

В. Н. ПАНТЕЛЕЕВ, В. М. ПРОШИН

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Учебник

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным
учреждением «Федеральный институт развития
образования» (ФГАУ «ФИРО»)
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы начального
профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 508
от 23 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»*

5-е издание, переработанное



Москва
Издательский центр «Академия»
2013

УДК 303.06(075.32)

ББК 73я722

П166

Рецензенты:

преподаватель специальных дисциплин высшей квалификационной категории ГБОУ СПО «Колледж автоматизации и радиоэлектроники № 27 им. П. М. Вострухина» *М. В. Галкина*;
заместитель начальника отдела инжиниринга и конструкторских разработок управления технического обслуживания и ремонта ОАО «Московский подшипник» *В. С. Шехтман*;
преподаватель специальных дисциплин высшей квалификационной категории ГОУ СПО «Колледж автоматизации и радиоэлектроники № 27 им. П. М. Вострухина» *А. И. Грачев*

Пантелеев В.Н.

П166 Основы автоматизации производства : учебник для учреждений нач. проф. образования / В.Н.Пантелеев, В.М.Прошин. — 5-е изд., перераб. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 208 с.

ISBN 978-5-7695-9460-1

Рассмотрены общие подходы и методы автоматизации технологических процессов. Приведены принципы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами и средства, с помощью которых они реализуются. Учебник подготовлен в соответствии со спецификой Московской региональной системы профессионального образования.

Учебник может быть использован при изучении общепрофессиональной дисциплины ОП «Основы автоматизации производства» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом начального профессионального образования.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 303.06(075.32)

ББК 73я722

© Пантелеев В.Н., Прошин В.М., 2013

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-9460-1

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по общепрофессиональной дисциплине «Основы автоматизации производства».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит в себе учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта начального профессионального образования с учетом его профиля.

В настоящее время, когда в производстве используется все больше средств автоматизации и появляются не только полностью автоматизированные цеха, но и предприятия, вопросы «сотрудничества» человека и машины приобретают первостепенное значение.

Изучение дисциплины «Основы автоматизации производства» формирует у учащихся современные взгляды и подходы к процессу производства, немислимому в настоящее время без участия машин, в которых в той или иной степени присутствует интеллект. Эти машины все больше берут на себя функции, ранее свойственные только человеку как участнику производственного процесса, — от выполнения простейших операций до решения сложных вопросов оперативного руководства.

Сегодня необходимо иметь представление о системе «человек — машина», возможном распределении ролей в этой системе, функциях машин. При таком подходе не имеет особого значения характер автоматизируемых процессов, так как он выражает уже конкретное применение общих принципов создания и функционирования системы «человек—машина», которые являются единими для любых производственных и технологических процессов и всех отраслей производства.

В данном учебнике концентрируется внимание на смысле и специфике передачи машине функций, выполняемых человеком, на особенностях и тенденциях этого процесса. Рассматривается не то, *что* автоматизировать, а то, *как* автоматизировать.

При написании данного учебника авторами использовался многолетний опыт преподавания автоматизации производства в Профессиональном колледже № 50 г. Москвы, а также практический опыт по созданию и внедрению систем автоматизации крупных исследовательских установок и производственных участков.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Вспоминается рассказ одного нашего инженера, побывавшего в Японии в командировке еще в 80-е гг. XX в. Случилось так, что первый свой визит на один из крупнейших заводов он совершил в позднее время. В сопровождении японского коллеги они подошли к дверям цеха и, когда хозяин гостеприимно распахнул их перед гостем, последний замер на месте в мистическом ужасе: в полной темноте в огромном помещении ворочалось, шуршало, вздыхало, посвистывало, подмигивало огромное механическое чудовище. С минуту гость стоял в оцепенении. Наконец, на его вопросительный взгляд японец пояснил, кланяясь и улыбаясь:

— Это гибкое автоматизированное производство. За ним наблюдает вон тот оператор.

Вдали на возвышении ярко светилось окно, в котором угадывалась фигура человека.

— А почему в полной темноте-то? — спросил гость.

— А зачем роботам свет? Они прекрасно «видят» все, что им нужно, — опять с улыбкой ответил хозяин.

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Автоматизация производства базируется на законах кибернетики.

Кибернетика — наука, изучающая системы и методы управления, причем управления чем угодно: машинами, живыми организмами, обществом. Законы управления в живой и неживой природе одни и те же. Общие закономерности развития нашей страны в период перехода от социализма к капитализму, оказывается, в сущности не отличаются от закономерностей раскрутки электродвигателя после подачи напряжения или изменения состояния организма космонавта, осваивающего после выхода на орбиту состояние невесомости.

Автоматика — раздел кибернетики, изучающий теорию и методы автоматизации производственных процессов.

В данном учебном пособии рассматриваются следующие вопросы: что такое автоматизация производства, зачем она нужна, с чего она начинается, как она осуществляется, какие технические средства для нее требуются, как они устроены и как работают, как их объединить в единую автоматическую систему и как ею управлять? Рассмотрим понятия «производство» и «автоматизация».

Существуют разные подходы к определению производства — с экономических, технических и социальных позиций. В современном понимании в общем виде *производство* — это процесс создания материальных и нематериальных благ и услуг, необходимых для существования и развития общества.

Производство можно подразделить на несколько категорий:

- добывающее производство, обеспечивающее добычу сырья из природных запасов (разработка недр, рыболовство и т. д.);
- сельскохозяйственное производство, связанное с воспроизводством животных и растительных продуктов с участием самой природы (растениеводство, животноводство и т. д.);
- обрабатывающая промышленность, занимающаяся переработкой сырья в нужные человеку изделия;
- транспортные и торговые услуги, суть которых можно свести к перемещению сырья и продукции от производителя к потребителю.

Соответственно процессы добычи, производства, создания, обработки, преобразования и перемещения сырья и готовой продукции можно назвать процессами производства, или *производственными процессами*.

В последнее время существенно выросла доля нематериального производства, связанного с умственной деятельностью человека. Поэтому под *продукцией* производства можно понимать все то, что изготавливается, добывается, перемещается и создается — это могут быть как материальные, так и духовные ценности: сырье, материалы, изделия, энергия, экономическая и другая информация, произведения искусства, компьютерные программы и игры и многое другое, что является результатом человеческого труда.

Если все многообразие производственных процессов сгруппировать по основным действиям, составляющим суть этих процессов, то такими действиями могут быть создание, накопление, преобразование и транспортирование. Эти действия могут производиться над веществом, энергией и информацией. Если объектом воздействия

является информация, то процессы называются информационными, а если вещество и энергия — то технологическими (ТП).

Технологические процессы — это процессы создания, накопления, преобразования и транспортирования материалов, изделий и энергии.

Такое определение технологических процессов является довольно общим, абстрактным, но именно эта отвлеченность от конкретной специфики различных производств позволяет показать единство подхода к автоматизации всех этих существенно отличающихся друг от друга производств.

Участие человека в производственных процессах, его труд является решающим фактором — без этого участия никакое производство в принципе невозможно. Однако формы участия человека в производстве могут быть разными и степень этого участия имеет прямое отношение к изучаемому нами предмету.

Автоматизация — это применение в производстве технических средств, методов и систем управления, освобождающих человека от непосредственного участия в производственных процессах.

В этом определении есть очень важное уточнение: речь идет об освобождении именно от непосредственного участия, т. е. от выполнения самим человеком действий, из которых состоит производственный процесс. Человек, обладая разумом, способен создать машины, которые будут выполнять за него эту работу, причем не только физическую, но и умственную.

Цель автоматизации заключается в повышении производительности и эффективности труда, улучшении качества продукции и условий трудовой деятельности человека.

Автоматизация — одно из основных направлений научно-технического прогресса. Автоматизируются процессы добычи и обработки материалов, сборочные, энергетические, транспортные и другие технологические процессы, а также процессы проектирования объектов и сооружений, планирования и управления предприятиями и организациями, научные исследования, медицинское диагностирование, программирование, инженерные расчеты и др.

Роль человека в этих процессах и на разных их этапах различна. Главная черта человека — способность разумно мыслить. Можно создать механизм, который будет поднимать груз в 1 000 раз больший, чем может поднять человек, или сделать устройство, которое будет в 100 раз быстрее пришивать пуговицы, но пока еще не существуют машины, способной хотя бы приблизиться к человеку в способности мыслить.

Поэтому освобождение человека от участия в производстве наиболее эффективно там, где мыслительные способности человека используются меньше всего, — в сфере тяжелого физического труда, а также труда монотонного и однообразного, вызывающего умственное утомление. Оно эффективно и в непрерывных производствах, так как заменяющие человека машины не требуют перерывов на обед и могут работать круглосуточно без выходных и отпусков. Оно необходимо там, где нужна быстрота реакции, не доступная человеку, и там, где человеку находиться просто опасно.

Такие виды нематериального производства, как проектирование, программирование, организация и управление предприятиями, сфера образования, искусства, гораздо в большей степени опираются на мыслительную деятельность человека. Здесь без непосредственного участия человека, полного или частичного, не обойтись. Конечно, и здесь есть процессы, от которых человека стоит освободить (например, создание баз данных, поиск документов и т. д.), но в целом это, скорее, не исключение человека из производственного процесса, а помощь тем, кто занят в этих сферах трудовой деятельности.

Особенно важно, в первую очередь, освобождение человека от непосредственного участия в процессах именно материального производства, т. е. в технологических процессах. Это направление автоматизации, т. е. автоматизацию технологических процессов, мы и будем рассматривать.

Технологические процессы реализуются с помощью оборудования, которое тоже называется технологическим. Для того чтобы процесс протекал так, как запланировано, этим оборудованием надо *управлять*, т. е. воздействовать на него по определенным правилам.

Совокупность технологического оборудования, реализующего ТП, является *объектом управления*. Таким объектом может быть и автомобиль с его оборудованием — рулевым управлением, тормозами и коробкой передач, которыми управляет водитель, и самолет, где управление может быть поручено автоматическому устройству — автопилоту, и металлургический завод с практически полностью автоматизированными цехами.

Любой технологический процесс организуется для достижения какой-то цели, получения конечной продукции. Для обеспечения высокого качества этой продукции необходимо контролировать как ход ТП, так и работу самого технологического оборудования. Это можно сделать, только собрав всестороннюю информацию.

Протекание ТП и состояние оборудования в каждый момент времени характеризуются различными физическими величинами: температурой, давлением, перемещением, скоростью, ускорением,

расходом жидкостей и газов, электрическим напряжением, силой тока и т. д. Эти величины называются *технологическими параметрами*. В ходе технологического процесса и работы оборудования значения этих величин непрерывно меняются. Для осуществления контроля оператор, ведущий процесс, должен получать сведения о значении технологических параметров и об их изменении в удобном для него виде, т. е. со всеми необходимыми обобщениями, анализами и прогнозами. Таким образом, *контроль* включает в себя сбор, обработку, анализ и выдачу оператору информации о ТП и работе оборудования.

Полученная в процессе контроля информация используется для воздействия на технологическое оборудование с целью обеспечения протекания ТП в полном соответствии с запланированным его ходом, т. е. для управления технологическим процессом.

Автоматизация технологических процессов — это применение технических средств, методов и систем управления для сбора, обработки, анализа и выдачи информации о технологических параметрах и воздействия по результатам анализа на технологический процесс.

1.2.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Любая система представляет собой совокупность находящихся во взаимной связи частей этой системы. Мы рассматриваем системы, способные осуществлять автоматизацию технологических процессов, т. е. собирать, обрабатывать и анализировать информацию, характеризующую состояние ТП, выводить ее оператору, а также через оператора или самостоятельно осуществлять управляющие воздействия на ТП. Очевидно, это должен быть набор технических средств, взаимодействие которых должно происходить по определенным законам так, чтобы обеспечить запланированное протекание технологического процесса. Такую систему называют автоматизированной, или автоматической, системой управления технологическим процессом.

Автоматизированная (автоматическая) система управления технологическими процессами (АСУ ТП) — это совокупность технических средств и методов сбора, обработки, анализа и выдачи информации и воздействия на ТП, которые во взаимодействии с человеком и (или) между собой обеспечивают запланированное протекание технологического процесса.

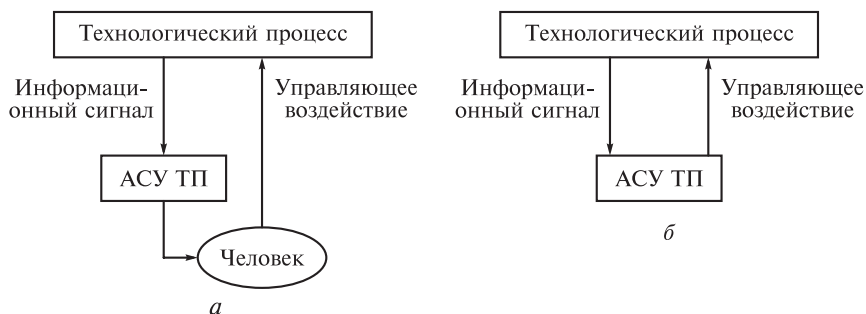


Рис. 1.1. Автоматизированная [а] и автоматическая [б] системы управления

Различие между автоматизированной и автоматической системами управления связано с распределением задач между человеком и техническими средствами.

Если принятие и реализация решения о воздействии на ТП по результатам анализа информации о технологических параметрах производится человеком, то такая система управления называется *автоматизированной* (рис. 1.1, а). В такой системе человек получает информацию о технологических параметрах и результаты ее анализа в виде сообщений, таблиц и графиков на экране дисплея и через другие средства аудиовизуального представления информации. Часто система рассчитывает на основе этих данных рекомендуемые значения управляющих воздействий на ТП, однако решение вопроса об использовании этих рекомендаций остается за человеком. С одной стороны, человек может быть источником ограничений: иногда он не может принять быстрого решения, а иногда может принять неправильное решение.

С другой стороны, включение человека в систему управления ТП позволяет избежать аварийных ситуаций при выходе из строя каких-либо элементов системы управления, так как человек может выбрать и принять необходимое решение и продолжить технологический процесс даже при отсутствии части информации (на помощь приходят опыт, квалификация и интуиция). Например, выход из строя датчика температуры в системе аварийной защиты, отключающей технологическое оборудование, может быть воспринят человеком (оператором) как информация к размышлению: оценив ситуацию, он может и не прерывать процесс, если остальные параметры находятся в норме.

Если система управления по результатам анализа информации сама принимает и реализует решение о воздействии на ТП, то такая

система называется *автоматической*, или системой с замкнутой обратной связью (рис. 1.1, б). Такая система управления соединена с объектом управления не только на входе, где она получает информацию о технологических параметрах, но и на выходе, где она создает управляющие воздействия на технологический процесс. Человек не принимает непосредственного участия в управлении и является лишь наблюдателем, готовым вмешаться в аварийных ситуациях.

Хотя в автоматических системах управления всегда есть программы обработки аварийных ситуаций, интеллект человека, с одной стороны, всегда выше интеллекта машины и он может предвидеть развитие событий, не доступное машинному анализу. С другой стороны, скорость реагирования системы на аварийную ситуацию может быть намного выше скорости реакции человека. Трагическим результатом отстранения системы защиты от слежения за ситуацией является авария на атомной электростанции в Чернобыле в 1986 г.

Как было сказано ранее, сбор, обработка и анализ информации о ТП и работе оборудования относятся к сфере контроля. Рассмотренное включение человека в систему управления происходит на этапе принятия решения по результатам анализа, т. е. уже по результатам контроля. Поэтому та часть технических средств системы управления, которая выполняет операции контроля, работая без вмешательства человека, может быть рассмотрена как отдельная автоматическая система контроля (АСК). Когда говорят об автоматизированной или автоматической системе управления, всегда подразумевают наличие в ее составе АСК.

Кроме систем контроля и управления есть еще одна разновидность автоматических систем. Она связана с частным случаем управления, имеющим целью поддерживать постоянство или изменение по заданному закону какого-то одного технологического параметра. Эта разновидность управления называется *регулированием*, и реализует ее система автоматического регулирования (САР).

Реальные АСУ ТП являются комбинированными, т. е. одни технологические параметры поддерживаются с помощью САР, другие отслеживаются техническими средствами самой АСУ, в состав которой входит и АСК.

1.3. УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Ни один из процессов создания, преобразования или транспортирования продукции не может происходить без управления. На первых порах производственными процессами полностью управлял сам

человек. По мере усложнения процессов требовалось более сложное управление и возможности человека становились ограничивающим фактором. Были разработаны способы измерения параметров процессов (температуры, давления, расхода и других величин) и соответствующие устройства — датчики, а также исполнительные механизмы, оказывающие необходимое воздействие на процесс.

Датчики и исполнительные механизмы — два главных элемента системы управления. Но есть еще один очень важный фактор, без которого управление неосуществимо, — это решение. Измеренное значение температуры или давления не может быть непосредственно использовано для приведения в движение исполнительного механизма. Однако его можно использовать для проведения анализа, на основании которого принимается решение и осуществляется управляющее воздействие.

Пока не было вычислительных устройств, величину управляющего воздействия выбирал сам оператор. Опыт помогал ему определять, например, насколько надо изменить положение вентиля, когда измеряемый параметр достигает уровня, при котором становится необходимым воздействие на процесс. Он считывал с приборов результаты измерений, производил приближенные вычисления, принимал решение и оказывал управляющее воздействие.

Однако по мере усложнения процессов даже самый квалифицированный оператор перестал справляться с задачами управления. Был разработан аналоговый регулятор, который самостоятельно осуществлял непрерывное регулирование одного параметра. Но при большом числе параметров в одном процессе требовалось много регуляторов, которые не могли взаимодействовать между собой и вести себя как единое целое. По-прежнему оператор должен был принимать решения по управлению всем процессом, даже если регуляторы обеспечивали хорошее регулирование своих параметров.

Задача существенно облегчалась, если каждая операция технологического процесса оставалась неизменной в течение длительного времени, например при массовом производстве одних и тех же изделий.

Уже на рубеже 30—40-х гг. XX в. в России появились автоматические линии для обработки деталей подшипников, а в конце 40-х гг. XX в. у нас впервые в мировой практике было создано комплексное производство поршней для тракторных двигателей с автоматизацией всех процессов — от загрузки сырья до упаковки готовой продукции.

Появление электронных вычислительных машин (ЭВМ) позволило рассматривать технологический процесс не как набор независимых

операций, а как единое целое. АСУ на базе ЭВМ ведут весь процесс в оптимальном режиме, выполняют пуск и останов технологического оборудования, контролируют его состояние и предотвращают перегрузки, обеспечивают обработку аварийных ситуаций, ведут учет и анализ протекания процесса; они легко перестраиваются при необходимости на выпуск другой продукции.

Современные промышленные объекты представляют собой совокупность взаимосвязанных многорежимных управляемых подсистем, объединенных общей системой управления с центральной ЭВМ. Производственные процессы осуществляются на автоматических линиях гибкими производственными модулями на базе минимизированных вариантов ЭВМ — микропроцессоров и микроЭВМ. Гибкими их называют потому, что они способны быстро перестраиваться с производства одних изделий на производство других, что позволяет постоянно модифицировать производство, расширять ассортимент и повышать качество продукции. Вспомогательные операции и часть основных операций выполняются промышленными роботами. Все это оборудование совместно с автоматическими системами транспортирования, проектирования и подготовки производства образует *гибкое автоматизированное производство*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что изучает кибернетика?
2. Чем занимается автоматика?
3. Какие процессы называются технологическими?
4. Что такое автоматизация?
5. В чем заключается автоматизация технологических процессов?
6. Что такое АСУ ТП?
7. В чем отличие автоматизированной системы управления от автоматической?
8. Человек в автоматизированной системе управления — это хорошо или плохо?
9. Какие виды автоматических систем вы знаете?
10. Перечислите главные элементы системы управления.
11. Какова роль вычислительного устройства в системе управления?
12. Дайте характеристику гибкого автоматизированного производства.