

М. Ю. Рачков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УЧЕБНИК ДЛЯ СПО

2-е издание, исправленное и дополненное

Рекомендовано Учебно-методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебника для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2018

УДК 681.522(075.32)
ББК 30.604-5-05я723
P27

Автор:

Рачков Михаил Юрьевич — профессор, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации и управления в технических системах факультета информатики и систем управления Московского политехнического университета.

Рецензенты:

Назаров Ю. Ф. — доктор технических наук, профессор, академик Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского;

Градецкий В. Г. — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации.

Рачков, М. Ю.

P27 Автоматизация производства : учебник для СПО / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 180 с. — (Серия : Профессиональное образование).

ISBN 978-5-534-10314-4

В учебнике рассмотрены классификация технических средств автоматизации, методы выбора технических средств по типу производства, а также системы управления оборудованием. Приводится описание станков и систем ЧПУ, промышленных роботов и робототехнических систем, систем автоматического контроля, автоматические транспортные системы и автоматизированные складские системы, а также примеры автоматизации технологических процессов. Рассмотрены средства автоматизации работ в экстремальных условиях, противопожарных операций, работ на высотных конструкциях, подводных работ и операций разминирования. Основной материал дополнен списком литературы, а также контрольными вопросами в конце каждой главы.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Учебник предназначен студентам среднего профессионального образования, преподавателям, а также всем интересующимся.

УДК 681.522(075.32)

ББК 30.604-5-05я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-534-10314-4

© Рачков М. Ю., 2006

© Рачков М. Ю., 2017, с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение.....	6
1. Состав технических средств автоматизации	10
1.1. Классификация технических средств автоматизации	10
1.2. Выбор технических средств автоматизации по типу производства.....	16
1.3. Системы управления оборудованием	19
1.4. Контрольные вопросы	30
2. Технические средства автоматизации промышленных производств	31
2.1. Станки и системы ЧПУ.....	31
2.2. Промышленные роботы и робототехнические системы.....	45
2.3. Системы автоматического контроля	65
2.4. Автоматические транспортные системы	78
2.5. Автоматизированные складские системы	92
2.6. Примеры автоматизации технологических процессов	98
2.7. Контрольные вопросы	117
3. Технические средства автоматизации работ в экстремальных условиях	118
3.1. Работы на атомных станциях	118
3.2. Противопожарные операции.....	126
3.3. Работы на высотных конструкциях	129
3.4. Подводные работы	140
3.5. Операции разминирования.....	151
3.6. Контрольные вопросы	176
Заключение	177
Литература	179
Новые издания по дисциплине «Технические средства автоматизации» и смежным дисциплинам.....	180

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник написан в соответствии с программами подготовки студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, включающими изучение технических средств автоматизации. Книга содержит описание технических средств автоматизации как промышленных производств, так и работ в экстремальных условиях.

В результате изучения дисциплины студент должен освоить:

трудовые действия

- владения навыками выбора станков и систем числового программного управления (ЧПУ);
- навыками проектирования автоматических транспортных систем;
- навыками составления схем автоматизированных складских систем;

необходимые умения

- выбирать технические средства автоматизации в соответствии с типом производства;
- составлять схемы гибких производственных модулей;
- выбирать технические средства для автоматизации работ в экстремальных условиях;

необходимые знания

- классификации технических средств автоматизации;
- систем управления автоматическим оборудованием;
- средств автоматизации промышленных производств и работ в экстремальных условиях;

Учебник состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении описана история развития средств автоматизации и даны основные понятия в этой области.

В первой главе рассмотрены классификация технических средств автоматизации, методы выбора технических средств по типу производства, а также системы управления оборудованием.

Во второй главе приводится описание станков и систем ЧПУ, промышленных роботов и робототехнических систем, систем автоматического контроля, автоматические транспортные системы и автоматизированные складские системы, а также примеры автоматизации технологических процессов.

Третья глава посвящена средствам автоматизации работ в экстремальных условиях, противопожарных операций, работ на высотных конструкциях, подводных работ и операций разминирования.

В заключении анализируются перспективы развития технических средств автоматизации. Для самостоятельной проверки студентами усвоения материала в конце каждой главы приводятся контрольные вопросы.

ВВЕДЕНИЕ

Технические средства автоматизации позволяют создать на своей базе системы, выполняющие в автоматическом режиме как технологические производственные операции, так и работы, проводимые в экстремальных условиях и опасные для человека. К последним относятся, например, работы на атомных станциях в условиях радиоактивности, тушение пожаров, работы на высотных конструкциях, на больших глубинах и разминирование.

Технические средства автоматизации производств включают в себя станки и системы ЧПУ, промышленные роботы, системы автоматического контроля, автоматические транспортные системы и автоматизированные складские системы.

Современное производство стремительно развивается в направлении автоматизации с широким использованием компьютерных технологий и робототехнических систем, позволяющих быстро перестраивать технологические процессы на изготовление новых изделий.

Начиная с 80-х годов одним из направлений повышения эффективности производства стало широкое применение информационных технологий. Важным этапом их развития стало появление *гибкой производственной системы* (ГПС) как, управляемой средствами вычислительной техники, совокупности элементов технологического оборудования, включающей гибкие производственные модули в разных сочетаниях, автоматизированную систему технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающие свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий. Использование гибких технологических модулей позволяет изготавливать детали в любом порядке и варьировать их выпуск в зависимости от производственной программы, сокращает затраты и время на подготовку производства, повышает коэффициент использования оборудования. С другой стороны, это изменяет характер работы персонала, повышая удельный вес творческого и высококвалифицированного труда.

Принципиальной особенностью ГПС являлось наличие новой компоненты – компьютерной системы управления, обеспечивающей возможность увязки отдельных процессов, функций и задач в единую систему.

Дальнейшее развитие работ в данном направлении в конце 80-х годов привело к формированию *компьютеризированного интегрированного производства* (КИП). Концепция КИП подразумевает новый подход к организации и управлению производством, особенность которого заключалась не только в применении компьютерных технологий для автоматизации технологических процессов и операций, но в создании ин-

тегрированной информационной системы предприятия. Информационная интеграция процессов производства достигалась путем использования общих баз данных, позволяющих более эффективно решать вопросы разработки и проектирования изделий, подготовки производства, планирования и управления производством, материально-технического обеспечения, охватывая все процессы предприятия.

В концепции КИП роль *интегрированной автоматизированной системы управления* (ИАСУ) стала еще более значительной. На ИАСУ выполняют не только функции автоматизации процессов проектирования и производства изделий, но и совершенно новые задачи, связанные с обеспечением информационной интеграции процессов. Эта интеграция должна была осуществляться за счет совместного использования одной и той же информации в электронном виде для решения разных задач.

Практика показала, что из всех задач ИАСУ наиболее типизируемыми оказались задачи автоматизации проектирования и подготовки производства, а также задачи уровня управления предприятием (АСУП). В начале 90-х годов на рынке появились самостоятельные программно-технические решения, пригодные для использования на предприятиях с различным уровнем автоматизации, в том числе и вне КИП в его классическом понимании. Возникли новые устойчивые понятия: CAD/CAM/CAE и MRP (MRP II).

Первое понятие – *CAD* (Computer Aided Design)/ *CAM* (Computer Aided Manufacturing) /*CAE* (Computer Aided Engineering) – обозначает комплекс программных средств компьютерного проектирования, подготовки производства и инженерных расчетов. Второе понятие – *MRP* (Materials Requirement Planning – планирование потребностей в материалах), а позднее *MRP II* (Manufacturing Resource Planning – управление производственными ресурсами). Оно стало общепринятым обозначением комплекса задач управления деятельностью предприятия: планирования производства, материально-технического снабжения, управления финансовыми ресурсами и других.

К середине 90-х годов появилась необходимость создания интегрированной информационной системы, поддерживающей весь жизненный цикл изделия. По определению стандарта ISO 9004–1 *жизненный цикл* (ЖЦ) продукции – это совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукции.

Анализ развития информационных технологий в производственных задачах показывает, что одним из направлений движения является все более полный охват стадий жизненного цикла продукции. Гиб-

кие производственные системы решали задачи, касающиеся исключительно производства изделий. В компьютеризированном интегрированном производстве круг задач значительно расширился и включил в себя разработку, проектирование и изготовление, материально-техническое обеспечение и другие задачи предприятия.

Система автоматизированного проектирования (САПР) рассматривалась как единый комплекс аппаратно-программных, информационных и математических средств, обеспечивающих повышение качества и уменьшение сроков проектирования. К 90-м годам была осуществлена достаточно полная компьютеризация отдельных этапов процесса проектирования и производства изделий промышленности.

Задача разработки САПР к началу нынешнего столетия трансформировалась в задачу создания *CALS* (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) – технологии обеспечения непрерывности поставок и жизненного цикла изделия. Русскоязычное наименование этой концепции и стратегии – *Информационная Поддержка жизненного цикла Изделий (ИПИ)*.

Важнейшей особенностью *CALS*-технологий является не локальная, а интегрированная компьютеризация, обеспеченная единой информационной средой, основанной на электронном документообороте. *CALS*-технологии активно применяются, прежде всего, при разработке и производстве сложной наукоемкой продукции.

Реализацию методов вычислительной механики в целях решения прикладных задач при разработке технических изделий на основе использования высокопроизводительной вычислительной техники обеспечивают компьютерные технологии инженерного анализа, которые являются частью единой информационной системы, реализующей *CALS*-технологии.

Новый класс систем управления производством – это системы класса *MES* (*Manufacturing Execution System*) или производственные исполнительные системы. Развернутым смысловым определением *MES*-систем, соответствующим отечественной практике, можно считать системы оперативного планирования, оптимизации и управления производственными процессами.

Технические средства автоматизации работ, опасных для человека, включают в первую очередь мобильные робототехнические системы с встроенными компьютерами и бортовым технологическим оборудованием. Эти системы, как правило, должны обладать искусственным интеллектом для самостоятельного принятия решений в зависимости от изменяющейся внешней ситуации и состояния их внутренних функциональных составляющих.

В учебнике отражены современный уровень развития средств автоматизации и тенденции их дальнейшего совершенствования.

Автор выражает признательность рецензентам – заслуженному деятелю науки РФ, заведующему лабораторией робототехники и мехатроники Института проблем механики РАН, д.т.н., профессору В.Г. Градецкому, а также проректору по научной работе Московского государственного открытого университета, заведующему кафедрой "Технологии автоматизированного производства", д.т.н., профессору Ю.Ф. Назарову.

Излагая учебный материал, автор учитывал свой многолетний опыт по преподаванию предметов, связанных с техническими средствами автоматизации, в Московском государственном индустриальном университете.

Автор

1. СОСТАВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1. Классификация технических средств автоматизации

Технические средства автоматизации предназначены для создания систем, выполняющих заданные технологические операции, в которых человеку отводятся, в основном, функции контроля и управления.

По виду используемой энергии технические средства автоматизации классифицируются на электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные. Электронные средства автоматизации выделяют в отдельную группу, так как они, используя электрическую энергию, предназначены для выполнения специальных вычислительных и измерительных функций.

По функциональному назначению технические средства автоматизации можно подразделить в соответствии с типовой схемой системы автоматического регулирования на исполнительные механизмы, усилительные, корректирующие и измерительные устройства, преобразователи, вычислительные и интерфейсные устройства.

Исполнительный элемент – это устройство в системе автоматического регулирования или управления, воздействующее непосредственно или через согласующее устройство на регулируемый элемент или объект системы.

Регулирующий элемент осуществляет изменение режима функционирования управляемого объекта.

Электрический исполнительный элемент с механическим выходом – *электродвигатель* – применяется в качестве оконечного усилителя механической мощности. Эффект, оказываемый объектом или механической нагрузкой на исполнительный элемент, эквивалентен действию внутренних, или естественных, обратных связей. Такой подход используется в тех случаях, когда необходим детальный структурный анализ свойств и динамических особенностей исполнительных элементов с учетом действия нагрузки. Электрический исполнительный элемент с механическим выходом является составной частью автоматического привода.

Электрический привод – это электрическое исполнительное устройство, преобразующее управляющий сигнал в механическое воздействие с одновременным усилением его по мощности за счет внешнего источника энергии. Привод не имеет специального звена главной обратной связи и представляет собой совокупность усилителя мощности, электрического исполнительного элемента, механической передачи, источника питания и вспомогательных элементов, объединен-

ных определенными функциональными связями. Выходными величинами электрического привода являются линейная или угловая скорость, тяговое усилие или вращающий момент, механическая мощность и т. д. Электрический привод должен располагать соответствующим запасом по мощности, необходимым для воздействия на управляемый объект в форсированном режиме.

Электрический сервомеханизм представляет собой следящий привод, который обрабатывает входной управляющий сигнал с усилением его по мощности. Элементы электрического сервомеханизма охватываются специальными элементами обратной связи и могут иметь внутренние обратные связи за счет нагрузки.

Механическая передача электрического привода или сервомеханизма осуществляет согласование внутреннего механического сопротивления исполнительного элемента с механической нагрузкой – регулирующим органом или объектом управления. К механическим передачам относятся различные редукторы, кривошипно-шатунные, рычажные механизмы и другие кинематические элементы, в том числе передачи с гидравлическими, пневматическими и магнитными опорами.

Электрические *источники питания* исполнительных элементов, устройств и сервомеханизмов подразделяются на источники с практически бесконечной мощностью, со значением их внутреннего сопротивления, близким к нулю, и источники с ограниченной мощностью со значением внутреннего сопротивления, отличным от нуля.

Пневматические и гидравлические исполнительные устройства – это устройства, в которых в качестве энергоносителя используется соответственно газ и жидкость под определенным давлением. Эти системы занимают прочное место среди других средств автоматизации благодаря своим преимуществам, к которым, в первую очередь, относятся надежность, устойчивость к механическим и электромагнитным воздействиям, высокий коэффициент отношения развиваемой мощности приводов к собственному весу и пожаровзрывобезопасность.

Основная задача исполнительного устройства состоит в том, чтобы усилить сигнал, поступающий на его вход, до уровня мощности, достаточного для того, чтобы оказать требуемое воздействие на объект в соответствии с поставленной целью управления.

Важным фактором при выборе исполнительного элемента является обеспечение заданных показателей качества системы при имеющихся энергетических ресурсах и допустимых перегрузках.

Характеристики исполнительного устройства должны определяться из анализа автоматизируемого процесса. Такого рода характеристиками исполнительных устройств и сервомеханизмов являются

энергетические, статические, динамические характеристики, а также технико-экономические и эксплуатационные характеристики.

Обязательным требованием к исполнительному приводу является минимизация мощности двигателя при обеспечении требуемых значений скоростей и моментов. Это приводит к минимизации энергетических затрат. Весьма важными факторами при выборе исполнительного устройства или сервомеханизма являются ограничения по массе, габаритным размерам и надежности.

Важными составляющими систем автоматизации являются усилительные и корректирующие устройства. Общими задачами, решаемыми корректирующими и усилительными устройствами систем автоматики, являются формирование требуемых статической и частотной характеристик, синтез обратных связей, согласование с нагрузкой, обеспечение высокой надежности и унификация устройств.

Усилительные устройства усиливают по мощности сигнал до уровня, необходимого для управления исполнительным устройством.

Особые требования, предъявляемые к корректирующим элементам систем с переменными параметрами – возможность и простота перестройки структуры, программы и параметров корректирующих элементов. Усилительные устройства должны удовлетворять определенным техническим условиям по удельной и максимальной выходной мощности.

По структуре усилительное устройство представляет собой, как правило, многокаскадный усилитель со сложными обратными связями, которые вводятся для улучшения его статических, динамических и эксплуатационных характеристик.

Усилительные устройства, применяемые в системах автоматизации, можно подразделить на две группы:

1) электрические усилители, имеющие электрические источники питания;

2) гидравлические и пневматические усилители, использующие в качестве основного энергоносителя соответственно жидкость или газ.

Источник питания или энергоноситель определяет наиболее существенные особенности усилительных устройств автоматики: статические и динамические характеристики, удельную и максимальную мощность, надежность, эксплуатационные и технико-экономические показатели.

К электрическим усилителям относятся электронные вакуумные, ионные, полупроводниковые, диэлектрические, магнитные, магнитно-полупроводниковые, электромашинные и электромеханические усилители.

Квантовые усилители и генераторы составляют особую подгруппу устройств, используемых в качестве усилителей и преобразователей слабых радиотехнических и других сигналов.

Корректирующие устройства формируют сигналы коррекции статических и динамических характеристик системы.

В зависимости от вида включения в систему линейные корректирующие устройства подразделяются на три типа: последовательные, параллельные корректирующие элементы и корректирующие обратные связи. Использование того или иного типа корректирующих устройств определяется удобством технической реализации и эксплуатационными требованиями.

Корректирующие элементы последовательного типа целесообразно применять, если сигнал, величина которого функционально связана с сигналом ошибки, является немодулированным электрическим сигналом. Синтез последовательного корректирующего устройства в процессе проектирования системы управления наиболее прост.

Корректирующие элементы параллельного типа удобно использовать при формировании сложного закона регулирования с введением интеграла и производных от сигнала ошибки.

Корректирующие обратные связи, охватывающие усилительные или исполнительные устройства, находят наиболее широкое применение благодаря простоте технической реализации. В этом случае на вход элемента обратной связи поступает сигнал сравнительно высокого уровня, например, с выходного каскада усилителя или двигателя. Использование корректирующей обратной связи позволяет уменьшать влияние нелинейностей тех устройств системы, которые ими охватываются, следовательно, в ряде случаев удается улучшить качество процесса регулирования. Корректирующая обратная связь стабилизирует статические коэффициенты охватываемых устройств в условиях действия помех.

В системах автоматического регулирования и управления используются электрические, электромеханические, гидравлические и пневматические корректирующие элементы и устройства. Наиболее просто электрические корректирующие устройства реализуются на пассивных четырехполюсниках, которые состоят из резисторов, конденсаторов и индуктивностей. Сложные электрические корректирующие устройства включают также разделительные и согласующие электронные элементы.

В электромеханические корректирующие устройства, кроме пассивных четырехполюсников, входят тахогенераторы, импеллеры, дифференцирующие и интегрирующие гироскопы. В ряде случаев элек-

тромеханическое корректирующее устройство может быть реализовано в виде мостовой схемы, в одну из плеч которой включен электрический двигатель исполнительного устройства.

Гидравлические и пневматические корректирующие устройства могут состоять из специальных гидравлических и пневматических фильтров, включаемых в обратные связи основных элементов системы, или в виде гибких обратных связей по давлению (перепаду давлений), расходу рабочей жидкости, воздуха.

Корректирующие элементы с перестраиваемыми параметрами обеспечивают адаптивность систем. Реализация таких элементов осуществляется с помощью релейных и дискретных устройств, а также ЭВМ. Подобные элементы принято относить к логическим корректирующим элементам.

ЭВМ, функционирующая в реальном масштабе времени в замкнутом контуре управления, имеет практически неограниченные вычислительные и логические возможности. Основной функцией управляющей ЭВМ является вычисление оптимальных управлений и законов, оптимизирующих поведение системы в соответствии с тем или иным критерием качества в процессе ее нормальной эксплуатации. Высокое быстродействие управляющей ЭВМ позволяет, наряду с основной функцией, выполнять целый ряд вспомогательных задач, например, с реализацией сложного линейного или нелинейного цифрового корректирующего фильтра.

При отсутствии ЭВМ в системах наиболее целесообразно применять нелинейные корректирующие устройства как обладающие наибольшими функциональными и логическими возможностями.

Регулирующие устройства представляют собой сочетание исполнительных механизмов, усилительных и корректирующих устройств, преобразователей, а также вычислительных и интерфейсных блоков.

Информация о параметрах объекта управления и о возможных внешних воздействиях, оказывающих на него влияние, поступает на регулирующее устройство от измерительного устройства. *Измерительные устройства* в общем случае состоят из чувствительных элементов, воспринимающих изменения параметров, по которым производится регулирование или управление процессом, а также из дополнительных преобразователей, часто выполняющих функции усиления сигналов. Вместе с чувствительными элементами эти преобразователи предназначены для преобразования сигналов одной физической природы в другую, соответствующую виду энергии, используемой в системе автоматического регулирования или управления.

В автоматике *преобразующими устройствами* или *преобразователями* называют такие элементы, которые непосредственно не выполняют функций измерения регулируемых параметров, усиления сигналов или коррекции свойств системы в целом и не оказывают прямого воздействия на регулирующий орган или управляемый объект. Преобразующие устройства в этом смысле являются промежуточными и выполняют вспомогательные функции, связанные с эквивалентным преобразованием величины одной физической природы в форму, более удобную для формирования регулирующего воздействия или с целью согласования устройств, различающихся по виду энергии на выходе одного и входе другого устройства.

Вычислительные устройства средств автоматизации, как правило, строятся на базе микропроцессорных средств.

Микропроцессор – программно управляемое средство, осуществляющее процесс обработки цифровой информации и управления им, построенное на одной или нескольких интегральных микросхемах.

Основными техническими параметрами микропроцессоров являются разрядность, емкость адресуемой памяти, универсальность, число внутренних регистров, наличие микропрограммного управления, число уровней прерывания, тип стековой памяти и число основных регистров, а также состав программного обеспечения. По разрядности микропроцессоры подразделяются на микропроцессоры с фиксированной разрядностью и модульные микропроцессоры с изменяемой разрядностью слова.

Микропроцессорными средствами называются конструктивно и функционально законченные изделия вычислительной и управляющей техники, построенные в виде или на основе микропроцессорных интегральных микросхем, которые с точки зрения требований к испытаниям, приемке и поставке рассматриваются как единое целое и применяются при построении более сложных микропроцессорных средств или микропроцессорных систем.

Конструктивно микропроцессорные средства выполняются в виде микросхемы, одноплатного изделия, моноблока или типового комплекса, причем изделия нижнего уровня конструктивной иерархии могут использоваться в изделиях высшего уровня.

Микропроцессорные системы – это вычислительные или управляющие системы, построенные на основе микропроцессорных средств, которые могут применяться автономно или встраиваться в управляемый объект. Конструктивно микропроцессорные системы выполняются в виде микросхемы, одноплатного изделия, моноблока

комплекса или нескольких изделий указанных типов, встроенных в аппаратуру управляемого объекта или выполненных автономно.

По области применения технические средства автоматизации можно подразделить на технические средства автоматизации работ на промышленных производствах и технические средства автоматизации других работ, важнейшим составляющим которых являются работы в экстремальных условиях, где присутствие человека опасно для жизни или невозможно. В последнем случае автоматизация осуществляется на базе специальных стационарных и мобильных роботов.

1.2. Выбор технических средств автоматизации по типу производства

Все многообразие существующих производств можно подразделить на несколько типов. Под *типом производства* понимают классификационную категорию производства, выделяемую по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции. В соответствии с этим различают единичное, серийное и массовое производства.

Одной из основных характеристик типа производства является *коэффициент закрепления операций*, определяемый отношением числа всех технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или в серии различают мелкосерийное (коэффициент закрепления операций 21–40), среднесерийное (коэффициент закрепления операций 11–20) и крупносерийное (коэффициент закрепления операций 1–10) производства.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Коэффициент закрепления операций для массового производства принимают равным единице.

Следует отличать тип производства от вида производства. Под *видом производства* понимают классификационную категорию производства, выделяемую по признаку применяемого метода изготовле-

ния изделия. Примерами видов производства являются литейное, сварочное и т. д.

Производственный процесс – это совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции.

Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Технологический процесс может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки. К предметам труда относятся заготовки и изделия.

Технологическая операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Под *изделием* понимается комбинация материалов, предметов, программных и иных компонентов, готовых к использованию по назначению.

Форма организации технологических процессов изготовления изделия зависит от установленного порядка выполнения операций технологического процесса, расположения технологического оборудования, количества изделий и направления их движения в процессе изготовления. Существуют две формы организации технологических процессов: групповая и поточная.

Групповая форма организации технологических процессов характеризуется однородностью конструктивно-технологических признаков изделий, единством средств технологического оснащения одной или нескольких технологических операций и специализацией рабочих мест.

Поточная форма организации технологических процессов характеризуется специализацией каждого рабочего места на определенной операции, согласованным и ритмичным выполнением всех технологических операций на основе постоянного такта выпуска, а также размещением рабочих мест в последовательности, строго соответствующей технологическому процессу.

Массовое и крупносерийное производства предполагают применение высокопроизводительного специального основного технологического оборудования, объединенного автоматическими транспортно-загрузочными механизмами периодического действия, что в комплексе представляет собой автоматические линии. Возрастающие темпы технического прогресса требуют в массовом производстве сравнительно частого изменения конструкций и свойств выпускаемых изделий, что вызывает необходимость в переналадке или изменении структуры автоматической линии. Таким образом, гибкость в данном

случае заключается в обеспечении возможности нетрудоёмкого перехода от обработки одной детали к обработке другой подобной детали.

Среднесерийное многономенклатурное производство характеризуется частой сменой выпускаемых изделий, а также небольшой длительностью выпуска деталей одного типа. Комплексная автоматизация такого производства наиболее эффективно может быть осуществлена на основе создания гибких производственных комплексов, базирующихся на методах групповой технологии.

В мелкосерийном и единичном производствах для обработки большой номенклатуры часто сменяемых деталей целесообразно использовать автономные производственные ячейки – гибкие производственные модули, позволяющие повысить рентабельность этих производств.

Таким образом, в зависимости от номенклатуры и объема выпуска изделий степень рациональности использования определенного технологического оборудования различна.

Соответствующие области применения различного оборудования в смысле гибкости и производительности в зависимости от числа деталей одного наименования, выпускаемых за год (N), и числа разных наименований (M) показаны на рис. 1.1.