

Тема 1.3. УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

1. Производство как объект управления
2. Задачи управления производством
3. Управление технологическими процессами
4. Математическое описание систем управления

1. ПРОИЗВОДСТВО КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

История автоматизации столь же длинна, как и история техники механизмов. Однако остроумные механические игрушки прошлого, механизмы, имеющие практический смысл и называемые автоматическими, такие как ткацкий станок, токарный станок и другие, ничего общего с автоматизацией не имели. Они работали по раз и навсегда заданной программе, определявшей фиксированную последовательность выполняемых действий.

Автоматическое управление начинается, когда автоматизируются функции наблюдения за процессом, принятия решения и выдача управляющего воздействия.

Развитие средств автоматизации в производстве прошло ряд этапов, наиболее характерные из которых:

- создание механизмов и устройств, облегчающих или устраняющих ручной труд на основных операциях — этап механизации производства;
- создание установок и систем, освобождающих человека полностью или частично от регулирования и управления основными процессами, механизация и частичная автоматизация вспомогательных операций транспортировки и манипулирования — этап автоматизации производства;
- создание оборудования и систем, исключаящих человека частично или полностью от управления и регулирования процессов во всех системах производства и обслуживания — этап комплексной автоматизации.

Этап комплексной автоматизации является основой, которая создает предпосылки для внедрения в производство гибких автоматизированных комплексов и производств (ГАП).

Комплексная автоматизация получила наиболее широкое распространение в массовом и крупносерийном производстве. Это объясняется, прежде всего, тем, что при достаточно частой смене изделий в мелкосерийном производстве необходимо было менять и автоматическое оборудование, работающее по принципу жесткого управления, в силу чего автоматизация становилась неэффективной. С появлением программно управляемого оборудования автоматизация производства начала все шире внедряться и в среднесерийном и мелкосерийном производствах. Успехи в области микроэлектроники, появление мини-ЭВМ и микропроцессоров, внедрение промышленных роботов и манипуляторов сделали возможным практическое решение задачи комплексной автоматизации производств всех типов, и реализации на этой основе завершающего этапа автоматизации — создания гибких автоматизированных (автоматических) комплексов с безлюдной технологией. В настоящее время в вопросах автоматизации процессов общественного производства доминирующими стали тенденции, связанные с разработкой методов создания ГАП.

В течение длительного времени прогресс общественного производства определялся в основном уровнем технологических процессов, энерговооруженностью и оснащенностью механизмами. В современном промышленном производстве наряду с этим все большее значение начинают приобретать вопросы организации производства, принятия решений на основе информации о его функционировании на всех уровнях общественного производства.

Производственный процесс — это совокупность процессов труда и естественных процессов, направленных на создание как материальной, так и не материальной продукции. Будем касаться в основном производства материального — создания материальных благ, необходимых для существования и развития общества.

Основой организационной деятельности является стремление придать целенаправленность работе взаимосвязанных элементов производственного процесса.

Процесс управления представляет собой организацию действий совокупности элементов и объектов в интересах достижения определенных целей.

Понятие «управление» можно определить как совокупность действий, выбранных на основании определенной информации и направленных на поддержание или улучшение функционирования объекта в соответствии с имеющейся программой (алгоритмом) или целью функционирования. Процесс управления предполагает, как минимум, наличие объекта управления, информации о его состоянии и системы принятия решений — системы управления.

Свойства и особенности объекта управления являются определяющими для структуры системы управления, алгоритмов ее функционирования и потоков информации, циркулирующей в системе.

Производством управляют люди и в процессе управления воздействуют на людей. Труд по управлению производством направлен не на непосредственное изготовление материальных благ и оказание услуг, а на руководство другими работниками. Производство как общественный процесс охватывает как производительные силы общества, так и производственные отношения и соответственно управление относится к каждой из сторон этого процесса с учетом особенностей каждой из них.

Объективная необходимость повышения эффективности производства породила задачи, успешное решение которых во многом связано с внедрением на предприятиях средств автоматизации и вычислительной техники.

Комплекс технических средств, реализующий различные методы управления, автоматизирует процесс, доводя его в пределе до автоматического.

Автоматизированная система управления как разновидность систем управления включает в себя технические средства, которые обеспечивают замену физического и умственного труда человека работой машин для сбора, обработки и выдачи информации, при этом за оператором остаются функции обслуживания и отдельные процедуры управления. Такие системы используются в тех случаях, когда все функции управления не удастся переложить на технические средства, в силу технических и экономических причин.

Автоматическая система управления как разновидность систем управления включает в себя комплекс технических средств, которые обеспечивают сбор, обработку информации, принятие и реализацию решения по управлению объектом без участия человека.

Затраты труда человека необходимы для контроля функционирования системы и обслуживания. Наиболее широко автоматические системы применяются в отраслях промышленности с непрерывными процессами производства.

Определенные успехи в области разработки и внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) не решают в полной мере задач комплексной автоматизации производства. Попытки решения этих задач привели к созданию программно-управляемого технологического оборудования, программируемых роботов-манипуляторов, и на основе этих средств к созданию программно-управляемого производственного процесса на базе роботизированных технологических комплексов (РТК). Такое производство, названное гибким автоматизированным производством (ГАП), имеет высокую эффективность вследствие присущих ему свойств оперативности (гибкости), комплексности, универсальности.

Перечень вопросов, подлежащих решению при создании ГАП, достаточно велик, велика номенклатура специальных научных дисциплин, привлекаемых для решения рассматриваемой научно-технической проблемы, и как следствие широк круг специалистов, занятых исследованиями и практикой внедрения ГАП. Если к этому добавить разрозненность публикаций по данному вопросу и отсутствие устоявшейся терминологии, то станут понятны трудности, с которыми сталкиваются коллективы при разработке и внедрении ГАП.

В производственном процессе присутствуют два аспекта: энергетическое воздействие на материалы, заготовки и т. д. и управление воздействием, заключающееся в наблюдении за ходом процесса и установлении наилучших режимов его протекания на основе информации о состоянии процесса. Первый аспект реализуется в соответствии с требованиями технологии, второй — на основе принципов кибернетики.

Тип применяемой системы управления и целесообразный уровень автоматизации во многом определяется свойствами объекта управления и некоторыми характерными особенностями.

Выбор того или иного способа управления технологическим процессом во многом зависит от типа производственного процесса и структуры промышленного предприятия.

Классификации типов производств

Для классификации типов производств как объектов управления могут быть выбраны различные характеристики, в частности, такие как: сложность производства, объем или серийность производства, тип технологического процесса и уровень автоматизации технологического процесса.

1) Сложность производства зависит, прежде всего, от номенклатуры изделий, числа внутренних и внешних связей, состава технологических процессов, что определяет во многом его структуру, численность персонала, состав оборудования, инструментов и т.д. Оценка сложности производства, основанная на анализе номенклатуры выпускаемой готовой продукции, без учета номенклатуры внутренних комплектующих изделий будет ошибочной. Сложные современные изделия машиностроения, приборостроения и др., выпускаемые малыми количествами, включают в себя сотни и тысячи блоков и узлов внутреннего производства и сборки. Таким образом, при оценке сложности производства учитывается вид выпускаемой продукции, сложность изготовления комплектующих узлов и характер применяемых при этом технологических процессов. В соответствии с этим принято для простоты делить производство на два типа: простое и сложное.

2) Серийность производства определяется количеством выпускаемой продукции. По этой характеристике производства подразделяются на массовое, серийное и единичное. Иногда вводят большее число градаций — мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное и т. д.

3) Деление производств по уровню автоматизации отдельных операций и технологических процессов в целом, что в свою очередь определяет целесообразность, необходимость и возможность создания АСУ ТП. Уровень автоматизации, как правило, наиболее высок в массовом производстве, где однотипность изделий и технологических процессов облегчает решение вопросов механизации и автоматизации. Единичное производство по-прежнему отличается более низким уровнем автоматизации. Среднесерийное производство занимает по этой характеристике промежуточное положение между массовым и единичным.

Появление АСУ ТП и ГАП позволяет обеспечить единый подход к автоматизации производств с различным ее начальным уровнем. При этом устраняются тяжелые и монотонные ручные операции, повышается общий уровень эффективности производства. Решение этих задач тесно связано с такой характеристикой производства, как тип технологического процесса.

4) Производства по типу технологических процессов и соответствующей форме управления можно разделить на классы: с непрерывным управлением, с дискретным управлением, с дискретно-непрерывным управлением, с непрерывно-дискретным управлением.

Производственный процесс может состоять из **технологических операций различных типов:**

- непрерывных, обычно характерных для химического и нефтехимического производства;
- дискретных, наиболее распространенных в машиностроении, приборостроении, в сельском хозяйстве и др.

Тот или иной тип технологического процесса (непрерывный или дискретный) определяет способ управления как основными, так и вспомогательными операциями и процессами объекта управления, возможную полноту автоматизации технологического процесса. Так, АСУ химическим производством существенно отличается от АСУ, например, механообработки или сборки приборов.

Названные пять признаков классификации типов производств могут быть дополнены и некоторыми другими, однако приведенные наиболее существенны при оценке целесообразности создания АСУ, глубины охвата производства средствами автоматизации; выборе структуры системы, алгоритмов ее функционирования и комплекса технических средств.

Первые три характеристики производства (сложность, объем и серийность) наиболее полно используются как исходная информация обычно на начальных стадиях проектирования систем управления производственными процессами. На этих стадиях выбирается объект автоматизации, оценивается экономическая эффективность создаваемой системы управления, определяются этапы ее создания. Уровень автоматизации производства и тип технологического процесса в большей степени оказывают влияние на технические характеристики системы управления, такие, как структура системы, законы управления, состав технических средств, алгоритмы функционирования и т. д. Они используются на этапе технического проектирования.

Структура производственного процесса

Производственный процесс представляет собой ряд взаимосвязанных подпроцессов (процессов): основных, вспомогательных и обслуживающих.

К основным процессам производства относятся технологические процессы изготовления продукции и входящих в нее деталей, узлов и агрегатов.

Вспомогательными процессами называются процессы по изготовлению технологической оснастки (инструмента, приспособлений, штампов и т. д.), ремонту оборудования, зданий, сооружений, производству и распределению различных видов энергии и т. п.

К обслуживающим процессам относятся транспортные операции (межцеховые, межоперационные), складские операции, технический контроль выполнения основных и вспомогательных процессов и качества продукции.

Рассмотренная структура производственного процесса и содержание составляющих его подпроцессов относится к предприятию, работающему по полному производственному циклу изготовления продукции. Однако в условиях расширяющейся кооперации и специализации предприятий, возможно, что состав работ, входящих в совокупность вспомогательных процессов, будет являться для специализированного предприятия основным процессом производства со своими вспомогательными и обслуживающими процессами.

Изъятие производственного процесса из рамок одного предприятия и разделение его между специализированными предприятиями при известной экономической целесообразности, с точки зрения управления, создает особенности, связанные с необходимостью проектирования дополнительных систем управления и координации на стыках расчлененного производственного процесса.

Специализация производства приводит к тому, что части производственного процесса сосредотачиваются в рамках отдельных специализированных цехов или предприятий. Это несколько усложняет процесс из-за появления дополнительных технологических операций контроля, транспортировки продукции и координации работ специализированных структурных единиц. Однако усложнение и удорожание процесса должно компенсироваться ростом производительности труда в результате специализации производства и возможности в силу этого широкого внедрения средств автоматизации и управления.

Как правило, производственный процесс состоит из нескольких частей или фаз.

Деление производственных процессов на части (фазы) позволяет разрабатывать АСУ ТП для фаз производства, так как каждая фаза имеет свои особенности независимо от конкретного вида изготавливаемой продукции, локализована по месту и времени выполнения и является законченной частью технологического процесса.

Основной производственный процесс изготовления изделия в машиностроении, приборостроении состоит из трех основных фаз: заготовительной, обработочной и сборочной. В соответствии с этим делением предприятия, построенные, как правило, по цеховой структуре, имеют в своем составе соответствующие цеха или группы соответствующих цехов: заготовительные, обработочные и сборочные.

Конкретный вид изготавливаемой продукции определяет состав технологических процессов различных типов (дискретный, непрерывный и т. д.) для каждой фазы производства, что влияет на выбор той или иной схемы системы управления с учетом достигнутого уровня автоматизации производства. Так, рассматривая состав технологических процессов обработочной фазы приборостроительного производства, можно отметить преобладание процессов, управление

которыми связано с необходимостью регулирования и поддержания физических параметров процесса в соответствии с заданными требованиями с помощью локальных контуров автоматического управления или программного управления соответствующим технологическим оборудованием (технологическими установками). Для сборочной фазы производства в большей степени характерны задачи автоматизации процессов манипулирования и транспортных операций.

Заготовительная фаза включает входной контроль элементов и материалов, изготовление заготовок и деталей, раскрой материалов, очистку и покрытие деталей и т. д.

Обработочная фаза соответствует изготовлению деталей, полуфабрикатов, узлов и блоков. Сюда входит механическая обработка, изготовление плат печатного монтажа, модулей, субблоков и т. п.

Сборочная фаза состоит из работ по сборке, монтажу, наладке, контролю и испытанию изделий.

Таким образом, деление производственного процесса на фазы и анализ всех технологических процессов каждой фазы позволяет определять способ управления каждым технологическим процессом с последующим объединением подсистем в единую АСУ ТП. В процессе объединения подсистем учитываются не только внутренние связи, но и связь с подсистемами управления обслуживания и вспомогательных подразделений предприятия.

Функциональная структура предприятия кроме подразделений, участвующих в основном процессе производства, включает в себя функциональные подразделения, выполняющие вспомогательные и обслуживающие процессы со своими подсистемами управления. Между этими подсистемами существуют свои связи в виде информационных и материальных потоков.

Информационные потоки состоят из директивных управляющих сигналов (команд, программ) и отчетной информации о ходе производственного процесса. Обработка этих потоков информации и принятие решений входит в сферу деятельности автоматизированной системы управления производством (АСУП).

2. ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Общественное производство является важнейшей областью человеческой деятельности, порождающей различные задачи управления. Сущность управления производством проявляется при рассмотрении его как категории, обусловленной кооперацией и разделением труда.

Представим структуру производства в виде совокупности типовых задач управления, независимо от типа и фазы производства (рис. 1).

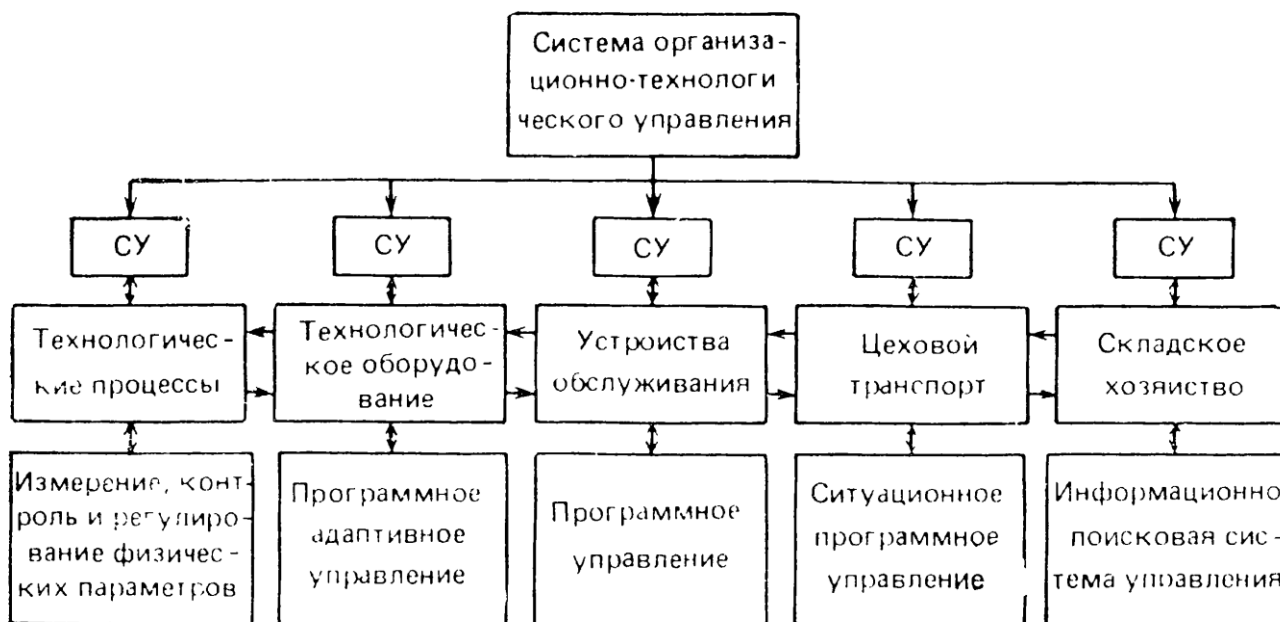


Рис. 1. Основные типовые задачи управления производственным процессом:
СУ — система управления

Первая группа задач связана с управлением процессами, в основе которых лежат изменения физико-химических свойств или геометрических размеров исходных изделий, материалов или сырья. С позиций управления задача сводится к измерению, контролю и регулированию физических параметров, характеризующих протекание управляемого процесса. При всем многообразии технологических процессов, встречающихся в приборостроении, большинство из них, особенно в заготовительной и обработочной фазах, можно отнести в первом приближении к категории непрерывных на отрезке времени «контроль — управление». Так, технологический процесс пайки элементов на плате печатного монтажа применительно ко всей плате является дискретным. Однако если рассматривать отдельную операцию одного соединения, то на интервале времени одной пайки и управления параметрами усилия, температуры, времени и т. д. процесс можно рассматривать как непрерывный и управление осуществлять в контуре автоматического регулирования (управления). Это дает возможность, проведя исследование и унификацию управляемых параметров технологических процессов, разрабатывать унифицированные модули управления для наиболее распространенных физических величин и диапазонов их изменений. В большинстве технологических процессов приборостроения приходится сталкиваться с необходимостью измерения и управления такими величинами, как температура, давление, усилие, время, электрический ток и напряжение.

Вторая группа задач связана с управлением технологическим оборудованием и установками, которые обеспечивают протекание процесса в требуемом режиме. Управляемый технологический процесс не может протекать вне и независимо от некоторой технической системы, обеспечивающей условия протекания процесса и способы воздействия на него. В этом смысле собственно процесс и технические средства, обеспечивающие его протекание, рассматриваются совместно. Однако при решении задач управления в ряде случаев удобнее разделять общую задачу на составные части и для каждой подзадачи выбирать свой способ решения. Обычно управление процессом осуществляется подачей на органы управления технологическим оборудованием команд в соответствующие моменты времени. Оборудование может работать в автоматическом режиме, формируя необходимые воздействия на процесс по жесткой программе. Такой режим работы присущ, как правило, узкоспециализированным автоматам, перестройка которых на иные режимы работы сопряжена с определенными трудностями, а в ряде случаев просто невозможна.

Стремление обеспечить гибкость работы технологического оборудования привело к созданию установок и станков, работающих от внешней программы, смена которой позволяет быстро и легко перевести агрегат на иной требуемый режим работы из класса предусмотренных для агрегата режимов. Создание программно управляемого оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) породило самостоятельную задачу в общем комплексе вопросов создания АСУ ТП. Эта задача охватывает круг вопросов, связанных с разработкой управляющих программ как последовательности команд управления процессом.

Прямое программное управление по разомкнутой схеме в ряде случаев не оптимально вследствие трудностей предсказания реальных условий протекания процесса, учета случайных возмущений (разброс свойств материалов, износ инструмента и т. п.). С целью повышения качества управления в систему вводятся обратная связь, позволяющая получить информацию о выполнении команд управления, и система измерений реальных условий протекания процесса для создания адаптивных систем управления технологическими процессами. Технологическое оборудование с ЧПУ позволяет обеспечить гибкость производства за счет возможностей быстрой перестройки режимов работы, а введение контуров обратной связи и адаптации в системы управления позволяет обеспечить повышение эффективности работы оборудования.

Третий класс задач включает вопросы автоматизации процессов обслуживания технологического оборудования в ходе выполнения их производственных заданий. Основной круг вопросов обслуживания сводится к решению задач по загрузке и разгрузке оборудования, смене инструмента и деталей. Конструктивное разнообразие устройств обслуживания достаточно велико: от простейших роликовых направляющих до сложных автоматических устройств, управляемых электронными схемами на базе мини-ЭВМ и микропроцессоров. Всю эту группу устройств объединяют под названием «роботы и манипуляторы». Они могут быть составной частью технологического оборудования (входить в состав гибкого технологического модуля) или поставляются самостоятельно для работы в общей технологической линии.

Производство, которое оснащено программно-управляемыми роботами, работающими автономно или в составе технологического оборудования, называют роботизированным технологическим комплексом (РТК). В условиях массового и крупносерийного производства управление в РТК осуществляется программным способом. При мелкосерийном производстве при частой смене номенклатуры изготавливаемой продукции применяют системы ситуационного управления, что повышает гибкость производства и упрощает процедуры разработки управляющих программ РТК.

Круг вопросов четвертой группы составляет автоматизация цеховых транспортных операций. В условиях серийного производства около 30% численности персонала цехов в той или иной степени заняты транспортными или складскими работами. Автоматизация транспортных работ осуществляется на базе специального класса транспортных роботов и манипуляторов. С помощью этих устройств и соответствующих систем управления организовывается два материальных потока в ГАП — поток инструмента и поток деталей и заготовок. Управление транспортными системами может осуществляться либо автономной системой программного управления, либо подсистемой оперативного управления, входящей в общую систему управления цехом. При проектировании транспортной системы существенное значение приобретают вопросы ее оптимизации за счет выбора целесообразных маршрутов и скоростей движения (перемещения).

Задача автоматизации складских работ имеет ряд специфических особенностей, однако в силу ряда обстоятельств часто решается совместно с задачей автоматизации транспортных процессов. Это объясняется, прежде всего, тем, что эти две подсистемы тесно связаны между собой в производственном цикле и наиболее приемлемые технические решения получаются при их совместном рассмотрении на начальном этапе проектирования, когда выбирается общая схема организации работ и формируются технические требования на отдельные устройства и подсистемы, входящие в систему транспортно-складских работ. Собственно система автоматизации складских работ включает в себя алгоритмы и программы управления складским транспортом и информационно-поисковую систему склада.

3. УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Системы управления технологическими процессами

Управление технологическим процессом производства представляет собой информационный процесс, обеспечивающий выполнение какого-либо материального процесса. Технологическим процессом управляют люди путем воздействия на средства производства и предметы труда, что является коренным отличием управления технологическим процессом от управления производством. В системе управления ТП оборудование и машины являются объектами управления, а человек — субъектом управления. Функцию управления человек выполняет либо при непосредственном управлении машинами и установками, либо через комплекс технических средств в системе автоматизированного управления.

Автоматизация управления ТП может свести к минимуму долю труда человека, однако независимо от уровня совершенства средств производства и уровня автоматизации управление осуществляется человеком и при этом труд по управлению направлен на создание материальных благ и услуг, а не на руководство другими работниками. При управлении ТП осуществляется координация составляющего процесса (отдельных операций и переходов) с определенным циклом управления, длительность которого зависит от характеристик объекта.

Технологический процесс как объект управления позволяет создавать автоматические системы управления с замкнутой обратной связью, чего на других уровнях, где осуществляется управление людьми, сделать невозможно.

Технологический процесс является управляемым, если для него установлены входные управляющие воздействия, выходные параметры и зависимости между ними, определены методы измерения входных и выходных величин, методы (алгоритмы) управления процессом.

Свойства и особенности объекта управления определяют характеристики системы управления. Если система управления функционирует на базе технических средств, то ее называют автоматизированной или автоматической в зависимости от достигнутого уровня автоматизации, а технические средства представляют собой техническую часть системы управления — техническую подсистему.

В организационную подсистему входят: правила поведения обслуживающего персонала и инструкции работы технических средств, содержание и порядок представления информации, цели и критерии эффективности системы управления. Она предназначена для управления производственной деятельностью коллективов людей или отдельных лиц, использующих средства производства.

Управляющим органом в организационной подсистеме является лицо или группа лиц, которые принимают решения, используя организационную подсистему для управления объектом.

В рамках организационной подсистемы ставится задача управления, формируются цели управления и стратегия их достижения.

Независимо от особенностей конкретной системы управления существует некоторый общий перечень исходных данных, таких как:

- цели управления и критерии оценки эффективности работы системы управления;
- объем и состав ресурсов управления, параметры внешней среды и характеристики связей с ней;
- характеристики объекта управления, способы воздействия на его параметры;
- состав подсистем системы управления, очередность их внедрения, перспективы развития системы;
- технико-экономические оценки целесообразного уровня автоматизации объекта управления и состава автоматизируемых задач и др.

Структура управления общественным производством в целом и ТП как его составной частью связана между собой глобальной целью, задачами управления и потоками информации, но в пространстве и времени могут не совпадать по циклам управления и распределению технологических процессов между структурными единицами общественного производства. Последнее во многом определяется специализацией производств как экономически наиболее целесообразной формой их организации. Существующие отличия между управлением производством и управлением ТП наложили отпечаток и на функции управления этими объектами. Управление ТП составляет нижний уровень управления производством и реализуется в коротких циклах управления.

В зависимости от свойств объекта управления и его характеристик изменяются и методы управления объектом. Основные функции управления ТП можно реализовать ручными методами, механизированными, автоматизированными и автоматическими.

Ручные методы управления связаны с затратой физического и умственного труда. При механизированных управлениях используются устройства и механизмы, которые частично или полностью заменяют физический труд оператора при управлении объектом.

Автоматизированные методы управления позволяют частично или полностью заменить физический труд (чаще полностью, ибо автоматизация целесообразна при достаточно высоком уровне механизации объекта), а также частично заменить умственный труд оператора по управлению процессом. При автоматическом управлении за счет использования современного оборудования и технических средств полностью исключается физический и почти полностью умственный труд оператора по непосредственному контролю и оперативному управлению объектом, оператору остаются функции контроля работы системы управления. Основные операции по управлению ТП при различных методах управления совпадают, а метод управления влияет на распределение работ по выполнению этих операций между техническими средствами и оператором.

При автоматизации управления технологическими процессами следует учитывать нестандартность их статических и динамических характеристик, что затрудняет применение стационарных законов управления (регуляторов с постоянными параметрами). Это обстоятельство во многом определяет стремление применять адаптивные законы управления, изменяющиеся в

зависимости от текущих характеристик объекта управления. Дополнительной трудностью при этом является высокий уровень помех при измерении параметров, что затрудняет оценку истинных характеристик процесса и его состояние. В этих условиях применяются статистические методы повышения помехозащищенности, в частности усреднение во времени.

Состав операций по управлению ТП

Конкретный состав операций по управлению ТП, во многом определяется особенностями объекта управления и, в общем, может быть представлен следующими основными группами:

- подготовительные операции (контроль и проверка оборудования, наличия сырья и материалов);
- пусковые операции (контроль исходного состояния системы и объекта, выполнение циклограммы пуска и пуск системы);
- операции сбора и предварительной обработки данных (опрос источников информации, изменение и передача данных);
- накопление и анализ информации (фиксация и запоминание данных, сортировка и сопоставление информации, генерация альтернативных вариантов и их предварительная оценка);
- операции по принятию решения и его реализации (формирование способа исполнения команд, выбор методов регулирования и управления);
- операции по останову (выполнение временной последовательности, включение, контроль состояния системы и объекта);
- заключительные операции и некоторые другие, в основном связанные с решением организационных вопросов.

Протекание ТП может быть охарактеризовано набором параметров и величин, определяющих различные его состояния. Всю совокупность параметров, отражающих состояние объекта, можно классифицировать по различным признакам, таким как физическая природа сигнала, характер измерений, дискретность и т. д.

В управлении ТП в основном используются количественные параметры и в некоторых случаях при допусковом контроле качественные, типа «норма», «не норма», но и это в конечном случае является логическим следствием сопоставления соответствующих количественных значений параметров.

При создании системы управления ТП наиболее важными являются параметры, которые связаны с формой их представления, методами измерений и физической природой.

Совокупность параметров, поступающих из объекта управления, и набор управляющих воздействий составляют основную часть информационных потоков, циркулирующих между объектом и системой управления. В этой связи при построении системы управления важным является анализ структуры информационных потоков и изучение основных закономерностей формирования этой структуры.

Потоки информации систем управления

Поток информации в системе управления можно представить тремя потоками требований на обслуживание:

1) **Поток требований (задач), которые должны обслуживаться (решаться) в реальном масштабе времени.** К таким задачам относятся: запуск и отключение оборудования, логико-программное управление оборудованием, получение информации о параметрах ТП и изделий, выработка и передача управляющих воздействий. Характерной особенностью этого потока является необходимость решения задач за время, ограниченное работой оборудования. Ожидание начала (продолжения) решения задач или недопустимо, или существенно ограничено. Отказ в обслуживании такого рода требований недопустим по условию функционирования ТП при заданном качестве. Как правило, поток требований состоит из ряда самостоятельных потоков, число которых определяется количеством технологического оборудования;

2) **Поток требований (задач), не связанных с работой в реальном масштабе времени.** Это задачи полной обработки информации: коррекция моделей (адаптация), обобщение, планирование качества, прогнозирование состояния оборудования, планирование работы системы и т. д. Для решения этих задач используется информация, полученная во время работы технологического оборудования, информация о состоянии сопутствующих процессов (например, состояние факторов внешней среды, воздействующих на систему; общее время работы элементов и устройств системы и т. д.), нормативно-справочная информация, указания вышестоящих инстанций и плановых органов и т. д.;

3) **Поток требований-управлений, связанный с организацией функционирования системы, координацией действий различных подсистем и т. д.** Задачи потока имеют различное время ожидания, внутреннюю систему приоритетов.

Сравнительные оценки потоков информации позволяют на начальной стадии проектирования производить сравнение различных вариантов структур системы управления, каналов связи, характеристик комплекса технических средств и т. д.

4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Возможности автоматизации управления объектом во многом определяются наличием описания зависимостей выходных переменных от входных воздействий. Даже для относительно простых случаев зависимости между переменными зачастую задаются системами интегро-дифференциальных уравнений, обычно нелинейных с параметрами, зависящими от входных и выходных воздействий.

Для конкретного объекта (современного ТП) аналитическое описание, как правило, оказывается столь сложным (если даже удастся его получить), что для практического использования модель приходится существенно упрощать. Чаще всего используются такие приемы упрощения:

- 1) декомпозиция — разделение сложного процесса или системы на части, имеющие меньшую сложность;
- 2) выделение существенных воздействий с учетом прочих воздействий с ограничениями;
- 3) линеаризация нелинейных процессов в некоторой области изменения переменных величин процесса;
- 4) приведение процесса с распределенными параметрами к процессам с сосредоточенными параметрами.

Декомпозиция является эффективным методом анализа и синтеза систем, процессов и широко используется в практике построения автоматических и автоматизированных систем управления ТП и применима как к системе управления, так и к управляемому процессу. Наряду с декомпозицией системы осуществляется и декомпозиция глобального критерия функционирования системы. АСУ ТП в целом имеет общую цель функционирования и все подсистемы ее должны иметь свои локальные цели, выбранные в соответствии с общей целью системы и критерием функционирования. Как правило, в начале проектирования системы формулируется общая цель, критерий функционирования и основные ограничения, накладываемые на работу системы управления и функционирование процесса.

Критерий эффективности системы в целом, как правило, является слишком общим для каждой подсистемы и необходимы дополнительные критерии для подсистем, обеспечивающие их работу в субоптимальном режиме, в общем случае не всегда совпадающем с оптимальным режимом функционирования всей системы. Оценка степени субоптимальности поведения подсистем позволяет вырабатывать управляющие воздействия, направленные на максимальное сближение целей подсистем с целями системы в целом.

При декомпозиции системы можно выделить составляющие подсистемы по различным признакам, таким как структурные, функциональные, элементные, этапные и др. Под структурными (организационными) понимают подсистемы, соответствующие структурному построению объекта, если объект неоднороден и алгоритмы управления для каждой группы оборудования различны. Функциональные подсистемы соответствуют отдельным функциям

управления, возлагаемым на каждую подсистему. Под элементными понимают подсистемы, отражающие человеко-машинную сущность АСУ. Обычно выделяют подсистемы человеческих факторов, информации, технического обеспечения. Этапные подсистемы соответствуют этапам деятельности и соединяются между собой связями «вход — выход». Можно продолжить перечень возможных подсистем в зависимости от направлений декомпозиции систем в соответствии с поставленной целью исследования.

В автоматическом управлении широко применяется структурный метод анализа систем, основанный на их представлении в виде соединения типовых звеньев, удовлетворяющих условиям одномерности, направленности действия и общности структуры управления звена.

Целью декомпозиции является разбиение пространства переменных на несколько подпространств более низкой размерности, каждое из которых задается только теми переменными, которые влияют на данную выходную переменную.

Если любая выходная переменная зависит от всех остальных то декомпозиция невозможна.

При упрощении исходной модели методом выделения существенных воздействий в состав переменных включаются только те, которые наиболее сильно влияют на выходные переменные. Отброшенные воздействия учитываются в параметрической форме посредством изменения во времени коэффициентов при учтенных воздействиях (для мультипликативных воздействий) или свободного члена (для аддитивных воздействий), который можно отнести к некоторому возмущению. Для обеспечения большей близости модели и процесса коэффициенты модели подбирают так, чтобы некоторая мера расхождения между выходными переменными модели и процесса была наименьшей. Переменные, которые стабилизируются (учитываются в параметрической форме), не приводят к изменению выходных переменных и, следовательно, в модели управления не отражаются.

Модель управления при этом может быть трехканальной (с каналами управлений, контролируемых и неконтролируемых возмущений), двухканальной (с каналами управлений и контролируемых возмущений) и одноканальной (с каналом управлений). Возмущения в двух- и одноканальной моделях учитываются подбором коэффициентов оставшихся каналов.

Для ТП адекватные модели чаще всего являются двухканальными и очень редко могут быть сведены к одноканальным. При использовании такого подхода необходимо иметь в виду инерционные свойства модели и динамику изменений воздействий во времени. Методом выделения существенных воздействий можно учесть влияние только воздействий, изменяющихся в соответствии с инерционностью подстраиваемой модели.

Линеаризация математических моделей процессов основана на применении метода малых отклонений. В этом случае теоретически или экспериментально устанавливаются границы диапазона изменений воздействий, в котором полученная модель справедлива, и оцениваются погрешности для каждого участка линеаризации.

Для быстроменяющихся процессов с экстремальными режимами линейные модели являются неадекватными, и линеаризация нецелесообразна.

В практике управления ТП встречаются случаи, когда их параметры зависят не только от временных, но и пространственных координат. Например, температура, плотность тока или концентрация могут иметь различные значения в разных точках объема (гальванической ванны), если не применяются специальные меры для выравнивания значения этих параметров по объему установки или если это недопустимо (невозможно) по условию протекания технологического процесса.

В соответствии с этим встречающиеся в практике объекты с распределенными параметрами можно разбить на две группы:

1) объекты с распределенными параметрами, в которых для целей управления необходимо знать распределение хотя бы одной выходной переменной системы в некоторой области пространства или в которых хотя бы одно управляющее воздействие имеет распределенный характер;

2) объекты, приводимые к объектам с сосредоточенными параметрами, в которых для целей управления достаточно знать значения выходных переменных в конечном числе фиксированных точек пространства и в которых управляющие воздействия могут быть приложены в конечном числе фиксированных точек.

Очевидно, что описание и управление объектами с распределенными параметрами связано со значительными трудностями и усложнением системы управления. В силу этого попятно стремление свести такие объекты к объектам с сосредоточенными параметрами прежде всего за счет пренебрежения пространственным распределением параметров везде, где это допустимо по соображениям точности. Если нельзя пренебречь пространственным распределением переменных в заданной области пространства, то область разбивается на части, для каждой из которых возможно пренебрежение пространственным распределением и сохранением заданной точности. Таким образом, в принципе объект с распределенными параметрами всегда можно привести к объекту с сосредоточенными параметрами с некоторой точностью. Однако при этом необходимо иметь в виду, что при большом числе областей разбиения возникают трудности, связанные с резким ростом трудоемкости работ и сложностью оценки краевых эффектов.

Формулировка задачи управления должна определять конечную цель и возможные способы управления, обеспечивающие достижение поставленной цели. В зависимости от задач и целей управления одному объекту может соответствовать совокупность математических моделей, отражающих разнообразие сторон его функционирования.

Каждая отдельно рассматриваемая модель, таким образом, является составной частью некоторой сложной модели объекта и все частые модели в той или иной степени связаны друг с другом. Для упрощения решения задач в ряде случаев приходится пренебрегать рядом таких связей или учитывать их каким-либо простым способом и принимать во внимание наиболее существенные, без учета которых модель будет неадекватно описывать объект.

Для АСУ ТП нижнего уровня характерны два вида связей с другими системами: со смежными и вышестоящими, для АСУ ТП верхнего уровня появляется третий вид связей — с нижестоящими системами. Эти виды связей могут осуществляться в двух вариантах каждый: при наличии АСУ у абонента и при его отсутствии. Возможен третий вариант — смешанная связь с оперативным персоналом и с АСУ. Этот вариант, являясь наиболее приемлемым, надежным и отвечающим требованиям удобства в работу, аналогичен предыдущим. Связи осуществляются на информационном уровне и обеспечиваются соответствующими техническими средствами и каналами передачи информации