

УДК 658.012.011.56 : 664

Автоматизированные системы управления технологическими процессами в пищевой промышленности, Перепечаенко В. Г., Ладанюк А. П., 1982, выпуск 1, 1—40.

Сформулированы основные принципы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) пищевых производств, рассмотрена характеристика их алгоритмов, проанализирован комплекс технических средств АСУТП.

Таблиц 1, рисунков 2, библиографий 17.

Министерство пищевой промышленности СССР

Центральный научно-исследовательский институт
информации и технико-экономических исследований
пищевой промышленности

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Серия 7. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Обзорная информация

Выпуск 1

Автоматизированные системы управления
технологическими процессами в пищевой промышленности

Год основания - 1982

Периодичность - 2 выпуска в год

Москва 1982

В одиннадцатой пятилетке в пищевой промышленности предусматривается провести работу по комплексной автоматизации производства, в том числе по созданию в ведущих подотраслях головных образцов автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и их тиражированию. Применение высокопроизводительного оборудования, многостадийной технологии, вовлечение в производство многочисленных трудовых коллективов, укрупнение предприятий и т.д. поставили перед специалистами в области автоматизации сложные задачи, решить которые традиционными методами невозможно.

© Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований пищевой промышленности, 1982 г.

С созданием управляющих вычислительных комплексов (УВК) разработчики систем автоматизации получили новые технические средства, позволяющие эффективно управлять десятками и сотнями объектов по выбранному технико-экономическому критерию. Универсальность, быстродействие, гибкость логики, значительный объем памяти и широкая номенклатура технических средств для организации межмашинных связей, контакта с обслуживающим систему персоналом, для связи с объектом (УСО) позволяют УВК обрабатывать большие объемы информации и реализовать сложные алгоритмы контроля и управления технологическими процессами.

Ведутся работы по созданию новых систем, ~~связанных~~ освоению ~~и~~ индустриальных методов создания АСУТП; повышению ~~и~~ их экономической и технической эффективности при одновременном снижении трудоемкости разработки, сокращении ~~и~~ сроков и затрат на их создание, повышении ~~и~~ удельного веса ~~оптимальных~~ решений при проектировании и в процессе функционирования систем.

Решение этих задач осложняется тем, что реальные технологические процессы как объекты управления в большинстве своем нестационарны, нелинейны, многомерны, со многими внутренними обратными связями. Кроме того, невелика или отсутствует априорная информация о форме и степени взаимосвязи между переменными в динамике в условиях эксплуатации [1]. Сложность задач управления, недостаток опыта и высокие требования к качеству функционирования привели к возникновению у первых систем управления ряда недостатков, которые были заложены как при проектировании самих систем [2], так и при постановке и решении оптимизационных задач [3].

Эти недостатки устраняются в основном двумя путями. Освоение промышленностью производства больших интегральных схем (БИС) и микропроцессорных наборов привело к появлению принципиально новой управляющей вычислительной техники, на базе которой становится возможным создание систем управления практически с любыми заданными свойствами [4, 5]. Разрабатываются новые методы оптимизации и совершенствуются существующие. Особое значение приобретают методы векторной оптимизации, основанные на использо-

вании при решении задач некоторого множества частных критериев. Разработаны дескриптивные и нормативные модели выбора многокритериальных альтернатив [6], которые нашли применение при решении сложных технических проблем, в том числе при проектировании и функционировании АСУТП.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУТП ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Число параметров, с которыми оперируют АСУТП пищевых производств, определяется из условия полной наблюдаемости и управляемости модели объекта и зависит от размерности векторов состояния входных и выходных переменных [1]. Опыт создания первых АСУТП в отрасли показывает, что количество этих параметров может достигать 10^3 , число преобразований информации в каждом канале ≤ 10 , число функций, реализуемых системой, — нескольких десятков.

Проектирование АСУТП осуществляется в несколько этапов (системо-технического и аппаратурно-технического синтеза системы, технического и рабочего проектирования, математического, информационного и организационного обеспечения), имеющих тесные функциональные и информационные взаимосвязи. Эти этапы, различающиеся по физическому смыслу, постановке и используемой математической модели, завершаются, как правило, построением структур (функциональных, технических, алгоритмических, организационных и т.п.), описывающих определенные свойства АСУТП.

Техническая структура (ТС) АСУТП или просто структура АСУТП представляет собой материальную основу системы и во многом определяет собой функциональные возможности, качество функционирования и ресурсы систем этого класса. Сложившееся в нашей стране положение с комплектованием систем управляющей вычислительной техникой (заказ должен оформляться за 16 месяцев до года поставки этой техники) и сокращением сроков создания АСУТП требует решения задачи синтеза структуры на начальных стадиях разработки систем. Имеющийся в отрасли опыт создания АСУТП

указывает на возможность решения этой задачи, так как промышленность предлагает разработчикам сравнительно небольшую номенклатуру технических средств, на базе которых возможно создание ограниченного числа вариантов структуры АСУТП с точностью до конкретных наименований технических средств.

Первые АСУТП, созданные в отрасли, имели централизованную структуру. Это объясняется состоянием развития управляющей вычислительной техники в момент создания систем, которое не позволяло создавать системы иной структуры, прежде всего из-за высокой стоимости технических средств УВК.

Опыт создания и эксплуатации этих систем показал, что централизованные системы управления обладают рядом недостатков:

- территориальной удаленностью управляющей системы от объекта управления и необходимостью дублировать эти системы локальными средствами автоматики;

- повышенным расходом дефицитной кабельной продукции; длительными сроками (более 5 лет) создания и невозможностью поэтапного ввода подсистем;

- чувствительностью системы к повреждениям.

Эти недостатки можно устранить, применяя территориально рассредоточенные (распределенные) системы управления. Состояние управляющей вычислительной техники в настоящее время позволяет приступить к реализации таких систем на практике.

Структура АСУТП

АСУТП как сложная система управления может быть реализована на разных элементах и с различными взаимосвязями между ними. В связи с этим возникает проблема синтеза при определенных условиях оптимальной структуры, которая обеспечивает экстремальное значение некоторого обобщенного критерия, определяющего качество функционирования сложной системы.

Под решением проблемы синтеза структуры сложной системы управления в общем случае понимается:

синтез структуры управляемой системы, т.е. оптимальная разбивка множества управляемых объектов на отдельные подмножества, обладающие заданными характеристиками связей;

синтез структуры управляющей системы, т.е. выбор числа уровней и подсистем, установление между уровнями и подсистемами необходимых взаимоотношений, распределение выполняемых функций между людьми и средствами вычислительной техники.

В последнее время получает распространение следующий подход при решении проблемы синтеза структуры АСУТП:

на стадиях обследования объекта и разработки технического задания на систему формируется целевая функция, функциональная структура и совокупность частных критериев, с помощью которых определяется облик будущей системы управления;

на стадии технического проекта проводится синтез централизованной структуры АСУТП и декомпозиция модели этой системы на узлы управления по заданному критерию, определяются целесообразность использования на объекте рассредоточенной системы управления и оптимальное (по заданному критерию) число узлов управления;

уточняются технические характеристики и модификации технических средств, используемых в создаваемой системе управления;

в определенные сроки разрабатывается и оформляется проектно-заказная документация на необходимые для создания системы технические средства, обеспечивающие заданные функциональные возможности, показатели качества функционирования и ресурсы создаваемой АСУТП.

Целевая функция, которую должна реализовать АСУТП, определяется разработчиком системы совместно с заказчиком, затем осуществляется декомпозиция объекта управления и целевой функции по нескольким признакам: на функциональные сферы (страты), элементы организационной структуры (эшелоны), уровни сложности задач управления (слои). Благодаря

этому можно выделить в трехмерном пространстве декомпозиции структурные элементы объекта, определить их участие в реализации заданной цели управления, сформулировать функции управления. При этом важную роль играет формулировка целевой функции, так как она определяет масштаб будущей системы управления. Например, если целевая функция состоит в максимизации прибыли предприятия, то реализация указанного подхода приводит к синтезу интегрированной АСУ, так как система управления должна охватить все структурные элементы объекта, участвующие в образовании прибыли предприятия.

Таким образом, для АСУТП характерны следующие целевые функции: минимизация цеховой себестоимости, максимизация (минимизация) выпуска определенных видов продукции, минимизация расхода определенных видов энергоносителей и т.д. Между ними устанавливаются информационные взаимосвязи и формируется функциональная структура АСУТП [7], которая используется при синтезе технической структуры создаваемой системы [8]. На основании анализа заданных частных критериев качества функционирования системы с помощью процедур векторной оптимизации можно найти наилучший вариант структуры АСУТП [5, 8]. Однако существующие тенденции в развитии АСУТП [4] требуют подвергнуть полученную структуру системы декомпозиции и определить целесообразность создания на данном объекте рассредоточенной системы управления и оптимальное число узлов управления (территориально выделенных подсистем управления) [9]. В качестве критерия декомпозиции используется минимизация длины линий связи в системе. Применение этого критерия позволяет приблизить систему управления к объекту управления, сократить расход кабельной продукции, повысить помехоустойчивость системы.

При использовании территориально рассредоточенных систем управления можно также повысить живучесть АСУТП. Так как структура сложных систем управления обычно описывается графовыми моделями, то можно свести задачу определения структурной живучести к поиску на графе минимального сечения по вершинам [9]. В этом случае под структурной живучестью АСУТП понимается потенциальная способность системы сохранять работоспособность при выходе из строя

отдельных узлов управления. Заданная величина структурной живучести (минимальное число вершин, которое необходимо удалить из графа, чтобы он перестал быть связанным) обеспечивается разработчиком на стадии проектирования АСУТП путем введения необходимого числа связей между узлами управления. Наибольшую структурную живучесть будет иметь (при однократных связях между вершинами) система управления, модель структуры которой представляет полный граф.

Имеющийся опыт проектирования АСУТП в отрасли показывает, что для создания жизнеспособных и эффективных систем необходимо учитывать на стадии ее разработки большое число частных критериев [8], описывающих различные свойства АСУТП, которые проявляются при взаимодействии ее с объектом управления, обслуживающим персоналом и внешней средой. В этом случае появляются критерии, которые невозможно представить привычными для разработчика количественными значениями, но которые можно описывать лингвистически (например, "весьма допустимое", "допустимое", "не совсем допустимое", "недопустимое"). Подобным образом целесообразно описывать такие показатели качества, как перспективность используемых в системе технических средств, их обеспеченность необходимыми программными средствами, возможность их доставки на объект в плановом порядке и в необходимом комплекте и т.п.

В задаче принятия решения на основе анализа критериев такого рода в последнее время нашел применение аппарат нечетких множеств. С его помощью можно представить значение лингвистических переменных количественно через функцию принадлежности их к некоторому желательному для разработчика значению [10].

При решении задач анализа и синтеза структуры АСУТП технологический процесс рассматривается в широком смысле и включает как непосредственные процессы производства, так и обеспечивающие их процессы [1]. По этой причине система управления технологическим объектом имеет многоуровневую иерархическую структуру, на нижнем уровне которой находятся системы регулирования и управления, с помощью которых информационные процессы в системе управления преобразуются в изменения параметров энергетических и материальных пото-

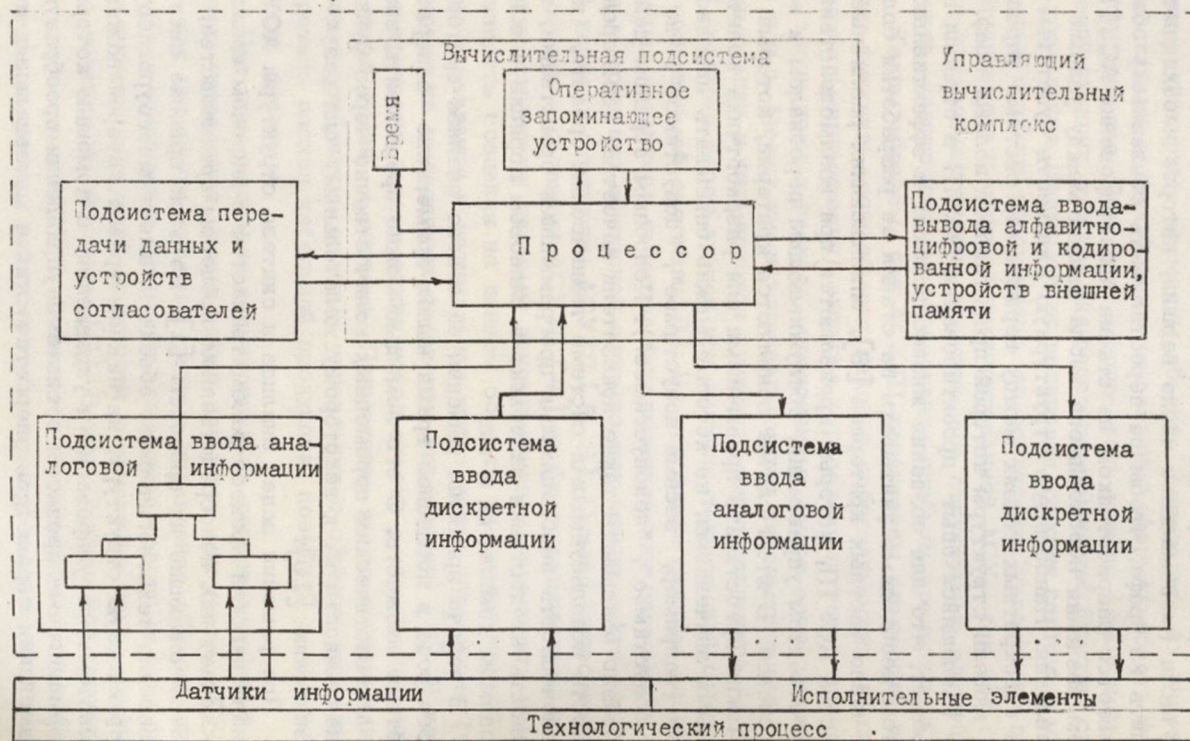


Рис. I Функциональный состав узла управления АСУ ТП

ков технологических объектов управления (ТОУ). На верхнем уровне находятся подсистемы координации, обеспечивающие реализацию глобальной цели управления, передачу информации о состоянии АСУТП в АСУ более высокого уровня и получения директив, уточняющих или изменяющих заданную целевую функцию. Общее число уровней управления и подсистем зависит от ряда факторов: выбранной целевой функции управления, сложности задач управления и координации, технических возможностей средств управления, заданных показателей качества функционирования системы, избранного критерия декомпозиции и т.д. В общем случае можно выделить уровни управления отдельными агрегатами, линиями (технологическими комплексами), технологическими цехами (отделениями), технологическим процессом в целом. В реальных системах управления осуществляется распределение функций каждого уровня между узлами управления с учетом достижения заданных критериев декомпозиции, структурной живучести системы и напряженности труда оператора. Функциональный состав узла управления показан на рис. 1.

Классификация АСУТП

Большое разнообразие и специфичность ТОУ и реализуемых функций управления привели к необходимости классификации этих систем.

В настоящее время приняты следующие признаки классификации АСУТП [11]:

- уровень, занимаемый технологическим объектом и АСУТП в организационной структуре предприятия;

- характер протекания технологического процесса во времени;

- показатель условной информационной мощности технологического объекта;

- уровень функциональной надежности АСУТП;

- тип функционирования АСУТП.

По уровню, занимаемому в организационно-производственной иерархии предприятия, АСУТП подразделяются следующим образом.

АСУТП	Кодовый индекс	Примеры ТОУ
Нижнего уровня	1	Технологические агрегаты, установки, участки
Верхнего уровня	2	Группы установок, цехи, производства, исключая АСУТП нижнего уровня
Многоуровневые	3	То же, что и в классе 2, но включая АСУТП нижнего уровня

Классификация АСУТП по характеру протекания управляемого технологического процесса во времени приведена ниже.

АСУТП	Кодовый индекс	Характер технологического процесса
АСУ:		
непрерывным технологическим процессом	н	Непрерывный, с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся
непрерывно-дискретным технологическим процессом	п	Сочетание непрерывных и прерывистых режимов функционирования различных технологических агрегатов
дискретным технологическим процессом	д	Прерывистый, с несущественной для управления длительностью технологических операций

Условная информационная мощность технологического объекта управления характеризуется числом переменных, измеряемых или контролируемых в данной АСУТП. В зависимости от значения этого показателя АСУТП подразделяются на классы (таблица).

Классификация АСУТП по условной информационной мощности

Условная информационная мощность АСУТП	Кодовый индекс	Число измеряемых или контролируемых технологических переменных	
		минимальное	максимальное
Наименьшая	1	10	40
Малая	2	41	100
Средняя	3	101	650
Повышенная	4	651	2500
Большая	5	2501	Не ограничено

Важным показателем качества функционирования АСУТП является требуемый (или достигнутый) уровень функциональной надежности АСУТП, который влияет на структуру и многие технические характеристики системы, а также на реальные значения показателей ее эффективности. Укрупненная классификация АСУТП по уровню функциональной надежности приведена ниже.

Уровень функциональной надежности	Кодовый индекс	Краткая характеристика уровня надежности
Минимальный	1	Практически не регламентируется, не требует специальных мер
Средний	2	Регламентируется, но отказы в АСУТП не приводят к остановке ТОО

Высокий

3

Жестко регламентируется, так как отказы в АСУТП могут привести к остановкам ТОО или авариям

Тип функционирования АСУТП приближенно характеризуется совокупностью автоматически выполняемых информационных и управляющих функций системы.

Классификация АСУТП по типу функционирования приведена ниже.

Условное наименование типа функционирования	Кодовый индекс	Краткая характеристика особенностей функционирования системы
---	----------------	--

Информационный

и

Автоматически выполняются только информационные функции; решения по управлению принимает и реализует оператор

Локально-автоматический

л

Автоматически выполняются информационные функции и функции локального управления (регулирования); решения по управлению процессом в целом принимает и реализует оператор

Советующий

с

Автоматически выполняются функции информационные, локального управления, и с помощью модели процесса формируются советы по выбору управляющих воздействий с учетом критерия

Автоматический

а

Все функции АСУТП, включая управление процессом по критерию, выполняются автоматически

Кодовое обозначение класса АСУТП определяется из цифровых и буквенных индексов, а словесное — по аналогии со следующим примером: "АСУ непрерывным технологическим процессом в агрегате, относящаяся к советуемому типу, с 360 технологическими переменными и высшим уровнем функциональной надежности".

ХАРАКТЕРИСТИКА АЛГОРИТМОВ АСУТП

В зависимости от свойств управляемого объекта, задач, которые решает система, определяется ее алгоритмическая структура. Технический прогресс в пищевой промышленности в последние годы связан с использованием в различных производствах агрегатов большой единичной мощности. При этом значительно усложняются задачи управления за счет усложнения связей агрегата с другими участками производства.

На уровне отдельного технологического агрегата основной целью управления является стабилизация или оптимизация технологического режима. Система управления при этом должна получать необходимую информацию о значениях технологических параметров, характеризующих протекание процесса. Выработка управляющих воздействий осуществляется либо отдельными регуляторами, либо мини- или микро ЭВМ, установленными на агрегате. Все большее применение в последние годы приобретает непосредственное цифровое управление. В конечном итоге в условиях значительного роста информации о ходе процесса повышенные требования к быстродействию, точности и надежности системы управления выполнимы только с помощью эффективных алгоритмов, реализуемых ЭВМ.

В различных подотраслях пищевой промышленности системы управления реализуют задачи, связанные с выпуском различных видов готовой продукции, непрерывными, дискретными или полунепрерывными способами. При управлении сложными производствами возникают задачи согласования нагрузок отдельных участков и агрегатов, распределения материалов между параллельно работающими участками и другие, оказывающие решающее влияние на состав, структуру и функции системы управления. На уровне производств преобладающими являются организационные функции, реализуемые системой.

При управлении предприятием в целом первостепенную роль играют задачи организационно-экономического содержания. В условиях пищевой промышленности автоматизированные системы являются интегрированными и кроме названных задач, связанных с управлением технологическими процессами, решают такие задачи, как планирование, технико-экономический анализ производственной и административно-хозяйственной деятельности, оперативный контроль и учет и т.д.

В общем случае при создании систем управления в пищевой промышленности можно назвать следующие функции, для реализации которых служат отдельные алгоритмы (алгоритмические модули) контроля:

- определение необходимой частоты опроса датчиков;
- первичная обработка информации от датчиков;
- определение истинных значений технологических параметров;
- сглаживание и усреднение исходной информации;
- контроль достоверности исходной информации;
- коррекция недостоверной информации;
- расчет технико-экономических показателей и др.

Другую группу образуют следующие алгоритмы управления:

- обработка экспериментальных данных для получения математических моделей управляемых объектов;
- согласование участков;
- непосредственное цифровое управление;
- управление типовыми участками пищевых производств;
- анализ производственных ситуаций;
- координация работы оборудования.

Эти и некоторые другие алгоритмы используются в различных отраслях промышленности [12, 13].

Создан специализированный фонд алгоритмов и программ и отраслевой фонд для пищевой промышленности. НПО "Пищепромавтоматика" разработаны требования к оформлению алгоритмических модулей и порядок их передачи в названные фонды. Под алгоритмическим модулем подразумевается комплекс содержательного, математического и алгоритмического описаний способа решений частной, логически законченной задачи (класса задач), возникающей при проектировании математического обеспечения или реализации функций АСУТП.

Совокупность алгоритмических модулей, связанных по информации и управлению в единый алгоритм, решающий конкретную задачу, образует составной модуль – алгоритмический макромодуль, который может иметь одноуровневую или сложную иерархическую структуру. Алгоритмические модули и макромодули, объединенные общим целевым назначением, представляют собой пакеты алгоритмических модулей.

Алгоритмы контроля

Назначение алгоритмов – обеспечение необходимой достоверной информации о технологических параметрах, ходе технологического процесса на основе вычисления некоторых обобщенных показателей. Общая постановка задачи формулируется следующим образом: задана совокупность величин и показателей, которые требуется определять на объекте с заданной точностью их оценки при помощи устанавливаемых датчиков. Точность оценки искомой величины определяется всегда точностью работы измерительных цепей, частотой опроса датчиков и точностью вычислительной переработки измеряемых сигналов в искомую величину.

Определение необходимой частоты опроса датчиков. Значения измеряемой величины в моменты между замерами определяются методами интерполяции и зависят от периода опроса. Сбор информации осуществляется от десятков и сотен датчиков, измеряющих различные по физической природе величины, к каждой из которых предъявляются определенные требования. Целесообразно разделить периодически опрашиваемые датчики на группы, характеризующиеся одинаковыми показателями. Период опроса датчика отдельной величины при заданных погрешностях ее определения и погрешности датчика учитывает оценку автокорреляционной функции. При отсутствии такой оценки предварительный расчет периода опроса осуществляют на основе опытных данных, позволяющих сравнивать средние квадратичные отклонения величины. Период опроса датчиков зависит от частотного спектра, т.е. чем чаще изменяется величина, тем чаще ее необходимо опрашивать. Например, час-

тота опроса датчиков составляет, с: расхода - 0,1-1; давления - 1-5; температуры - 10-20; состава вещества - 60.

Сглаживание и усреднение исходной информации необходимо для устранения ошибок, обусловленных неточностью замеров в условиях наложения на полезный сигнал случайной помехи. Процедура сглаживания основывается на усреднении измеряемых величин или суммарных значений материальных потоков за некоторый промежуток времени [13].

Экстра- и интерполяция измеряемых величин [13] служат для восстановления значений параметров в моменты времени между опросами. Интерполяция позволяет оценить значение измеряемой величины в предыдущие моменты времени, экстраполяция - предсказать ее с некоторым предупреждением (например, критерий управления или целевая функция). В качестве критерия наилучшего приближения предсказываемой оценки параметра к его истинному значению обычно используют средний квадрат ошибки предсказания, т.е. математическое ожидание квадрата разности предсказываемого и фактического значений параметра.

Контроль достоверности исходной информации - сложная диагностическая задача, которая в настоящее время имеет только частные решения. Обнаружения недостоверной информации основываются на анализе логических связей между различными параметрами процесса, например, взаимную связь потоков через расходные коэффициенты (являющиеся коэффициентами материального баланса или параметрами статической модели производства) [13]. Решение задачи основывается на предположениях о маловероятности появления двух и более источников недостоверной информации; одновременного изменения характеристик двух источников информации, при котором информация о показателе, зависящем от указанных источников, остается неизменной; выходе показателя, зависящего от нескольких измеряемых величин, за установленные пределы вследствие вариации этих величин, каждая из которых достоверна.

Расчет технико-экономических показателей (ТЭП). ТЭП зависят от большого числа параметров, характеризующих технологический процесс, и их расчет - одна из основных функ-

ций алгоритмов контроля и управления производством. К ТЭП относятся удельные расходы и затраты сырья, материалов и энергии, КПД, себестоимость, показатели материального баланса и т.д. При оперативном управлении производством используются текущие значения показателей (мгновенные или средние за минуты, часы), при учете и планировании применяются средние значения за сутки, декаду, месяц.

При расчете ТЭП необходимо учитывать динамические связи между параметрами. Расчет ТЭП требует также согласования во времени исходных данных, используемых в оперативных расчетах, и введения в расчеты транспортного запаздывания.

Алгоритмы управления

Сложность разработки алгоритмов управления заключается в большой трудоемкости получения математической модели управляемого объекта, необходимости глубокого изучения его особенностей и протекающего в нем технологического процесса. При разработке математических моделей отдельных агрегатов приходится учитывать такие свойства технологических агрегатов большой единичной мощности, как многомерность, нестационарность, распределенность параметров в пространстве, гидродинамическую и тепловую неравномерность и т.д. Как правило, априорная информация о свойствах управляемых объектов недостаточна. Все сказанное приводит к необходимости использования адаптивных алгоритмов управления.

Получение математических моделей управляемых объектов. Для целей управления разрабатываются статические и динамические модели, дающие возможность оценить вектор выхода при различных входных воздействиях. Модель производства [12, 13, 14] содержит совокупность зависимостей между различными параметрами, уравнения связи и технологические ограничения. В математическую модель входят также все управляющие воздействия, которые обеспечивают экстремум целевой функции.

Согласование участков. Задача заключается в нахождении условий проведения процесса, обеспечивающих экстремум целевой функции. Решение ее осуществляется сложными методами: неопределенных множителей Лагранжа, нелинейного программирования и др. Для решения экстремальных задач локального метода поиска экстремума применяются различные методы: градиентный, Гаусса-Зейделя, наискорейшего спуска. Среди нелокальных методов решения многоэкстремальных задач эффективен метод динамического программирования, принцип максимума.

Анализ производственных ситуаций включает в себя обнаружение аварийных ситуаций, нарушение хода технологического процесса, выход основных показателей за допустимые пределы. В наиболее простом случае алгоритм сводится к периодическому измерению величин, характеризующих событие, сравнению полученных результатов с известными границами и выработке соответствующих сигналов. В более сложных случаях необходимо учитывать погрешности измерения и аппроксимировать измеряемую величину в период между замерами.

Координация работы оборудования. Этот алгоритм имеет большое значение в связи с наличием недостатков в производстве. Задача решается на основе линейной модели с дискретными переменными, за основу которой принимается структурная схема производства, учитывающая число агрегатов и участков, их взаимные связи, ожидаемую максимальную производительность агрегата и его состояние.

Реализация алгоритмов связана с решением конкретных задач в рамках определенного производства.

КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АСУТП

В результате интенсивного совершенствования элементной базы за последние десять лет произошла смена нескольких поколений управляющей вычислительной техники. Это одновременно сопровождалось расширением номенклатуры устройств УВК и их функциональных возможностей, а также

совершенствованием организации вычислительного процесса: появлением все более совершенных операционных систем, пакетов прикладных программ, алгоритмических языков. Это расширило области применения УВК и сделало их доступными для специалистов, не имеющих специальной подготовки.

Основные тенденции развития управляющей вычислительной техники

Первые УВК, которые получили широкое распространение в различных областях народного хозяйства, относились к агрегированным средствам вычислительной техники, построенным на микроэлектронной базе (АСВТ-М): М-6000, М-400, М-4030, М-40, М-60, М-7000.

В АСУТП нашли применение только УВК серии М-6000. Они имели быстродействие процессора до 200 тыс. операций типа сложения в секунду; канал прямого доступа в память для ввода в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) больших массивов информации от быстродействующих устройств (типа устройств внешней памяти, АЦПУ и т.д.); дисплеи для ввода-вывода алфавитно-цифровой информации в УВК как непосредственно из машзала, так и с расстояния до 1 км; устройства печати с широким диапазоном скорости печати и шириной бумаги до 420 мм; оперативную память до 32 К слов; внешнюю память на магнитных дисках и лентах, полностью удовлетворяющих потребность АСУТП пищевых производств по емкости и времени доступа к информации. Особое преимущество УВК М-6000 имел перед другими УВК АСВТ-М благодаря широкой номенклатуре модулей УСО, позволяющей сопрягать УВК с большинством объектов управления. Поставка УВК М-6000 на объекты в основном производилась типовыми комплексами. Большое распространение в отрасли получил типовой комплекс М-6000-8, который содержал все необходимые технические средства для создания АСУТП пищевых производств. На смену УВК М-6000 и М-400 пришли соответственно УВК СМ-1; СМ-2 и СМ-3, СМ-4, а затем были созданы их модифицированные варианты - СМ-1М, СМ-2М и СМ-3М.

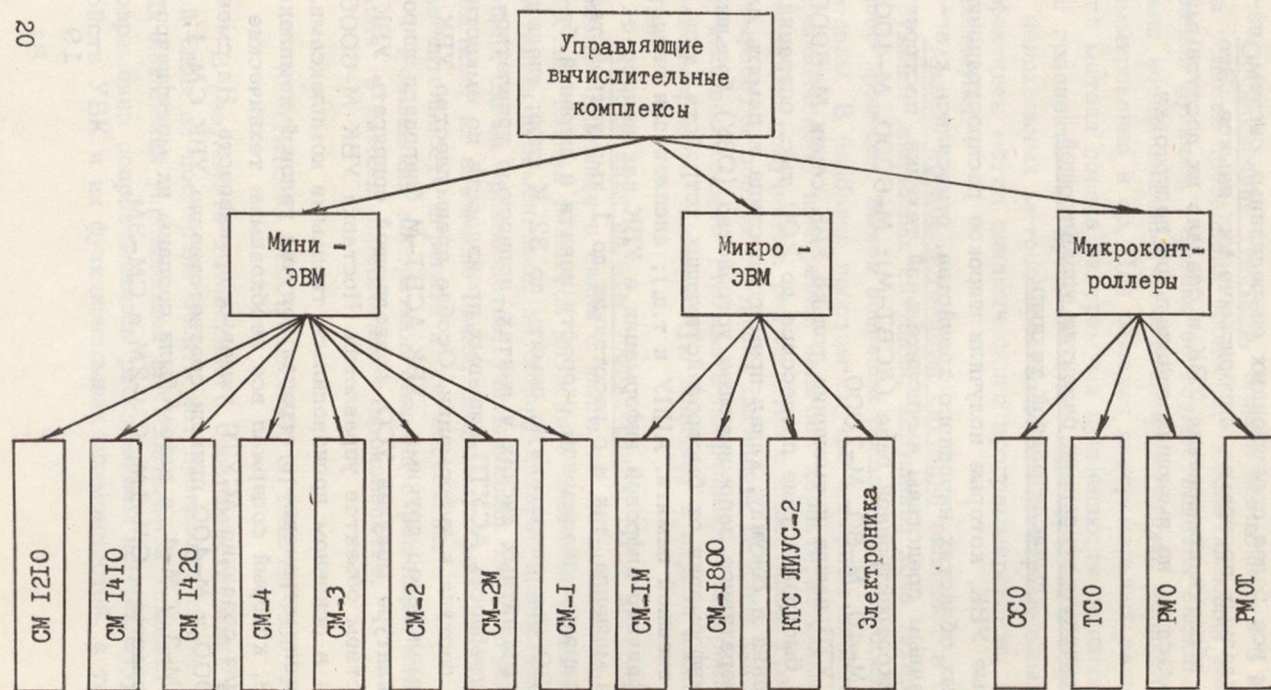


Рис. 2. Классификация управляющих вычислительных комплексов.

Появление микропроцессорных наборов позволило создать новые классы устройств – микро-ЭВМ и микроконтроллеры, дающие новые возможности разработчикам и позволяющие создавать рассредоточенные (распределенные) системы управления. Системы этого класса позволяют устранить некоторые недостатки централизованных АСУТП за счет приближения систем управления к объектам управления, децентрализации функций управления и упрощения организации вычислительного процесса, поэтапного ввода подсистем, начиная с наиболее эффективных и т.д.

Создание БИСОВ и микропроцессорных наборов также значительно расширило возможности разработчиков приборов и позволило конструировать средства контроля с расширенными функциональными возможностями.

Классификация современной управляющей вычислительной техники приведена на рис. 2.

Мини-ЭВМ

Существуют две архитектурные линии мини-ЭВМ, в основе которых лежат различная методика построения вычислительных систем и различные типы интерфейсов. Первая наиболее массовая – группа мини-ЭВМ с использованием интерфейса 2К. Первоначально был создан УВК М-6000, на базе которого создавались АСУТП в девятой и десятой пятилетках. В настоящее время этот УВК морально устарел и заменен УВК СМ-1 и СМ-2 и их модификациями. Внутри этой группы УВК обеспечивается техническая и программная совместимость по принципу снизу-вверх. Дальнейшее развитие этой архитектурной линии привело к созданию интерфейса ИУС, который используется при разработке УВК следующих поколений (СМ 1210 и т.п.).

Вторая группа – УВК с использованием интерфейса "Общая шина" (ОШ), первым представителем которой является УВК М-400, ориентированный в основном на применение при управлении научным экспериментом. В настоящее время этот УВК морально устарел и снят с производства. Архитектурную

линию "Общей шины" продолжили УВК СМ-3 и СМ-4, которые обеспечивают техническую и программную совместимость с УВК М-400. Результатом развития УВК М-400, СМ-3 и СМ-5 являются комплексы СМ 1410 и СМ 1420, которые, как и УВК СМ 1210, должны аккумулировать все последние достижения в области конструирования УВК и организации вычислительного процесса. В качестве элементной базы для УВК М-6000 и М-400 использовались интегральные схемы малой степени интеграции: для УВК СМ-1, СМ-2, СМ-3, СМ-4 – интегральные схемы средней и большей степени интеграции, а УВК СМ 1210, СМ 1410 и СМ 1420 планируется создать в основном на больших интегральных схемах (БИСах) и микропроцессорных наборах.

Все комплексы при необходимости могут поставляться организацией-изготовителем по спецификации заказчика.

Управляющий вычислительный комплекс СМ-1 предназначен для использования на нижнем уровне сложных иерархических систем управления. Производительность – до 400 тыс. операций типа сложения в секунду. Максимальный объем оперативной памяти – 32 К слов ($2^{10} \cdot 16$ бит). Комплекс СМ-1 имеет развитую архитектуру, ориентированную на различные области применения.

Наибольшее распространение комплексы получили в АСУТП. Имеется семь типовых комплексов, на базе которых могут создаваться управляющие вычислительные комплексы по индивидуальному проекту (УВКС). Организация-изготовитель – ПО орловский завод УВМ им. К.Н. Руднева.

Управляющий вычислительный комплекс СМ-2 предназначен для использования на верхнем уровне в сложных иерархических системах управления. Производительность до 450 тыс. операций типа сложения в секунду и может быть значительно повышена за счет применения двухпроцессорных комплексов и использования аппаратных каналов прямого доступа в память (КПДП). Максимальный объем оперативной памяти 128 К слов. СМ-2 имеет развитую архитектуру, ориентированную на различные области применения.

Наибольшее распространение комплексы получили в АСУТП. Имеется пятнадцать типовых комплексов, на базе

которых могут создаваться УВКС. Организация-изготовитель - НПО "Импульс" (г. Северодонецк).

Управляющий вычислительный комплекс СМ-2М представляет собой модернизированный УВК СМ-2 и предназначен для использования на верхнем уровне в сложных иерархических системах управления. Производительность на 13% выше производительности СМ-2.

Модернизация УВК СМ-2 осуществлялась с целью создания более технологичной в производстве конструкции комплекса и улучшения его эксплуатационных характеристик при сохранении полной программной совместимости с СМ-2. В результате модернизации процессор и КПДП объединены в один модуль и размещаются в одном автономном комплектном блоке (АКБ). Оперативная и постоянная память выполнены на микросхемах. Это позволило сократить число разъемов и системных жгутов в базовой части комплексов, сократить его габариты и повысить живучесть.

Производительность УВК может быть повышена за счет использования двух процессоров и двух КПДП. Производительность последних повышена при работе в мультиплексном режиме (через СВВ) в 1,75 раза по сравнению с СМ-2. Максимальный объем оперативной памяти 128 К слов. Расширена номенклатура типовых и базовых комплексов, что позволяет в некоторых случаях (при одном процессоре и ОЗУ 32 К слов) заменять этими комплексами УВК СМ-1 без большой разницы в стоимости. СМ-2М имеет развитую архитектуру, ориентированную на различные области применения. Может использоваться в проектах вместо СМ-2 без переработки последних. Разработка закончена в 1981 г. Документация передана ПО "Орловский УВМ им. Руднева К.Н." для освоения в серийном производстве.

Управляющий вычислительный комплекс СМ-4 хорошо зарекомендовал себя при решении организационных и экономических задач. Производительность до 800 тыс. операций типа "регистр-регистр" в секунду. Планируется освоение в серийном производстве двухпроцессорных УВК. Максимальный

объем оперативной памяти 124 К слов. В настоящее время интенсивно ведутся работы по расширению функциональных возможностей УВК СМ-4 путем создания новых устройств и программных средств.

Организация-изготовитель - ПО "Электронмаш" (г. Киев). Серийное производство комплексов начато в 1979 г. Для расширения области применения этого УВК ПО "Электронмаш" разработало и освоило в серийном производстве согласователь "Общая шина - 2К" (А71117), с помощью которого можно подключать к УВК СМ-4 устройства связи с объектом (УСО) УВМ СМ-1 и СМ-2.

Микро-ЭВМ

Появление БИС и микропроцессорных наборов привело к созданию микро-ЭВМ, имеющих технико-экономические показатели, при которых стало возможным их массовое использование в системах управления технологическими процессами. С 1976 г. в ЛОЭП "Светлана" (г. Ленинград) начато серийное производство одноплатных микро-ЭВМ "Электроника С-5-11" и к настоящему моменту выпускается несколько моделей микро-ЭВМ этого типа. К 1980 г. был создан в СКТБ САУ (г. Харьков) комплекс технических средств для локальных информационно-управляющих систем на базе микро-ЭВМ с повышенной степенью интеграции и микропроцессоров (КТС ЛИУС-2), получивший широкое распространение в металлургической и машиностроительной отраслях промышленности на нижнем уровне в иерархических системах управления. КТС ЛИУС-2 может работать в системах управления, на верхнем уровне которых находятся УВК СМ-1 или СМ-2.

В настоящее время осваивается микро-ЭВМ СМ-1800, которая предназначена для работы с УВК СМ-3 и СМ-4.

Все микро-ЭВМ разделяются на многоплатные, одноплатные, однокристалльные.

В настоящее время промышленность освоила производство первых двух групп микро-ЭВМ. На очереди создание однокристальных микро-ЭВМ.

Микро-ЭВМ "Электроника С-5". Эта группа содержит несколько микро-ЭВМ (С5-11, С5-12, С5-01, С5-02), выполненных в виде многоплатных и одноплатных конструкций. Соответственно различаются технические характеристики: производительность - от 10 до 180 тыс. операций в секунду, объем ОЗУ - от 128 слов до 10 К слов. Имеется ограниченная номенклатура УСО и периферийного оборудования. Организации-изготовители: ЛОЭП "Светлана" (г. Ленинград).

В настоящее время продолжается развитие этих микро-ЭВМ. Разработана одноплатная микро-ЭВМ С5-41, имеющая производительность 10^6 операций в секунду и максимальный объем ОЗУ до 4 К слов.

Микро-ЭВМ "Электроника-НЦ" предназначена для построения информационно-управляющих систем. Имеется несколько модификаций - НЦ-М, НЦ-2, НЦ-ОЗД, НЦОЗ-Т и т.п. Быстродействие от 100 тыс. до 1,1 млн. операций в секунду. Объем ОЗУ до 64 К слов. В НЦ-ОЗД и ОЗ-Т используется программируемый интерфейс ЕС, ОШ или 2К.

Микро-ЭВМ "Электроника-60" предназначена для использования в АСУТП. Имеется несколько исполнений (15ВМ-16-002, 15ВМ-16-004, 15ВМ-16-005). Быстродействие 250 тыс. операций в секунду. Объем ОЗУ от 4 до 28 К слов. Обеспечивается программная совместимость с мини-ЭВМ СМ-4.

Микро-ЭВМ этой серии в ряде случаев успешно конкурируют с СМ-1800 и могут их заменять в проектах.

КТС ЛИУС-2 предназначен для построения локальных автоматизированных систем управления отдельными установками, агрегатами (группами агрегатов) и технологическими процессами с малым и средним числом контролируемых и управляемых параметров. Могут использоваться в качестве активного УСО УВК СМ-1 и СМ-2, КТС ЛИУС-2 имеет самую развитую в настоящее время номенклатуру УСО. Быстродей-

ствие до 400 тыс. операций типа "регистр-регистр" в секунду. Объем ОЗУ до 32 К слов. Изготовитель - НПО "САУ" (г. Харьков). Серийное производство начато в 1980 г.

Комплекс имеет ряд высоких технических характеристик (по быстродействию, помехоустойчивости, надежности) и может использоваться в отрасли при создании ОСУТП.

Микро-ЭВМ СМ-1800 предназначена для управления производственными процессами и агрегатами, автоматизации лабораторных измерений и экспериментов, подготовки данных. Варианты конструктивной реализации модели ориентированы на использование в производственных помещениях, лабораториях и конторах, а также на установку в агрегаты. СМ-1800 может использоваться в качестве активного УСО УВК СМ-4. Номенклатура УСО пока ограничена. Быстродействие до 500 тыс. операций в секунду. Объем ОЗУ до 32 К слов. Изготовитель - ПО "Электронмаш" (г. Киев).

Микро-ЭВМ СМ-1М (СМ 50/60 или СМ-1634) предназначена для использования с УВК СМ-2М в качестве низового субкомплекса, а также типовых комплексов для автономного применения и управления приборами, установками и т.п. Может использоваться в качестве активного УСО УВК СМ-2М. Быстродействие до 200 тыс. операций типа сложения в секунду. Объем ОЗУ до 64 К слов.

Микроконтроллеры

Расширение функциональных возможностей элементной базы и одновременное ее удешевление позволили создать новый вид устройств, работающих в жестко программируемом режиме (в режиме микропрограммируемых автоматов). Созданы рабочее место оператора-технолога (РМОТ), рабочее место оператора (РМО), терминалы связи с объектом (ТСО), субкомплексы связи с объектом (ССО). В основе этих устройств лежат микропрограммируемые контроллеры А135-1, СМ-1401, СМ-1800.

Рабочее место оператора-технолога (РМОТ) - субкомплекс видеотерминальный для компоновки рабочих мест оператора-технолога. Предназначен для отображения алфавитно-

цифровой и цветной графической информации (мнемосхем, графиков, гистограмм и т.п.), обмена информацией с УВК, загрузки фрагментов изображения с накопителя на гибком магнитном диске, контроля хода технологического процесса, ввода запросов и команд оператора в систему. Используется в качестве пульта оператора-технолога в АСУТП, построенных на базе СМ-1/СМ-2.

Субкомплекс комплектуется микроконтроллером А135-1, ОЗУ объемом 32 К слов, ПЗУ объемом 2 К слов, модулем индикации (дисплеем), терминалом графическим цветным в количестве 2 шт., клавиатурами алфавитно-цифровой и технологической, накопителем на гибких магнитных дисках и устройством печати (до 100 знаков в секунду). Допускает удаление от УВК на 3 км. Изготовитель — НПО "Импульс" (г. Северодонецк).

Рабочее место оператора (РМО) — терминал для компоновки рабочего места оператора. Предназначен для хранения, отображения, регистрации и редактирования алфавитно-цифровой и псевдографической информации в составе рабочих мест операторов АСУ, построенных на УВК СМ-1/СМ-2. Терминал выпускается в четырех модификациях, различающихся выходными модулями, с помощью которых обеспечивается подключение к интерфейсу ИРПР и удаление от УВК до 15 м; подключение к двум УВК; подключение к УВК на расстоянии до 3 км.

Терминал комплектуется: микроконтроллером СМ-4401, ПЗУ объемом до 2 К слов, ОЗУ емкостью до 24 К слов, дисплеем, клавиатурой алфавитно-цифровой комбинированной, накопителем на кассетной магнитной ленте, устройством печати (до 100 знаков в секунду).

Терминалы связи с объектом (ТСО) предназначены для использования в УВК СМ-4 в качестве активного УСО. Планируется создание шести модификаций (ТСО-1 + ТСО-6).

ТСО-1 обеспечивает ввод информации от 64+256 аналоговых и дискретных датчиков и связь с УВК через интерфейс ИРПС на расстоянии до 500 м со скоростью 9600 бод.

ТСО-2 расширяет возможности ТСО-1 до 600 каналов ввода аналоговой и дискретной информации. Имеет возможность выноса терминалов на десятки километров.

ТСО-3 предназначен для сбора, обработки и выдачи управляющих воздействий в территориально-распределенных системах управления. Имеет выход на каналы связи С2, ИРПС.

ТСО-4 предназначен для непосредственного цифрового управления в АСУТП, ТСО-5 - для автоматизированных систем управления дискретными производствами, ТСО-6 - для использования в АСУТП и имеет пылевлагозащитное исполнение. В основе конструкции всех ТСО лежит микро-ЭВМ СМ-1800. Объем ОЗУ и быстродействие соответствуют техническим возможностям этой ЭВМ.

Субкомплексы связи с объектом (ССО) предназначены для создания территориально рассредоточенных систем управления и выпускаются в двух модификациях. Имеются два варианта исполнения. ССО-1 предназначен для программного ввода с предварительной обработкой информации и вывода аналоговых и дискретных сигналов по командам СМ-1 или СМ-2. Состав субкомплекса переменный. Содержит модули аналого-цифрового преобразования, коммутации и нормализации сигналов низкого уровня; коммутации и преобразования частотных сигналов; ввода инициативных, дискретных сигналов; вывода дискретных сигналов; внутрисистемной связи; согласования интерфейсов. Допускается подключение максимального числа датчиков: аналоговых до 660, дискретных до 208, частотных до 160; максимального числа аналоговых каналов управления до 12, дискретных до 416.

Субкомплекс предназначен для ввода сигналов: аналоговых минус 10-0-10 В, минус 5-0 - 5 В, 0-10 мВ; 0-20 мВ; 0-50 мВ; 0-100 мВ; минус 5-0-5 мА и т.д.; дискретных ($6 \pm 20\%$) В; ($12 \pm 20\%$) В; ($24 \pm 20\%$) В, активного сопротивления более 50 кОм; частотных от 0,6 до 2,4 В (до 32 кГц).

ССО-2 предназначен для сбора и первичной обработки аналоговых и дискретных сигналов, обрабатываемых циклически по загруженной в ССО-2 программе, с передачей результатов в УВК СМ-1/СМ-2. Состав модулей УСО тот же, что и в ССО-1. Число каналов для подключения аналоговых датчиков среднего уровня до 720, аналоговых датчиков низкого уровня - до 192, частотных датчиков (≤ 32 кГц) - до 192, дискретных датчиков - до 384, число каналов управления дискретных до 136.

В основе конструкции ССО лежит микропрограммируемый контроллер МПК А135-1 с объемом ОЗУ 16 К слов и ПЗУ - 2 К слов. Комплектуется инженерной панелью (съемной) для отладки субкомплекса в автономном режиме. Изготовитель - Черновицкое ПО "Электронмаш".

ПРИМЕРЫ АСУТП ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Первые попытки использования вычислительной техники на пищевых предприятиях предпринимались еще в 60-х годах. В это время ЭВМ в основном использовались для решения отдельных задач оперативного планирования производства, сбыта продукции и бухгалтерского учета, для исследования отдельных технологических процессов и разработки их математических моделей. С появлением вычислительной техники третьего поколения последняя стала широко использоваться для управления отдельными технологическими процессами, контроля производства и качества продукции на всех стадиях технологического процесса.

В сахарной промышленности вычислительная техника используется для регулирования уровня и расхода сока при очистке, управления работой фильтров. Создана система для непрерывного экспресс-анализа качества материальных потоков и составления полного баланса с выводом результатов на печать.

При производстве вина вычислительная техника используется для управления с высокой точностью процессом брожения [15].

Значительно расширилось применение ЭВМ в области распределения и сбыта [16], а также при упаковке продукции [17] и моделировании процессов.

Эти работы сводились к решению задач в сфере производства и не ставили перед собой целей по управлению производством в полном объеме.

Первые работы в этом направлении начали проводиться в пищевой промышленности СССР в конце 70-х годов, когда были созданы АСУТП на ряде объектов ведущих подотраслей.

Свеклосахарное производство. В 1980 г. сдана в эксплуатацию АСУТП на Яготинском сахарном заводе, который является базовым объектом НПО "Сахар". На нем отрабатываются технология и средства автоматизации производства. В АСУТП для этого завода предусмотрены возможности, обеспечивающие исследование как технологического процесса, так и эффективности работы систем автоматизации.

Система реализует следующие функции:

централизованного контроля в автоматическом режиме за технологическим процессом по 270 параметрам и сигнализации на дисплее и мнемосхеме отклонений от заданных значений технологических параметров с выводом результатов на печать (ЦКТП);

оперативного расчета нескольких десятков технико-экономических показателей (ТЭП) производства;

управления производительностью и ведущим материальным потоком завода, а также технологическим процессом в рациональном режиме и т.д.

В качестве технической базы АСУТП использовался УВК СМ-2-9 с УСО ~~э~~ УВК М-6000, так как в момент создания системы еще не выпускалось промышленностью УСО для УВК СМ-2.

В составе УВК СМ-2-9 имеются следующие устройства:

четыре дисплея для оперативного обмена алфавитно-цифровой информацией при общении оператора с системой, вывода нарушений технологических параметров и сигнализации состояния оборудования, ввода информации в систему из лаборатории о результатах анализов, общения с системой при проведении научных исследований;

два устройства последовательной печати со скоростью 180 знаков в секунду для ведения протокола процесса, печати сводных таблиц ТЭП, результатов научных исследований и экспериментов, отладки программ;

устройства оперативной памяти объемом 64 К слов;

устройства внешней памяти на магнитных дисках типа ИЗОТ-1370 объемом 50,75 Мбит и средним временем доступа к информации 45 мс;

устройства внешней памяти на магнитных лентах объемом 100 Мбит и средним временем доступа к информации 200 с.

В АСУТП Яготинского сахарного завода используется операционная система ДОС АСПО.

Планируется внедрить АСУТП на Ракитнянском сахарном заводе. Система должна реализовать функции ЦКТП по 381 параметру, оперативного расчета 27 технико-экономическими показателями (ТЭП) производства, управления технологическим процессом в рациональном режиме, управления производительностью основного технологического оборудования и т.д. В качестве технической базы системы используется управляющий вычислительный комплекс по индивидуальному проекту (УВКС) на базе СМ-2-10.

Ведется также разработка АСУТП для Пальмирского сахарного завода. В отличие от предыдущих систем эта АСУТП будет ориентирована на решение большого числа организационно-экономических задач, что позволит эффективно использовать вычислительную технику в межсезонный период. В качестве технической базы системы используется УВКС на базе СМ-2М К 125-3/3. Единство технической базы, на которой создаются АСУТП в сахарной промышленности, позволяет использовать на всех системах однопрограммное обеспечение.

Сахарорафинадное производство. В 1980 г. сдана в эксплуатацию АСУ основными технологическими процессами на Одесском сахарорафинадном заводе. Система реализует следующие функции:

ЦКТП по 323 параметрам; оперативного расчета 40 ТЭП производства;

управления технологическими потоками;

управления производительностью основного технологического оборудования; учета продукции и энергоносителей по 53 каналам и т.д.

В качестве технической базы АСУТП используется УВК М-6000-8.

В состав системы входят следующие устройства:

два дисплея для оперативного обмена алфавитно-цифровой информацией (при общении оператора с процессом), вывода нарушений технологических параметров, ввода информации из лаборатории о результатах анализов;

устройство последовательной печати со скоростью 180 знаков в секунду для печати сводных таблиц, отдельных сообщений и отладки программ;

устройства оперативной памяти в объеме 32 К слова;

устройства внешней памяти на магнитных дисках типа ИЗОТ-1370 объемом 50,75 Мбит;

терминал графический цветной для индикации фрагментов мнемосхем и тенденций в изменении параметров в статическом и динамическом режимах на экране размером 61 см.

Планируется дальнейшее развитие системы в направлении увеличения функций управления технологическим процессом и решения организационно-экономических задач, в частности, задач оперативного планирования производства.

Масло-жировая промышленность. В 1980 г. внедрена АСУ основными технологическими процессами масло-жирового производства на Днепропетровском МЖК. Система реализует следующие функции:

ЦКТП по 171 параметру;

оперативного расчета 20 ТЭП производства;

учета выпуска продукции и расхода энергоносителей по 27 каналам;

выдачи оператору рекомендаций по управлению технологическими процессами;

формирования однородных партий и размещению семян в элеваторе;

переработки семян и т.д.

В качестве технической базы АСУТП используется УВК М-6000-8 с типовым составом технических средств (как и на Одесском сахарорафинадном заводе).

Планируется дальнейшее развитие системы и увеличение управляющих функций с целью совершенствования управления технологическими процессами, в частности, для интенсификации процессов экстракции.

В 1981 г. сдана в эксплуатацию АСУТП производства маргарина на Ленинградском масло-жировом комбинате. Система реализует следующие функции:

ЦКТП по 196 параметрам;

оперативного расчета 22 ТЭП производства;

учета продукции по 9 каналам;
анализа ситуации в производстве и т.д.

В качестве технической базы АСУТП используется УВК М-6000-8 типового состава, дополненное устройством быстрой печати производительностью 253 строки в минуту. В системе используется операционная система ДОС РВ.

В процессе развития системы планируется решить задачу непосредственно цифрового управления дозированием компонентов маргарина и кулинарных жиров. Для этой цели в системе предусмотрен второй УВК М-6000-2, доукомплектованный устройствами оперативной памяти по 24 К слов, дисплеем и модулями УСО для ввода и вывода дискретной информации из системы. Система должна управлять одновременно восемнадцатью дозаторами. Периодичность опроса датчиков УВФ 0,2 с. Это обеспечивает высокую точность дозирования компонентов (до 0,1%) по всем дозаторам одновременно. В системе дозирования используется операционная система ОУС.

В настоящее время ведется разработка АСУТП для Бендерского маслоэкстракционного завода и Московского жиркомбината. В этих системах управления планируется использовать существующие заделы в области алгоритмического и программного обеспечения, а также развивать возможности систем в направлениях, которые обеспечиваются техническими возможностями СМ ЭВМ. Планируется расширить число функций управления технологическим процессом и оперативно-го планирования производством путем использования многоуровневой территориально рассредоточенной структуры АСУТП.

Спиртовая промышленность. В 1980 г. была введена в эксплуатацию АСУ основными технологическими процессами на Загородном спиртовом заводе в г. Рязани. Система реализует следующие функции:

- ЦКТП по 135 параметрам;
- оперативного расчета 8 ТЭП производства;
- расчета оперативных плановых заданий и режимов;
- анализа ситуации;
- расчетов, связанных с корректировкой математических моделей технологических процессов;

продольной стабилизации продуктовых потоков на отдельных участках и производстве в целом;

выбора и поддержания близких к оптимальным режимов (в стаке) на отдельных участках и производстве в целом.

В качестве технической базы АСУТП используется УВК М-6000-8 с типовым составом технических средств, доукомплектованный устройством печати производительностью 100 знаков в секунду и преобразователями "код-ток" для реализации супервизорного управления объектом. В системе используются операционная система ДОС РВ и соответствующие пакеты прикладных программ.

Табачная промышленность. В 1979 г. была сдана в эксплуатацию АСУТП на Ростовской табачной фабрике, работающая в информационном режиме. В качестве технической базы системы используются ЭВМ "Саратов-2" и созданное НПО "Пищепромавтоматика" устройство связи с объектом УСО-256. Последнее выполняет роль накопителя информации перед считыванием ее ЭВМ и может хранить до 10^8 дв.ед. по каждому каналу, имеет табло индикации для вывода информации о выпущенной продукции по каждому каналу до передачи ее в ЭВМ. Система контролирует состояние производства по 120 каналам. В качестве источников информации о процессе используются полупроводниковые фотоэлектрические датчики ДФП-1 и ПД-1, разработанные и изготовленные в НПО "Пищепромавтоматика".

Система реализует следующие функции:

контроль производства сигарет и папирос и определение выпуска продукции за час, смену, сутки и т.д.;

контроль времени простоя оборудования по линиям;

выдачу на экран дисплея и печать сводных технико-экономических показателей производства за различные периоды времени (час, смену, сутки и т.д.) по различным формам и в сравнении с планом.

В процессе создания системы отработаны алгоритмы и технические средства, обеспечивающие счет продукции (сигарет, папирос, пачек, ящиков и т.п.) с частотой до 200 Гц при достоверности 10^{-5} 1/дв. символ.

Ведутся работы по дальнейшему развитию системы с целью решения организационно-экономических задач и повышения эффективности задач контроля производства. В качестве технической базы системы планируется использовать имеющийся на фабрике управляющий вычислительный комплекс СМ-1-4.

Пивоваренная промышленность. В 1980 г. сданы в эксплуатацию АСУТП на Воронежском и Запорожском пивоваренных заводах, реализующие функции учета в цехах розлива. В качестве технической базы систем используются ЭВМ "Электроника ДЗ-28" и созданное НПО "Пищепромавтоматика" устройство связи с объектом для указанной ЭВМ. Указанное УСО выполняет роль накопителя информации перед считыванием ее ЭВМ и имеет два блока индикации, которые позволяют УСО при необходимости функционировать в автономном режиме без ЭВМ.

В качестве источников информации от линий розлива используются бесконтактные датчики УСБ, созданные НПО "Пищепромавтоматика". На каждой линии розлива установлены табло "план-факт" ТИ-200, управляемые ЭВМ. Они имеют три разряда для плановых показателей и три для фактических показателей выпуска продукции. Информация на табло обновляется каждую минуту. Плановые задания вводятся в ЭВМ на смену, преобразуются в план для линии на каждую минуту и высвечиваются нарастающим итогом на табло. Аналогичным образом высвечивается на табло фактическое количество выпущенной продукции.

Система обеспечивает учет продукции при производительности линий розлива на Воронежском пивоваренном заводе 6,0 тыс. бут./ч, Запорожском - 15,0 тыс. бут./ч.

С помощью вычислительной техники реализуются следующие функции:

- учет количества бутылок, поступающих на линию розлива и на различные участки линии (на бутыломоечную машину, розливочный автомат, склад готовой продукции);

- определение боя бутылок на всей линии за смену и на агрегатах с повышенным боем;

- подсчет и вывод на печать сводки боя по линии;

подсчет суммарного количества продукции по сортам за смену.

Полученная от системы информация позволяет вести оперативное планирование производства, ремонта и наладки оборудования.

На Воронежском пивоваренном заводе ведутся работы по наладке автомата КМ-2411, выполненного на базе КТС ЛИУС, который обеспечивает программное управление процессом затирания, варки и отстоя сусла.

На Москворецком пивоваренном заводе успешно прошел испытание советчик диспетчера, который позволяет с помощью ЭВМ определять оптимальную программу варки в зависимости от качества сырья и рациональное соотношение между солодом и несоложенными материалами.

Мукомольная, крупяная промышленность. На Белоцерковском крупозаводе в 1976 г. внедрена система "Ритм" для расчетов плановых и фактических выходов готовой продукции и производительности оборудования, а также прогнозирования выходов в зависимости от качества поступающего сырья. В качестве технической базы системы используется ЭВМ 15ВСМ-5. Аналогичная система была введена в эксплуатацию в 1977 г. на московском мелькомбинате № 4. Обе системы связаны с автоматическими порционными весами на входе и выходе производства и по числу отвесов с начала смены до момента обращения происходит определение фактических значений выходов продукции и производительности оборудования. Результаты расчетов по вызову оператора индицируются на специальное табло, созданное НПО "Пищепромавтоматика".

Завершаются работы по созданию АСУТП мукомольного завода Подольской реализационной базы. Впервые в отрасли на этом объекте создается распределенная система контроля и управления на базе четырех ЭВМ 15ВСМ-5, каждая из которых образует территориально вынесенную подсистему соответственно для элеватора, подготовительного, размольного и выбойного отделений мельницы.

Все машины связаны между собой в единую информационную систему.

Система реализует следующие функции:

- выработку рекомендаций на оптимальное размещение зерна по силосам;
- контроль количества и качества зерна в силосах;
- контроль количества и качества зерна при сушке и очистке;
- подведение итогов смены по семи показателям;
- вывод по запросу оператора информации (справки) о состоянии элеватора;
- выработку рекомендаций по рациональной рецептуре помольных партий;
- определение оптимального режима гидратации зерна;
- НЦУ вальцевыми станками драных систем;
- контроль выходов и производительности оборудования по производству в целом и подведение итогов работы бригад с накоплением результатов в течение месяца и т.д.

Систему обслуживают два оператора при помощи специально разработанного НПО "Пищепромавтоматика" пульта. Комплекс технических средств, алгоритмы и программы прошли лабораторные испытания и показали высокую эффективность системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы управления технологическими процессами. Под ред. Н.С. Райбмана. М., Наука, 1978, с. 440.
2. Трапезников В.А. Некоторые задачи науки в развитии управляющих систем. - Приборы и системы управления. 1981, № 2, с. 6-8.
3. Глушков В.Н. Вопросы оптимизации в АСУ. - Вопросы радиоэлектроники (Серия АСУ), 1980, вып. 3, с. 5-28.
4. Давиденко К.Я., Левин А.А., Шенброт И.М. Тенденции развития автоматизированных систем управления технологическими процессами. - Измерение, контроль, автоматизация, 1978, № 3, с. 55-65.
5. *Evans L.B. Impact of the electronics revolution on industrial process control. - Science, 1977, n 4283, 1146-1161.*
6. Ларичев О.И. Методы многокритериальной оценки альтернатив. - Сб. научных трудов ВНИИСП, 1978, № 5, с. 5-30.
7. Шенброт И.М., Антропов М.В. Децентрализованные автоматизированные системы управления технологическими процессами (структурные математические модели). - В кн.: Итоги науки и техники (Техническая кибернетика), 1980, т. 13, с. 235-267.
8. Перепеченко В.Г. Алгоритм определения структуры АСУТП на основе анализа критериев ее качества. - Сб. научных трудов НПО "Пищепромавтоматика", 1980, вып. 19, с. 55-61.
9. Перепеченко В.Г., Сосновская Н. Основные принципы автоматизации проектирования технической

структуры АСУТП. - Сб. научных трудов НПО "Пищепромавтоматика", 1981, вып. 20, с. 50-56.

10. Луз и н И.В. Использование методов нечетких множеств при выборе предпочтительных проектов. - Сб. научных трудов НПО "Пищепромавтоматика", 1980, вып. 19, с. 155-156.

11. Общеотраслевые руководящие материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности (ОРНМ-2 АСУТП). - М., ГКНТ СССР, 1981. - 191 с.

12. Справочник проектировщика систем автоматизации управления производством. Под ред. Смилянского Г.Л. М., Машиностроение, 1976. с. 590.

13. Голованов О.В. Системы оперативного управления химическими производствами. М., Химия, 1978, с. 200.

14. Балакирев В.С., Володин В.М., Цирлин А.М. Оптимальное управление процессами химической технологии. М., Химия, 1978, с. 384.

15. *Computes plications cu the Analysis of chemical Data and Plants, 1977, 13.*

16. *Food Production Management, February, 1977, 13.*

17. *Szeszipas, 1978, 24.*

СОДЕРЖАНИЕ

Основные принципы построения АСУТП пищевых производств	3
Характеристика алгоритмов АСУТП . .	13
Комплекс технических средств АСУТП	18
Примеры АСУТП пищевых производств	29
Литература	38

Ответственные за выпуск: Л.И. Курнина В.А.Каныгова,
Т.И.Скворцова

Литературный редактор: Т.А.Дзампаева

Технический редактор: З.М.Румянцева Корректоры: Н.П.Кузнецов
А.И.Соловей

Адрес ЦНИИТЭИпищепрома: Москва, Г-69, ул. Воровского, 22
тел. 290-42-09

Подписано к печати 27.04.82г. Л-76953 Формат 60х90^{1/16}

Объем п.л. 2,5 Усл.п.л. 2,5 Уч.-изд.л. 1,83 Бум. тип. № 2

Тираж 1900 экз. Цена 27 коп. Изд. № 1590 Зак. 569

Типография ЦНИИТЭИпищепрома