

В. Ю. ШИШМАРЕВ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

## Учебник

*Рекомендовано*

*Федеральным государственным автономным учреждением  
«Федеральный институт развития образования»  
(ФГАУ «ФИРО») в качестве учебника для использования  
в учебном процессе образовательных учреждений,  
реализующих программы среднего профессионального  
образования по специальностям 220703 «Автоматизация  
технологических процессов и производств (по отраслям)»,  
151901 «Технология машиностроения», учебная дисциплина  
«Автоматизация технологических процессов»*

*Регистрационный номер рецензии № 315  
от 25 июня 2012 г. ФГАУ «ФИРО»*

7-е издание, исправленное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2013

УДК 681.5(075.32)  
ББК 32.965я723  
Ш657

Рецензенты:

директор ГОУ СПО «МПК», председатель УМС ИПР Минобразования  
России по специальностям 21-й группы, канд. экон. наук *А. М. Петрова*;  
главный специалист технологического отдела ОАО МНПК «Авионика»,  
канд. техн. наук *А. А. Красильников*

### **Шишмарев В. Ю.**

Ш657 Автоматизация технологических процессов : учебник  
для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Ю. Шишмарев. — 7-е изд., испр. — М. : Издательский центр  
«Академия», 2013. — 352 с.

ISBN 978-5-7695-9903-3

Описаны пути повышения производительности и эффективности производства. Изложены вопросы автоматизации загрузки и установки заготовок, заготовительно-штамповочных работ, обработки деталей на металлорежущих станках; системы ЧПУ, автоматические линии, автоматизация сборки и контроля. Рассмотрены перспективные направления автоматизации: промышленные роботы, робототехнологические комплексы и гибкие производственные системы.

Учебник может быть использован при освоении профессиональных модулей в соответствии с ФГОС СПО для специальностей 220703 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)» и 151901 «Технология машиностроения».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезен специалистам, занимающимся решением практических задач автоматизации.

УДК 681.5(075.32)  
ББК 32.965я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Шишмарев В. Ю., 2005

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2005

ISBN 978-5-7695-9903-3

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2005

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов, как и любая наука, должна иметь весьма четкую и точную формулировку основных понятий, чтобы обеспечить единое толкование сущности рассматриваемых явлений, решаемых задач и возникающих вопросов.

Слово «автоматизация» происходит от греческого слова «автоматос», что означает «самодвижущийся». Мы понимаем термин «автоматизация» не как дословный перевод греческого слова «автоматос», а как такую операцию производственного процесса, в которой все действия, необходимые для ее выполнения, включая и управление протеканием процесса, происходят без непосредственного участия человека. Человек только налаживает устройства и контролирует их работу.

Автоматизации процессов предшествовали работы ученых и практиков, создавших различные автоматы как для выполнения определенных действий, так и для развлекательных целей. В начале I в. н. э. Герон Александрийский в работах «Пневматика» и «Механика» привел описание автоматов, созданных им и его учителем Ктесибием: пневматического автомата для открывания дверей храма и зажигания жертвенного огня; водяного органа; прибора для автоматического измерения длины дороги, напоминающего таксометр; автомата для продажи «священной» воды — прообраза автоматов для продажи жидкостей; механического театра кукол. Идеи Герона не нашли широкого применения в его эпоху.

В середине I в. создаются автоматы, подражающие определенным действиям человека. В XIII в. немецкий философ-схоласт и алхимик Альберт фон Больштадт построил «железного человека» — механизм для открывания и закрывания дверей. В XVIII в. швейцарские часовщики Пьер Дро и его сын Анри создали механического писца, выводившего гусиным пером фразы на бумаге; механического художника, рисовавшего головки и фигурки людей; механическую пианистку, исполнявшую на фисгармонии музыкальную пьесу. Дро были заключены в тюрьму инквизиторами по обвинению в колдовстве. В XVIII в. русский механик-самоучка И.П. Кулибин создал «театр автоматов», помещенный в часах величиной с яйцо. Каждый час в корпусе часов распахивались дверцы и можно было увидеть движущиеся под музыку фигурки. «Театр» этот хранится в Государственном Эрмитаже в Петербурге.

В конце XVIII — начале XIX в. в Европе в эпоху промышленного переворота автоматику начинают внедрять в производство. В 1765 г. появляется автоматический регулятор уровня воды в котле паровой машины И. И. Ползунова, в 1784 г. — регулятор скорости паровой машины Д. Уатта, в 1804—1808 гг. — система программного управления ткацким станком от перфоленты Жаккарда. Этот этап развития автоматики, длившийся более полутора столетий, сыграл огромную роль в науке и технике и привел к выявлению ряда основных принципов автоматики, позволивших ускоренными темпами автоматизировать производственные процессы в машиностроении.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

### 1.1. Основные понятия и определения

Под *автоматизацией технологических процессов* понимают применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях для выполнения и управления ими без непосредственного участия человека, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции. Функции человека — контроль за работой машины, устранение отклонений от заданного процесса (подналадка), наладка автоматизированной машины на обработку другого изделия. При этом человек не должен принимать участие в изготовлении каждого изделия, а в освобожденное время на него возлагаются функции обслуживания ряда автоматов. Рабочий получает высокую квалификацию и становится наладчиком, стирается грань между рабочим и инженерно-техническим работником.

У автоматически работающей машины различают рабочие и холостые ходы. Последние состоят из вспомогательных переходов и вспомогательных ходов. При рабочих ходах движение частей машины приводит к непосредственной обработке, например снятию стружки, накатыванию поверхности и т. п. При вспомогательных переходах движение частей машин служит для подачи, установки и закрепления заготовки, раскрепления и снятия готовой детали, переключения скоростей и подач, включения и выключения станка и т. п. При вспомогательных ходах движения частей машин служат для подвода и отвода обрабатываемого инструмента.

В машиностроении широко используют полуавтоматы и автоматы. В полуавтоматах цикл работы машины автоматический, т. е. в станках автоматизирован подвод инструментов с ускоренной подачей, переключение ускоренной подачи на рабочую, работа на рабочей подаче до выхода инструмента (перебег), переключение с рабочей подачи на ускоренную обратную, остановка суппорта (стола) в конце обратного хода. Цикл может быть повторен (произведена разгрузка готовой детали, загрузка и закрепление новой заготовки, включение подачи станка) толь-

ко при воздействии рабочего. В автоматах все рабочие и вспомогательные переходы и ходы осуществляются без участия рабочего. В них не автоматизированы вспомогательные переходы по контролю, подналадке и наладке автоматов. Инженерно-техническим работникам предприятий необходимо проводить работу по автоматизации контроля, подналадки и наладки, чтобы и от этих функций освободить человека.

В ГОСТах Единой системы технологической подготовки производства предусматривается качественная и количественная оценки состояния автоматизации технологических процессов. Качественную оценку производят по трем показателям: виду, ступени, категории.

По виду различают частичную и полную, единичную и комплексную, первичную и вторичную автоматизацию.

Под *частичной автоматизацией* понимают автоматизацию технологических процессов или их систем, при которой часть затрат энергии людей заменена затратами энергии неживой природы, включая управление.

Под *полной автоматизацией* понимают автоматизацию технологических процессов и их систем, при которой все затраты людей заменены затратами неживой природы, исключая управление при механизации и включая его при автоматизации.

Под *единичной автоматизацией* понимают частичную или полную автоматизацию одной первичной составной части технологических процессов или системы технологических процессов, включая управление при автоматизации. Например, в токарной операции автоматизирована загрузка или разгрузка деталей; автоматизирована одна из пяти операций обработки деталей и т. п.

Под *комплексной автоматизацией* понимают частичную или полную автоматизацию двух или более первичных составных частей технологического процесса или системы технологических процессов, включая управление при автоматизации. В случае автоматизации всех без исключения первичных составных частей получают полнокомплексную автоматизацию. Например, все пять операций технологического процесса автоматизированы.

При автоматизации не всех первичных частей получают частичную автоматизацию. Например, три из пяти операций автоматизированы. Следует стремиться к комплексной автоматизации.

Автоматизация проводится часто в несколько этапов. Под *первичной автоматизацией* понимают автоматизацию технологических процессов или их систем, в которых до проведения автоматизации использовалась только энергия людей. Под *вторичной автоматизацией* понимают автоматизацию технологи-

ческих процессов или их систем, в которых до ее проведения использовалась энергия людей, а также неживой природы. Например, заменены автоматические контрольные устройства, установленные на станке на более совершенные, обеспечивающие большую точность и производительность, при более длительном сроке эксплуатации устройства.

Технический прогресс основан не только на первичной автоматизации, но и на вторичной, являющейся овеществленной мыслью ученых и практиков в результате обобщения опыта эксплуатации автоматизированных систем.

Степень внедрения автоматизации от одной операции до всей промышленности по ГОСТу обозначается цифрами от 1 до 10: 1 — единичная технологическая операция; 2 — законченный технологический процесс; 3 — система технологических процессов, выполняемых на производственном участке (отделении); 4 — система технологических процессов, выполняемых в пределах цеха (в системе участков); 5 — система технологических процессов, выполняемых в пределах группы технологически однородных цехов; 6 — система технологических процессов, выполненных в пределах предприятия (в системе групп цехов); 7 — система технологических процессов, выполняемых в пределах производственных фирм или научно-производственных объединений (в системе отдельных предприятий); 8 — система технологических процессов, выполняемых в пределах территориально-экономического региона (в системе отдельных фирм объединений); 9 — система технологических процессов, выполняемых в пределах отрасли промышленности (в системе регионов); 10 — система технологических процессов, выполняемых на уровне промышленности всей страны (в системе отраслей).

При автоматизации процессов часть штучного времени  $T_{шт}$  на выполнение процесса производится машиной без участия рабочего  $T_m$  и часть времени — с участием рабочего  $T_p$ . Отношение машинного времени  $T_m$  к общему времени выполнения операции процесса  $T_{шт}$  называют *коэффициентом автоматизации*:

$$K = T_m / (T_m + T_p) = T_m / T_{шт}.$$

В него входит время рабочих, а иногда и холостых ходов, не перекрываемых ручным временем, например быстрый подвод инструмента к детали (вспомогательный ход) на автомате или подача прутка в рабочую зону и его закрепление на прутковом автомате (вспомогательные переходы). Чем меньше времени затрачивается на вспомогательные переходы и ходы, тем больше производительность станка.

Для повышения коэффициента автоматизации нужно сокращать время на заточку, смену, установку и регулирование инст-

румента, на ремонт и регулирование механизмов машины (станка), на заправку материала или заготовки, уборку отходов, сдачу готовых деталей, ликвидацию брака вследствие нарушения настройки станка, подготовку к сдаче и сдачу станков в конце смены и т. п. Чем выше коэффициент автоматизации, тем меньше участие рабочего в операции.

## 1.2. Производственный и технологический процессы

Под термином «процесс» понимается упорядоченное взаимодействие между продуктом природы и трудом, направленное на получение требуемого результата.

Производство имеет два смысловых значения. Первое соотносится с понятиями «предприятие», «завод», «фабрика», «участок» и другими, а второе — с понятием «процесс», например производственный процесс, или процесс производства. Рассмотрим смысл первого понятия.

*Производство* — технико-организационное подразделение труда, предназначенного для получения продуктов труда. Очевидно, что более конкретное определение производства зависит от структурного иерархического уровня данного подразделения и его предметной содержательности.

Характеристика производства включает в себя следующую информацию о нем:

- номенклатура продукции (станок, узел, деталь и др.);
- объем продукции и режим ее выпуска;
- вид процесса (механическая обработка, сборка, термообработка и др.);
- элементный состав (цех, участок, отдел, службы и др.);
- функции подразделений, структура их взаимодействия, иерархия подчиненности и степень автономности;
- согласованная по структурным уровням и элементам система качественных, количественных, экономических и других показателей.

Кроме того, имеют значение сведения о среде функционирования, степени автоматизации, непрерывности и др. Обычно производство характеризуется по основному виду производимой им продукции: машиностроительный завод, цех корпусных деталей, участок зубчатых колес, отделение гальванических покрытий и др.

*Производственный процесс* — это совокупность действий, необходимых для выпуска готовых изделий из полуфабрикатов или связанных с функционированием производственного подразделения. Любое производство имеет иерархическую структуру, а следовательно, и процессы, происходящие в нем, также

должны иметь аналогичную структуру. Таким образом, можно говорить о производственном процессе целого завода или его цеха, отдела, службы, участка, вплоть до самой мелкой структурной единицы в виде технологической системы, станка, установки.

К основным этапам производственного процесса могут быть отнесены следующие: получение и складирование заготовок, доставка их к рабочим позициям (местам), различные виды обработки, перемещение полуфабрикатов между рабочими позициями (местами), контроль качества, хранение на складах, сборка изделий, испытание, регулировка, окраска, отделка, упаковка и отправка. Различные этапы производственного процесса на машиностроительном заводе могут выполняться в отдельных цехах или в одном цехе. В первом случае производственный процесс изготовления продукции делят на части и соответственно называют производственным процессом, выполняемым, например, в заготовительном, сборочном, механическом цехах и т.д. Во втором случае процесс называют комплексным производственным.

*Технологический процесс* — это совокупность действий, связанных с обеспечением требуемых выходных параметров данного процесса.

Технологический процесс является основной частью производственного процесса, поэтому можно говорить о наличии технологического процесса у любого подразделения данной производственной системы независимо от того, выполняет ли оно основные или вспомогательные функции по отношению к так называемому основному продукту производства.

Действительно, любое производство имеет свою организационную структуру в виде функциональных подразделений: цехи, отделы, службы, участки и др.

Технологический процесс также имеет определенную структуру элементов. Изначально эти элементы относились к области механической обработки. В настоящее время им необходимо придавать более общий смысл, охватывающий весь спектр методов технологического воздействия: термическую обработку, химическую обработку, сборку, а также транспортирование, складирование и др.

Определим содержание технико-организационных элементов производственного процесса.

*Рабочий ход* (для технологических методов воздействия, преобразующих свойства предмета труда) — однократное технологически непрерывное воздействие, формирующее требуемые параметры данной детали (шероховатость, твердость, качество поверхностного слоя и др.). В общем случае это некоторый элементарный законченный технологический цикл с определенными (постоянными или переменными) параметрами инструмен-

та, кинематики формирования поверхности или соединения, параметрами технологических сред (нагрева, охлаждения, химической обработки и др.).

Аналогичным элементом для сборочного процесса является соединение — технологически непрерывный цикл формирования соединения двух деталей.

*Технологический переход* — это технологически непрерывный упорядоченный комплекс рабочих ходов, образующих законченную часть технологической операции, формирующий конечные требуемые качественные характеристики данной поверхности детали или данного соединения. Выполняется одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Рабочие ходы внутри одного перехода технологически упорядочены. Например, нарезать резьбу в отверстии можно только после получения этого отверстия.

*Прием* — законченная совокупность действий, направленных на выполнение технологического перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Например, переход «установить заготовку» состоит из следующих приемов: взять заготовку из тары, переместить к приспособлению, установить в приспособление и закрепить.

*Установ* — процесс придания требуемого положения и при необходимости закрепления заготовки (детали) в приспособлении или на основном оборудовании. Он отражает варианты объединения разных переходов на данном оборудовании.

*Технологическая операция* — организационно обособленная часть маршрута со всеми сопутствующими ей вспомогательными элементами процесса, реализуемая на определенном технологическом оборудовании с участием или без участия людей. На операцию обычно разрабатывается вся основная технологическая документация.

*Маршрут* — упорядоченная последовательность качественных преобразований предметов труда в продукт труда. Например, заготовки в деталь или последовательность получения из комплекта деталей сборочной единицы. Это конкретный вариант сочетания технологических операций, который обеспечивает получение качественных характеристик детали или сборочной единицы.

Рассмотренные элементы технологического и производственного процессов могут выполняться во времени последовательно, параллельно или параллельно-последовательно. Совмещение указанных элементов является одним из приемов сокращения длительности процесса.

Не следует смешивать понятие «функциональное совмещение элементов» и их объединение на организационной основе.

Так, многоцелевой станок традиционной конструкции с одним рабочим шпинделем объединяет на конструктивной основе разные методы технологического взаимодействия (точение, фрезерование и др.), но не совмещает их технологически во времени и по своей структуре остается станком последовательного действия.

При нарушении условия технологической непрерывности реализации

элементов процесса происходит их разделение на части, относящиеся к тому же структурному уровню декомпозиции данного процесса. Рассмотрим это на примере обработки детали (рис. 1.1). Для получения требуемого качества поверхности  $A$  необходимо три рабочих хода ( $1, 2, 3$ ), а для поверхности  $B$  — два рабочих хода ( $1, 2$ ). Возможны следующие варианты обработки.

Первый вариант:

1) полная обработка поверхности  $B$  двумя рабочими ходами ( $1, 2$ );

2) полная обработка поверхности  $A$  тремя рабочими ходами ( $1, 2, 3$ ), что соответствует изготовлению детали в две установки при двух переходах, выполненных соответственно за два ( $1, 2$ ) и три ( $1, 2, 3$ ) рабочих хода.

Второй вариант:

1) обработка поверхности  $B$  одним рабочим ходом ( $1$ );

2) обработка поверхности  $A$  двумя рабочими ходами ( $1, 2$ );

3) обработка поверхности  $B$  одним рабочим ходом ( $2$ );

4) обработка поверхности  $A$  одним рабочим ходом ( $3$ ), что соответствует изготовлению детали за четыре установки при четырех переходах, выполненных соответственно в один ( $1$ ), два ( $1, 2$ ), один ( $2$ ) и один ( $3$ ) рабочих хода.

Третий вариант:

1) одновременная обработка поверхностей  $A$  и  $B$  соответственно за один ( $1$ ) и два ( $1, 2$ ) рабочих хода;

2) обработка поверхности  $A$  за два ( $2, 3$ ) рабочих хода.

Рассмотрим пример изготовления детали за два установка. Первый реализован при совмещении двух переходов, выполненных соответственно за один ( $1$ ) и два ( $1, 2$ ) рабочих хода, а второй — за один переход при двух рабочих ходах ( $2, 3$ ).

Чтобы представить все многообразие технико-организационных структур технологического процесса, обратимся к рис. 1.2.

Как видно, самый простой по организации технологический процесс может состоять из одной операции, которая состоит из одной установки, которая, в свою очередь, содержит один переход, осуществляемый за один рабочий ход. Соответственно в

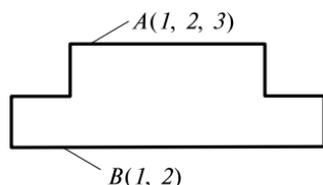


Рис. 1.1. Эскиз детали:  
 $A, B$  — поверхности обработки;  $1...3$  — рабочие ходы

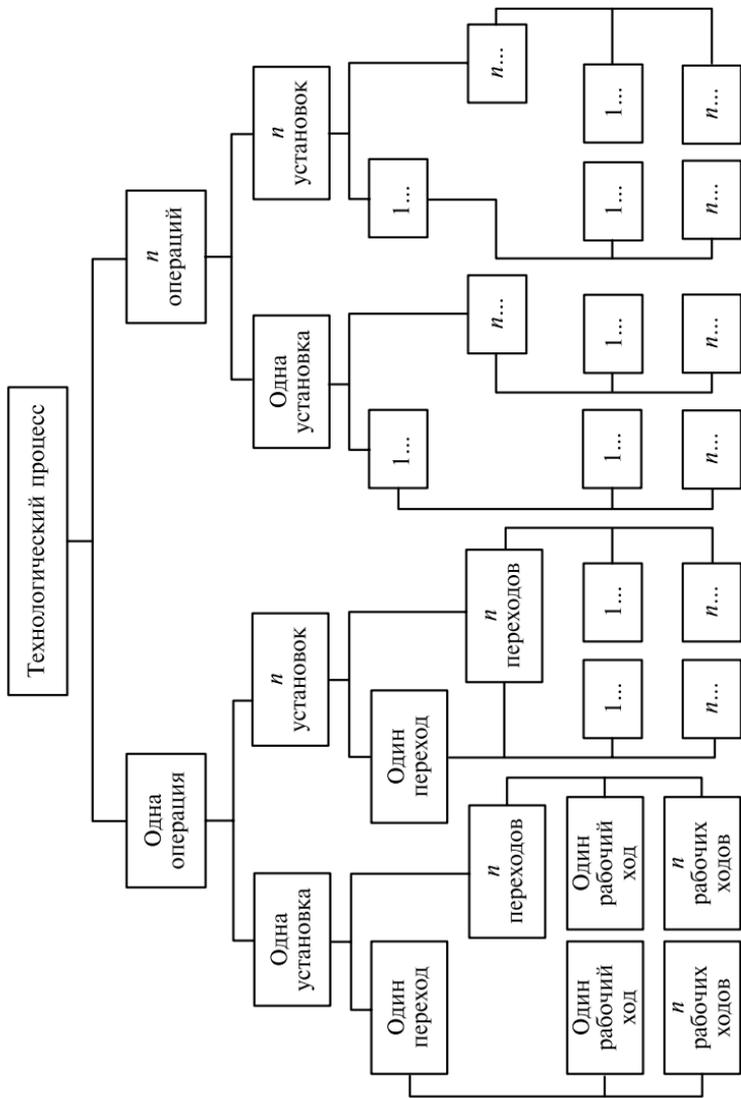


Рис. 1.2. Структура технологического процесса

организационно сложном технологическом процессе каждый структурный элемент верхнего уровня содержит несколько элементов нижнего уровня.

При выполнении каждой операции рабочий затрачивает определенное количество труда. Затраты труда при нормальной интенсивности измеряют его продолжительностью, т. е. временем, в течение которого он расходуется.

*Трудоемкость операции* — количество времени, затрачиваемого рабочим требуемой квалификации при нормальной интенсивности труда и условиях на выполнение технологического процесса или его части. Единица измерения — человекочас.

Для расчета занятости станков и их числа для выполнения данной работы служит понятие «станкоемкость». *Станкоемкость* — время, в течение которого занят станок или другое оборудование на изготовление детали или изделия. Единица измерения — станкочас. Для сборочных машин используется показатель *машиноемкости* выполнения операции.

Для нормирования труда и планирования производственно-го процесса используется *норма времени* — время, установленное рабочему или группе рабочих требуемой квалификации, необходимое для выполнения какой-либо операции или целого технологического процесса в нормальных производственных условиях с нормальной интенсивностью. Она измеряется в единицах времени с указанием квалификации работы, например 7 ч, работа 4-го разряда.

При нормировании малотрудоемких операций, измеряемых долями минуты, более осязаемое представление о затратах времени дает норма выработки — величина, обратная норме времени.

*Норма выработки* — установленное число изделий в единицу времени (ч, мин). Единицей измерения является количество продукции в стандартных мерах (шт., кг и др.) в единицу времени, с указанием квалификации работы, например 1000 шт. в 1 ч, работа 5-го разряда.

*Производственный цикл* — промежуток календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющихся процессов изготовления изделия от запуска в производство до получения готового изделия.

*Программа выпуска* — число штук изделия заданной номенклатуры или число стандартных мер некоторой продукции, подлежащей изготовлению в установленную календарную единицу времени.

*Объем выпуска* — число изделий, подлежащих изготовлению в установленную календарную единицу времени (год, квартал, мес).

*Серия* — общее число изделий, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам.

*Партия запуска* — число штук заготовок или комплектов деталей, одновременно запущенных в производство.

*Такт выпуска* — промежуток времени, через который периодически производится выпуск машин, их сборочных единиц, деталей или заготовок определенного наименования, типоразмеров и исполнения. Если говорят, что машину изготавливают с тактом 3 мин, то это значит, что через каждые 3 мин завод выпускает машину.

*Ритм выпуска* — величина, обратная такту выпуска.

Одним из показателей эффективности производственной деятельности подразделения завода (цеха, производственного участка) является производительность производственного процесса, осуществляемого им. Значение этого показателя зависит не только от производительности оборудования и труда рабочих, но и от уровня организации, планирования производственного процесса и управления им. Действительно, возможности высокопроизводительных станков и труд рабочих не будут использованы полностью, если своевременно не будут поставлены заготовки, режущий инструмент и необходимая техническая документация, если не будет слаженности в работе всех звеньев производственной системы.

*Производительность производственного процесса* — это интегральный показатель деятельности всего трудового коллектива, непосредственно участвующего в изготовлении установленной номенклатуры изделий. Этим показателем наиболее удобно пользоваться при оценке эффективности автоматизированного производственного процесса, при выполнении которого непосредственное участие основных рабочих минимально, но возрастает роль вспомогательного персонала завода, обеспечивающего функционирование технологических процессов изготовления продукции.

Производительность производственного процесса оценивается объемом продукции, измеряемым в штуках, тоннах, рублях, произведенной в единицу времени.

Повышение производительности производственного процесса может быть достигнуто тремя способами.

Первый способ заключается в интенсификации, т. е. в увеличении режимов технологических процессов и их совмещения по времени выполнения. Например, в процессе обработки заготовки на станке производится замена инструмента, подвоз новых заготовок и др.

Второй способ состоит в увеличении продолжительности работы производственной системы, естественный предел — 24 ч в сут, что соответствует трехсменной работе. Это направление приобретает все большее значение в связи с резким усложнением и удорожанием производственного оборудования.

При этом следует учитывать серьезные социальные проблемы, относящиеся к негативным сторонам режима многосменной работы людей. Успешное решение этих проблем видится в комплексной автоматизации всех производственных процессов. Очевидно, что это выдвигает серьезные научные и технические задачи, связанные с автономной работой производственных систем в автоматическом режиме и вопросами надежности и безотказности производственных систем.

Третий способ заключается в увеличении производящей способности производственной системы за счет внутренних резервов: улучшение организации ее работы и расширение технологических возможностей оборудования. Это реализуется путем модернизации существующего оборудования или приобретения нового оборудования, повышения производительности труда производственного персонала за счет использования совершенных методов и способов сокращения цикла изготовления изделия. Например, оптимизация раскроя деталей из листового материала, изыскание приемов повышения точности обработки приводят к сокращению числа рабочих ходов и даже устранению дальнейшей обработки изделий на другом станке.

### 1.3. Типы и виды производства

Различие в программе выпуска изделий привело к условному разделению производства на три типа: единичное, серийное и массовое.

*Единичное производство* — изготовление единичных неповторяющихся экземпляров продукции или с малым объемом выпуска, что аналогично признаку неповторяемости технологического цикла в данном производстве. Продукция единичного производства — это изделия, не имеющие широкого применения (опытные образцы машин, тяжелые прессы и т. п.).

*Серийное производство* — периодическое технологически непрерывное изготовление некоторого количества одинаковой продукции в течение продолжительного промежутка календарного времени. Производство изделий осуществляется партиями. В зависимости от объема выпуска этот тип производства подразделяют на мелко-, средне- и крупносерийное. Примерами продукции серийного производства могут служить металлорежущие станки, насосы, редукторы, выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

*Массовое производство* — технологически и организационно непрерывное производство узкой номенклатуры изделий в больших объемах по неизменяемым чертежам в течение длительного времени, когда на большинстве рабочих мест выпол-

няется одна и та же операция. Производцией массового производства являются автомобили, трактора, электродвигатели и т.п.

Отнесение производства к тому или иному типу определяется не только объемом выпуска, но и особенностями самих изделий. Например, изготовление опытных образцов наручных часов в количестве нескольких тысяч штук в год будет представлять единичное производство. В то же время изготовление тепловозов при объеме выпуска нескольких штук можно считать серийным производством.

Об условности деления производств на три типа свидетельствует и то, что обычно на одном и том же заводе, а нередко в одном и том же цехе, одни изделия изготавливаются единицами, другие — периодически повторяющимися партиями, третьи — непрерывно.

Для определения типа производства можно использовать коэффициент закрепления операций

$$k_{з.о} = n_{оп}/M,$$

где  $n_{оп}$  — число различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению на участке или в цехе в течение месяца;  $M$  — число рабочих мест соответственно участка или цеха.

ГОСТ рекомендует следующие значения коэффициентов закрепления операций в зависимости от типов производства: для единичного производства — свыше 40; для мелкосерийного производства — свыше 20 до 40 включительно; для среднесерийного производства — свыше 10 до 20 включительно; для крупносерийного производства — свыше 1 до 10 включительно; для массового производства — 1.

Например, если на производственном участке находится 20 единиц металлорежущего оборудования, а число операций различных технологических процессов, выполняемых на данном участке, равно 60, то коэффициент закрепления операций

$$k_{з.о} = 60 : 20 = 3,$$

что означает крупносерийный тип производства.

Таким образом, тип производства с организационной точки зрения характеризуется средним числом операций, выполняемых на одном рабочем месте, а это, в свою очередь, определяет степень специализации и особенности используемого оборудования.

Ориентировочно тип производства можно определить в зависимости от объема выпуска и массы изготавливаемых изделий по данным, приведенным в табл. 1.1.

В зависимости от области использования производство подразделяется на два вида: поточное и непоточное.

**Ориентировочные данные для определения типа производства**

Производство	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год		
	Тяжелых (массой более 100 кг)	Средних (массой более 10 до 100 кг)	Легких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5 ... 100	10 ... 200	100 ... 500
Среднесерийное	100 ... 300	200 ... 500	500 ... 5000
Крупносерийное	300 ... 1000	500 ... 5000	5000 ... 50 000
Массовое	Более 1000	Более 5000	Более 50 000

*Поточное производство* характеризуется его непрерывностью и равномерностью. В поточном производстве заготовка после завершения первой операции без задержки передается на вторую операцию, затем на третью и т. д., а изготовленная деталь сразу же поступает на сборку. Таким образом, изготовление деталей и сборка изделий находятся в постоянном движении, причем скорость этого движения подчинена такту выпуска в определенный промежуток времени.

*Непоточное производство* характеризуется неравномерным движением полуфабриката в процессе изготовления изделия, т. е. технологический процесс изготовления изделия прерывается вследствие различной продолжительности выполнения операций, а полуфабрикаты накапливаются у рабочих мест и на складах. Сборку изделий начинают лишь при наличии на складах полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируется графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Каждый вид производства имеет свою область использования. Поточный вид организации производства встречается в массовом производстве, а непоточный присущ единичному и серийному производствам.

#### **1.4. Основные преимущества автоматизации производства**

Под автоматизацией производственных процессов (АПП) понимают комплекс технических мероприятий по разработке новых прогрессивных технологических процессов и созда-

нию на их основе высокопроизводительного оборудования, выполняющего все основные и вспомогательные операции по изготовлению изделий без непосредственного участия человека. АПП является комплексной конструктивно-технологической и экономической задачей создания принципиально новой техники.

Автоматизации всегда предшествовал процесс механизации — частичной (первичной) автоматизации производственных процессов на базе такого технологического оборудования, которым управляет оператор. Кроме того, он осуществляет контроль изделий, регулировку и наладку оборудования, загрузку-выгрузку изделий, т. е. вспомогательные операции. Механизация может достаточно эффективно сочетаться с автоматизацией конкретного производства, но именно АПП создает возможность обеспечения высокого качества продукции при высокой производительности ее изготовления.

Предусматривается качественная и количественная оценки состояния механизации и автоматизации производственных процессов. Важнейший качественный показатель — уровень автоматизации  $\alpha$ . Он определяется отношением числа автоматизированных операций (переходов)  $n_{\text{авт}}$  к общему числу операций (переходов), выполняемых на автомате, линии, участке  $n_{\text{общ}}$ :

$$\alpha = n_{\text{авт}} / n_{\text{общ}}.$$

Величина  $\alpha$  зависит от типа производства. Если в единичном производстве  $\alpha$  не превышает 0,1 ... 0,2, то в массовом она составляет 0,8 ... 0,9.

*Автомат* (от гр. *automatos* — самодействующий) — самостоятельно действующее устройство или совокупность устройств, выполняющих по заданной программе без непосредственного участия человека процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации.

Последовательность выполняемых автоматом запрограммированных действий называют *рабочим циклом*. Если для возобновления рабочего цикла требуется вмешательство рабочего, то такое устройство называют *полуавтоматом*.

Процесс, оборудование или производство, не требующее присутствия человека в течение определенного промежутка времени для выполнения ряда повторяющихся рабочих циклов, называют *автоматическим*. Если часть процесса выполняется автоматически, а другая часть требует присутствия оператора, то такой процесс называют *автоматизированным*.

Степень автоматизации производственного процесса определяется необходимой долей участия оператора в управлении этим процессом. При полной автоматизации присутствия человека в

течение определенного периода времени вообще не требуется. Чем больше это время, тем выше степень автоматизации.

Под *безлюдным режимом* работы понимают такую степень автоматизации, при которой станок, производственный участок, цех или весь завод может работать автоматически в течение по крайней мере одной производственной смены (8 ч) в отсутствие человека.

Технические преимущества автоматически управляемых производственных систем по сравнению с аналогичными системами с ручным управлением следующие: более высокое быстродействие, позволяющее повышать скорости протекания процессов, а следовательно, и производительность производственного оборудования; более высокое и стабильное качество управления процессами, обеспечивающее высокое качество продукции при более экономном расходе материалов и энергии; возможность работы автоматов в тяжелых, вредных и опасных для человека условиях; стабильность ритма работы, возможность длительной работы без перерывов вследствие отсутствия утомляемости, свойственной человеку.

Экономические преимущества, достигаемые при использовании автоматических систем в производстве, являются следствием технических преимуществ. К ним можно отнести возможность значительного повышения производительности труда; более экономичное использование ресурсов (труда, материалов, энергии); более высокое и стабильное качество продукции; сокращение периода времени от начала проектирования до получения изделия; возможность расширения производства без увеличения трудовых ресурсов.

Автоматизация производства позволяет более экономично использовать труд, материалы, энергию. Автоматическое планирование и оперативное управление производством обеспечивают оптимальные организационные решения, сокращают запасы незавершенного производства. Автоматическое регулирование процесса предотвращает потери вследствие поломок инструментов и вынужденных простоев оборудования. Автоматизация проектирования и изготовления продукции с использованием ЭВМ позволяет значительно сократить число бумажных документов (чертежей, схем, графиков, описания и др.), необходимых в неавтоматизированном производстве, составление, хранение, передача и использование которых занимает много времени.

Автоматизированное производство нуждается в более квалифицированном, технически грамотном обслуживании. При этом значительно меняется сам характер труда, связанного с наладкой, ремонтом, программированием и организацией работ в автоматизированном производстве. Эта работа требует более

глубоких и разносторонних знаний, более разнообразна и интересна.

От уровня развития производства зависит прогресс всех отраслей промышленности. Поэтому повышению эффективности производства и уровня автоматизации производства должна отводиться приоритетная роль.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определения производственного и технологического процессов.
2. Назовите элементы производственного процесса.
3. Что понимается под качеством и производительностью производственного процесса?
4. Укажите типы и виды производств.
5. Чем отличается поточное производство от непоточного?
6. Что понимают под автоматизацией производственных процессов? В чем отличие автоматизации от механизации?
7. Какими показателями оценивается уровень автоматизации?
8. Чем отличается автомат от полуавтомата?
9. Чем отличается автоматический производственный процесс от автоматизированного?
10. Какие преимущества дает автоматизация производства?
11. Каковы особенности проектирования технологических процессов в условиях автоматизированного производства?
12. Какие основные принципы лежат в основе проектирования автоматизированных производственных систем?