 1984.- 23 с.- Деп. в ЦНИТЭИ-пищепром 04.10.84, № 978 пд.

5. Радовский Л.Д. Исследование надежности функционирования систем массового обслуживания с помощью дискретной имитационной

модели //Автоматизация производства и управления в пищевой промышленности: Об.науч. трудов НИО "Пищепромавтоматика".- Одесса, 1984.- Вып.23.- С.44-50.

6. Радовский Л.Д. Методы исследования надежности АСУ ТП на стадии внедрения /НИО "Пищепромавтоматика".- Одесса, 1985.- 33 с.- Дел. в ЦНИИТЭИИЩепром 09.07.85, № П146.

7. Казацкер А.А., Радовский Л.Д. Оценивание показателей надежности АСУ ТП с использованием сокращенных испытаний //Автоматизация производства и управления в пищевой промышленности: Об. науч.трудов НИО "Пищепромавтоматика".- Одесса, 1985.- Вып.24.- С.25-34.

8. Радовский Л.Д., Аксельрод Л.А., Роткоп А.Л., Мазур Т.А. Оценивание фактических затрат процессорного времени УВК при определении характеристик надежности АСУ ТП. Пакет программных модулей 62I.574I27.3300I-0I.- Инв. номер ГосФАП 50860000589.- Одесса: НИО "Пищепромавтоматика", 1985.- 8I с.

9. Радовский Л.Д., Гарбузова Т.В., Овсянникова Т.И. Оценивание характеристик надежности функционирования УВК АСУ ТП методом имитационного моделирования (REVAL). Программный комплекс 62I.5747I27.33002-0I.- Инв. номер ГосФАП 50870000040.- Одесса: НИО "Пищепромавтоматика", 1985.- 42I с.

10. Радовский Л.Д. Методика прогнозирования надежности отказоустойчивого управляющего вычислительного комплекса //Автоматизация производства и управления в пищевой промышленности: Об. науч. трудов НИО "Пищепромавтоматика".- Одесса, 1986.- Вып.25.- С.18-25.

11. Казацкер А.А., Радовский Л.Д. Надежность средств и систем автоматизации технологических процессов пищевой промышленности: Обзор //Пищевая промышленность.- М., 1987.- С.1-24.- (Серия I6. Механизация и автоматизация в пищевой промышленности /АгроНИИТЭИИЩ; Вып.2).

БР10011 Подписано к печати 24.12.87 г.

Формат 60x84/16 Объем 1,9 печ. лист. Заказ №489. Тираж 100 экз.

НИО "Пищепромавтоматика"

Одесса, Краснова, 6

v. 0162 87