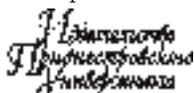


ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКО  
Физико-технический институт  
Инженерно-технический факультет  
Кафедра автоматизированных технологий и промышленных комплексов

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

*Учебное пособие*

Тирасполь



2023

УДК 339.24  
ББК 65.290-73

*Составители:*

**И.В. Яковец**, доц., канд. техн. наук, доц. каф. АТПК ИТФ ФТИ

**В.Г. Звонкий**, доц., канд. техн. наук, зав. каф. АТПК ИТФ ФТИ

**Д.А. Котиц**, ст. преп. каф. АТПК ИТФ ФТИ

**А.В. Готеляк**, канд. техн. наук, доц. каф. АТПК ИТФ ФТИ

**В.П. Юсюз**, ст. преп. каф. МТО ИТФ ФТИ

**Е.В. Ликризон**, преп. дисциплин проф. цикла ГОУ СПО «Приднестровский колледж технологий и управления»

*Рецензенты:*

**Ф.Ю. Бурменко**, зав. каф. МТО ИТФ ФТИ ПГУ им. Т.Г. Шевченко, канд. техн. наук, доц.

**А.М. Аритонов**, зам. техн. директора ЗАО «Молдавизолит»

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ:** учебное пособие / составители: И.В. Яковец, В.Г. Звонкий, Д.А. Котиц, А.В. Готеляк, В.П. Юсюз, Е.В. Ликризон. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2023. – 204 с. – (электронное издание).

Минимальные системные требования: CPU (Intel/AMD) 1,5ГГц/ОЗУ 2ГГб/HDD 450Мб/1024\*768/Windows 7 и старше/Internet Explorer 11/Adobe Acrobat Reader 6 и старше

*В учебном пособии (курсе лекций) изложены основные понятия об автоматизации и механизации технологических процессов, основные положения комплексной автоматизации производства. Рассмотрены вопросы организации и построения автоматизированных и автоматических производств, гибких производственных систем, принципы, способы и средства автоматизации, особенности применения средств автоматизации технологических и производственных процессов в условиях различных типов производств.*

*Освещены основные пути повышения производительности и эффективности автоматизированного оборудования и производств.*

*Содержание учебного пособия соответствует курсу лекций, который читается в ИТФ ФТИ ПГУ им. Т.Г. Шевченко.*

*Предназначено для студентов высших технических учебных заведений, обучающихся по программам бакалавриата и специалитета ФТИ ПГУ им. Т.Г. Шевченко. Может быть использован студентами техникумов и колледжей.*

**УДК 339.24**  
**ББК 65.290-73**

Рекомендовано Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© Яковец И.В., Звонкий В.Г., Котиц Д.А., Готеляк А.В., Юсюз В.П., Ликризон Е.В., составление, 2023

# Содержание

ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	7
<b>ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ</b>	
1.1. Основные понятия и определения в области автоматизации производства.....	10
1.2 Понятие о механизации и автоматизации производства. Уровни автоматизации производственных процессов.....	12
1.3 Тенденции и этапы развития автоматизации производственных процессов .....	16
1.4 Классификация производств и оборудования в зависимости от степени автоматизации.....	19
1.5 Этапы автоматизации технологических и производственных процессов.....	20
1.6 Ступени автоматизации производственных процессов.....	26
1.7 Классификации средств автоматизации оборудования .....	27
<b>ГЛАВА 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВ</b>	
2.1. Типы производства .....	28
2.2 Понятие о гибкой и жесткой автоматизации .....	30
2.3 Систематизация оборудования по степени гибкости .....	31
2.4 Характеристики и классификация автоматического оборудования для автоматизации различных типов производства.....	32
2.5 Автоматические линии .....	34
2.6 Классификация автоматических линий .....	35
2.7 Системы автоматических линий для условий крупносерийного и массового производства.....	51
<b>ГЛАВА 3. ГИБКИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОИЗВОДСТВА</b>	
3.1 Гибкие производственные системы (ГПС).....	59
3.2 Классификация гибких производственных систем (ГПС).....	61
3.3 Технологическая гибкость ГПС на базе применения ЭВМ .....	67
3.4 Структура ГПС.....	70
3.5 Гибкие автоматизированные производства .....	77
3.6 Обобщенная структурная схема ГАП.....	78
3.7 Организационно-технические структуры компьютерно-интегрированных производств .....	79
3.8 Системы управления ГПС.....	97
<b>ГЛАВА 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ</b>	
4.1 Роль и место оборудования с ЧПУ в автоматизации производства .....	103
4.2 Преимущества оборудования с ЧПУ.....	104
4.3 Классификация и индексация станков с ЧПУ .....	105
4.4 Многооперационные (многоцелевые) станки с ЧПУ: назначение, особенности конструкции и виды .....	106
4.5 Виды многооперационных станков.....	108
4.6 Столы многооперационных станков. Автоматизация операций загрузки и выгрузки заготовок, деталей и приспособлений на многооперационных станках.....	113

## ГЛАВА 5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

5.1 Задачи обеспечения автоматической смены инструмента в условиях автоматизированного производства .....	118
5.2 Устройства автоматической смены инструментов .....	119
5.3 Револьверные головки .....	120
5.4 Инструментальные магазины-накопители .....	123
5.5 Виды инструментальных магазинов .....	124
5.6 Особенности УАСИ на базе инструментальных магазинов .....	127
5.7 Кодирование и распознавание инструмента .....	128

## ГЛАВА 6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

6.1 Загрузочно-разгрузочные устройства .....	131
6.2 Классификация предметов труда (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы) по отношению к процессу загрузки .....	132
6.3 Классификация штучных предметов труда (заготовок, деталей, узлов) по отношению к процессу автоматической загрузки .....	133
6.4 Функции загрузочных устройств для штучных предметов труда .....	134
6.5 Механизмы загрузки-выгрузки заготовок .....	139
6.6 Виды и группы загрузочно-загрузочных устройств .....	144
6.7 Самотечные транспортирующие лотки-магазины .....	152
6.8 Автоматические накопители .....	154
6.9 Дисковый (цилиндрический) карманчиковый бункер .....	158
6.10 Трубчатые или конические бункеры .....	159
6.11 Шибберные и секторные бункеры .....	160
6.11.1 Шибберный бункер .....	160
6.11.2 Секторные бункеры .....	161
6.12 Вибробункерные загрузочные устройства .....	161
6.13 Классификация вибрационных бункерных загрузочных устройств .....	164
6.14 Конструкции ВБЗУ .....	167
6.15 Средства автоматизации загрузки-разгрузки оборудования, работающего в составе АЛ .....	169

## ГЛАВА 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

7.1 Измерительные средства автоматизации: основные понятия и определения .....	174
7.2 Датчики .....	175
7.3 Применение датчиков .....	178
7.4 Классификация датчиков .....	179
7.5 Основные характеристики датчиков .....	180
7.6 Измерительные преобразователи (ИП) .....	182
7.7 Автоматический контроль. Активный и пассивный контроль .....	183
7.8 Методы автоматического активного контроля .....	186
7.9 Способы активного автоматического контроля .....	188
7.10 Классификация устройств активного автоматического контроля по функциональному назначению .....	196
7.11 Контрольно-блокировочные устройства .....	197

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	201
-------------------------	-----

## ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АДУ – адаптивное управление;  
АЛ – автоматическая линия;  
АЛУ – арифметико-логическое устройство;  
АПП – автоматизация производственных процессов;  
АРЛ – автоматическая роторная линия;  
АРКЛ – автоматическая роторно-конвейерная линия;  
АСИО – автоматизированная система инструментального обеспечения;  
АСКТПП – автоматизированная система конструкторско-технологической подготовки производства;  
АСНИ – автоматизированная система научных исследований;  
АСТПП – автоматизированная система технологической подготовки производства;  
АСУ – автоматизированная система управления;  
АСУО – автоматизированная система удаления отходов;  
АСУОД – автоматизированная система управления оперативно-диспетчерского назначения;  
АСУОТ – автоматизированная система управления организационно-технологического назначения;  
АСУП – автоматизированная система управления предприятием;  
АСУТО – автоматизированная система управления технологическим оборудованием;  
АСУП – автоматизированная система управления технологическим процессом;  
АТСС – автоматизированная транспортно-складская система;  
ВБЗУ – вибробункерные загрузочные устройства;  
ГАЗ – гибкий автоматизированный завод;  
ГАЛ – гибкая автоматизированная линия;  
ГАУ – гибкий автоматизированный участок;  
ГАЦ – гибкий автоматизированный цех;  
ГПС – гибкая производственная система;  
ГПМ – гибкий производственный модуль;  
ГПЯ – гибкая производственная ячейка;  
ЗУ – запоминающее устройство;  
ИАСУ – интегрированная автоматизированная система управления;  
КИМ – координатно-измерительная машина;  
КИП – компьютерно-интегрированное производство;  
КПП – конструкторская подготовка производства;  
ЛСУ – локальная система управления;  
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство;  
ОПП – организационная подготовка производства;  
ОСУ – оперативная система управления;

ОЦ – обрабатывающий центр;  
ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;  
ППЗУ – перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство;  
ПК – программируемый контроллер;  
ПР – промышленный робот;  
ПС – приспособление-спутник;  
ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина;  
РВ – распределительный вал;  
РКМ – роторно-конвейерная машина;  
АК – система автоматизированного контроля;  
САЛ – система автоматических линий;  
САПР – система автоматизированного проектирования и расчетов;  
СОФ – система обеспечения функционирования;  
СПИЗ – система «станок – приспособление – инструмент – заготовка»;  
СПУ – система программного управления;  
СЧПУ – система числового программного управления;  
ТП – технологический процесс;  
ТПП – технологическая подготовка производства;  
ТСА – технические средства автоматизации;  
УП – управляющая программа;  
УАСИ – устройство автоматической смены инструментов;  
УЦИУ – устройство цифровой индикации и управления;  
УЧПУ – устройство числового программного управления;  
ФСУ – фазосдвигающее устройство;  
ЦПУ – цикловое программное управление;  
ЧПУ – числовое программное управление;  
ШВП – шариковая винтовая передача;  
ЭВМ – электронно-вычислительная машина;  
ЭЛТ – электронно-лучевая трубка;  
ЭМУ – электромагнитный усилитель.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время процесс автоматизации развивается ускоренными темпами и охватывает практически все сферы жизнедеятельности человека. Автоматизации, как результату всестороннего развития и повсеместного применения достижений научно-технического прогресса, подвержены различные области. Внедрение достижений технического прогресса в промышленное производство в значительной мере определяет уровень развития не только хозяйства, но и всей страны в целом. Приоритетным направлением повышения эффективности как в промышленной сфере, так и во всех прочих отраслях, является автоматизация. Разработка и всемерное использование средств автоматизации технологических процессов – это необходимое условие создания и функционирования современных производств, главным направлением технической политики. Сегодня необходимым условием конкурентоспособности производства является достаточный уровень автоматизации. Можно с уверенностью сказать, что автоматизация и технический прогресс – два неразделимых понятия.

На первоначальных этапах автоматизации производства стояли задачи облегчения физического труда людей, их освобождения от монотонных ручных операций. Сегодня стоят задачи иного характера, нацеленные на повышение производительности труда, в том числе и умственного.

Механизация и автоматизация – основной путь повышения производительности труда, сокращения сроков освоения и внедрения новых видов продукции, процессов и производств, сокращения расходов, повышения качества и эффективности. Автоматизация производства создает возможности освоения и применения инновационных технологий, создания новых высокоэффективных процессов и производств, реконструкции и модернизации действующих наряду с улучшение условий труда [17].

Автоматизация производства развивается в направлении автоматизации основных, вспомогательных, обслуживающих процессов, процессов подготовки производства и его управления. Для создания современных производств и реализации высокоэффективных технологий автоматизируются все операции, включая загрузочно-разгрузочные, транспортно-складские, контрольные, выполнение которых

требует широкого использования средств автоматического контроля, внедрения систем автоматического регулирования и автоматического управления.

Главная цель технического перевооружения производства – совершенствование технологии изготовления продукции, внедрение автоматизированного и автоматического оборудования, систем машин и комплексов, автоматизированных систем управления, различных технических средств автоматизации, в том числе всестороннее использование компьютерной техники, позволяющих осуществлять переход от частичной к комплексной и даже полной автоматизации.

Достижения в области разработки современных систем автоматического управления, микропроцессорной техники и электроники дают широкие возможности для автоматизации не только массового и крупносерийного производства, но также позволяют автоматизировать серийное и мелкосерийное [17].

В условиях нарастающей конкуренции свободного рынка происходит частая сменяемость изделий производства. Такие условия требуют ускоренной адаптации к динамично изменяющимся требованиям внешней среды, что невозможно без широкого внедрения гибких производственных систем и комплексов, обладающих свойством быстрой переналадки с изготовления одних видов изделий на другие, для перехода к выпуску новых видов продукции. Создание гибких производственных систем (ГПС) базируется на комплексном использовании средств вычислительной техники, повсеместном внедрении систем автоматизированного и автоматического управления производственным оборудованием, установками, модулями, различными средствами автоматизации, системами и целыми комплексами.

Механизация и автоматизация производства может дать значительный экономический эффект при условии комплексного и творческого подхода к решению возникающих задач. Для этого необходимо четкое понимание реального эффекта, которого можно достичь благодаря механизации и автоматизации производства условиях, правильно ориентироваться в выборе наиболее рационального, оптимального, экономически эффективного варианта и технических средств автоматизации [17].

Курс «Автоматизация производственных процессов» предназначен для реализации государственных образовательных стандартов высшего образования в соответствии с требованиями к содержанию и уровню подготовки выпускников по направлениям и специальностям технического профиля высшего образования.

В учебном пособии уделено внимание рассмотрению принципиальных вопросов автоматизации производства, приведены основные методы, способы и средства автоматизации. Изложенный материал рассматривает производственный процесс как материальный и информационный потоки. Автоматизирующие устройства рассматриваются в виде типовых примеров.

Средства и устройства автоматизации используют разнообразные физические принципы и строятся различной элементной на базе. Согласно этому с учетом методики преподавания материал в учебном пособии излагается по принципу «от простого к сложному». Основные теоретические положения сопровождаются иллюстрациями примеров конструктивных и технологических решений.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям: «Технологические машины и оборудование», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Технология машиностроения», «Эксплуатация транспортно-технологических систем и комплексов», «Проектирование технологических машин и комплексов», «Наземные транспортно-технологические системы»; а также обучающихся по другим техническим специальностям.

При разработке курса лекций были использованы работы в области автоматизации производства зарубежных, в том числе российских авторов.

# ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

## 1.1. Основные понятия и определения в области автоматизации производства

**Термин «автоматизация»** происходит от греч. «automates», что означает «самодействующий».

В рамках современных производств автоматизации подвержены все функциональные области, начиная с этапов проектирования технологий и производств, их технической и организационной подготовки, и заканчивая реализацией готовой продукции.

**Автоматизация** – это генеральное направление развития и интенсификации производственных процессов. Она обеспечивает оптимальные условия для повышения эффективности производства за счет повышения производительности труда прежде всего в результате освобождения рабочего от непосредственно ручного управления оборудованием. При этом создаются условия для управления и наблюдения за функционированием целой группы оборудования, линией, производственной системой.

Автоматизация развивается в направлениях автоматизации производства и автоматизации управления. При автоматизации возможно такое повышение скоростей рабочих и вспомогательных движений, которое не достижимо при ручном управлении. Автоматизация процессов получения, переработки и обобщения информации путем применения ЭВМ и микропроцессорной техники открывает совершенно новые возможности управления процессами производства, ведения их на оптимальных режимах.

**Основная цель автоматизации** – это повышение эффективности производства, улучшение качества, в том числе и выпускаемой продукции, создание условий для оптимального использования всех видов ресурсов. Автоматизация производственных процессов осуществляется путем создания автоматических и автоматизированных систем машин, а автоматическое управление – автоматизированных и автоматических систем управления на различных уровнях производства.

**Автоматизация** – процесс внедрения средств автоматики в системы управления.

**Автоматика** – отрасль науки и техники, охватывающая теорию и принципы построения систем автоматического управления. Принципы построения систем управления не зависят от физической природы устройств, входящих в систему.

Как видно из этих определений, автоматизацию связывают с таким важнейшим признаком, как переработка информации [17].

**Автоматизация технологического процесса** – придание технологическому оборудованию по средствам систем управления СУ свойств автоматического выполнения тех или иных операций или всего процесса в целом. Степень автоматизации автоматического оборудования определяет в какой мере управление технологическим объектом осуществляется без участия человека (оператора) и обслуживающего персонала.

**Автоматическое управление** – совокупность действий, и процедур, направленных на поддержание и улучшение функционирование управляемого объекта без непосредственного участия человека в соответствии с целью управления.

**Автоматизация производства** – процесс развития производства, при котором функции управления, контроля и учета, ранее осуществляемые человеком, передаются автоматическим устройствам и приборам, называемыми **техническими средствами автоматизации (ТСА)**.

В развитии машинного производства можно выделить три больших периода. Основная задача первого из них состояла в замене мускульной энергии человека механической или какой-либо другой. Задача второго периода заключалась в том, чтобы передать от человека машине функции контроля и управления. Задача третьего периода – перейти к самонастраивающейся системе, которая, запоминая и обобщая опыт своей работы, полностью управляет производственным процессом [17].

Техническое устройство, состоящее из энергетической, передаточной, исполнительной и управляющей частей, выполняющих механические движения для преобразования энергии, материалов или информации, называется машиной. Примером является металлорежущий станок, преобразующий с помощью механических движений заготовку в деталь заданной формы и размеров, ЭВМ, преобразующая поступающую информацию [13].

Энергетическим механизмом станка является электродвигатель; исполнительным механизмом (его также называют рабочим органом) – суппорт, несущий режущий инструмент или заготовку [13].

Передаточные механизмы преобразуют и передают движение от электродвигателя к рабочим органам.

Под механизацией понимается замена ручного труда человека машинным. Под автоматизацией понимается передача машинам и приборам функций управления, ранее выполнявшихся человеком.

При автоматизации производства ранее механизированное оборудование становится объектом автоматического управления. Автоматизация охватывает не только способы воздействия на предмет труда, но и управление этими способами. Объектами автоматизации могут быть только технические устройства с автоматизированными двигателями.

Расширение механизации и автоматизации является одной из важнейших задач повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции [17].

Автомат – самостоятельно действующее устройство или совокупность устройств, выполняющих без непосредственного участия человека по заданной программе процессы получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов и информации. Современное автоматическое технологические оборудование, предназначенное для преобразования формы, размеров и свойств заготовок, также преобразует информацию, (программу обработки, результаты измерения размеров заготовок и т.п.). С повышением уровня автоматизации роль информационных процессов в производстве все более повышается, чем объясняется возрастающее применение ЭВМ для проектирования и для управления производством [13].

## **1.2 Понятие о механизации и автоматизации производства. Уровни автоматизации производственных процессов**

Производственные процессы в ходе своего развития прошли ряд стадий, сопровождающихся заменой мускульной энергии энергией машин при непрерывном совершенствовании машинного производства. Но механизация производственных, и прежде всего технологических процессов, заменяя мускульный труд человека применением машин и механизмов, обеспечивая при этом рост производительности труда, не высвобождала его от непосредственного участия в процессе и оставляла человеку функции управления, наблюдения и контроля за ходом процесса, выполнения вспомогательных операций.

Автоматизация имеет смысл только для механизированных процессов, т. е. при условии, когда исполнительные органы машины приводятся в движение электро-, гидро- или пневмодвигателями [11]. Ме-

ханизация и автоматизация производственных процессов может быть неполной, когда необходимо присутствие человека в рабочем процессе, и полной – без участия человека.

В своем развитии процесс автоматизации проходит две основные стадии:

- механизация;
- автоматизация.

**Механизация** – направление развития производства, характеризующийся применением механизмов, устройств и машин, заменяющих мускульный труд рабочих.

**Механизация производства** – применение сил энергии неживой природы в технологическом процессе для облегчения выполнения производственного процесса человеком, обеспечивающее исключение людей из его выполнения или облегчение их труда при сохранении за ними функций управления этим процессом [17].

Механизация может быть следующих видов:

– **частичная механизация** – механизация части движений, необходимых для осуществления технологического процесса, например, механизация движений, связанных с подачей, загрузкой, выгрузкой заготовок и прочих объектов;

– **комплексная механизация** – это механизация всех движений и операций, как основных, так и вспомогательных, необходимых для осуществления технологического процесса, при котором обслуживающий персонал осуществляет только оперативное управление оборудованием и оснасткой. Высшей степенью механизации производства является комплексная механизация, при которой происходит замена ручного труда машинным.

Механизация и автоматизация производства начиналась с механизации и автоматизации отдельных функций станка. Далее автоматизировали циклы обработки, загрузку-выгрузку обрабатываемых деталей, межоперационное транспортирование и т. д. [17].

**Автоматизация** – применение сил неживой природы для осуществления производственного процесса и управления им без непосредственного участия человека.

Автоматизация производственных процессов может осуществляться постепенно на разных уровнях [11]:

1. **Нулевой уровень** автоматизации присущ производству, если участие человека исключается только при выполнении рабочих ходов (вращение шпинделя, движение подачи инструментов и др.). Такую автоматизацию назвали механизацией. Можно сказать, что механизация

– это автоматизация рабочих ходов. Отсюда следует, что автоматизация предусматривает механизацию.

**2. Первый уровень** автоматизации предусматривает создание устройств для исключения участие человека при выполнении холостых ходов на отдельно взятом оборудовании. Такая автоматизация называется автоматизацией рабочего цикла. Реализация первого уровня автоматизации в возможна в условиях серийного производства.

Холостые хоты в норме штучного времени, определяющем трудоемкость операции, учитываются в виде вспомогательного времени  $t_v$  и времени технического обслуживания  $t_{т.об}$  [13]:

$$t_{шт} = t_o + t_v + t_{т.обсл} + t_{орг} + t_{отд},$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$   
 механизация

$\underbrace{\hspace{10em}}$   
 автоматизация  
 I уровня

где  $t_o$  – основное время, которое учитывает время рабочих ходов;  $t_o = t_{р.х}$ , мин.;  $t_v$  – вспомогательное время, включает отвод и подвод инструмента, загрузку оборудования и контроль, мин.;  $t_{т.об}$  – время технического обслуживания, затрачиваемое на смену инструмента, наладку оборудования, устранение отходов и управление, мин.;  $t_{орг}$  – время обслуживания оборудования, мин.;  $t_{отд}$  – время отдыха рабочего, мин.

На первом уровне автоматизации рабочие машины еще не связаны между собой автоматической связью. Поэтому транспортировка и контроль объекта производства выполняются с участием человека. На этом уровне создаются и применяются автоматы и полуавтоматы. На полуавтоматах для выполнения и повторения рабочего цикла требуется участие человека. На автоматах рабочий цикл выполняется и повторяется без участия человека.

**3. Автоматизация второго уровня** – это автоматизация технологических процессов. На данном уровне решаются задачи автоматизации транспортировки, контроля объекта производства, удаления отходов и управления системами машин. Второй уровень автоматизации реализуется в условиях серийного и поточного производства, при которых создаются и применяются автоматические линии, гибкие производственные системы (ГПС).

Автоматической линией называют автоматически действующую систему машин, установленных в технологической последовательности и объединенных средствами транспортировки, загрузки, контроля, управления и устранения отходов. Например, линия по обработке ве-

дущей конической шестерни редуктора автомобиля высвобождает до 20 рабочих.

Автоматическая линия состоит из технологического оборудования, которое компонуется под определенный вид транспорта и связывается с ним устройствами загрузки (манипуляторами, лотками, подъемниками). Линия включает кроме рабочих позиций и холостые позиции, которые необходимы для осмотра и обслуживания линии.

Если линия включает позиции с участием человека, то она называется автоматизированной [11].

**4. Третий уровень** автоматизации – комплексная автоматизация, которая охватывает все этапы и звенья производственного процесса, начиная от заготовительных процессов и заканчивая испытаниями и отправкой готовых изделий.

Комплексная автоматизация требует освоения всех предшествующих уровней автоматизации. Она связана с высокой технической оснащенностью производства и большими капитальными затратами. Такая автоматизация эффективна при больших программах выпуска изделий стабильной конструкции и узкой номенклатуры.

На третьем уровне автоматизации решаются задачи автоматизации складирования и межцеховой транспортировки изделий с автоматическим адресованием, переработки отходов и управления производством на базе широкого применения ЭВМ. На этом уровне участие человека сводится к обслуживанию оборудования и поддержанию его в рабочем состоянии. В соответствие с этим комплексная автоматизация позволяет обеспечить развитие производства в целом, так как имеет наибольшую эффективность капитальных затрат [13].

Автоматизация производства бывает следующих видов [17]:

**Частичная автоматизация** – автоматизация части операции по управлению технологическим процессом. При частичной автоматизации на участках или в цехах функционируют несвязанные между собой автоматическое или автоматизированное оборудование, включающее станки с ЧПУ, автоматы, полуавтоматы, промышленные роботы ПР и т.д. Характеризуется созданием автоматизированных производств с неполной автоматизацией.

К станкам с ЧПУ обычно относят универсальные станки, в систему автоматического управления которых вводят числа или символы, отражающие величину и характер перемещений инструмента и детали относительно друг друга и работают по заданной программе. Как правило, такие станки характеризуются большой гибкостью, маневрен-

ностью и универсальностью в условиях современного динамического производства [3].

**Комплексная автоматизация** – все операции по обработке сырья и материала заготовок, а также транспортировка, операции загрузки и разгрузки, сборки, контроля осуществляется системой автоматических машин по заранее заданной программе в автоматическом режиме. Функции человека при этом сводятся к оперативному управлению и диспетчированию работы отдельных участков производства и единиц оборудования.

**Полная автоматизация** – характеризуется автоматизацией всех процессов производства, начиная с подготовки и заканчивая реализацией продукции, то есть включает конструкторскую подготовку производства КПП, технологическую подготовку производства ТПП и организационную подготовку производства ОПП.

Таким образом, автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. На первых этапах осуществлялась лишь частичная автоматизация отдельных операций. По мере развития сфера автоматизации расширилась и распространилась не только на основные, но и на вспомогательные и даже обслуживающие операции [11].

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 расходовании 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 [13].

### **1.3 Тенденции и этапы развития автоматизации производственных процессов**

Современное производство представляет собой сложную систему, промышленные комплексы, которые должны обеспечивать бесперебойное функционирование всех подразделений.

Производственная система осуществляет изготовление заданной номенклатуры изделий в замкнутом производственном цикле, включающим материальный, информационный и энергетический потоки [13].

Для развития автоматизации производственных процессов были характерны 3 основные тенденции:

- широкое внедрение методов концентрации, то есть совмещение элементарных операций при создании автоматизированного и автоматического оборудования в условиях массового, крупносерийного, а также среднего и мелкосерийного производств. Концентрация операций в рамках одной рабочей машины значительно повышает производительность, сокращает время производственного цикла, следовательно, быстро окупаются затраты;

- использование метода агрегатно-модульного принципа построения автоматизированного и автоматического оборудования машин, агрегатов и линий сборочных, контрольных, транспортных, складских, устройств, промышленных роботов и систем управления, что значительно сокращает сроки проектирования и изготовления средств автоматизации, создает возможность их быстрой переконфигурации и переналадки при изменении объектов производства;

- применение микропроцессорной техники и компьютеров для управления технологическими процессами, оборудованием на всех уровнях, включая управление качеством продукции, что создает условия для повышения гибкости производства, обеспечивают высокую надежность управляемых систем и позволяет реализовать больше потенциальных возможностей современных технологий [13].

В развитии экономических и технических предпосылок внедрения и использования автоматизации технологических процессов (ТП) можно выделить следующие этапы [11]:

1. **Начальный** этап, характеризующийся избытком дешевой рабочей силы, низким уровнем производительности труда, малой единичной мощностью агрегатов и установок, благодаря чему было оправдано повсеместное участие человека в управлении ТП, то есть наблюдение за объектом управления, а также принятие и исполнение управляющих решений. Механизации и автоматизации подлежали только отдельные процессы и операции, управление которыми человек не мог осуществлять достаточно надежно по своим психофизиологическим данным, то есть технологические операции требовавшие больших мускульных усилий, быстроты реакции, повышенного внимания и др. [11]

2. Переход к следующему этапу **комплексной механизации и автоматизации** производства произошел благодаря росту производительности труда, укрупнению единичной мощности агрегатов и установок, развитию материальной и научно-технической базы автоматизации. На этом этапе, при управлении ТП человек–оператор более занимается ум-

ственным трудом, выполняя разнообразные логические операции при пусках и остановках объектов, особенно при возникновении всевозможных непредвиденных обстоятельств, предаварийных и аварийных ситуаций, оценивает состояние объекта, контролирует и резервирует работу автоматических систем. На данном этапе сформировались основы крупносерийного производства технических средств автоматизации (ТСА), ориентированного на широкое применение стандартизации, специализации и кооперации. Широкие масштабы производства средств автоматизации и специфика их изготовления приводят к постепенному выделению этого производства в самостоятельную отрасль [11].

3. С появлением управляющих вычислительных машин (УВМ) начинается переход к этапу **автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП)**, совпавший с началом научно-технической революции. На данном этапе становится возможной и экономически целесообразной автоматизация все более сложных функций управления, осуществляемая с использованием УВМ. Но, поскольку УВМ тогда были весьма громоздкими и дорогими, то для реализации более простых функций управления достаточно широко применялись и традиционные аналоговые устройства автоматики. Недостатком таких систем была их невысокая надежность, так как вся информация о ходе ТП поступает и обрабатывается УВМ, при выходе которой из строя, ее функции должен был взять на себя оператор-технолог, контролирующий работу АСУТП. В таких случаях качество управления ТП значительно снижалось, так как человек не мог осуществлять управление также эффективно, как УВМ [11].

4. Следующий этап связан с появлением относительно недорогих и компактных **микропроцессорных устройств** позволило отказаться от централизованных систем управления ТП, заменив их **распределенными системами**, в которых сбор и обработка информации о выполнении отдельных взаимосвязанных операций ТП, а также принятие управленческих решений осуществляется автономно, локальными микропроцессорными устройствами, получившими название микроконтроллеров. Поэтому надежность распределенных систем значительно выше, чем централизованных.

5. Переходу к **интегрированным системам управления** стал очередным этапом развития автоматизации производственных процессов. Развитие сетевых технологий, позволившее связать в единую корпоративную сеть многочисленные и удаленные друг от друга компьютеры, с помощью которых осуществляется контроль и анализ финансовых, материальных и энергетических потоков при производстве предпри-

ятием продукции, а также управление ТП, способствовало переходу **к интегрированным системам управления**. В этих системах с помощью весьма сложного программного обеспечения совместно решается весь комплекс задач по управлению деятельностью предприятия, включая задачи учета, планирования, управления ТП и др. [11]

6. Повышение быстродействия и других ресурсов микропроцессоров, используемых для управления ТП, позволяет в настоящее время говорить о переходе к этапу создания **интеллектуальных систем управления**, способных принимать эффективные решения по управлению предприятием в условиях информационной неопределенности, то есть нехватке необходимой информации о факторах, влияющих на его прибыль [11].

## **1.4 Классификация производств и оборудования в зависимости от степени автоматизации**

**Степень автоматизации** – это степень самостоятельности выполнения функций управления [17].

Оборудование, в зависимости от степени автоматизации подразделяется на следующие виды:

– **механизированное** (неавтоматизированное оборудование), требующее человека для его функционирования непосредственной работы и управления таким оборудованием;

– **автоматизированное оборудование** – оборудование, которое в автоматическом режиме выполняет все основные технологические операции, а также часть вспомогательных выполняется рабочим вручную;

– **автоматическое оборудование** – оборудование, способное в безлюдном режиме функционировать длительные промежутки времени, то есть наладчик производит наладку оборудования, создается задел (запас) заготовок на определенный период времени (~2-3 смены). В течение этого периода оборудование функционирует без непосредственного участия человека, осуществляя ряд повторяющихся рабочих циклов.

В соответствии с этим различают следующие виды производств в зависимости от степени автоматизации:

– **механизированное производство** – производство, при котором используется оборудование, превращающее энергию неживой природы в холостые и рабочие ходы технологического оборудования или в несколько раз усиливающее силу, приложенную человеком;

– **автоматизированное производство** – производство, в рамках которого часть оборудования может функционировать длительные промежутки времени без непосредственного участия человека и одновременно используется оборудование, требующее непосредственной работы за ним человека;

– **автоматическое производство** – производство, которое длительный период времени (более половины смены) может функционировать без непосредственного участия человека, то есть в «безлюдном режиме».

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

Таким образом, процесс, оборудование или производство, не требующие 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 [13].

## **1.5 Этапы автоматизации технологических и производственных процессов**

Исторически первой группой металлообрабатывающего оборудования являются станки с ручным управлением, которые постоянно совершенствовались и оснащались постепенно отдельными средствами автоматизации. Такое оборудование обладало широкой универсальностью и гибкостью, но являлось малопродуктивным. Рабочий выполнял все вспомогательные операции на станке с ручным управлением непосредственно.

Увеличение масштабов производства обусловило появление универсальных станков полуавтоматов и автоматов.

Автоматизированная машина – это самоуправляющаяся машина.

Автоматизация – это придание машине способности самостоятельно выполнять функции управления [17].

Определение автомата (согласно энциклопедии техники): «Автомат – агрегат, представляющий собой систему механизмов и устройств (электронных, электрических, пневматических, гидравлических), в которой полностью механизированы, т. е. выполняются без непосредственного участия человека, процессы получения, преобразования,

передачи и использования энергии, материала и информации. Процессы переработки информации, в зависимости от назначения автомата, составляют либо основу его рабочего цикла (например, ЭВМ), либо обеспечивают правильное протекание энергетических процессов (например, технологические автоматы)» [17].

Существует много машин и оборудования различного назначения, где заданная последовательность движений, их скорость, а также направление обеспечиваются кулачками, копирами соответствующей формы без применения средств автоматизации – устройств для получения, преобразования и использования сигналов (информации). Управление в виде подачи и преобразования сигналов сводится к первоначальному включению машины и ее выключению по окончании работы или к подаче сигналов (команд) на повторение цикла [17].

**Полуавтомат** – оборудование с автоматическим циклом, который повторяется с непосредственным участием человека.

**Машиной-полуавтоматом** называется технологическое оборудование, которое в рамках определенного заданного алгоритма работы функционирует автономно для выполнения определенного технологического цикла определенный период времени и выполняет все операции в автоматическом режиме, но требует участия человека для осуществления следующих операций:

- пуск оборудования перед изготовлением каждого изделия или группы изделий;
- выполнение операций загрузки и разгрузки;
- периодический контроль, наладка и подналадка, обслуживание оборудования;
- контроль качества изготавливаемых изделий.

Машина, где заданная программа работы обеспечивается кулачковыми механизмами, которые являются носителями программы, не требует вмешательства человека для управления так же, как и оборудование с числовым программным управлением, оснащенное системой устройств для получения, переработки и использования информации являющиеся самоуправляющимися, т. е. автоматами [17, 3].

**Машина-автомат** – технологическое оборудование, которое в рамках заданного алгоритма работы в автоматическом режиме может выполнять все рабочие и вспомогательные ходы, связанные с изготовлением изделий, а также функционировать определенное время автономно, выполняя все операции в автоматическом режиме, но требует вмешательства человека для осуществления следующих операций:

- первоначальный запуск оборудования перед обработкой партии заготовок;
- периодический контроль, наладка, подналадка и проверка работоспособности.

**Автомат** – самоуправляющаяся единица оборудования, автоматически и многократно выполняющая все рабочие и вспомогательные элементы цикла обработки заготовок.

Автоматы наиболее производительны за счет высоких скоростей выполнения вспомогательных перемещений большого количества одновременно работающих инструментов и т.д.

**Универсальные автоматы и полуавтоматы** – наиболее эффективны в производствах. Не требующих частых переналадок и подналадок, то есть в условиях крупносерийного производства, а также серийного.

Стремление максимально повысить производительность при больших масштабах производства привело к созданию специализированных и специальных автоматов.

**Специализированным** называется станок-автомат, который может быть изначально переналажен в рамках небольшой группы однотипных изделий.

**Специальные станки-автоматы** создаются для обработки одного номенклатурного наименования изделий. Используются в условиях массового производства, а также иногда в крупносерийном. Обладают высокой степенью специализации, которая приводит к упрощению конструкции компоновки, а также системой управления оборудованием.

Создание автоматических производств, то есть в историческом плане и в плане реального времени можно разделить на 4 этапа:

- автоматизация технологического рабочего цикла, характеризующаяся созданием машин полуавтоматов и автоматов. Представляет собой частичную автоматизацию;
- оборудование с ЧПУ;
- комплексная автоматизация;
- полная автоматизация.

Реализация этапов автоматизации для различных видов оборудования проходила по-разному. Так, у станков-автоматов на первом этапе был автоматизирован рабочий цикл, в том числе загрузка заготовок и выгрузка обработанных деталей, на втором этапе – рабочий цикл, в том числе загрузка-выгрузка и диагностирование. На третьем этапе загруз-

### Последовательность развития механизации и автоматизации различных видов оборудования [17]

Оборудование	Содержание этапов механизации и автоматизации		
	Этап I	Этап II	Этап III
Оборудование с ручным перемещением всех узлов и механизмов	—	—	—
Оборудование с механизованным перемещением узлов	Часть узлов требует ручного обслуживания	—	—
Полуавтоматы	Все рабочие ходы и часть вспомогательных ходов автоматизированы	Все рабочие ходы, часть вспомогательных ходов и контроль цикла автоматизированы	—
Автоматы с жестким программноносителем	Рабочий цикл, загрузка-выгрузка предметов труда автоматизированы	Рабочий цикл, загрузка-выгрузка и диагностика автоматизированы	Рабочий цикл автоматизирован; загрузка, выгрузка и штабелирование осуществляются промышленным роботом
Автоматы с цикловым программным управлением	Рабочие ходы в машинах серийного производства автоматизированы	—	—
Автоматы с ЧПУ	Автоматические системы на основе серийной элементной базы	Автоматические системы на базе элементов малой и средней степени интеграции	Автоматические системы на базе различных ЭВМ
Многоцелевые станки с ЧПУ, обрабатывающие центры	Автоматическая смена инструментов	Автоматическая смена инструментов, автоматизация загрузки заготовок и съём обработанных деталей	Автоматическая смена инструментов, автоматизация загрузки обрабатываемых деталей, в том числе шпиндельных корбоек
Промышленные роботы (ПР)	Выполнение транспортно-загрузочных операций	—	—

Оборудование	Содержание этапов механизации и автоматизации		
	Этап I	Этап II	Этап III
Технологические ПР	Выполнение операций механической обработки, сварки, окраски, сборки и т.д.	Адаптивные технологические ПР для механической обработки	–
Гибкие производственные модули (ГПМ)	Использование автооператоров, автоматическая смена инструмента	ПР напольного типа, автоматическая смена инструмента, тактовый стол	–
<b>Автоматические линии</b>			
Сблокированные АЛ	АЛ из 8 единиц оборудования (не более) (для выполнения черновых и получистовых операций)	АЛ из 10 единиц оборудования и более (для выполнения чистовых операций); возможен выпуск готовой продукции	–
Несблокированные АЛ (имеющие межоперационные заделы и возможность независимой работы встроеного оборудования)	Установка накопителей между участками АЛ	Установка бункеров между отдельными единицами оборудования	Использование оборудования с ЧПУ с накопителями
АЛ из оборудования с ЧПУ (переналаживаемые на обработку известных на стадии проектирования изделий)	Использование координатно-измерительных машин (КИМ)	Комплексная обработка изделия	–
Роботизированные технологические комплексы (РТК)	ПР выполняющих транспортные и загрузочные операции	ПР выполняют транспортно-загрузочные и технологические операции	–

Гибкие производственные системы (ГПС), гибкие автоматические производства (ГАП)		
Гибкие производственные системы (ГПС)	ГПМ, гибкие производственные ячейки (ГПЯ) и гибкие производственные участки (ГПУ) с транспортно-складской системой, работающей внутри ГПЯ (ГПУ)	ГАЛ с транспортно-складской и инструментальной системами и автоматизированными загрузкой заготовок и выгрузкой обработанных предметов труда, с выполнением отдельных контрольных операций
Гибкий автоматический цех (ГАЦ), гибкий автоматизированный завод (ГАЗ), специализированные на выпуск одного или нескольких однотипных изделий	Без системы автоматизированного контроля	Включенные отдельные системы автоматизированного контроля
ГАП: цех, завод, состоящие из автоматизированных транспортно-складских систем, ГПМ, ГПЯ, ГАУ, ГАЦ и имеющие самостоятельные системы управления оборудованием и производством	Без САПР обрабатываемых изделий	Включенные САПР обрабатываемых изделий, подготовку управляющих программ
		Комплексный контроль изделия на базе КИМ
		Внедрение САЛS-технологий (информационная поддержка поставок и жизненного цикла продукции)

*Примечание. Для отдельных видов оборудования возможна дальнейшая автоматизация, поэтому некоторые графы таблицы остались незаполненными.*

ка заготовок, выгрузка обработанных деталей и их штабелирование осуществляется промышленным роботом [17].

В таблице 1 представлена последовательность развития механизации и автоматизации технологического оборудования [17].

## **1.6 Ступени автоматизации производственных процессов**

Всякая развитая рабочая машина (технологическая, транспортная и др.) состоит из двигательного, передаточного и исполнительного механизма. Важнейший – это исполнительный механизм, состав которого определяет технологическое назначение и возможности, степень универсальности и наименование оборудования.

Технологические машины одинаково функционального назначения и их системы управления отличаются друг от друга по следующим основным признакам:

1. **Уровень автоматизации:** машины бывают полуавтоматическими, автоматическими, поточными, автоматизированными, а также неавтоматическими, с ручным управлением и др.

2. **Принципиальная схема и компоновочное решение:**

- а) одно- и многопозиционные машины;
- б) горизонтального и вертикального типов 4;
- в) непрерывного (роторные линии) и дискретного действия.

В пределах одинакового функционального назначения существует большое количество структурно-компонованных вариантов построения машин.

3. **Производственная гибкость.** По степени производственной гибкости, технологические машины и оборудование подразделяются:

а) специальные, не допускающие никаких переналадок и предназначены для производств одного наименования продукции;

б) специализированные, которые в пределах своего технологического оснащения могут незначительно переналаживаться на выпуск отдельного диапазона типоразмеров однородных изделий. Любое специальное или специализированное оборудование в определенной степени является уникальным;

в) гибкое универсальное оборудование. В пределах своего функционального назначения может переналаживаться без значительных затрат на производство разнообразной продукции при соответствующем изменении (состава и исходных материалов, программ функционирования и режимов).

Критерием в данном случае является **универсальность** – способность оборудования переналаживаться, перестраиваться на обработку, сборку, контроль, транспортировку, хранение и прочее разнообразной продукции.

### **1.7 Классификации средств автоматизации оборудования**

Средства автоматизации, как встроенные в оборудование, так и пристраиваемые к нему, можно разделить на пять групп [17].

1. Первая группа включает устройства, автоматизирующие кинематическую и технологическую настройку оборудования.

2. Во вторую группу входят технические устройства, автоматизирующие установку, закрепление заготовок и съём обработанных предметов труда.

3. К третьей группе относятся устройства, автоматизирующие управление и обслуживание оборудования (например, отвод и подвод режущего инструмента, работа по упорам, остановка суппорта в заданном положении, получение размеров, осуществление холостых ходов, выключение оборудования при завершении обработки или в случае возникновения аварийной обстановки и др.).

4. К четвертой группе относятся приборы и механизмы активного контроля в процессе обработки.

5. В пятую группу входят устройства, автоматизирующие циклы обработки (механического, электромеханического, гидравлического и комбинированного действия).

Приведенная классификация не может рассматриваться как окончательная. Прогресс развития как оборудования, так и производства (и станкостроения в частности) порождает новые идеи, которые в дальнейшем реализуются в конструкциях [17].

## ГЛАВА 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВ

### 2.1. Типы производства

Под **типом производства** понимается классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярностей и объема выпускаемой продукции.

**Тип производства** – комплексная характеристика технических, организационных и экономических обязанностей производства, обусловленная его специализацией, постоянством и объемом номенклатуры изделий, формой движений предметов труда по рабочим позициям.

Важнейшим показателем, характеризующим тип производства, является номенклатура и количество выпускаемых изделий. При этом на одном и том же предприятии производство может иметь различный характер. Так при серийном характере производства основной продукции производство нормалей (например, болтов, винтов, гаек и прочего) может носить массовый характер, а продукция инструментальных цехов – мелкосерийный или даже единичный [3].

Характер производства предъявляет определенные требования к технологическому оборудованию. Если в условиях массового производства со стабильными характеристиками выпуска продукции главным требованием к рабочим машинам является высокая производительность, то для условий серийного и единичного производства первостепенное значение приобретает универсальность и мобильность средств производства при обеспечении соответствующего качества продукции [3].

Под универсальностью понимается способность оборудования к переналадке на возможно широкий диапазон обрабатываемых изделий.

Мобильность определяется быстротой перехода с выпуска одних изделий на другие.

Как правило, чем выше производительность оборудования и степень его автоматизации, тем ниже показатели универсальности и мобильности [3].

**Единичное производство.** Такой тип производства характеризуется тем, что изделия выпускаются единичными экземплярами, разнообразными по конструкции, размерам, массе и т.д., которые в дальней-

шем могут не повторяться вообще на рабочих местах. При единичном производстве технологическое оборудование загружается различными работами и не имеет закрепленных операций или объектов производства [3]. На нем выполняются различные операции по изготовлению разнообразных изделий. Используется универсальное неавтоматизированное оборудования, обладающее высокой степенью универсальности и гибкостью, требующее для работы на них высококвалифицированных рабочих. Автоматизация практически отсутствует.

**Серийное производство.** Занимает промежуточное положение между единичным и массовым, а также характеризуется изготовлением продукции сериями.

Под **серией** понимается некоторое количество изделий одинаковой номенклатуры, запускаемых в производство одновременно, либо последовательно друг за другом без перерыва.

При серийном производстве технологическое оборудование специализируется на выполнение двух или нескольких закрепленных операций, чередующихся в определенной последовательности [3]. По сравнению с единичным производством достигается сокращение длительность производственного цикла, повышение производительность за счет использования автоматизированного оборудования.

**Мелкосерийное производство.** Этот тип производства по своим характеристикам приближается к единичному. Продукция изготавливается небольшими сериями, которые в дальнейшем могут повторяться или повторяться через значительный промежуток времени. Применяется автоматизированное оборудование (станки с ЧПУ и револьверные станки). По сравнению с единичным производством не требуется высокая квалификация рабочего. Уровень автоматизации – незначительный. Частичная автоматизация.

**Среднесерийное производство.** Производство характеризуется выпуском продукции сериями, повторяющимися через определенные промежутки времени. По сравнению с мелкосерийным производством, номенклатура выпускаемой продукции не столь разнообразна, хотя используются при этом универсальное гибкое автоматизированное оборудование (ЧПУ, промышленные роботы).

**Крупносерийное производство.** Такое производство по своим характеристиками приближается к массовому. Продукция изготавливается крупными сериями и длинными промежутками времени. Используется специализированное автоматизированное оборудование, например, агрегатные станки с ЧПУ. Применяется комплексная автоматизация, что свидетельствует о ее достаточно высоком уровне. На

рабочих позициях выполняются однотипные операции. Не требуется высокая квалификация рабочего.

**Массовое производство.** При массовом производстве технологическое оборудование специализируется на выполнение одинаковых, повторяющихся операций технологического процесса, то есть на каждой рабочей позиции зачастую производится одна единственная операция [3].

Производство характеризуется непрерывным изготовлением ограниченной номенклатуры изделий на специальном автоматизированном оборудовании в рамках автоматических поточных линий. Уровень автоматизации при таком типе производства максимальный и, соответственно, используется жесткая автоматизация, при которой не требуется высокая квалификация рабочего.

Таким образом, массовое производство одних и тех же изделий в течение длительного периода времени требует создания дорогостоящих, предельно автоматизированных, высокопроизводительных машин, длительное время сохраняющих свои эксплуатационные качества. К таким машинам относятся прежде всего станки-автоматы и полуавтоматы, а в условиях серийного производства - станки с ЧПУ. Из таких станков komponуются в дальнейшем гибкие производственные модули и системы, автоматические линии [3].

## 2.2 Понятие о гибкой и жесткой автоматизации

В условиях крупносерийного и массового производств используется специализированное и специально оборудование, преимущественно автоматическое (автоматы), на базе которого komponуются автоматические поточные линии с автоматизацией как основных, так и вспомогательных операций, а также обслуживающих. Применяют так называемую жесткую автоматизацию.

Недостатки жесткой автоматизации:

1. Практически невозможен переход на выпуск другой продукции, так как это требует значительных затрат, реконструкции производства и оборудования и их полной остановки, вплоть до демонтажа.

2. Значительные сроки окупаемости, что не рентабельно и не эффективно в современных условиях.

Оборудование, используемое в условиях жесткой автоматизации, характеризуется максимальной концентрации операций и позволяет достигать максимальной эффективности и производительности, но

предназначено для выпуска ограниченной номенклатуры типоразмера изделий.

В условиях среднесерийного и мелкосерийного производств применяют гибкую автоматизацию и гибкое автоматизированное оборудование на базе станков с ЧПУ. Используемое в условиях гибкой автоматизации гибкое технологическое оборудование в сравнительно короткие сроки без значительных затрат может быть переналажено на выпуск другого вида продукции.

Для условий мелкосерийного и даже единичного производств используют, так называемую, гибкую интегрированную автоматизацию и гибкое интегрированное оборудование на базе ЧПУ.

### 2.3 Систематизация оборудования по степени гибкости

Все технологическое оборудование по степени гибкости подразделяется на 4 группы, согласно следующим критериям:

1. **Универсальность** – способность оборудования обрабатывать и устанавливать различные изделия в различных количествах без перестройки оборудования. Широкой универсальностью обладает адаптивное оборудование с ЧПУ.

**Перестройка** – это замена части оборудования.

2. **Приспосабливаемость** – способность оборудования без дополнительной переналадки изготавливать и обрабатывать изделия одного типа. Высшей степенью чувствительности обладает адаптивное оборудование с ЧПУ.

**Переналадка** – это замена части инструмента, оснастки и управляющей программы.

3. **Повторяемость** – способность оборудования возвращаться к выпуску ранее изготавливаемых изделий.

4. **Чувствительность** – способность оборудования адаптироваться параметрам заготовки, условиям обработки при сохранении необходимой производительности и параметров качества выпускаемой продукции. Наивысшей степенью чувствительности обладает адаптивное оборудование с ЧПУ.

В соответствии с вышеперечисленными критериями, все технологическое оборудование подразделяется на 4 группы:

1. **Жесткое технологическое оборудование.** Используется в условиях массового производства (специальные станки-автоматы). Характеризуются возможностью изготовления максимум 2÷3 номенклатурных наименований деталей данного типа. Переход на выпуск иной

продукции фактически невозможен, то есть требует замены, перестройки или демонтажа оборудования.

**2. Жесткое переналаживаемое оборудование.** Используется в условиях крупносерийного производства (специализированные автоматы, рассчитанные на выпуск одной группы изделий, в пределах которой может производиться незначительная переналадка). Переход на выпуск деталей вне этой группы требует перестройки оборудования.

**3. Гибкое переналаживаемое оборудование.** Используется в условиях среднесерийного и мелкосерийного производств. Представляет собой универсальное оборудование с ЧПУ, предназначенное для изготовления широкой номенклатуры разнообразных изделий без значительных материальных и временных затрат при переходе на выпуск изделий другой группы. При этом требуется только переналадка оборудования.

**4. Гибкое интегрированное оборудование.** Современное широкоуниверсальное оборудование с ЧПУ, предназначенное для условий серийного или даже единичного производства. Такое оборудование может одновременно или поочередно обрабатывать или изготавливать несколько групп изделий. Переход к выпуску других новых изделий не требует остановки производства, перестройки и даже дополнительной переналадки оборудования в ручном режиме. Переналадка осуществляется автоматически.

## **2.4 Характеристики и классификация автоматического оборудования для автоматизации различных типов производства**

Рабочая машина, выполняющая с помощью энергии неживой природы заданный алгоритм функционирования при участии людей в загрузке и выгрузке или установке и съеме объектов обработки и в периодическом включении машины, называется машиной-полуавтоматом.

Металлорежущий станок, который автоматически, без участия рабочего, выполняет весь цикл движений инструмента: подвод к заготовке, врезание, рабочую подачу на заданную длину, отвод инструмента и остановку станка, представляет собой рабочую машину-полуавтомат [17].

Рабочая машина, выполняющая технологический процесс без участия человека, производя все рабочие и вспомогательные ходы рабочего цикла, называется автоматом. Человек осуществляет только контроль и наладку. Конструктивный признак автомата – наличие полного комплекта целевых механизмов рабочих и вспомогательных ходов,

осуществляющих все движения рабочего цикла, и системы управления, координирующей их работу.

Рабочий цикл машины – это интервал времени, через который повторяется одна и та же операция; он состоит из времени рабочих и вспомогательных ходов.

Рабочими ходами исполнительных механизмов машины называют движения, благодаря которым производится непосредственное технологическое воздействие на обрабатываемый объект: обработка, контроль, сборка [17].

Вспомогательными ходами называют движения механизмов, которые служат для подготовки условий, необходимых для обработки, например, подача и зажим заготовок, подвод и отвод инструмента, переключение скоростей. Некоторые рабочие и вспомогательные ходы могут совмещаться во времени.

Автомат, как и любая рабочая машина, имеет двигательный, исполнительный и передаточный механизмы. Исполнительный механизм автомата в отличие от исполнительного механизма неавтоматизированного оборудования должен включать механизмы рабочих ходов, вспомогательных ходов и управления.

Полуавтомат отличается от автомата тем, что в комплекте его целевых механизмов отсутствует один из основных механизмов и соответствующий элемент рабочего цикла выполняют вручную или с помощью средств механизации. Таким образом полуавтомат работает в автоматическом цикле, для повторения которого требуется вмешательство человека (загрузка заготовок, съём изделий, ориентирование, зажим заготовок).

Современные автоматы ввиду большого разнообразия конструкций и компоновок классифицируют по следующим признакам.

1. По технологическому назначению: токарные, шлифовальные, сборочные, гранулирующие, упаковочные и т. п.
2. По количеству шпинделей: одношпиндельные и многошпиндельные.
3. По степени универсальности: универсальные, предназначенные для обработки деталей разных наименований (токарные прутковые и патронные автоматы и полуавтоматы).

В качестве программносителя они могут иметь кулачки и копиры, что типично для крупносерийного производства. При автоматизации серийного и мелкосерийного производства используется оборудование с ЧПУ с программносителями (сначала в виде магнитных лент, перфолент, затем магнитных дисков), а также с оперативной системой управления; специализированные, предназначенные для обработки

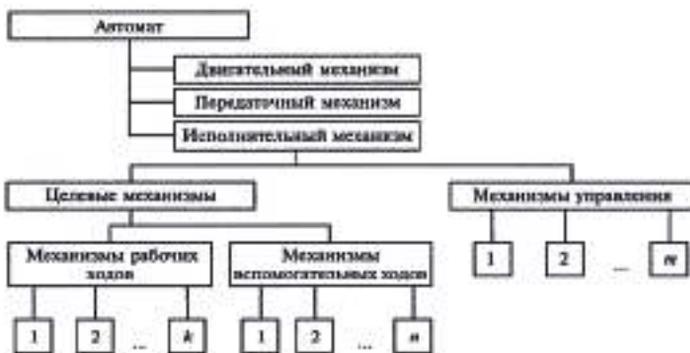


Рис. 1. Структурная схема автомата

узкой группы однотипных изделий; специальные, в расчете на изготовление конкретного изделия, типичные для массового производства. К ним относятся агрегатные автоматы, которые komponуются из разнотипных унифицированных механизмов и узлов с минимальным количеством оригинальных конструктивных элементов.

4. По расположению шпинделей: автоматы вертикальной и горизонтальной компоновки.

На рисунке 1 приведена классификация механизмов автомата – структурная схема.

## 2.5 Автоматические линии

Автоматические линии предназначены для массового и крупносерийного производства в отраслях промышленности с установившимся характером производства [17].

Автоматическая линия (АЛ) представляет собой совокупность технологического оборудования, установленного в последовательности технологических операций, соединенного автоматическим транспортом, оснащенного автоматическими загрузочно-разгрузочными устройствами, управляемого одной общей или несколькими взаимосвязанными системами управления. Загрузка, разгрузка и межоперационное перемещение заготовок и деталей от станка к станку осуществляется, как правило, автоматической транспортной системой, имеющей накопитель первичной загрузки. АЛ должна содержать не менее двух автоматических станков [17].

Линия, в каждом цикле работы которой выполнение части операций происходит с непосредственным участием оператора, называется полуавтоматической.

Часть АЛ, технологическое и транспортное оборудование, в которой объединены общим назначением или компоновочным решением, называется участком АЛ. Участок АЛ может действовать самостоятельно [17].

АЛ могут компоноваться из агрегатных специальных или универсальных станков. Как показал опыт, эффективным является внедрение переналаживаемых АЛ. В связи с этим создаются модели агрегатных станков, имеющих постоянные агрегатные столы и сменные силовые головки, устанавливаемые на них.

Линии из специальных станков применимы в условиях как минимум крупносерийного производства, и поэтому применяются редко. Стоимость таких линий высока, сроки освоения длительны, так как их проектируют, а затем осваивают в производственных условиях каждый станок линии. Оборудование этих линий невозможно использовать для производства других изделий. АЛ из специальных станков находят применение для сравнительно несложных (при небольшом числе операций) технологических процессов [17].

Линии из обычных агрегатных или специальных станков обладают тем недостатком, что на них утрачивается маневренность производства, и имеет место так называемый консерватизм технологии, т. е. затрудняется возможность изменения технологий обработки данного изделия, а также быстрого перехода от производства одного изделия к другому.

АЛ представляют собой сложную систему станков и различного вида автоматических устройств. Поэтому потеря работоспособности линии может произойти из-за отказа инструмента, приспособления, механических, гидравлических, электрических и пневматических устройств, рабочих органов межоперационного транспорта, автоматических средств технического контроля и т. д. В связи с этим необходимо компоновать оборудование так, чтобы временные остановки агрегатов не влияли на работу всей линии.

## 2.6 Классификация автоматических линий

АЛ классифицируются по различным признакам, влияющим на их структуру и организацию эксплуатации.

**По виду связи между единицами оборудования (агрегатами)** АЛ бывают заблокированные и неблокированные [17].

**Сблокированная автоматическая линия** – это АЛ, в которой автоматический транспорт и система управления объединяют работу встроенного технологического оборудования общим циклом.

В заблокированной АЛ, показанной на рисунке 2, изделия загружаются, обрабатываются, разгружаются и передаются от станка к станку одновременно или через кратные промежутки времени. В этих линиях нет межоперационных активных заделов, поэтому в случае выхода из строя любого станка все прочие станки линии выключаются и линия простаивает.

Несблокированная АЛ – это АЛ, в которой автоматический транспорт и система управления обеспечивают в определенных пределах независимый цикл работы каждой единицы встроенного технологического оборудования. В несблокированной АЛ, пример которой представлен на рисунке 3, изделия обрабатываются и передаются от станка к станку не одновременно [17].

На рисунке 3 показано, как после обработки на станке изделие попадает в межоперационный накопитель.

В таких линиях, как проиллюстрировано на рисунке 3, имеются межоперационные активные заделы, позволяющие в случае выхода из строя любого станка всем другим продолжать работу до истощения

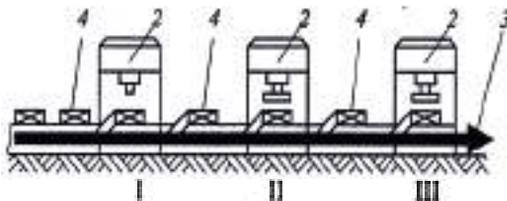


Рис. 2. Схема заблокированной АЛ:

1 – накопитель первичной загрузки; 2 – технологическое оборудование; 3 – транспортёр; 4 – заготовки; 5 – накопители; I, II, III – номер участка

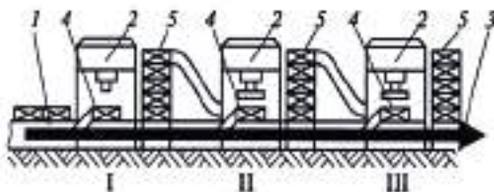


Рис. 3. Схема несблокированной АЛ:

1 – накопитель первичной загрузки; 2 – технологическое оборудование; 3 – транспортёр; 4 – заготовки; 5 – накопители; I, II, III – номер участка

межоперационных заделов, сосредоточенных между двумя станками (или участками) АЛ и предназначенных для обеспечения бесперебойной работы оборудования (или участков) при их различной производительности или в случае поломки одного из них [17].

Устройство для приема, хранения и выдачи межоперационного задела, расположенное между единицами оборудования или между участками станков (см. рисунок 3) АЛ, называется накопителем заделов.

В отношении организации потока и компоновки автоматические станочные линии выполняют в трех вариантах.

Безбункерные АЛ. На таких линиях вырабатывают обычно корпусные детали: блоки цилиндров, корпуса коробок скоростей автомобиля и т. п. Заготовка проходит всю линию, перемещаясь общим транспортером последовательно с одной рабочей позиции на другую величину расстояния между позициями (прямоточная линия) или на величину размера заготовки (поточные линии).

Бункерные АЛ. Они состоят из отдельных автоматических станков, снабженных механизмами питания – бункерами и связанных друг с другом транспортерами, передающими обрабатываемые детали с одной позиции на другую.

АЛ с приемниками и накопителями. В этом случае линия делится на отдельные участки, между которыми размещаются промежуточные накопители запасов полуфабрикатов (бункерно-прямоточные и бункерно-поточные линии). При таком варианте временная потеря работоспособности какого-либо участка не приводит к остановке всей АЛ. Задача при проектировании таких АЛ сводится к выбору места установки и количества бункеров.

На рисунке 4 представлены примеры АЛ с накопителями, расположенными между единицами оборудования (а) и между участками (б).

Как видно из рисунка 4, не заблокированная АЛ может обеспечивать несинхронную связь между единицами оборудования (рисунок 4, а) или между участками (при синхронной связи между станками участка – см. рисунок 4, б).

**По виду обрабатываемых изделий** различают АЛ для обработки корпусных деталей, валов (прямоосных, коленчатых, распределительных), дисков, деталей подшипников и др.

**По способу передачи изделий** от одной единицы оборудования к другой различают следующие АЛ:

а) со сквозным транспортированием через рабочую зону. Преимущество такого способа – удобство компоновки, недостаток – усложнение обслуживания оборудования. Такие АЛ применяются при обработ-

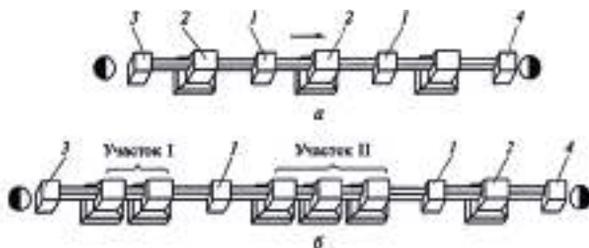


Рис. 4. Схемы автоматических линий с накопителями, расположенными между единицами оборудования (а) и между участками (б):

1 – накопители; 2 – единицы оборудования; 3 – первичные накопители в начале АЛ; 4 – накопители обработанных предметов труда в конце АЛ [17]

ке корпусных деталей, при обработке наружных колец подшипников на бесцентровых круглошлифовальных автоматах и т.д.;

б) с верхним транспортированием. Преимущество данного способа заключается в облегчении обслуживания оборудования АЛ, а недостаток – усложнение транспортной системы. Такие АЛ применяются при шлифовальной обработке коленчатых валов;

в) с боковым (фронтальным) транспортированием. При этом требуется дополнительное устройство для поперечной загрузки заготовок в рабочую зону и съема готовых деталей. Такие АЛ применяются при обработке валов электродвигателей, зубчатых колес, железнодорожных подшипников;

г) с комбинированным транспортированием.

**По характеру транспортирования изделий** АЛ делятся на спутниковые и беспутниковые. Спутниковая АЛ такая, в которой заготовки базируются, обрабатываются и транспортируются на приспособлениях-спутниках (ПС). В транспортную систему таких линий входят транспортеры для возврата ПС на позицию загрузки [17].

На рисунке 5 показана АЛ для обработки корпуса клапана, который из-за формы, неудобной для непосредственного базирования, устанавливают на ПС [17].

На рисунке 5 представлен пример АЛ, которая имеет замкнутую транспортную систему, состоящую из продольных и поперечных шаговых конвейеров 2, 3, 5 и 10, перемещающих обрабатываемые детали 4 по рабочим позициям Б, В, Г, Д и возвращающих ПС 6 к позиции А ручной загрузки-выгрузки обрабатываемых изделий (на позициях А, В и Г верхняя плита у ПС не показана). Последовательная обработка детали происходит на станках 7, 8 и 1. На позиции Б растачиваются отверстия и подрезаются торцы левого и среднего фланцев. На позиции В сверлятся отверстия и подрезается торец правого фланца. На столе 9

ПС вместе с деталью поворачивается в горизонтальной плоскости на  $180^\circ$  и поступает на позицию Г для сверления отверстий в торцах правого и среднего фланцев. После обработки ПС с деталью поступает на позицию Д для очистки от стружки, а затем на позицию А для контроля отверстий, снятия с ПС обработанной детали и установки на ПС новой заготовки [17].

На рисунке 6 представлен пример ПС со станцией 1, предназначенной для фиксации и закрепления ПС на позиции АЛ во время обработки заготовки корпусной детали.

Изделие, поступающее на ПС, имеет уже обработанные опорные поверхности лап, в которых просверлены и развернуты крепежные технологические отверстия. Заготовку 5 устанавливают на лапах на плите 12 и фиксируют по двум технологическим отверстиям с помощью штырей 18. Плита 12 ПС базируется на станции по пазам 13 и двум фиксаторам 4, выдвигаемым гидроцилиндрами 3 с помощью угловых рычагов 2. ПС (совместно с заготовкой 5) крепится четырьмя Г-образными прихватами 21, действующими от гидроцилиндров 19. Криволинейные пазы 20, выполненные на цилиндрических поверхностях прихватов 21, обеспечивают поворот прихватов во время установки ПС. Для предотвращения деформации заготовки 5

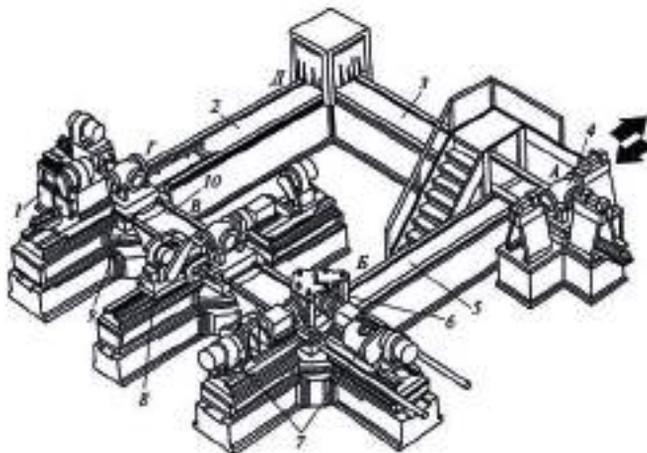


Рис. 5. Однопредметная АЛ для обработки корпуса клапана с использованием приспособлений-спутников (ПС) и шаговых конвейеров:  
 1, 7, 8 – станки; 2, 3, 5, 10 – шаговые конвейеры; 4 – обрабатываемая деталь; 6 – ПС; 9 – стол; А – позиция контроля и загрузки-выгрузки;  
 Б, В, Г, Д – рабочие позиции

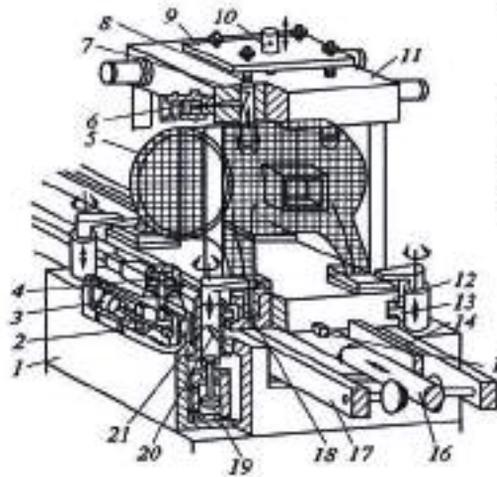


Рис. 6. Приспособление-спутник (ПС), используемое в автоматических линиях:  
 1 – станция; 2 – угловой рычаг; 3, 6, 10, 19 – гидроцилиндры; 4 – фиксатор;  
 5 – заготовка детали; 7 – опора; 8 – пружина; 9 – планка; 11, 12 – плиты;  
 13, 20 – пазы; 14, 17 – направляющие конвейера; 15 – упор; 16 – штанга;  
 18 – штырь; 21 – прихват

в процессе обработки на ПС предусмотрены подводимые опоры 7, укрепленные в верхней плите 11 и поджимаемые пружинами 8. В рабочем положении опоры фиксируются с помощью плунжера гидроцилиндров 6. Во время загрузки заготовки 5 опоры 7 отводятся гидроцилиндром 10 с помощью планки 9, в которой закреплены хвостовики опор 7. Перемещение ПС по направляющим 14 и 7 транспортера производится упором 15 и штангой 16, совершающей возвратно-поступательное и качательное движения [17].

Приспособления-спутники (ПС) базируются на АЛ двумя способами:

а) по нижним опорным плоскостям с прижимом сверху (при этом базовая поверхность одновременно является и транспортной);

б) по верхним плоскостям с поджимом снизу (при этом базовая поверхность не является транспортной). При базировании вторым способом базовые поверхности можно предохранять от попадания стружки и грязи, и поэтому они более долговечны.

На рисунке 7 показаны типовые схемы возврата ПС на позицию загрузки-выгрузки, где снимается обработанная деталь и устанавливается следующая заготовка [17].

На рисунке 7, а показан возврат ПС 2 конвейером 3, расположенным под рабочим конвейером 4, в конце которого находится опускатель 5. Подъемник 6 перемещает ПС в вертикальной плоскости, после чего осуществляется автоматическая загрузка заготовки 1 в спутник и подача ПС (вместе с заготовкой) в станок 7. Эта схема применяется при обработке относительно мелких деталей, так как в противном случае при возврате крупных ПС в нижней части ослабляется станина станка.

На рисунке 7, б изображены конвейеры 3 возврата, расположенные в одной горизонтальной плоскости с рабочим конвейером 4. Недостаток этой схемы – увеличение площади, занимаемой АЛ, и некоторые неудобства при ее обслуживании [17].

На рисунке 7, в представлена схема перемещения ПС по замкнутой траектории при отсутствии конвейера возврата. Компоновка АЛ обеспечивает возможность обработки пяти поверхностей изделия. При компоновке АЛ из вертикальных станков и близком расположении ра-

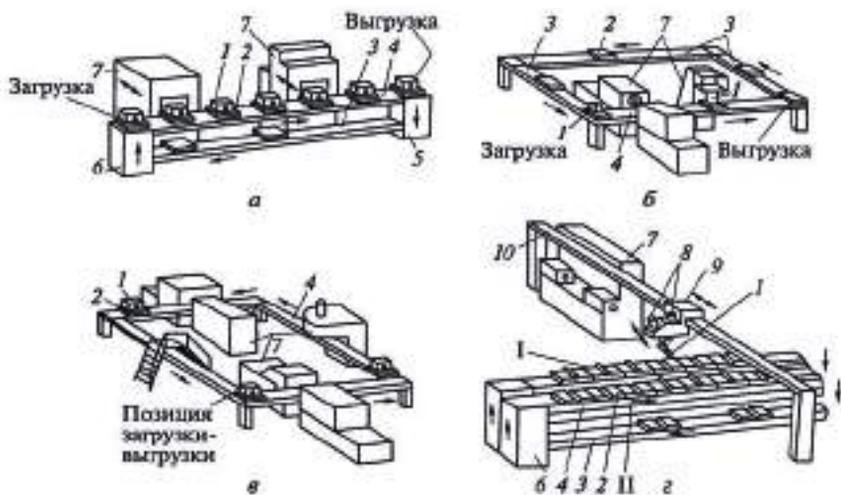


Рис. 7. Схема возврата ПС в автоматических линиях:

- а – конвейер возврата расположен под рабочим конвейером; б – конвейер возврата и рабочий конвейер, расположенные в одной горизонтальной плоскости; в – конвейер возврата отсутствует; г – линия с порталным манипулятором; 1 – предмет труда; 2 – ПС; 3 – конвейеры возврата; 4 – рабочие конвейеры; 5 – опускатели; 6 – подъемники; 7 – единицы технологического оборудования; 8 – захваты; 9 – каретка; 10 – порталный манипулятор; I – транспортирование заготовок; II – транспортирование обработанных предметов труда

бочих параллельных конвейеров становится возможной обработка на двух позициях одним агрегатным станком, что уменьшает количество станков линии. Преимуществом такой схемы является и то, что позиции загрузки-выгрузки совмещены в одну. В целом экономится производственная площадь, занимаемая АЛ [17].

При компоновке АЛ из вертикальных станков, когда на одной стороне монтируются с противоположных сторон два силовых узла, изделие транспортируется в горизонтальной плоскости (см. рисунок 5). По такой схеме строятся АЛ для обработки крупных изделий.

В некоторых линиях для обработки деталей сложной формы (например, коленчатых валов) ПС 2, как продемонстрировано на рисунке 7, г, служат только для транспортирования изделий 7 между станками 7. В этом случае изделие 7 снимается со спутника 2 и переносится для обработки на станок 7 с помощью портального манипулятора 10.

**По типу встроенного оборудования** различают АЛ из универсальных (автоматов или полуавтоматов), специальных и агрегатных станков. Иногда АЛ комплектуется из станков различных типов.

**По числу типов одновременно обрабатываемых предметов труда** АЛ делятся на однопредметные и многопредметные [17].

Пример спутниковой АЛ для обработки одного изделия, называемой однопредметной (или однономенклатурной), был приведен на рисунке 5.

АЛ, предназначенная для производства изделий нескольких типоразмеров или наименований, называется многопредметной, или многономенклатурной. Многопредметная АЛ должна быть перенала-

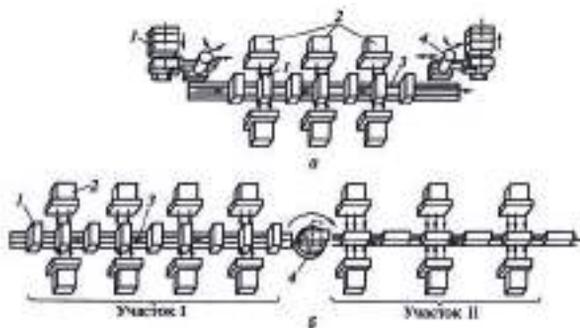


Рис. 8. Схемы однопредметных автоматических линий (АЛ) из одного (а) и двух (б) участков: 1 – заготовки; 2 – единицы технологического оборудования; 3 – конвейеры; 4 – поворотные столы

живаемой – ее технологическое и транспортное оборудование за счет автоматического или ограниченного по времени и трудоемкости ручного регулирования или замены элементов технологической оснастки, автоматического транспорта и автоматических загрузочно-разгрузочных устройств должны позволять проводить обработку разных изделий в заранее установленном диапазоне размеров [17].

Обработка, при которой каждая операция (переход) выполняется только на одном изделии, называется однопоточной, а работающая по этому принципу АЛ – линией последовательного действия (рисунок 8).

Обработка, при которой одна и та же операция (переход) выполняется одновременно на нескольких изделиях, называется многопоточной, а работающая по такому принципу АЛ – линией параллельно-последовательного действия (рисунок 9). Увеличение числа потоков связано с необходимостью увеличения выпуска изделий.

**По расположению оборудования** различают замкнутые и незамкнутые АЛ. Замкнутые АЛ загружаются и разгружаются с помощью транспортного устройства, ПР или оператора в одном месте, что является их достоинством; недостаток – затрудненный доступ к оборудованию, что усложняет его обслуживание.

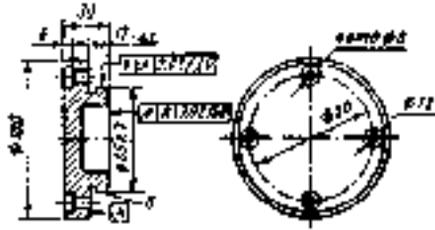
Большинство АЛ – незамкнутые, т. е. расположение оборудования может быть прямолинейным, Т-образным, П-образным, Ш-образным и т.д. Такие АЛ позволяют выполнять много операций, обеспечивают удобный доступ при обслуживании и ремонте, но требуют большого числа обслуживающих рабочих.

**По расположению оборудования** относительно транспортной системы АЛ могут быть поперечным или продольным расположением оборудования. При поперечном расположении оборудования транспортная система может проходить через рабочую зону или размещаться перед ними. В первом случае функции загрузочных устройств выполняет транспортная система АЛ, а во втором – питатели или ПР [17].

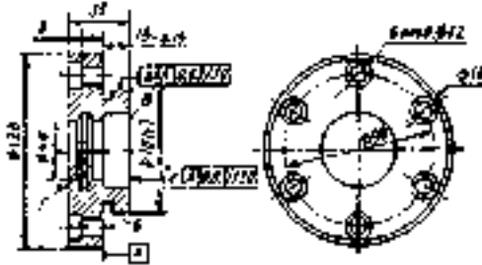


Рис. 9. Схема многопоточной автоматической линии:  
1, 2, 3 – заготовки; 4 – технологическое оборудование

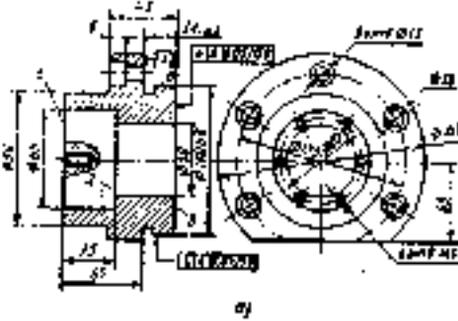
Фланец 1



Фланец 2



Фланец 3



Фланец 4 - П

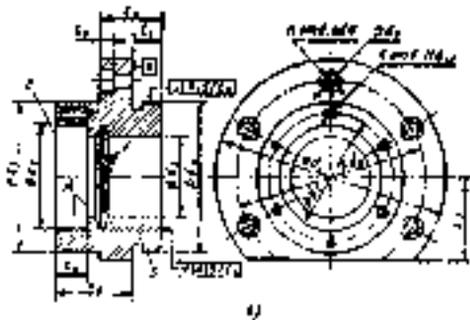


Рис. 10. Представители группы фланцев и типовая деталь-фланец № 4 – представителя

**По технологическому назначению** различают АЛ механообрабатывающие, механосборочные, сборочные, заготовительные, штамповочные, термические, контрольно-измерительные, электроэрозионные, фасовочные, упаковочные, консервационные. Для АЛ комплексной обработки характерно сочетание технологических операций: обработка резанием, давлением, воздухом, сборка, контроль, мойка и другие. Наиболее часто такие линии применимы в подшипниковом производстве и при изготовлении деталей автомобилей [11].

**По технологической гибкости** линии бывают непереналаживаемые, для групповой обработки и гибкие. Линии для групповой обработки проектируются по условной детали или детали-представителя, которая включает все элементы данной детали как показано на рисунке 10 [11].

Детали одной группы относятся к одному типу деталей (валы, диски, рычаги), имеют одинаковый технологический маршрут обработки и отличаются только размером поверхностей. Линии для групповой обработки характеризуются возможностью обработки двух-трех однотипных деталей без переналадки оснастки и оборудования [11].

Непереналаживаемые линии проектируются для обработки деталей с большой программой выпуска, конструкция которых не меняется длительное время (например, детали подшипников качения). ГПЛ обладают возможностью переналадки для обработки однотипных, хотя и различных деталей, имеющих одинаковый маршрут обработки.

На рисунке 11 представлена планировка переналаживаемой АЛ, обслуживаемой ПР и предназначенной для обработки поворотных кулаков типов А и Б грузовых автомобилей.

Как представлено на рисунке 11, подаваемые конвейером 1 заготовки оператор устанавливает на станок 2, где производятся сверление отверстий во фланце и развертывание базового отверстия для выполнения последующих операций. Затем оператор проверяет изделие на контрольном устройстве 3 и укладывает его во вращающийся накопитель 4. ПР 5 подает изделие из накопителя на позицию 6 обдувки и поворачивает под струями сжатого воздуха, чтобы деталь очистилась от оставшейся стружки. Затем ПР перемещает предмет труда в вертикальном положении на позицию 7 фрезерного станка 22. Последний имеет фрезерные головки 23 и 10 и салазки 11, на которых установлены два приспособления: одно предназначено для зажима изделия во время первого фрезерования (при движении от позиции 7 до позиции 8), другое – для зажима его во время второго фрезерования (при движении от позиции 8 до позиции 9) [17].

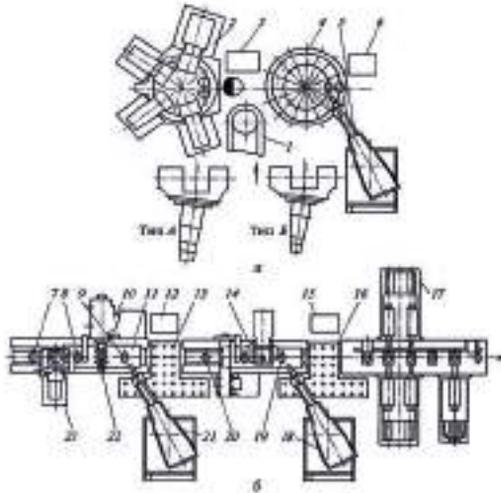


Рис. 11. Поворотные кулаки двух типов (а) и переналаживаемая АЛ для их обработки, обслуживаемая ПР (б): 1 – конвейер; 2, 14, 17, 22 – станки; 3 – контрольное устройство; 4, 13, 16 – накопители; 5, 18, 21 – ПР; 6, 12, 15 – позиции обдувки; 7, 8, 9, 19, 20 – позиции станков; 10, 23 – фрезерные головки; И – салазки

При отводе салазков в позицию 7 ПР 5 продувает приспособление, устанавливает в него изделие и дает команду на зажим. Затем ПР 5 отводится от позиции обработки и дает команду на начало рабочего цикла. После выполнения головкой 23 фрезерования приспособление подается на позицию 8. Устройство, смонтированное на позиции 8, продувает приспособление и берет обработанное изделие, а салазки возвращаются в исходную позицию. Одновременно с этим изделие, установленное на втором приспособлении, перемещается с помощью автоматического устройства на позицию 9. С позиции 9 изделие передается ПР 21 на позицию 12 обдувки и затем устанавливается в вертикальном положении над позицией 20 фрезерного станка 14, рабочий цикл которого аналогичен рабочему циклу станка 22. ПР 18 берет изделие с позиции 19, устанавливает его на позицию 15 обдувки, затем на сверлильный агрегат 17. Далее изделия подаются на транспортер для дальнейшей обработки [17].

Переналадку АЛ с обработки кулака типа А на обработку кулака типа Б (или наоборот) выполняют в следующем порядке:

1) налаживают станок 2 для обработки кулака типа Б, заменяя установочные штифты и зажимы приспособления (при этом АЛ продолжает обрабатывать кулаки типа А, используя их запас в накопителе 4);

2) по окончании обработки кулаков типа А останавливают фрезерный станок 22 и монтируют оснастку для обработки кулаков типа Б (при этом станок 2 уже обрабатывает кулаки типа Б, укладываемые оператором в накопитель 4, а станки 14 и 17 продолжают обрабатывать кулаки типа А, поступающие из накопителей 13 и 16);

3) после отладки фрезерного станка 22 и истощения запаса кулаков типа А в накопителе 13 ПР 5 начинает загрузку кулаков типа Б на фрезерный станок 22, а ПР 21 выгружает изделия и укладывает их в накопитель 13; одновременно заменяется оснастка фрезерного станка 14.

Таким образом, АЛ последовательно переналаживается на выпуск кулака другого типоразмера [17].

Поскольку захватные устройства – сменные элементы ПР, то можно переналаживать линию на изготовление не только однотипных деталей, но и изделий других наименований [17].

По принципу работы линии разделяются на две группы. Первую группу представляют линии циклического действия, для которых характерна периодичность перемещения объекта производства по линии и цикличность работы, когда все элементы цикла (установка, обработка, снятие и транспортировка детали) выполняются последовательно один за другим, не перекрываясь по времени. Производительность линии циклического действия ограничивается из-за потерь на холостые ходы. Эти линии имеют большие технологические возможности, так как позволяют обрабатывать самые разнообразные детали и собирать разные агрегаты машин (двигатели, редукторы, фильтры и т.д.). Поэтому основной парк автоматических линий в машиностроении – это линии циклического действия [11].

Ко второй группе относят линии непрерывного действия. В этих линиях объект производства перемещается непрерывно, и во время перемещения выполняются рабочие ходы. Такой принцип действия позволяет свести к минимуму сводятся внутрицикловые потери и обеспечивается высокая производительность.

Линии непрерывного действия создаются на базе роторных машин, и их часто называют роторными линиями.

По структуре автоматические роторные линии (АРЛ) существенно отличаются от АЛ.

Автоматическая роторная линия – это совокупность роторных машин, установленных в принятой последовательности технологическо-

го процесса, объединенных системой привода транспортного движения и управления, которая функционирует без участия человека.

Роторная машина – это совокупность технологического ротора с инструментом и транспортных роторов, связанных общим приводом для синхронного вращения, обеспечивающая автоматическое выполнение технологической операции в процессе непрерывного транспортирования предметов производства и инструмента.

Различают рабочие (технологические), загрузочные и транспортные роторы. Возможность разместить на одном рабочем роторе большое «число инструментальных блоков, выполняющих одну и ту же операцию, позволяет линии работать с высокой степенью концентрации операций и, следовательно, с высокой производительностью [17].

**Роторная машина** – это совокупность технологического ротора с инструментом и транспортных роторов, связанных общим приводом для синхронного вращения, обеспечивающая автоматическое выполнение технологической операции в процессе непрерывного транспортирования предметов производства и инструмента.

**Технологический ротор** – система исполнительных органов, обеспечивающая выполнение технологической операции и вспомогательных переходов в процессе своего непрерывного вращения.

Линии непрерывного действия komponуются из рабочих роторов, связанных между собой транспортными роторами. На каждом рабочем роторе выполняется одна операция. Объект производства последовательно перемещается от одного рабочего ротора к другому и таким образом проходит весь технологический процесс. Производительность рабочего ротора определяется промежутком времени  $T_1$  между двумя выходами объектов с ротора [17, 11].

**Транспортный ротор** – система захватных органов, обеспечивающая прием, транспортирование и выдачу предметов производства в процессе своего непрерывного вращения.

На рисунке 12 представлена схема АРЛ, состоящей из многочисленных технологических роторов, связанных между собой транспортными роторами.

Как видно из рисунка 12, многочисленные технологические роторы 1 АРЛ, связаны между собой транспортными роторами 4, производящими с помощью клещей 3 загрузку заготовок на первый автомат, передачу их между технологическими роторами и выгрузку деталей после обработки. Детали посредством толкателей 2 переносятся из клещей 3 в патроны 6 рабочих шпинделей. Последние совместно с суппортами 5 и закрепленным на них инструментом смонтированы на ба-

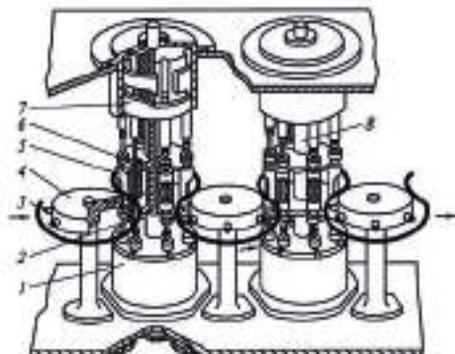


Рис. 12. Схема АРЛ: 1 – технологический ротор; 2 – толкатель; 3 – клещи; 4 – транспортный ротор; 5 – суппорт; 6 – патрон; 7 – копир; 8 – колонна

рабана, медленно вращающемся на центральной неподвижной колонне 8 автомата. Необходимые перемещения суппортов осуществляются через тяги от неподвижного копира 7 [11].

На рисунке 13 показана схема многономенклатурной АРЛ для параллельной обработки деталей четырех различных типов. В этом случае АРЛ снабжается загрузочным ротором [11].

**Загрузочный ротор** – это совокупность специально оборудованной емкости и механизмов, совершающих вращательное движение вокруг общей оси, обеспечивающих выдачу предметов производства в ориентированном положении на позицию ротора или в конвейерное устройство.

Заготовки 1 (см. рисунок 12) четырех типов подаются в определенной последовательности в четырехпозиционный загрузочный ротор 2. Каждая его позиция снабжена захватным органом, налаженным на прием только определенной заготовки. С загрузочного ротора 2 заготовки передаются на контрольный ротор 4 и далее на транспортный ротор 3. С транспортного ротора 3 заготовки загружаются в технологический ротор 5, с которого транспортным ротором 3 передаются в технологический ротор 6 для дальнейшей обработки. Число позиций на этих роторах должно быть кратным числу одновременно обрабатываемых изделий (в данном примере четырем). Обработанные изделия снимаются с ротора 6.

Дальнейшим развитием АРЛ являются автоматические роторно-конвейерные линии (АРКЛ).

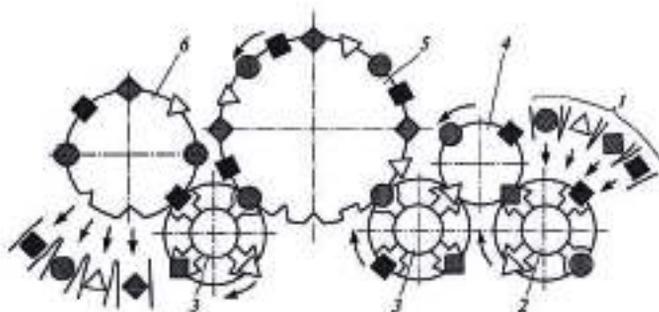


Рис. 13. Схема многономенклатурной АРЛ для параллельной обработки деталей: 1 – заготовки; 2 – загрузочный ротор; 3 – транспортные роторы; 4 – контрольный ротор; 5, 6 – технологические роторы

Автоматическая роторно-конвейерная линия (АРКЛ) – это совокупность роторно-конвейерных машин или роторно-конвейерных и роторных машин, установленных в принятой последовательности технологического процесса, объединенных системой привода транспортного движения и управления, которая функционирует без участия человека. В таких линиях помимо роторных машин функционирует роторно-конвейерная машина (РКМ) – совокупность технологических роторов, огибаемых конвейерным устройством с инструментом, связанных общим приводом для синхронного перемещения по замкнутым траекториям, обеспечивающая автоматическое выполнение технологической операции в процессе непрерывного транспортирования предметов производства и инструмента.

При движении предметов обработки и инструмента в АРКЛ некоторая часть траектории свободна от каких-либо технологических или вспомогательных функций. Предметы обработки и инструмент переносятся отдельными цепными конвейерами, движущимися непрерывно по замкнутой траектории, и собираются в нужном сочетании на позициях технологических роторов. По окончании технологической операции инструмент отделяется от изделия и продолжает движение на своем конвейере, а изделие передается на другой конвейер, который связан с последующим технологическим ротором.

АРКЛ имеют ряд преимуществ перед АРЛ: возможность осуществления автоматической смены инструмента; увеличение производительности, так как необходимое время на передачу заготовки обеспечивается с помощью специального ротора с необходимым числом

позиций; большая производительность, так как шаги технологического и транспортного роторов могут быть разными.

Роторные линии имеют ряд существенных недостатков, которые ограничивают область их применения. Основной недостаток связан с низкими технологическими возможностями этих линий. Инструментальные блоки совершают простые возвратно-поступательные движения, что позволяет выполнять только простейшие операции (прошивку, резку, дозировку, пайку и т.д.). Ограниченные технологические возможности роторных линий не позволяют применять их для обработки деталей сложной формы, больших размеров и с большим числом операций. Поэтому такие линии нашли применение в пищевой, оборонной, электротехнической промышленности при изготовлении простых изделий без снятия стружки, методами штамповки, выдавливания, пайки, дозировки материала, для сборки и контроля, когда технологический процесс состоит из небольшого числа (до 8) простых операций. Так как число рабочих роторов определяется числом операций технологического процесса, роторные линии очень громоздкие, крупногабаритные и требуют больших производственных площадей [11].

## **2.7 Системы автоматических линий для условий крупносерийного и массового производства**

В условиях крупносерийного и массового производств часто создаются целые системы автоматических линий (САЛ). На рисунке 14 показана АЛ1, входящая в состав САЛ.

АЛ (см. рисунок 14) состоит из двух параллельных потоков, соединяющихся в конце АЛ в один. Каждый из потоков имеет специальный семишпиндельный фрезерный 34 и сверлильный 35 станки. Заготовка 32 блока устанавливается на конвейер-накопитель 33, который имеет приводные ролики. Оттуда шаговым конвейером 37 подается в зажимное приспособление фрезерного станка 34 и после обработки следует на сверлильный станок 35. Далее конвейерами 37 и 38 блок подается на стол 39, где поворачивается на  $180^\circ$  в горизонтальной плоскости, а затем конвейером-накопителем 40 – в барабан 41, где поворачивается на  $180^\circ$  в вертикальной плоскости. По окончании обработки блок конвейером 26 передается на АЛ 2. Управление каждым потоком АЛ производится с пульта 31. Смазывание станков осуществляется централизованно от станции 36. Остальные АЛ и участки, входящие в состав САЛ, имеют аналогичную структуру [11].

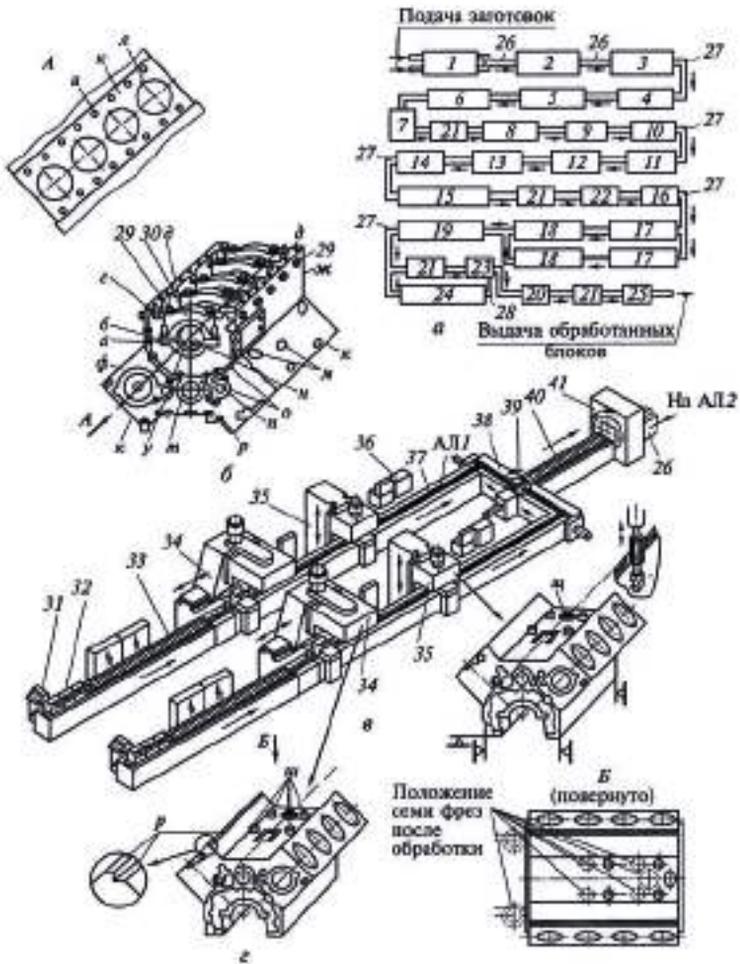


Рис. 14. САЛ для обработки блока цилиндров дизельного двигателя автомобиля КамАЗ: а – планировка САЛ; б – блок цилиндров; в – АЛГ; г – технологический процесс обработки; 1-20 – автоматические линии; 21 – моечный агрегат; 22-25 – автоматизированные участки; 26, 27, 28, 37, 38 – шаговые конвейеры; 29 – болты для установки крышки; 30 – крышка; 31 – пульт; 32 – заготовка; 33, 40 – конвейеры-накопители; 34, 35 – станки; 36 – станция централизованной смазки; 39 – поворотный стол; 41 – барабан

Как видно из схемы рисунка 14, а, САЛ для обработки блока цилиндров дизельного двигателя автомобиля КамАЗ состоит из 22 АЛ (1÷20); АЛ 17 и 18 работают параллельно, поэтому в системе предусмотрено две такие АЛ. В САЛ установлены автоматизированные участки 22÷25 и четыре мочных агрегата 21.

В АЛ и на автоматизированных участках производятся следующие операции: АЛ1 – фрезерование базовых поверхностей и обработка отверстия (рисунок 14, б, в, г); АЛ 2 и 3 – фрезерование поверхностей а, б, г, д, ж, м, у, ф; обработка отверстий под болты 29 для установки крышки 30 коренных опор, обработка отверстий и под клапаны (рисунок 14, б); АЛ 4, 5 и 6 – фрезерование поверхностей к и о, растачивание отверстий л под гильзы, чистовое протягивание базовых поверхностей б и г для установки крышек 30, сверление отверстий и, п и др.; АЛ 7 и 8 – сборка блока с крышкой 30, завертывание болтов 29, заштифтовка; чистовое фрезерование поверхностей д под поддон; АЛ 9÷14 – обработка отверстий в плоскостях и сверление каналов для подвода масла; АЛ 15÷20 – чистовое растачивание отверстий под опоры коленчатого и распределительного валов, контроль диаметра указанных отверстий, чистовое растачивание отверстий л под гильзы, обработка отверстий и под крепление головок цилиндров; автоматизированные участки 22 и 23 – контроль герметичности каналов для подвода масла, контроль полостей водяного охлаждения; участок 24 – ремонт забракованных блоков; участок 25 – ручной контроль.

Блоки цилиндров перемещаются в АЛ шаговыми конвейерами 26, 27 и 28.

Заготовкой блока является чугунная отливка.

Системы АЛ наиболее полно представлены в промышленности при производстве подшипников. Массовое производство подшипников качения различных типов выполняется на САЛ, где изготавливаются штучные заготовки колец, выполняется токарная, термическая, шлифовальная обработка и контроль колец, сборка, контроль и упаковка подшипников. Необходимые для сборки подшипников шарики, ролики, иголки и сепараторы изготавливаются на других АЛ [11].

Процессы обработки колец и комплектующих деталей, сборки и упаковки подшипников, а также их транспортирование и межоперационное складирование на линиях полностью автоматизированы. Кольца шариковых и роликовых подшипников с диаметром наружной поверхности до 80 мм обычно изготавливаются из труб; кольца большего диаметра – из штучных заготовок, полученных методами штамповки и раскатки или полугорячей калибровки; небольшие кольца карданных

подшипников – из штучных заготовок, полученных из прутка методом холодного выдавливания. Для перемещения колец диаметром до 160 мм (по образующей наружной цилиндрической поверхности) используются транспортные устройства в виде цепных конвейеров, подъемников, прямых и спиральных наклонных лотков. Кольца крупных железнодорожных и других подшипников диаметром свыше 160 мм перемещаются на торцах посредством конвейеров с приводными роликами, цепных подъемников с подвесками и роликовых лотков.

Обычно САЛ, состоящая из 8–10 самостоятельно действующих АЛ, налажена на выпуск массового подшипника одного типа.

На рисунке 15 а представлены примеры двух АЛ для токарной обработки колец шарикоподшипников [11].

Как показано на рисунке 15, а, заготовки колец (штамповки 3 и 26) загружаются навалом в чашу бункеров 2 и 24, откуда наклонными подъемниками 4 и 25 и гибкими лотками 5 и 23 передаются в горизонтальные патронные шестишпиндельные автоматы 6, 15 и 18, в которых обрабатываются одновременно два кольца (с загрузкой двух заготовок и выгрузкой двух готовых деталей). Заготовки наружных колец поступают в автомат 6, где производится черновое и чистовое

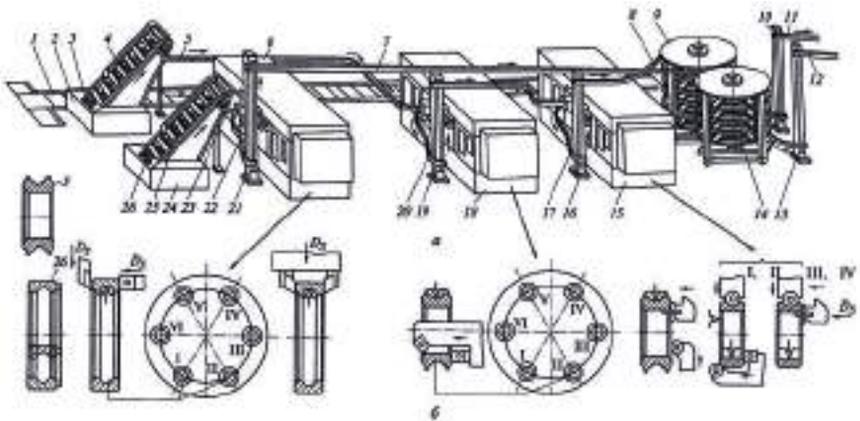


Рис. 15. АЛ для токарной обработки колец шарикоподшипников:  
 а – общий вид; б – технологический процесс обработки; 1 – конвейер  
 удаления стружки; 2, 24 – бункеры; 3, 26 – заготовки;  
 4, 10, 13, 16, 19, 21, 25 – подъемники; 5, 7, 8, 11, 12, 17, 20, 22, 23 – лотки;  
 6, 15, 18 – шестишпиндельные автоматы; 9, 14 – магазины;  
 I–VI – позиции обработки

точение торцов (рисунок 15, б). Токарная обработка других поверхностей не выполняется, так как заготовки имеют небольшие припуски непосредственно под шлифование. Заготовки базируются в патронах по поверхности желоба. По окончании обработки кольца по лотку 22, подъемнику 21 и лотку 7 передаются в дисковый магазин 14 (см. рисунок 15, а) и из него посредством подъемника 13 и лотка 12 следуют на линию термической обработки.

Заготовки внутренних колец передаются в автомат для растачивания отверстия и точения торца и внутренней фаски. Заготовки базируются по желобу. Обработанные кольца по лотку 20, подъемнику 19 и лотку перемещаются в автомат 15 для обработки наружной поверхности, торца, черногого и чистового точения желоба и снятия внутренней фаски. Заготовки базируются по отверстию. После обработки кольца по лотку 17, подъемнику 16 и лотку 8 заготовки транспортируются в магазин 9 и из него лотком, подъемником 10 и лотком 11 – на линию термической обработки. Удаление стружки от токарных автоматов осуществляется винтовым конвейером 1, находящимся в канале пола цеха.

После термической обработки кольца поступают на АЛ для шлифования, как показано на рисунке 16, а, где вначале производится черновое и чистовое шлифование торцов одновременно у наружных 28 и внутренних 29 колец на двух двусторонних торцешлифовальных автоматах 3 и 4, в которые кольца в комплекте (рисунок 16, б) передаются автоматическим укладчиком 2 из лотков 1 и 30 на АЛ термообработки. При выходе из станка 4 комплект колец разделяется в раскладчике 5 на наружные и внутренние кольца, из которых первые лотком 6 и подъемником 8 передаются в магазин 9, а вторые лотком 27 и подъемником 7 – в магазин 26.

Наружные кольца из магазина 9 подъемником 10 и лотком 11 направляются в укладчик 25 для организованной укладки колец на двухвалковый конвейер 24, подающий кольца в бесцентровые круглошлифовальные станки 12 и 13 для черногого и чистового шлифования наружной поверхности. Передача колец между указанными автоматами производится также двухвалковыми конвейерами. Обработанные кольца со станка 13 с помощью подъемника 14 следуют в магазин 15, а из него – в подъемник-распределитель 16, откуда по лоткам 17 и 18 подаются на два параллельно работающих автомата 19 для черногого шлифования желоба. Кольца базируются по наружной поверхности (на жестких радиальных опорах) с прижимом кольца базовым торцом к магнитному патрону автомата. Обработанные кольца лотком 22 и цепным конвейером 23 передаются посредством подъемника 21 на сле-

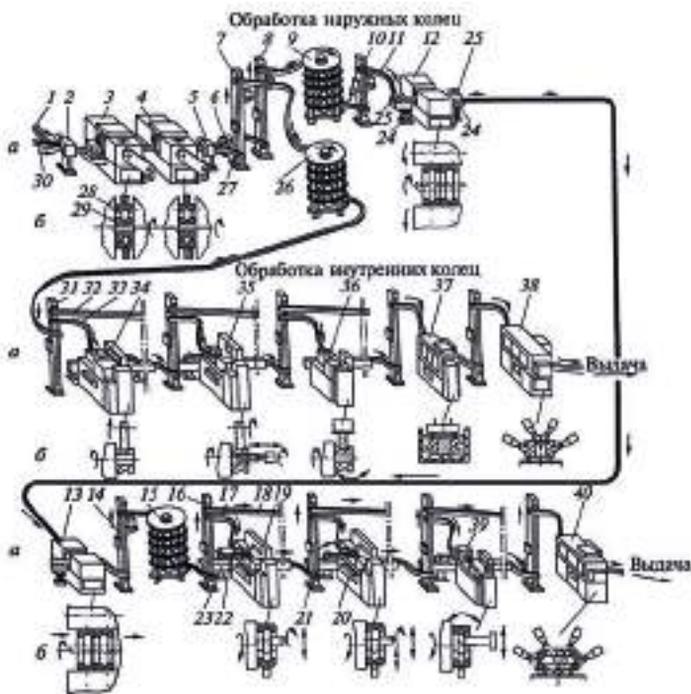


Рис. 16. АЛ для шлифования колец шарикоподшипников:  
 а – общие виды; б – технологические процессы обработки; 1, 6, 77, 77, 18, 22, 27, 30, 32, 33 – лотки; 2, 25 – укладчики; 3, 4, 12, 13, 19, 20, 34, 35, 36, 39 – шлифовальные автоматы; 5 – раскладчик; 7, 8, 10, 14, 16, 21, 31 – подъемники; 9, 15, 26 – магазины; 23, 24 – конвейеры; 28 – наружное кольцо; 29 – внутреннее кольцо; 37 – установка для клеймения; 38, 40 – моечные агрегаты

дующие два автомата 20 для чистового врезного шлифования желоба. Далее аналогичными транспортными устройствами кольца передаются вначале на два автомата 39 для финишной абразивной обработки желоба, а затем в агрегат 40 для мойки, после чего кольца следуют на линию контроля, сборки и упаковки.

Внутренние кольца с прошлифованными торцами из магазина 26 подъемником 31, лотками 32 и 33 последовательно подаются на автоматы 34 для врезного шлифования желоба, на автоматы 35 для шлифования отверстия, на автоматы 36 для суперфиниширования желоба, на установку 37 для электрохимического клеймения (нанесения на торец

клейма с указанием типа подшипника, года выпуска и завода-изготовителя), на агрегат 38 для мойки. При обработке кольца устанавливаются на базах, указанных на рисунке 16, б. После обработки кольца следуют на АЛ сборки, контроля и упаковки шарикоподшипников, представленную на рисунке 17 [11].

Как показано на рисунке 17, вначале наружные и внутренние кольца из агрегатов мойки (предшествующих АЛ) поступают на круглые вращающиеся столы 1 и 13, где осматриваются на наличие на поверхности колец нежелательных чернот, трещин и других дефектов. После визуального контроля наружные кольца 2 с помощью подъемников 3 и внутренние кольца 12 посредством подъемника 11 через спиральные лотковые накопители 4 и 10 передаются на контрольные автоматы 5 и 9 для 100 % проверки диаметров наружной и внутренней поверхностей и высоты. После контроля наружные и внутренние кольца посредством

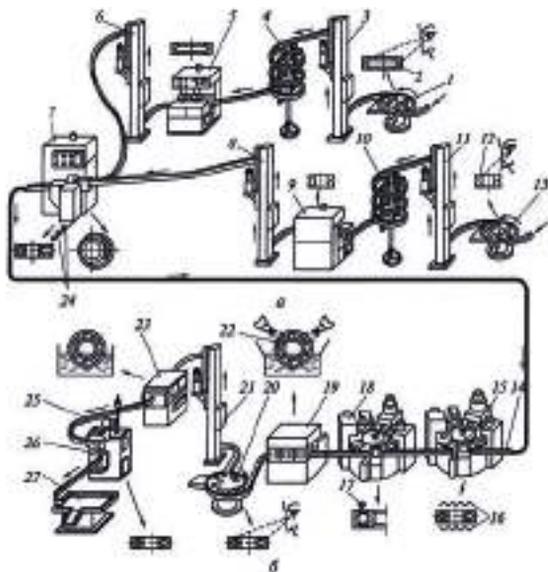


Рис. 17. АЛ для сборки, контроля и упаковки шарикоподшипников:  
 а – общий вид; б – технологический процесс; 1, 13, 20, 27 – столы;  
 2 – наружное кольцо; 3, 6, 8, 11, 21 – подъемники; 4, 10 – накопители;  
 5, 7, 9 – контрольные автоматы; 12 – внутреннее кольцо; 14 – ленточный  
 конвейер; 15, 18, 26 – автоматы; 16 – полусепараторы; 17 – заклепка;  
 19 – моечный агрегат; 22 – подшипник; 23 – агрегат для консервации;  
 24 – шарики; 25 – лоток [11]

подъемников 6 и 8 и лотка передаются в контрольный автомат 7 для проверки диаметров желобов у каждого комплекта наружного и внутреннего колец, для определения разности диаметров желобов и размера группы шариков, смещения внутреннего кольца к наружному и засыпки в межкольцевое пространство требуемого числа шариков 24 необходимого размера из соответствующего отсека контрольно-сортировочного автомата, в котором предусмотрено 20 отсеков для двадцати размерных групп, рассортированных по диаметру через 2 мкм.

С помощью ленточного конвейера 14 комплект колец с шариками из контрольного автомата 7 передается в автомат 15 для распределения шариков 24 в межкольцевом пространстве через равные промежутки, укладки на пары (сверху и снизу) двух полусепараторов 16. Затем комплект колец, шариков и полусепараторов передается на следующий автомат 18 для приготовления заклепок 17, укладки их в отверстия сепараторов и расклепывания с нижней стороны для жесткого соединения полусепараторов. Готовые подшипники 22 ленточным конвейером 14 перемещаются в агрегат 19 для мойки в дизельном топливе, обдувки и далее по лотку на стол 20 для визуального контроля правильности соединения полусепараторов в подшипнике. Проверенные подшипники подъемником 21 и лотками передаются в агрегат 23 противокоррозионного покрытия и из него по лотку 25 в автомат 26 для завертывания подшипников в бумагу. Упакованные подшипники из автомата по лотку выдаются на стол 27 для последующей укладки в тару [17,11].

## ГЛАВА 3. ГИБКИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОИЗВОДСТВА

### 3.1 Гибкие производственные системы (ГПС)

В начале XX века наметилась тенденция комплексной автоматизации в условиях средне- и мелкосерийного производств на базе оборудования с ЧПУ путем создания гибких производственных систем (ГПС). Гибкие производственные системы представляют собой наиболее важное технологическое достижение XX века после появления сборочного конвейера. Их внедрение имеет для промышленности поистине революционное значение, поскольку вызывает резкое сокращение себестоимости продукции, изготавливаемой в условиях массового, серийного и мелкосерийного производства. В то же время результатом внедрения ГПС является значительное сокращение потребностей машиностроения в рабочей силе (возможно, на 60...80 % в течение последующих лет), при этом повышаются требования к квалификации обслуживающего персонала. Многие фирмы на базе ГПС строят небольшие специализированные предприятия, поставляющие продукцию на основные заводы, а заводов появляется возможность значительно быстрее реагировать на изменение рыночной конъюнктуры при выпуске продукции [11].

Согласно ГОСТ 26228–90 ГПС – это управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, состоящая из разных сочетаний гибких производственных модулей и (или) гибких производственных ячеек, автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающая свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий, разновидности которых ограничены технологическими возможностями оборудования [11].

Гибкие производственные системы (ГПС) – это совокупность оборудования с ЧПУ, гибких производственных ячеек (ГПЯ), гибких производственных модулей (ГПМ), отдельных единиц технологического оборудования с ЧПУ, а также систем автоматизации складских, транспортных, контрольных операций и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение определенного времени.

Такие системы обладают свойством быстрой переналадки, что позволяет реализовывать задачи автоматизации как производства, так и его конструкторской, технологической и организационной подготовки.

**ГПС** – организационно-техническая производственная система, позволяющая в условиях мелко-, средне- и даже крупносерийного производства в короткие сроки с минимальными затратами осуществлять переход на выпуск новой продукции.

В типовой структуре ГПС необходимы **3 группы компонентов**:

1. **Технологическая система** – совокупность основного и вспомогательного оборудования.

2. **Компоненты управления** – система управления ГПС, представляющая собой многофункциональную, иерархически организованную систему, реализующую функции по управлению технологическим процессом от оборудования планирования контроля и учета хода производства, его обеспеченности (то есть диспетчирования), а также подготовки и передачи информации.

3. **Система подготовки производства**, выполняющая функции САПР, а также АСТПП (автоматизированная система технологической подготовки производства).

**Производственная гибкость** ГПС определяется технологической, параметрической и структурно-организационной гибкостью. Производственная система считается гибкой и быстро переналаживаемой в том случае, если при изменении объектов производства не меняется состав компонента в системе и информационных связей.

**Технологическая гибкость** характеризуется номенклатурой продукции и переналаживаемостью оборудования.

**Структурно-организационная гибкость** определяется вариантностью выбора последовательности обработки изделия, возможностью наращивания ГПС на основе модульного принципа, а также характеризует структуру ГПС и определяет ее.

**Параметрическая динамическая гибкость** – характеризуется показателями переходного процесса в ГПС: временем, скоростью и точностью перехода ГПС в новое устойчивое состояние при изменении объектов производства и предметов труда.

Под организационной структурой ГПС понимают номенклатуру изготавливаемых изделий, программу производства, а также возможные варианты технологических процессов изготовления каждой партии изделий. Организационный тип производства, качественный и количественный состав основного и вспомогательного (транспортного, накопительного, манипулирующего, контрольного и т.д.) оборудова-

ния, компоновку и размещение оборудования, структуру материальных потоков, стратегию управления системы в целом и ее отдельными элементами.

ГПС присущи все признаки, характерные сложным системам:

1. Наличие единой цели функционирования.
2. Сложность реализуемых системой функций.
3. Большое число составных элементов или модулей.
4. Сложность поведения.
5. Наличие самоорганизации.
6. Сложная система обратных связей и т.д.

Создание ГПС невозможно без комплексного использования средств вычислительной техники. ГПС являются важнейшими компонентами ГАП (гибких автоматизированных производств), которые характеризуются наиболее полным охватом автоматизацией всех компонентов производства.

### 3.2 Классификация гибких производственных систем (ГПС)

Составными частями ГПС являются: гибкий производственный модуль (ГПМ); гибкая производственная ячейка (ГПЯ); гибкий производственный участок (ГПУ); система обеспечения функционирования ГПС и ГПЯ и прочие. Основным элементом технологического оборудования, из которого строятся различные ГПС, являются роботизированные технологические комплексы (РТК) и гибкие производственные модули (ГПМ) [11].

ГПС подразделяются на следующие типы:

**ГПМ** – гибкий производственный модуль – это совокупность оборудования с ЧПУ, включающая единицу технологического оборудования и ПР, функционирующие как единое целое автономно в течение определенного времени, имеющая возможность встраиваться в ГПС. ГПМ автоматически осуществляет функции, связанные с производством изделий произвольной номенклатуры.

По сути, ГПМ – это единица технологического оборудования, управляемая средствами вычислительной техники, автоматически осуществляющая технологические операции в пределах своих технических характеристик, способная работать автономно и (или) в составе ГПС или ГПЯ.

В средства автоматизации ГПМ в общем случае могут входить: устройства ЧПУ для автоматизации последовательности действий

рабочих органов технологического оборудования (включая смену заготовок, изделий, инструмента, подачу СОЖ, удаление отходов, переналадку); устройства адаптивного управления для автоматизации регулирования параметров технологического процесса; устройства контроля и измерения изделия в процессе или после обработки; устройства диагностирования оборудования и т.д.

При работе в составе ГПЯ или ГПС подбор средств автоматизации ГПМ определяется организацией технологических и информационных потоков.

В общем случае ГПМ могут включать: накопители, устройства загрузки и выгрузки паллет, а также замены технологической оснастки, автоматизированного контроля, включая диагностирование.

По технологическим признакам ГПМ может быть литейным, кузнечно-прессовым, механообрабатывающим, сварочным, термообработки, покрытий, сборки и др.

Основные свойства ГПМ: способность работать автономно и без участия человека в течение ограниченного времени; автоматическое выполнение всех основных и вспомогательных операций; максимально полная обработка деталей с одного установа, на одной операции; гибкость, удовлетворяющая требованиям мелкосерийного производства; легкость наладки и устранения отказов, а также удобство управления; возможность легко встраиваться в традиционное и гибкое производство; экономическая эффективность [11]. ГПМ – элементарный компонент ГПС, частный случай ГПС.

**РТК** – роботизированный технологический комплекс – это совокупность оборудования с ЧПУ, включающая единицу технологического оборудования, один или несколько промышленных роботов (ПР) и средства оснащения (устройства накопления, ориентации и поштучной выдачи заготовок (изделий)), которые могут функционировать как единое целое автономно в автоматическом режиме, многократно осуществляя циклы обработки, в течение определенного времени. При условии функционирования РТК в составе ГПС, они должны обладать свойствами автоматизированной переналадки и возможностью встраиваться в ГПС.

**ГПЯ** – гибкая производственная ячейка – совокупность нескольких ГПМ (нескольких единиц технологического оборудования) и системы обеспечения функционирования. ГПЯ, управляемая средствами вычислительной техники, осуществляет комплекс технологических операций, способна работать автономно и в составе ГПС при изготовлении изделий в пределах подготовленного запаса заготовок и инструментов [11].

**ГАЛ** – гибкая автоматизированная линия – это совокупность нескольких ГПМ, РТК или определенного оборудования с ЧПУ, расположенных в принятой последовательности технологических операций, объединенных автоматизированной системой управления и связанных между собой автоматизированными транспортной, загрузочно-разгрузочной и др. системами, функционирующими как единое целое. ГАЛ является разновидностью ГПС, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

**ГАУ** – гибкий автоматизированный участок – это ГПС, состоящая из нескольких ГПМ, РТК, отдельных единиц технологического оборудования, ГАЛ, выстроенных в гибкую технологическую цепочку, объединенных автоматизированными транспортной, загрузочно-разгрузочной, складской и другими системами, а также АСУ, функционирующих как единое целое по технологическому маршруту, предусматривающему возможность изменения последовательности выполнения технологических операций.

ГАУ строится в том случае, когда в технологический процесс входят разнохарактерные по содержанию операции, не позволяющие объединить их транспортные системы, расположенные в одном помещении. В состав ГАУ может входить автономно функционирующее технологическое оборудование, не связанное общей транспортной системой с остальным оборудованием; возможно также выполнение отдельных ручных операций (например, загрузка заготовок на паллеты, выгрузка обработанных изделий).

ГАУ – организационная структура производства, в которую входят ГПМ, ГПЯ и небольшие ГПС.

Классификация ГАУ по функциональному назначению представлена на рисунке 18 [11].

**ГАЦ** – гибкий автоматизированный цех – это ГПС, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность ГАЛ, РТЛ (роботизированные технологические линии), ГАУ, РТУ (роботизированные технологические участки) для производства изделий заданной номенклатуры. Это автоматизированное производство, включающее ГПМ, РТК, ГАЛ, ГАУ, РТЛ, и РТ, объединенных в единое целое автоматизированными транспортно-складской, загрузочно-разгрузочной и информационной системами.

Информационная система включает системы САПР, АСТПП, АСУ, автоматизированный диспетчерский пункт, позволяющие автоматизировать конструкторские, технологические и управленческие процессы.



Рис. 18. Классификация ГАЗ по функциональному назначению

**ГАЗ** – гибкий автоматизированный завод – это ГПС, представляющая собой совокупность ГАЗ, предназначенных для производства готовых изделий в соответствии с планом основного производства. ГАЗ – высшая ступень автоматизации. Но ГАЗ в своем составе может содержать и отдельно функционирующие неавтоматизированные участки и цехи.

По организационной структуре ГПС разделяются на следующие виды [17, 8]:

1) **РТК** – это совокупность, образованная единицей технологического оборудования, промышленным роботом и средствами приста-

ночного оснащения, автономно функционирующая и совершающая многократные технологические циклы.

2) **ГПМ** – это единица технологического оборудования с программным управлением и средствами автоматизации технологического процесса, автономно функционирующая, осуществляющая многократные технологические циклы, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий различной номенклатуры (разумеется, в установленных пределах их типоразмеров и других технических характеристик), имеющая возможность встраивания в ГПС.

3) **ГАЛ** – гибкая автоматизированная линия – гибкая производственная система, в которой технологическое оборудование располагается в принятой последовательности технологических операций.

4) **РТЛ** – роботизированная технологическая линия – совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами хотя выполнения операций в принятой технологической последовательности.

5) **ГАУ** – гибкая производственная система, функционирующая по произвольному технологическому маршруту в соответствии с расписанием загрузки оборудования, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

6) **РТУ** – роботизированный технологический участок – совокупность единиц технологического оборудования, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

7) **ГАЦ** – гибкая производственная система, представляющая собой совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков и роботизированных технологических участков, что обеспечивает возможность изготовления изделий заданной номенклатуры [11].

На рисунке 19 приведена обобщенная схема ГАЦ.



Рис. 19. Обобщенная схема ГАЗ

Организационные структуры производства, в состав которых входят ГПС согласно ГОСТ 26228–90 следующие: гибкий автоматизированный участок (ГАУ) – участок цеха, технологическое оборудование которого состоит преимущественно из ГПС, ГПЯ и ГПМ; ГАЗ или ГАЗ.

### 3.3 Технологическая гибкость ГПС на базе применения ЭВМ

Развитие ГПС происходит в направлении к безлюдной технологии, обеспечивающей работу оборудования в течение заданного времени без участия человека-оператора.

Для каждого изделия при заданных требованиях к количеству и качеству продукции могут быть разработаны различные структурные и компоновочные варианты ГПС, отличающиеся методами и маршрутами обработки, контроля и сборки, степенью дифференциации и концентрации операций технологического процесса, типами транспортно-загрузочных систем, числом обслуживающих транспортных средств, характером межагрегатных и межучастковых связей, конструктивными решениями основных и вспомогательных механизмов и устройств, принципами построения системы управления [11].

Технический уровень и эффективность ГПС определяется такими показателями, как качество изделий, производительность и надежность ГПС, структура потоков компонентов, поступающих на ее вход. С учетом этих критериев должны решаться задачи выбора типа и количества технологического оборудования, межоперационных накопителей, их вместимости и мест их расположения, числа обслуживающих операторов, структуры и параметров транспортно-складской системы и т.п. [11, 18].

ГПС могут быть построены из взаимозаменяемых, из взаимодополняющих ячеек или же смешанным образом.

Для перемещения и складирования заготовок, деталей, инструмента и приспособлений применяются транспортные роботы, которые позволяют устанавливать тару, поддоны и сменные приспособления-спутники (палеты) на приемные устройства и накопители отдельных станков и в общеучастковые накопители.

На рисунке 20 показана схема гибкой системы из двух однотипных взаимозаменяемых обрабатывающих центров (ОЦ) [11, 18].

Как видно на рисунке 20, обрабатывающие центры обслуживаются двумя транспортными тележками (робокарами), поддерживающими движение материальных потоков (деталей, заготовок, инструментов). Управление ими осуществляется в автоматизированном режиме. Управление совместной работой ОЦ и транспортной системой осуществляется от центральной ЭВМ.

В общем случае управлением робокарами осуществляется от центральной ЭВМ через промежуточное устройство или от локальной

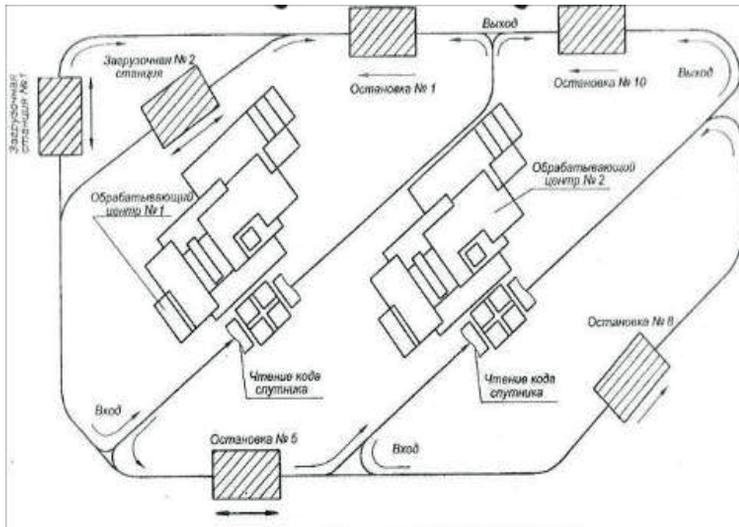


Рис. 20. Схема ГПС из двух однотипных взаимозаменяемых ОЦ

системы управления (ЛСУ) [11, 18, 8]. Передача команд на робокары может осуществляться только на остановках, делящих трассы движения на зоны. ЭВМ разрешает пребывание в конкретной зоне только одного робокара.

На рисунке 21 представлен общий вид ГПС с поддержанием движения материального потока при помощи робокаров [11, 18, 8].

Верхняя часть робокара для выполнения операций перегрузки, разгрузки и загрузки может подниматься и опускаться с помощью гидропривода. При отказе или отключении управления от ЭВМ робокар может управляться ЛСУ [11, 18].

Важным преимуществом робокаров как транспортных средств является отсутствие значимых ограничений в отношении расстановки оборудования, которая может быть осуществлена по любым критериям исходя из соображений наибольшей эффективности. Маршрут робокаров могут быть достаточно сложным, с параллельными ветвями и петлями.

Иногда в ГПС применяются не робокары, а транспортные средства со свободной адресацией кареток, несущих спутники, как продемонстрировано на рисунке 22.

Управление такими транспортными системами осуществляется от программируемого контроллера или от ЭВМ.

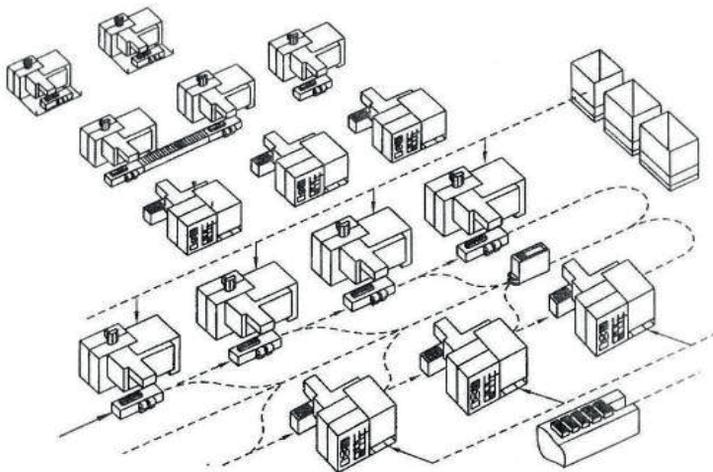


Рис. 21. Общий вид ГПС с поддержанием движения материального потока при помощи роботов

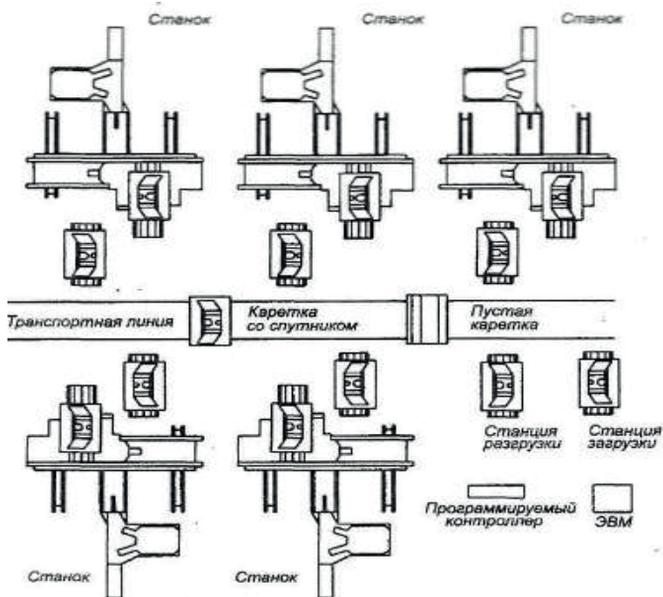


Рис. 22. ГПС с каретками свободной адресации

К транспортной системе подключают не только различное технологическое, но и вспомогательное оборудование, например, моечная станция.

Используется также конструктивная модификация ГПС с порталной системой транспортирования паллет и с применением автооператора.

Более сложную структуру имеет ГПС в тех случаях, когда наряду с транспортным потоком деталей имеется еще и транспортный поток инструмента. Существует немало способов практической реализации такой структуры. Например, транспортирование деталей может осуществляться с помощью каретки свободной адресации, а доставка инструментальных наладок выполняется рельсовой тележкой, на которой смонтирован робот, играющий роль приемопередающего механизма [11, 18].

### 3.4 Структура ГПС

ГПС организуются преимущественно для комплексной обработки, обеспечивающей выпуск полностью обработанных деталей. Однако в ряде случаев отсутствует необходимый набор гибких производственных модулей для комплектования ГПС с полным циклом обработки деталей. В таких ситуациях, а также в силу специфических особенностей реализации технологических процессов на тех или иных предприятиях организуются ГПС с вынесением некоторых операций на другие производственные участки. Эти участки по сравнению с указанной ГПС могут иметь и более низкий уровень автоматизации. ГПС для предварительной обработки целесообразно объединять с переналаживаемым комплексами резки заготовок и размещать в заготовительных цехах и производствах [17, 8].

На рисунке 23 приведена примерная обобщенная структура ГПС.

По своей структуре ГПС разделяются на простые и сложные.

**Простая ГПС** – это производственная система, предназначенная для выполнения технологического процесса или его законченной в организационном отношении части. Она состоит из нескольких ГПМ, отдельных станков или РТК, объединенных автоматизированной транспортно-накопительной системой (ТСС).

**Сложная ГПС** – это ГПС, в состав которой входят единицы основного технологического оборудования (ГПМ, РТК или переналаживаемые станки), вспомогательное оборудование, система обеспечения функционирования производства (СОП) и управляюще-вычислительный комплекс (УВК). В состав сложной ГПС могут входить как про-

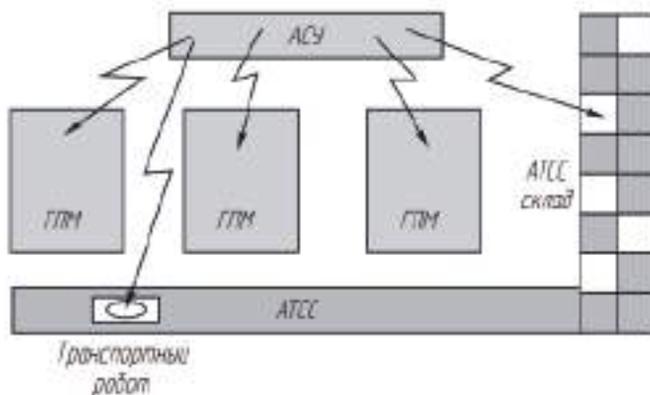


Рис. 23. Примерная обобщённая структура ГПС

стые ГПС, так и отдельные станки, например для подготовки баз и выполнения финишных операций; система обеспечения функционирования производства, включающая участки хранения и настройки инструмента, сборки приспособлений, мойки деталей, технического контроля, отделения для переукомплектования, установки и переустановки деталей; системы транспортирования и хранения деталей и инструментов, уборки отходов производства (в том числе стружки), подачи масла и эмульсии, а также ремонтные службы (в том числе занятые на работах по механике, гидропневмоавтоматике и гидропневмоприводу, электроприводу и электрике по электронике) [11].

Создание ГПС является неотъемлемой частью проектирования или реконструкции предприятия с учетом принципов группового производства.

Любая ГПС включает в себя два комплекса: производственный и управляюще-вычислительный. Степень автоматизации и доля функций управления, возложенных на компьютерную управляюще-вычислительную систему, может быть различной. Однако все необходимые для данной производственной системы функции управления должны выполняться. Часть этих функций выполняется компьютерным комплексом, а часть – управляющим персоналом. Таким образом, система управления ГПС в общем случае представляет собой человеко-машинный комплекс [11, 3].

Производственный комплекс включает в себя собственно производственную систему и систему обеспечения функционирования производством (СОП).

Система обеспечения функционирования (СОФ), предназначенная для ГПС, – это совокупность взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих управление технологическим процессом, перемещением предметов производства и оснастки.

В состав этой системы входят: автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО), автоматизированная транспортно-складская система (АТСС), система автоматизированного контроля (САК), автоматизированная система удаления отходов (АСУО), автоматизированная система управления технологическим оборудованием (АСУТО) и др.

В общем случае в систему обеспечения производства входят:

– автоматизированная транспортная и транспортно – складская система (АТСС);

– автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО);

– система автоматизированного контроля (САК);

– система автоматизированного удаления отходов (АСУО);

– система обеспечения профилактики и ремонта оборудования (СПР);

– система автоматизированного проектирования, конструкторского и технологического (САПР-К и САПР-Т);

– автоматизированная система технологической подготовки производства (АС ТПП);

– автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП);

– автоматизированная система управления гибкой производственной системой (АСУ ГПС) и некоторые другие системы.

Структурный анализ позволяет установить совокупность повторяющихся объектов в ГПС. К числу объектов, требующих как автономного управления, так и централизованной координации, прежде всего, относятся обрабатывающие центры ОЦ, накопители, транспортные средства, склады [11, 3].

Структуры гибкого многономенклатурного производства характеризуются составом или номенклатурой основного технологического оборудования, количеством, которое зависит от программы выпуска и производительности, определяющих производственные связи между отдельными единицами технологического оборудования, ветвление и соединение потоков предметов труда. Гибкое многономенклатурное производство является одной из разновидностей ГПС. Оно характеризуется движением предметов труда по произвольному

маршруту с возможностью его прерывания, не требует обязательно выравнивания значений времени пребывания предметов труда на различных операциях технологического маршрута и числа операций технологического маршрута для предметов труда разных наименований. Маршрут движения предметов труда и последовательность подачи их на обработку никак не связаны с компоновкой оборудования и определяются планом работы комплекса и расписанием загрузки единиц оборудования [11, 3].

При формировании структуры такого производства учитываются порядок следований операций и их длительность. Разработку ГПС обычно осуществляют исходя из следующих условий:

- задано ли множество реализуемых производственных функций;
- заданы ли взаимосвязи между производственными функциями;
- заданы или же подлежат выбору элементы технических средств комплекса управления;
- учитывается или нет расположение элементов производственной системы;
- указаны или нет связи между элементами производственной системы;
- имеется или отсутствует возможность выполнения одной и той же задачи несколькими различными элементами.

Классификация операций производственных структур производится двояким образом [11, 3].

1. По принципу назначения выделяются следующие операции:

- подготовка полных исходных данных по управлению складом заготовок;
- подготовка данных по маршруту транспортирования заготовок;
- управление складом инструментов;
- управление транспортировкой грузоединиц;
- управление оборудованием технологического процесса;
- управление складом готовых изделий.

2. По принципу реализации производственного процесса различают операции:

- динамическое и статическое ведение состояния склада материала;
- динамическое и статическое ведение состояния склада инструментов;
- осуществление транспортирования грузоединиц;
- составление полного отчета по состоянию технологического оборудования;
- отправка на склад готовых изделий.

Эффективность и производительность основного оборудования многономенклатурного производства непосредственно зависят от уровня его использования и загрузки.

Обеспечение загрузки оборудования в многономенклатурном производстве с учетом различной длительности производственных циклов на смежных технологических позициях является одной из центральных теоретических и практических проблем, с которыми приходится сталкиваться как при проектировании, так и при эксплуатации ГПС [11, 3, 18].

Загрузка оборудования ГПС в многономенклатурном производстве определяется планом.

При проектировании ГПС многономенклатурного производства выбор производственных (и технологических) структур осуществляется только на основании объемных планов.

Расписание работы оборудования многономенклатурной ГПС создается в процессе эксплуатации с учетом реальной производственной ситуации.

Состав оборудования для ГПС, а также состав, функции и оборудование интегрированной СОФ производства определяются исходя из конкретной производственной ситуации на том предприятии, где предполагается организовать ГПС, а также из возможностей и экономической эффективности поставок перспективного оборудования [11, 3].

На рисунке 24 представлен пример структурно-компоновочной схемы ГПС механообработки, носящей комплексный характер решаемых ГПС вопросов [11].

На примере структурно-компоновочной схемы ГПС механообработки (см. рисунок 24) в качестве технологического оборудования использованы ОЦ и специальные станки с ЧПУ, что позволяет обрабатывать широкую номенклатуру сложных корпусных и других деталей; развитая система складов: паллет, инструментальных магазинов (смена инструмента осуществляется путем замены всего магазина), заготовок и деталей; системы транспортных потоков (заготовок, деталей, инструментов, стружки, подачи СОЖ и других компонентов); комплексная система управления ГПС (ИАСУ ГПС), охватывающая системы САПР, АСУТП и имеющая связь с АСУП предприятия [11].

На рисунке 25 представлен общий вид ГПС, включающей десять ОЦ, расположенных в два ряда, и с центральным складом [11].

В состав ГПС, представленной на рисунке 25, входят десять ОЦ 6 с горизонтальной компоновкой шпинделя, расположенных в два ряда; станция 5 мойки и очистки изделий от стружки; автоматизированный

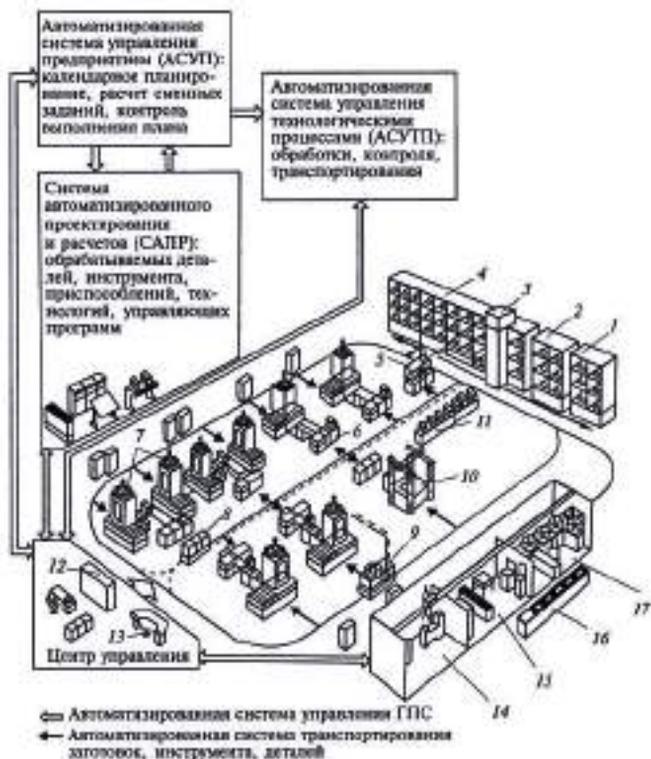


Рис. 24. Структурно-компоновочная схема ГПС механической обработки:  
 1 – склад паллет; 2 – склад инструментальных магазинов; 3 – робот-штабелёр; 4 – склад заготовок и деталей; 5 – монтажный стол; 6 – накопители с автоматической загрузкой; 7 – станки; 8, 9 – робокары; 10 – КИМ; 11 – пункт оперативного накопления; 12 – центральная ЭВМ; 13 – пульт оператора ГПС; 14 – отделение заточки режущего инструмента; 15 – отделение комплектации и настройки инструмента; 16 – отделение сборки ПС; 17 – отделение комплектации инструментальных магазинов

склад 1 заготовок (ёмкость склада 1452 ячейки); конвейер 2 подачи паллет в зону 3 установки заготовок в приспособления на паллеты; автоматизированный инструментальный склад (1008 ячеек) 10 с оборудованием 9 для настройки инструментов; три транспортных тележки 4 для перемещения паллет с заготовками и обработанными деталями; две транспортных тележки 7 для перемещения режущего инструмента на станки; транспортер 8 для удаления стружки; центр управления

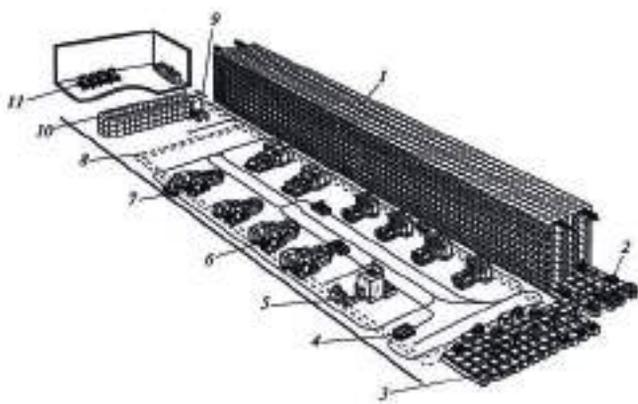


Рис. 25. Общий вид ГПС на базе обрабатывающих центров с центральным складом, обеспечивающих гибкость производства: 1 – склад заготовок; 2 – конвейер; 3 – зона установки заготовок на паллеты; 4, 7 – транспортные тележки-робокары; 5 – станция мойки; 6 – ОЦ; 8 – транспортёр; 9 – оборудование настройки инструмента; 10 – склад инструментов; 11 – центр управления ГПС

ГПС 11. Среднее время одной операции на данной ГПС 47 мин (минимальное время 5 мин, максимальное 210 мин) [11].

Характерным для такой ГПС является: гибкость автоматического складирования – это возможность подачи любой заготовки в любой последовательности и в любое время, по кратчайшему маршруту, определяемому центральной системой управления, с минимальным временем поиска и выдачи заготовок (детали) на транспортное средство, так как автоматический склад управляется от центральной ЭВМ. Роль складирования в концепции гибкого производства не сводится только к накоплению заделов, как при традиционной организации производства. Склад скорее является транзитным распределителем, причем заготовка выбирается автоматически. Он принимает продукцию других ГПС и цехов и выдает продукцию другим ГПС и цехам. Поэтому необходимо, чтобы все транспортно-складские средства завода были унифицированы независимо от назначения отдельных ГПС. Там, где это возможно, склад оборудуется лифтом, связывающим его с производственными цехами, расположенными на разных этажах (например, механическим и сборочным) [11].

Главное условие расположения склада – кратчайшее расстояние между ним и станками. В последние годы стали сооружать склады, в

которых заготовки подаются на станок со склада без применения робокар, а обслуживаются тем же штабелером, что и ячейки склада. Поэтому готовые детали, как правило, по окончании их обработки передают на участок сборки через склад комплектации [11].

### 3.5 Гибкие автоматизированные производства

Гибкие автоматизированные производства (ГАП) – это автоматизированное производство (поточная линия, участок, цех или даже завод), функционирующая на основе «безлюдной технологии» или при минимальном участии человека. ГАП включает технологическое оборудование, складские, транспортные и другие системы и производственные компоненты. Работа ГАП и всех ее компонентов координируется как единое целое с помощью многоуровневой распределенной микропроцессорной системы управления (СУ). В то же время, каждая единица оборудования, входящая в состав ГАП сохраняет возможность собственного управления от собственной системы управления на базе микро-ЭВМ.

ГАП возможна в условиях средне- и даже мелкосерийного производств. ГАП характеризуется быстрой сменяемостью объектов производства высвобождением рабочих от неквалифицированного монотонного труда сокращением времени на вспомогательные операции, а, следовательно, повышением эффективности за счет роста производительности, и прочее.

Система управления распределенного типа ГАП обеспечивают не только рассылку управляющих программ (УП) для функционирования отдельных единиц оборудования, а также обеспечивают его переналадку в короткие сроки при переходе на выпуск иной продукции. В распределенных многоуровневых иерархических системах управления ГАП каждая единица микро-ЭВМ верхнего уровня управляет работой нескольких микро-ЭВМ более низкого уровня.

Для непосредственного управления оборудованием как основным технологическим, так и вспомогательным транспортно-складскими и контролирующими системами, обеспечения техники безопасности, учета, диспетчирования и даже планирования в рамках ГАП используются системы с ЧПУ и микро-ЭВМ.

Таким образом, ГАП – это совокупность оборудования с ЧПУ, подающегося без дополнительных значительных затрат переналадки в короткие сроки для перехода к выпуску нового вида продукции. Они

компонуются из универсального автоматизированного оборудования с ЧПУ, обладающего широкими технологическими возможностями.

Для реализации ГАП используется широкая номенклатура различных датчиков, исполнительных механизмов, микропроцессорных контроллеров, микро-ЭВМ, а также ПР, ГПМ, ГПЯ, РТК, АСУТП, АСУПП, а также локальные вычислительные сети.

Ячейки ГАП создаются на основе оборудования с ЧПУ и ПР, различных видов манипуляторов и объединяются в единую ГПС при помощи транспортных систем, управляемых от единой центральной системы управления на базе микро-ЭВМ.

### 3.6 Обобщенная структурная схема ГАП

На рисунке 26 приведена обобщенная структурная схема ГАП.

В ГАП технологическое оборудование ГПМ, ГПЯ, РТК, ГАУ, ГАЛ, а также различные виды складов объединяются между собой в единую систему при помощи транспортной системы, которая создает транспортный материальный поток.

Для обеспечения функционирования материального транспортно-го потока и решения других задач, связанных с производственной деятельностью, все оборудование, входящее в состав ГАП объединяется в единую информационную сеть, центром которой является микро-ЭВМ. Центральная микро-ЭВМ выдает управляющие команды (сигналы) на отдельные единицы технологического оборудование, а также

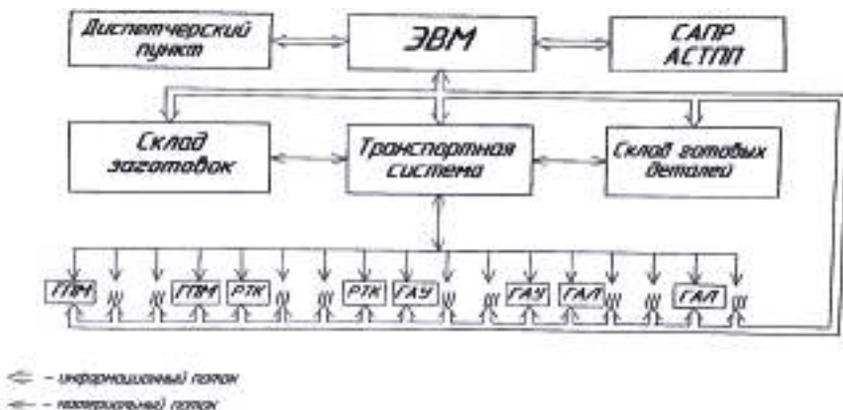


Рис. 26. Обобщенная структурная схема ГАП

транспортно-складского контролирует исполнение команд и техническое состояние оборудования, а также системы управления.

Для управления при помощи ЭВМ служат следующие вспомогательные элементы:

1. Диспетчерский пункт для оперативного управления и регулирования производства.
2. Системы САПР и АСТПП, системы автоматизации конструкторской, технологической, организационной, технической и даже маркетинговой деятельности.

ЭВМ может быть реализовано в виде одной машины многоуровневой распределенного типа или в виде персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть.

### **3.7 Организационно-технические структуры компьютерно-интегрированных производств**

Организационно-технические структуры, реализуемые с внедрением ГПС, позволяют создавать компьютерно-интегрированные производства (КИП), обеспечивающие решение всех задач жизненного цикла продукции: маркетинга, проектирования и разработки изделия, планирования и разработки технологических процессов, материального обеспечения и подготовки производства, производства продукции, ее реализации, эксплуатации изделия, обслуживания изделия, утилизации [11].

Конструктивно КИП в машиностроении выполняется в виде гибких автоматизированных цехов (ГАЦ) и гибких автоматизированных заводов (ГАЗ). разница между которыми заключается в объемах производства продукции и количестве оборудования.

**ГАЦ и ГАЗ** – это организационно оформленные, системно компьютерно-интегрированные производства и предприятия, работающие по замкнутому производственному циклу, обеспечивающие выпуск товарной продукции в условиях изменяющегося рыночного спроса и функционирующие при ограниченном числе работающих. ГАЦ и ГАЗ строятся на сочетании прогрессивной техники, технологии производства, информационной технологии и компьютерного управления с качественно новой квалификацией персонала.

ГАЦ – это КИП, представляющее собой ГАЛ и (или) ГАУ, предназначенных для изготовления продукции заданной номенклатуры.

Структура ГАЗ и соотношение составляющих его организационных единиц представлены на рисунке 27 [11].

ГАЗ представляет собой КИП, состоящее из нескольких ГАЦ и обеспечивающее выпуск готовых изделий в соответствии с планом основного производства. В ГАЗ могут также использоваться отдельно функционирующие неавтоматизированные участки и цехи.

Производственным оборудованием ГАЗ и ГАЦ являются ГПМ, ГПЯ, ГПС (см. рисунок 27) различного технологического назначения: для механической обработки, сборки, контроля и т.д. Все это оборудование связано в единый производственно-информационный комплекс материальными и информационными потоками, что предопределяет синтез производственных и информационных технологий.

В состав ГАЗ частично или полностью могут входить следующие СОФ: автоматизированная система научных исследований (АСНИ); система автоматизированного проектирования и расчетов (САПР); автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП); автоматизированная система операционного планирования производства; автоматизированная система моделирования производства; автоматизированная система содержания и обслуживания оборудования; автоматизированная система энергоснабжения и энергосбережения; автоматизированная система материалоснабжения и переработки отходов; автоматизированная система управления снабжением; автоматизированная система управления маркетингом и сбытом продукции; автоматизированная система управления экономикой предприятия; автоматизированная система управления кадрами и другие [11].

Полная интеграция всех необходимых систем в единую систему определяет ГАЗ как завод будущего, полностью автоматизированный,

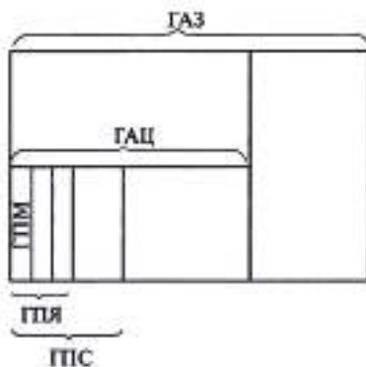


Рис. 27. Организационная структура ГАЗ

гибкий, который может работать 24 часа в сутки, каждый день в году и большую часть времени в малолюдном или безлюдном режиме. На таком ГАЗ возможно регулярно переходить на выпуск новой продукции, а также реструктурировать производство по мере появления новых решений. Действие любого по степени автоматизации КИП имеет **три особенности**.

Первая – это **обеспечение гибкости**, способность быстрого перехода с выпуска одного вида изделия на выпуск другого при минимальных простоях оборудования и при обеспечении стабильного качества продукции и ее конкурентоспособности в условиях рынка.

Вторая особенность – **наличие «думающих» машин нового класса** (технологических, транспортных, складских и т.д.), способных решать интеллектуальные задачи на базе информационных технологий, выбирать оптимальный режим обработки, определять неисправности и устранять их, автоматически переходить на выпуск новой, ранее не выпускавшейся продукции и т.д. Всеми функциями управляет ЭВМ.

Третья особенность – **наличие сложнейших интеллектуальных процессов, организующих производство**: маркетинга, подготовки производства (конструкторской и технологической) с помощью сети ЭВМ.

Новый уровень автоматизации управления производством и большой объем информации в условиях ГАЦ и ГАЗ повышают и требования к людям, обслуживающим это производство, – операторам, мастерам, инженерам, бухгалтерам, научным работникам и др. Вместо тяжелой физической нагрузки (в неавтоматизированном производстве) здесь существенно возрастает психологическая нагрузка, связанная с ответственностью и необходимостью принятия решений.

Создание ГАЦ и ГАЗ является концентрированным результатом прогресса в науке и технике. Эти достижения входят органически в проекты создания новых ГАЦ и ГАЗ.

Создание ГАЦ и ГАЗ в машиностроении обусловлено несколькими причинами. Главные из них: усиливающаяся индивидуализация запросов потребителей на различные виды продукции, своевременное удовлетворение которых возможно лишь при быстрой адаптации к изменяющимся запросам рынка при высокой степени гибкости производства, достигаемой путем автоматизации всех функций управления жизненным циклом продукции; ужесточающиеся требования к качеству (что находит свое выражение в расширении практики сертификации продукции и разработке международных стандартов качества), удовлетворить которые можно лишь при использовании программ-

но-управляемого оборудования с автоматическим контролем технологического процесса во всех его фазах; рост потребности в наукоемкой продукции, выпуск которой возможен лишь при высоком уровне автоматизации технологического процесса [11].

Основными техническими предпосылками создания ГАЦ и ГАЗ являются: появление интеллектуальных программируемых контроллеров, обеспечивающих высокую надежность при относительно небольшой стоимости и малых габаритах; широкое распространение локальных вычислительных сетей (ЛВС) и стандартизация их архитектуры и протоколов; повышение надежности оборудования благодаря использованию новых конструкционных материалов и встроенных микропроцессорных систем диагностики, в результате чего становится возможной работа оборудования без сбоев в течение всего срока морального старения при условии осуществления упреждающего диагностирования и ремонта; появление сравнительно недорогих супермикрокомпьютеров, позволяющих строить экономически целесообразные системы и рабочие станции для проектирования и управления; широкое распространение развитых персональных ЭВМ, которыми можно оснастить практически все рабочие места и реализовать интеллектуальный интерфейс в системе управления.

Сегодня важным фактором ускорения и удешевления передачи и получения информации при создании различных ГАЦ и ГАЗ является использование системы интернет. При этом необходимы свободный доступ к научно-технической информации и наличие средств эксплуатационной поддержки оборудования. Реализовать эти условия позволяют системы информационного обеспечения производств и конструкторских отделов предприятий через линии связи системы интернет, подключаемые к системам CAD/CAM на предприятиях-пользователях.

Одним из первых в мире стал грандиозный проект ГАЗ для производства деталей металлорежущих станков, разработанный в Японии фирмой Mazak, общий вид которого представлен на рисунке 28.

Главная цель, достигаемая при создании такого ГАЗ, – автоматизация мелкосерийного производства, начиная от поставки сырья и кончая отгрузкой готовых изделий. в рамках функционирования такого ГАЗ ЭВМ управляют всеми процессами производства, включая ковку, получение изделий методом порошковой металлургии, термообработку, механическую обработку, сварку, сборку и контрольно-измерительные операции.

В дневную смену ГАЗ обслуживало всего пять человек. В ночную смену обслуживание персоналом не предусматривалось. Для сравне-

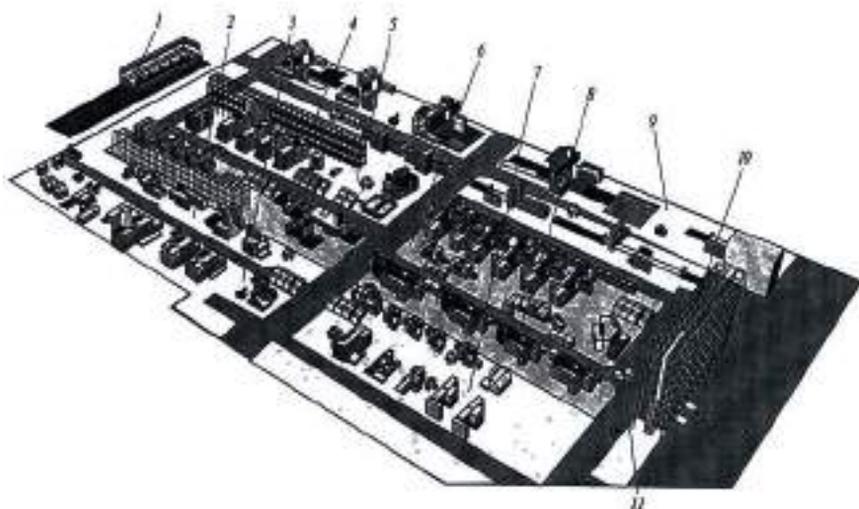


Рис. 28. Общий вид ГАЗ фирмой Mazak (Япония):

1 – ГАУ высокоточной обработки деталей; 2 – участок высокоточных измерений; 3 – участок КИМ; 4 – ГПМ на базе многоцелевого станка с ЧПУ; 5 – ГПС из высокоточных горизонтальных многоцелевых станков с ЧПУ; 6 – ГПС из многоцелевых токарных станков с ЧПУ; 7 – участок сверхточных шлифовальных станков с ЧПУ; 8 – токарный ГПМ; 9 – участок механической обработки (включая шлифование) крупногабаритных деталей типа станин; 10 – многоярусный автоматизированный склад; 11 – робокары

ния, персонал завода в 1999 г. составлял 35 человек при выпуске 300 станков в месяц.

Завод 24 часа в сутки изготавливает из деталей, произведенных на заводе и получаемых по кооперации, многоцелевые горизонтальные и вертикальные токарные станки с ЧПУ и другое станочное оборудование [11].

Этот ГАЗ создавался путем последовательной автоматизации производства более 20 лет. Были внедрены: робокарная транспортная система для подачи заготовок и вывоза обработанных деталей в многоярусные склады, станки с ЧПУ, затем отдельные ГПМ и, наконец, ГПС.

Автоматизирован процесс наладки инструмента. Все инструменты, применяемые на ГАЗ, снабжаются кодируемыми и считываемыми метками и хранятся на инструментальных складах.

В результате проведенной работы сейчас почти все детали (за исключением деталей шпиндельного узла, которые поступают по коопе-

рации) обрабатываются только на ГПС и отдельных ГПМ, связанных транспортными и информационными сетями [11].

Одновременно расширилось применение средств вычислительной техники путем иерархического соподчинения ЭВМ, которые выполняют различные задачи, в том числе в рамках подготовки производства, его организации и управления. ГАЗ, используя систему Интернет, обеспечивает сервисную и техническую поддержку своих филиалов и других предприятий, поставляющих комплектующие и осуществляющих материально-техническое снабжение.

ГАЗ расположен в одноэтажном корпусе, и все оборудование находится под одной крышей. Участок сверхточной обработки выделен для поддержания температурного режима. Технологическое оборудование оригинальное и полностью разработано инженерами фирмы. Оно охватывает весь цикл производства – от поступления сырья и материалов до отправки готовой продукции, от программного обеспечения управления ГАЗ до программирования работы отдельных станков [11].

Программное обеспечение спроектировано таким образом, чтобы сократить время обработки и наладки, а также повысить долю времени резания в оперативном времени. На станках с ЧПУ используется система CNC с программированием в диалоговом режиме.

Отдельные ГПС, входящие в ГАЗ, специализированы на обработке определенных деталей, номенклатура которых в условиях данного предприятия составляет более 100 наименований.

По мере роста программы выпуска в ГАЗ дополнительно встраивалось технологическое оборудование. В ГПС входят две автоматизированные транспортные системы: система подачи заготовок и отвода обработанных деталей и система подачи и смены режущего инструмента. В отдельных случаях используется ГПМ. Все оборудование обеспечивает высокоскоростную обработку [11].

Для накопления деталей служат многоярусные высотные автоматические склады. Некоторое оборудование оснащено также пристаночными накопителями. Внутризаводские перемещения различных грузов осуществляются развитой робокарной системой.

ГАЗ имеет единую информационную сеть, обеспечивающую внешние и внутренние связи: внешние – с представительствами фирм, занимающихся сбытом продукции во всем мире, и с фирмами, поставляющими комплектующие из разных стран; внутренние – с администрацией, техническим отделом, отделом сбыта и производственным отделом ГАЗ для подачи на станки УП и оснастки, для управления производством, для переналадки станков, что позволяет сократить время

на разработку и выпуск новой продукции, оперативно реагировать на заказы, существенно снизить затраты.

В ГАЗ реализовано формирование чертежей деталей на базе конструкторских и технологических данных и другой информации.

Принятая система также позволяет передавать информацию о состоянии станков, обрабатываемых деталях и т.д. Таким образом, организовано дистанционное управление производством. Эта система связи используется не только для передачи текстовой информации. Для удобства операторов станков и персонала, управляющего производственным процессом, можно передавать чертежи, таблицы, фотографии, звуковые сигналы и изображения [11].

Стабильная точность продукции ГАЗ обеспечивается традиционными техническими средствами: КИМ, приборами проверки некруглости и другими; поддержкой постоянной температуры и влажности воздуха в помещениях, идеальной чистотой в производственных помещениях, а самое главное – технологией производства.

Учитывая накопленный опыт, фирма перешла к расширению функций комплексной автоматизации этапов жизненного цикла продукции (например, эксплуатации) путем сервисной и технической поддержки через интернет фирм, эксплуатирующих оборудование фирмы Mazak [11].

Проекты опытных образцов ГАЗ были разработаны ещё в период существования СССР в ЭНИМСе.

ГАЗ на базе станкостроительного завода «Красный пролетарий» (ГАЗ КП), компоновка которого показана на рисунке 29, проектировался для эксплуатации в составе основного производства этого предприятия [11].

Для представленного на рисунке 29 ГАЗ КП планировалось, что общими будут АСУП (общезаводская), САПР конструктора продукции завода, планово-диспетчерская служба, общезаводской склад готовых деталей и узлов, ремонтно-механический цех, службы главного механика, главного энергетика и главного электроника; общезаводскими оставались также инструментальная и транспортная службы [11].

ГАЗ по изготовлению разделительных штампов, также спроектированный в ЭНИМСе для эксплуатации в составе Тверского завода штампов (ГАЗ ТЗШ), по объему производства существенно меньше, чем ГАЗ КП, поэтому должен быть теснее связан с основным производством. Кроме служб завода «Красный пролетарий» и ГАЗ КП, перечисленных выше, на ГАЗ ТЗШ и Тверском заводе штампов объединены полностью также службы САПР и АСУП. На рисунке 30 приведена схема размещения оборудования, основных систем и служб ГАЗ ТЗШ [11].

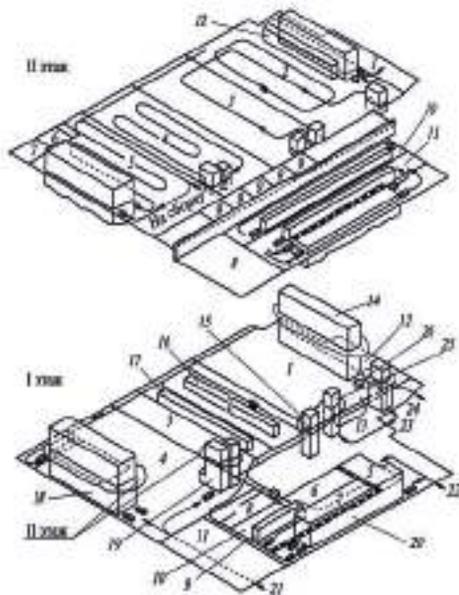


Рис. 29. Схема первого и второго этажей ГАЗ КП:

**I этаж:** 1 – участок испытания станков; 2 – участок сборки и общего монтажа станков; 3 – ГАУ тел вращения; 4 – ГАУ станин; 5 – участок распаковки и расконсервации; 6 – участок общего монтажа и испытания станков; 7 – участок финишной обработки; 8 – участок сборки электрошкафов; 9 – ГАУ шпиндельных узлов; 10 – термоконстантный цех; 11 – конторские и бытовые помещения; 12 – участок нанесения эпоксидного компаунда; 13 – участок поступления готовой продукции; 14 – склад № 2 готовых изделий (запас на 15 дней); 15 – склад длинномерных изделий; 16 – склад участка общего монтажа (запас на 4 дня); 17 – склад участка узловой сборки (запас на 6 дней); 18 – склад № 1 готовых деталей и заготовок (запас на 15 дней); 19 – склад станин (запас на 2 дня); 20 – склад комплектующих изделий и готовых деталей (запас на 15 дней); 21, 22 – входные потоки (заготовки, станины, готовые детали); 23 – выходной поток (готовые детали и комплектующие изделия для упаковки); 24 – выходной поток (упакованная продукция); 25 – лифты грузоподъемностью до 20 тонн; 26 – робокар; **II этаж:** 1 – участок нанесения компаунда; 2 – цех консервации и упаковки; 3 – участок окраски изделий в сборе; 4 – участок окраски литых деталей; 5 – участок окраски штампованных деталей; 6 – диспетчерская АСУ (место размещения оператора ГАЗ); 7 – службы; 8 – конторские и бытовые помещения; 9 – вспомогательные участки; 10 – электромонтажный цех; 11 – участок входного контроля узлов; 12 – склад цеха консервации и упаковки (запас на 10 дней)

Существуют различные подходы к созданию машиностроительных ГАЦ и ГАЗ: глобальный (одновременная перестройка действующего производства по всем направлениям); последовательный (создание «островков автоматизации» в виде отдельных ГПМ, ГАУ, ГПС с последующей их интеграцией); смешанный (сочетание элементов первого и второго в различных комбинациях) [11].

Глобальный путь долг и требует больших одновременных материальных затрат на реализацию. Последовательный путь имеет то преимущество, что можно быстро и легко убедиться в эффективности принятых решений. Однако при их реализации необходим предварительно разработанный план, в котором должны быть учтены главные цели производства и обеспечена совместимость этих решений. Особенно целесообразно создание «островков автоматизации», объединенных общим проектом и обеспеченных средствами обмена данными между ними, а это и есть смешанный путь создания ГАЦ и ГАЗ [11, 3].

В настоящее время в мире функционирует большое количество ГАЦ и ГАЗ с различным уровнем автоматизации, на которых

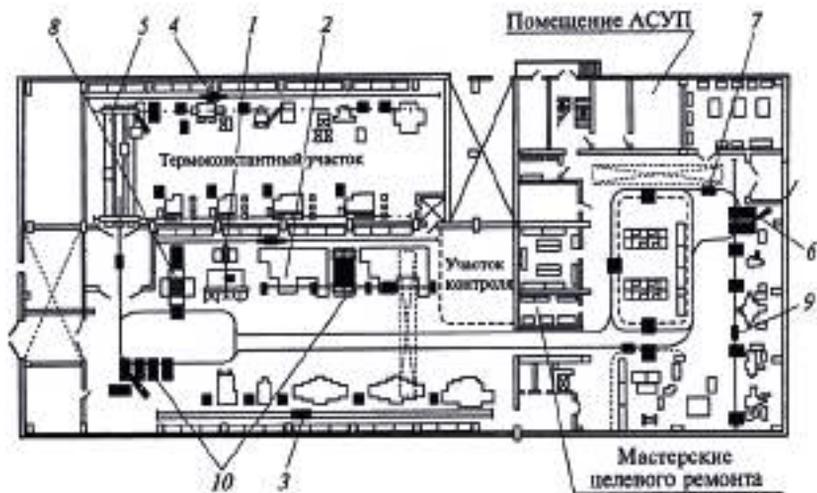


Рис. 30. Схема размещения оборудования, основных систем и служб ГАЗ ТЗШ:  
 1 – накопительно-подающая система; 2 – порталный робот; 3 – тележка-накопитель; 4 – транспортно-накопительный робот; 5 – подвесной манипулятор; 6 – манипулятор; 7 – подвесной монорельсовый конвейер; 8 – вертикальный накопитель; 9 – робот; 10 – приёмно-накопительная секция

выпускаются металлорежущее оборудование и ПР, изделия для аэрокосмической промышленности, различные агрегаты широкой номенклатуры, включая агрегаты электронно-вычислительной техники и электрические машины. КИП нашли применение в легкой и резинотехнической промышленности, в сельскохозяйственном производстве [11, 3].

Существуют различные варианты робокаров, используемых в качестве транспортных средств в ГПС. Наиболее распространен вариант, когда робокар перемещается вдоль трека (маршрута, трассы) или иной конструкции, уложенной в полу или на его поверхности. Один из вариантов трассирования заключается в том, что на поверхность пола наносят трек в виде полосы (флюоресцентной, светоотражающей, белой с черной окантовкой), а маршрутослежение осуществляется оптоэлектронными методами. Недостатком является необходимость следить за чистотой полосы. Поэтому более распространенным является трассирование робокаров индуктивным проводником, уложенным в канавке на небольшой глубине (порядка 20 мм). Известны и другие интересные решения – с применением, например, телевизионного навигационного оборудования для свободного перемещения в пространстве под управлением ЭВМ [11, 18].

Известны структурные решения с совмещением транспортных потоков деталей и инструментов. Например, робокар может доставлять к станкам и палеты с деталями, и инструментальные наладки. В таких структурах экономия транспортных средств может привести, однако, к задержкам в обслуживании станков и к усложнению управления [11, 18].

Структурный анализ позволяет установить совокупность повторяющихся объектов в ГПС. К числу объектов, требующих как автономного управления, так и централизованной координации, прежде всего, относятся ОЦ, а также накопители, транспортные средства, склады [11, 18].

На рисунке 31 приведён пример гибкой производственной ячейки ГПС с неподвижным накопителем и кареткой свободной адресации.

На рисунке 32 приведён пример ГПС с независимыми потоками для деталей и инструментов.

На рисунке 33 приведён пример гибкой производственной ячейки ГПС с подвижным накопителем паллет.

Конструктивные особенности объектов должны быть ориентированы на взаимную интеграцию без доработок и переделок. В этом случае множественность указанных объектов составит семейство совместимых компонентов, способных породить многочисленные вари-

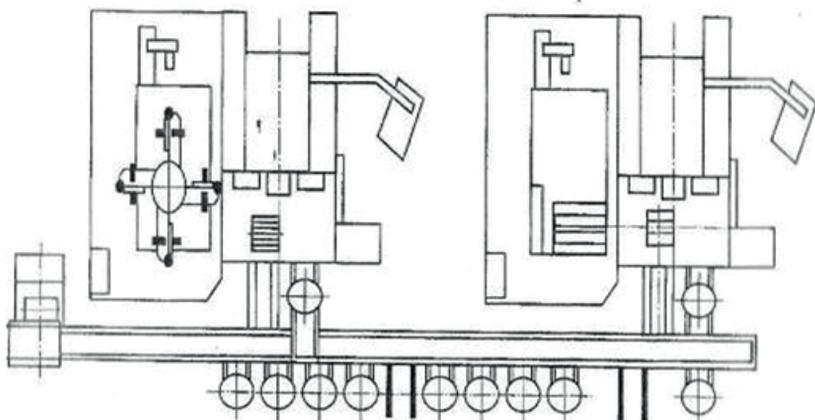


Рис. 31. Гибкая производственная ячейка ГПС с неподвижным накопителем и кареткой свободной адресации

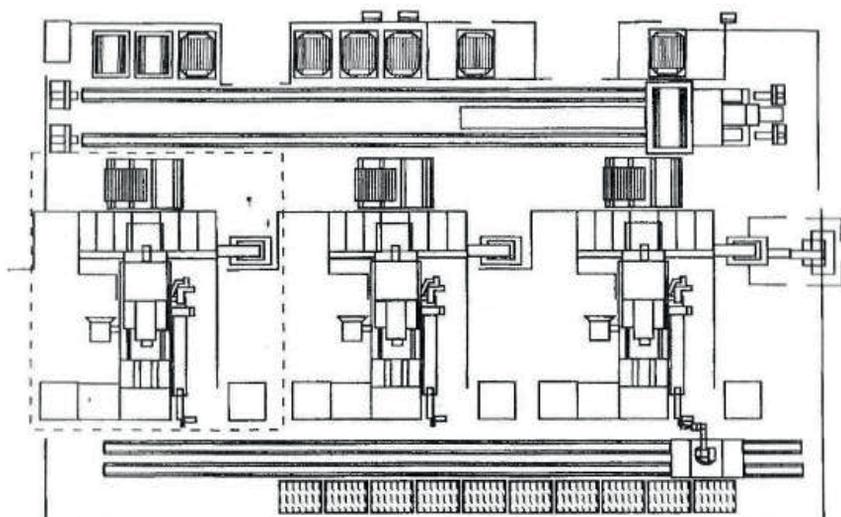


Рис. 32. ГПС с независимыми потоками для деталей и инструментов

анты ГПС в соответствии с конкретным техническим заданием на их разработку [11, 18].

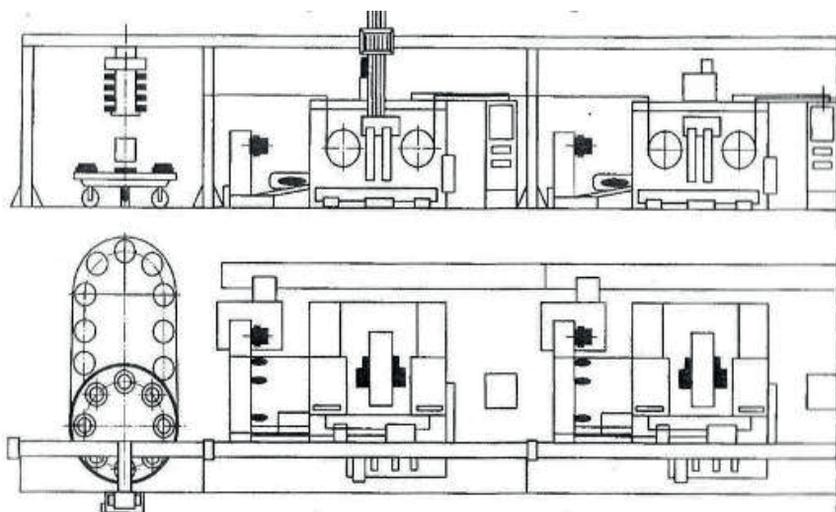


Рис. 33. Гибкая производственная ячейка ГПС  
с подвижным накопителем паллет

Структуры гибкого многономенклатурного производства характеризуются составом или номенклатурой основного технологического оборудования и его количеством, которое зависит от программы выпуска и производительности, определяющих производственные связи между отдельными станками, ветвление и соединение потоков обрабатываемых деталей. Гибкое многономенклатурное производство является одной из разновидностей ГПС. Оно характеризуется движением деталей по произвольному маршруту с возможностью его прерывания, не требует обязательного выравнивания значений времени пребывания детали на различных операциях технологического маршрута и числа операций технологического маршрута для деталей разных наименований. Маршрут движения деталей и последовательность подачи их на обработку никак не связаны с компоновкой оборудования и определяются планом работы комплекса и расписанием загрузки единиц оборудования [11, 18].

При формировании структуры такого производства учитываются порядок следований операций и их длительность. Разработку ГПС обычно осуществляют исходя из следующих условий:

- задано ли множество реализуемых производственных функций;
- заданы ли взаимосвязи между производственными функциями;

- заданы или же подлежат выбору элементы технических средств комплекса управления;
- учитывается или нет расположение элементов производственной системы;
- указаны или нет связи между элементами производственной системы;
- имеется или отсутствует возможность выполнения одной и той же задачи несколькими различными элементами.

Классификация операций производственных структур производится двояко [11, 18].

1. По принципу назначения выделяются следующие операции:

- подготовка полных исходных данных по управлению складом заготовок;
- подготовка данных по маршруту транспортирования заготовок;
- управление складом инструментов;
- управление транспортировкой грузоединиц;
- управление оборудованием технологического процесса;
- управление складом готовых изделий.

На рисунке 33 приведён пример ГПС на основе общего транспортирования едиными средствами деталей и инструментов [11, 18].

2. По принципу реализации производственного процесса различают операции [11, 18]:

- динамическое и статическое ведение состояния склада материала;
- динамическое и статическое ведение состояния склада инструментов;
- осуществление транспортирования грузоединиц;
- составление полного отчета по состоянию технологического оборудования;
- отправка на склад готовых изделий.

Эффективность и производительность основного оборудования многономенклатурного производства непосредственно зависят от уровня его использования и загрузки.

На рисунке 34 приведён пример ГПС на основе общего транспортирования едиными средствами деталей и инструментов.

Обеспечение загрузки оборудования в многономенклатурном производстве с учетом различной длительности производственных циклов на смежных технологических позициях является одной из центральных теоретических и практических проблем, с которыми приходится сталкиваться как при проектировании, так и при эксплуатации ГПС [11, 18].

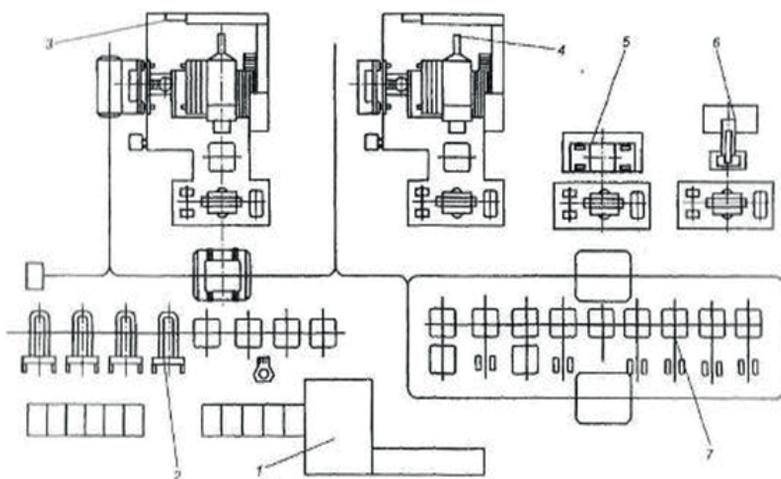


Рис. 34. ГПС на основе общего транспортирования едиными средствами деталей и инструментов: 1 – пункт управления; 2 – накопитель инструментов; 3, 4 – станки с ЧПУ; 5 – моечная станция; 6 – контрольно-измерительная машина; 7 – накопитель паллет

Загрузка оборудования ГПС в многономенклатурном производстве определяется планом.

При проектировании ГПС многономенклатурного производства выбор производственных (и технологических) структур осуществляется только на основании объемных планов [11, 18].

Расписание работы оборудования многономенклатурной ГПС создается в процессе эксплуатации с учетом реальной производственной ситуации.

На рисунке 35 приведены структурные схемы организации гибких автоматизированных участков (ГАУ).

При организации ГАУ по структурным схемам 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 и 1.8, как представлено на рисунке 35, система обеспечения функционирования производства оказывается вынесенной за пределы участка, а накопители размещаются на площади самого участка [11, 18].

При организации цеховых ГПС с применением структур в соответствии со схемами 1.6 и 1.7 все системы, как и все технологическое оборудование, размещаются на площадях, отводимых непосредственно под ГПС.

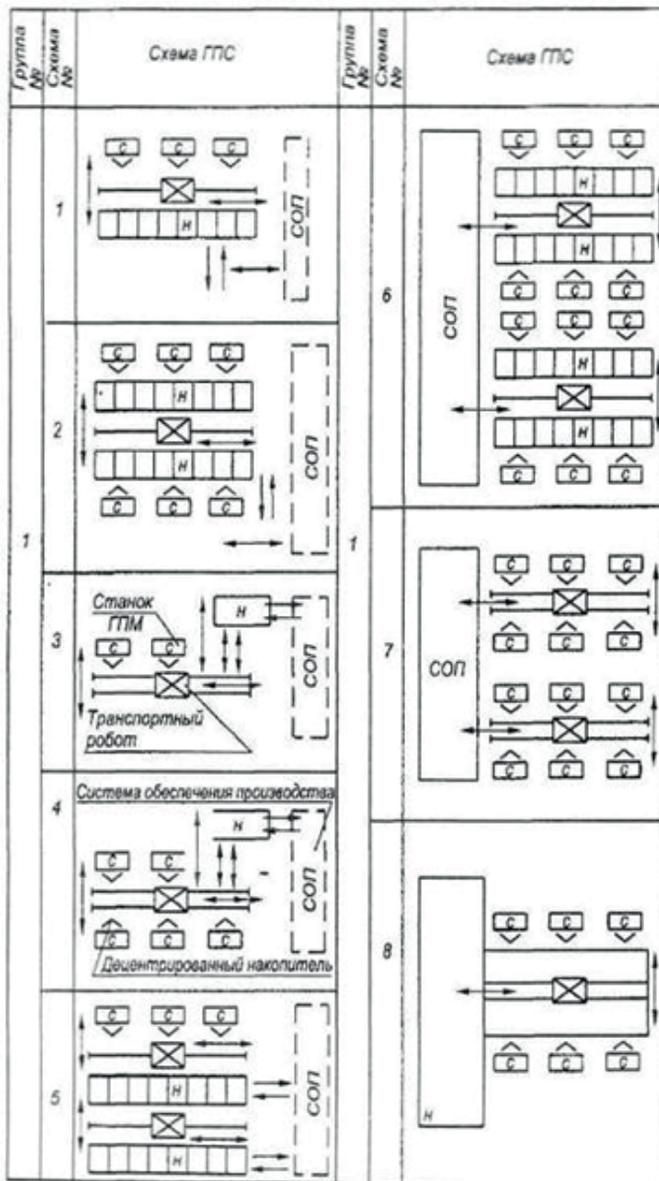


Рис. 35. Структурные схемы организации ГАП: с – станок с пристаночной механизированной системой; н – накопитель; СОП – система обеспечения производства

Реализация ГПС по схеме 1.1 рекомендуется для одностороннего расположения станков, а по схемам 1.2 к 1.6 – для двустороннего расположения [11, 18].

Для перемещения и складирования заготовок, деталей, инструмента и приспособлений применяются транспортные роботы, которые позволяют устанавливать тару, поддоны и сменные приспособления-спутники (паллеты) на приемные устройства и накопители отдельных станков и в общеучастковые накопители [11, 18].

На рисунке 36 приведены структурные схемы компоновок ГПС с использованием поворотных и подъёмных устройств.

При организации ГПС по схемам 1.3, 1.4 и 1.7 транспортные роботы обеспечивают перемещение и накопление деталей на одном уровне высот. Для размещения оборотных заделов, инструмента и приспособлений, предназначенных для последующей механической обработки, используются механические накопители-подъемники. Подобные схемы могут применяться как для одностороннего, так и для двустороннего расположения станков. Схема 1.5 применяется для таких ГПС, у которых предусматривается организация общего склада-накопителя. Для загрузки станков транспортный робот захватывает тару или спутник из стеллажа-накопителя и устанавливает на локальный накопитель или же на пристаночное загрузочно-разгрузочное устройство. При использовании структуры в одном транспортном блоке применяется перемещение по двум уровням [11, 18].

На верхнем уровне перемещается устройство циклического действия, транспортирующее тару, поддоны и спутники к рабочим местам. На нижнем уровне осуществляется возврат тары, поддонов и спутников от рабочих мест после каждой технологической операции. Обычно для выполнения операций по возврату используется роликовый приводной конвейер [11, 18].

Кроме указанных, возможны и иные схемы компоновок ГПС, использующие роликовые конвейеры в сочетании с различными поворотными и подъёмными устройствами, а также с цепенесущими конвейерами [11, 18].

На рисунке 37 приведены структурные схемы компоновок ГПС с перемещением транспортных устройств по специальным транспортным путям.

Вдоль линейной или замкнутой трассы конвейеров могут разместиться до 25 станков, а также общеучастковые накопители. Система обеспечения функционирования производства вынесена за пределы участка.

Практически применяются ГПС, использующие для межоперационных перемещений напольные рельсовые транспортные устройства,

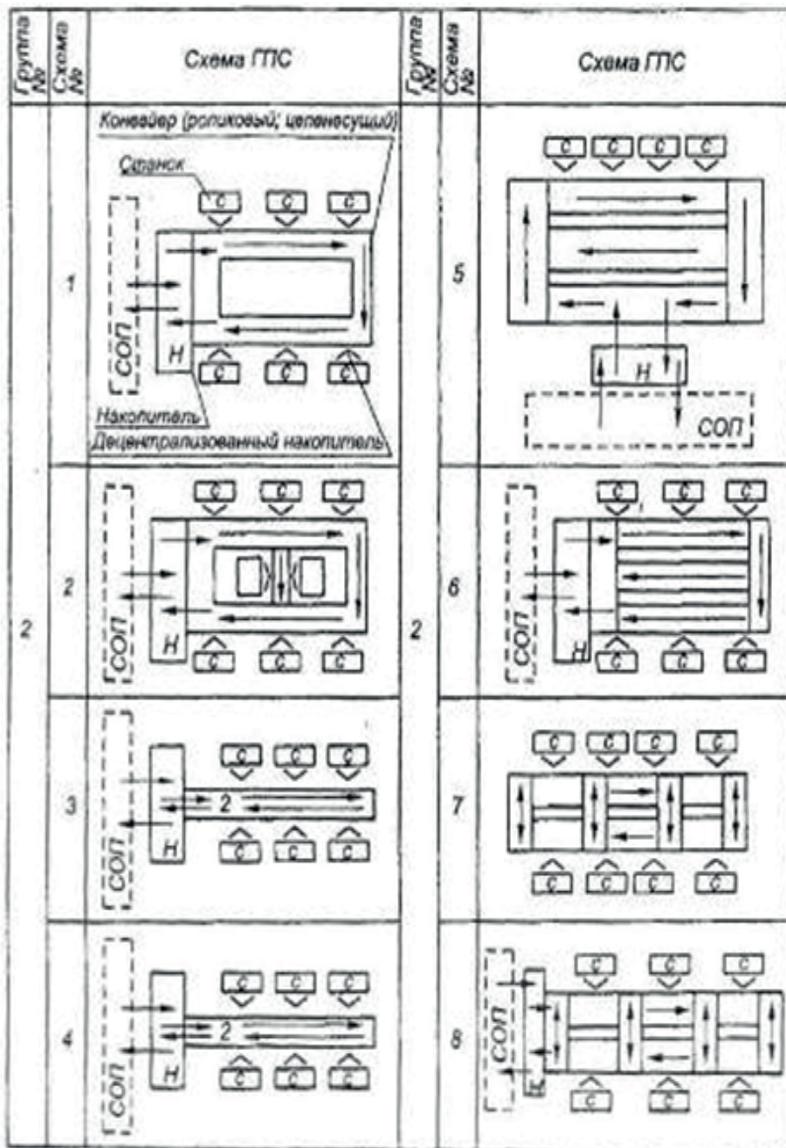


Рис. 36. Структурные схемы компоновок ГПС с использованием поворотных и подъёмных устройств (условные обозначения аналогичны тем, которые применены на схеме, представленной на рисунке 34)

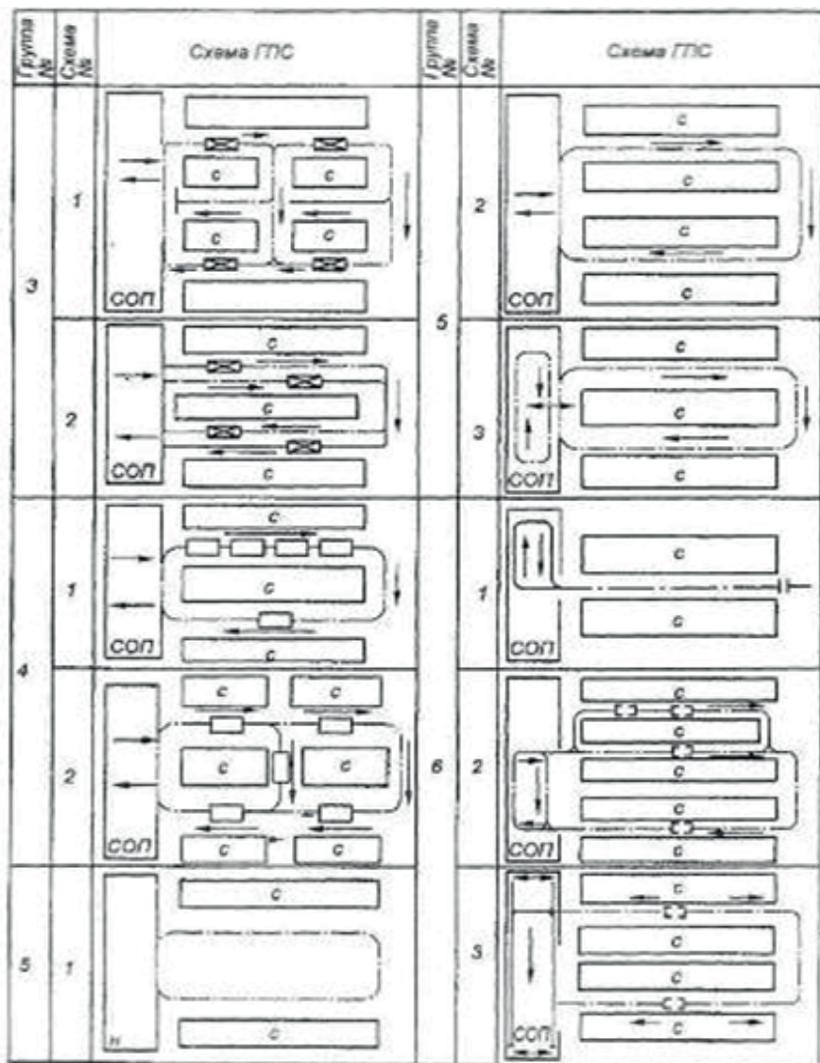


Рис. 37. Структурные схемы компоновок ГПС с перемещением транспортных устройств по специальным транспортным путям: С – зона расположения станков с пристаночной механизацией и накопителями; СОП – служба обеспечения функционирования производства;  – транспортный напольный робот – подвижный состав монорельсовых дорог;  – тележка напольная; - - - конвейер подвесной

а также безрельсовые устройства без водителей, перемещающиеся по специальным проездам. Количество установленных станков определяется размерами выпуска. Использование подобных схем целесообразно для производственных участков, в которых станки располагаются группами разнообразной конфигурации и требуется создание криволинейных трасс для межоперационных перемещений, а также в тех случаях, когда различные склады и участки подготовки производства размещаются в отдалении от технологического оборудования. Транспортные трассы в таких случаях обычно бывают закольцованы [11, 5].

Источником снабжения робокаров материальными потоками является автоматизированный склад со штабелерами, осуществляющими адресуемый доступ к любой ячейке склада. Склад сам по себе является достаточно сложным объектом управления.

В качестве системы управления робокаром используют программируемые контроллеры, ЭВМ или же специализированного устройства.

Наиболее распространенные робокары с индуктивным маршруто-слежением имеют следующие характеристики: грузоподъемность – 500 кг; скорость перемещения – 70 м/мин; ускорения при разгоне и торможении соответственно – 0,5 и 0,7 м/с<sup>2</sup>; ускорение при аварийном торможении 2,5 м\с<sup>2</sup>; величина подъема палеты – 130 мм; точность остановки робокара – 30 мм; время цикла перегрузки – 3 с; радиус поворота на максимальной скорости – 0,9 м; время работы без подзарядки аккумуляторов – 6 ч; напряжение аккумуляторной батареи – 24В; мощность каждого из двух приводных двигателей – 600 Вт; собственная масса робокара – 425 кг [11, 5].

### 3.8 Системы управления ГПС

Система управления ГПС относится к многоуровневым иерархическим системам управления распределенного типа. Для иерархических систем характерно то, что информационно-управляющее взаимодействие происходит только между расположенными рядом уровнями иерархии управления. Например, третий уровень управления не может передавать управляющие воздействия на первый уровень управления, минуя второй [11].

В случае структур ГПС к нижнему уровню управления относятся устройства числового программного управления (ЧПУ) отдельными единицами оборудования, станками, промышленными роботами (ПР), устройства управления краном-штабелером и отдельными устройствами, входящими в транспортно-складскую систему. Средний уровень системы управления ГПС обеспечивает прием плановых заданий от верхнего уровня

системы управления (независимо от того, составляются эти плановые задания с помощью компьютерных систем или же человеком), автоматизацию оперативного управления централизованными службами обеспечения производства, координирует работу систем нижнего уровня. На верхнем уровне управления ГПС производится разработка плановых и директивных документов (или массивов), определяющих функционирование данной ГПС в течение рассматриваемого временного интервала [11, 3].

Информационной базой для управления ГПС является компьютерная модель, отражающая состояние этой ГПС и включающая модель склада-накопителя, транспортно-накопительной системы и пунктов загрузки-выгрузки [11, 3].

Основные задачи компьютерной техники при управлении ГПС следующие:

- оперативно-календарное планирование производства, включая подетальное недельно-суточное и планирование на месяц, расчет сменно-суточного задания, расчет подетально-операционного плана на заданный период времени, учет, контроль и коррекция сменно-суточных заданий, формирование партий запуска и выпуска, расчет загрузки оборудования [11, 3];

- технологическая подготовка производства, включая планирование и учет комплектования ГПС инструментом, оснасткой и управляющими программами на заданный календарный период, планирование обеспечения ГПС заготовками, разработку карт наладок и укомплектовочных карт инструмента, автоматизацию разработки технологических процессов и управляющих программ для станков с ЧПУ [11, 3];

- оперативное управление и ведение отчетности, включая выполнение сменно-суточных заданий, комплектование заказов, обеспечение заготовками, запуск деталей в обработку и их движение, возникновение брака, поступление и местонахождение грузоединиц в складах-накопителях, работу и простой оборудования [11, 3];

- технико-экономическое планирование и учет, включая учет выполнения производственной программы за сутки, смену и с начала месяца, расчет плана технико-экономических показателей ГПС и учет его выполнения [11, 3];

Интеграция гибкого производства достигается его компьютеризацией, что предопределяет объединение на базе ЭВМ управления несколькими или всеми функциями производства. Таким образом, компьютерная интеграция производства – это объединение единой системой управления всех (полная интеграция) или отдельных (частичная интеграция) производственных функций, включая маркетинг, конструирование, технологическую подготовку производства, обра-

ботку, сборку, испытания и другие при сохранении автономности работы (деятельности) систем выполнения указанных функций. Система управления таким интегрированным производством называется интегрированной автоматизированной системой управления (ИАСУ). Интеграция производства начинается с объединения двух и более ГПС в одну систему на базе ИАСУ [11, 18].

На рисунке 38 показана принципиальная схема проекта информационно-интегрированного производства (фрагмента ГАЗ) фирмы Mazak и предприятия-клиента, эксплуатирующего его оборудование [11].

Сервисная поддержка предприятия-клиента осуществляется в области организации снабжения и производства, ремонта оборудования и в других сферах хозяйственной деятельности.

В этом случае между фирмой-изготовителем и предприятием-клиентом (заказчиком), эксплуатирующим ее оборудование, организуется

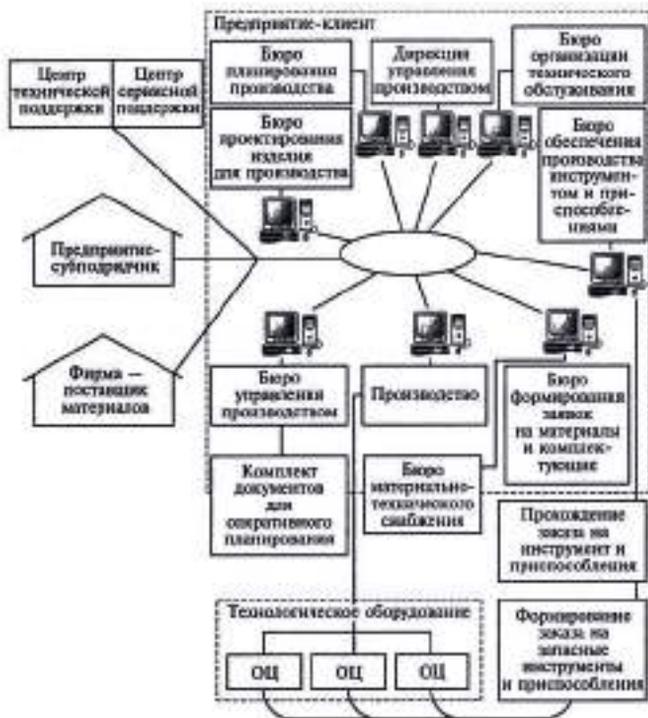


Рис. 38. Принципиальная схема проекта информационно-интегрированного производства (фрагмента ГАЗ) фирмы Mazak с предприятием-клиентом

связь online на уровне технических центров, которые обеспечивают также необходимую связь с фирмами-субподрядчиками, поставщиками материалов и комплектующих. По этим каналам связи организуется планирование производства, а также его подготовка (автоматизированное проектирование, подготовка зажимных приспособлений, режущего и измерительного инструмента и т.д.), осуществляется оперативное планирование производства (выдаются заявки на необходимое материально-техническое снабжение и выписываются соответствующие счета, рассчитывается загрузка станков, разрабатываются технологии, подготавливаются УП, уточняются потребности в инструменте, зажимных приспособлениях и т.д.). Все это позволяет организовать производство по системе «точно вовремя» (just-in-time) и существенно сократить производственный цикл. Последнее обеспечивается также путем эффективной организации процесса эксплуатации оборудования. Центр сервисной поддержки фирмы-изготовителя через интернет осуществляет глубокое диагностирование систем CNC станков и каждой единицы оборудования. Для этого предприятие-заказчик становится на абонентское обслуживание в фирме Mazak. Оно получает CD-ROM с рекомендациями по обслуживанию соответствующего станка. В этом случае в сервисном центре и у клиента будет одно и то же изображение ситуации на экране компьютера и может быть организована квалифицированная консультация специалистов.

С помощью интернета пользователь получает информацию о рекомендуемых конструкциях инструмента и режимах резания, уже опробованных на фирме Mazak. При необходимости фирмой подготавливается УП и передается клиенту через интернет, а также могут выполняться редактирование УП, подготовленных другими фирмами, и выдаваться необходимые рекомендации.

При возникновении неисправностей, которые не могут быть устранены службой эксплуатации предприятия-клиента, фирма направляет сервисного инженера с наладочным оборудованием и необходимыми запасными деталями и элементами системы управления (платами и т.д.).

На рисунке 39 приведена принципиальная схема проекта информационно-интегрированного производства (фрагмент ГАЗ) фирмы Mazak с другим предприятием-клиентом, имеющим в эксплуатации ГПС со станками фирмы Mazak. В этом случае так же, как и представленном на рисунке 38, в режиме online организуется связь клиента с центром технической поддержки и сервисным центром фирмы. По соответствующим каналам связи осуществляется управление производством и поступает необходимая информация [11].



Рис. 39. Принципиальная схема экспериментального проекта информационно-интегрированного производства (фрагмента ГАЗ) фирмы Mazak с предприятием-клиентом

На рисунке 40 приведена принципиальная схема получения и передачи информации через сеть Интернет с помощью ЛВС в автоматизированную систему управления заводом.

Можно выделить два направления совершенствования ГАЦ и ГАЗ, созданных на основе производственных и информационных технологий:

а) автоматизация технологических процессов и оборудования, позволяющая сократить трудоемкость обработки, повысить надежность технологических процессов, качество результатов и интеллектуальность труда;

б) автоматизация интеллектуальной деятельности людей и информационная интеграция выполняемых процессов, направленная на их ускорение, совершенствование обмена информацией по результатам отдельных этапов работы, сокращение затрат на процесс обмена и повторную обработку информации; информационная интеграция обеспечивает обзорность состояния производственной системы в целом и упрощает управление ею.

Для формирования организационно-производственного образа ГАЗ важным фактором является взаимосвязь с действующими службами производства, в составе которых он создается. Возможны два варианта: ГАЗ – полностью самостоятельное производство, имеющее все

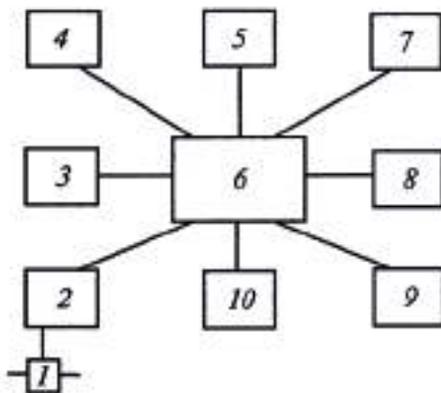


Рис. 40. Принципиальная схема получения и передачи информации через сеть Интернет с помощью ЛВС в ИАСУ ГАЗ: 1 – ЛВС ГАЗ; 2 – внешняя сеть, связанная с определённой ЛВС ГАЗ; 3 – дистрибьютеры (фирмы, осуществляющие продажу станков Mazak); 4 – банки; 5 – субподрядчики; 6 – сеть Интернет; 7 – поставщики материалов, комплектующих, инструмента и т.д.; 8 – заказчики оборудования, производимого фирмой Mazak; 9 – изготовители режущего и другого инструмента для фирмы Mazak; 10 – изготовители станков и другого оборудования для фирмы Mazak

необходимые эксплуатационные службы; ГАЗ сформирован в составе действующего производства, поэтому ряд эксплуатационных служб является общими для ГАЗ и базового завода. Степень совместимости служб ГАЗ и базового завода может быть разной.

## ГЛАВА 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

### 4.1 Роль и место оборудования с ЧПУ в автоматизации производства

Создание оборудования с ЧПУ можно считать одним из более существенных достижений НТП в отрасли машиностроения XX века.

В настоящее время ЧПУ оснащаются металлорежущие, электроэрозсионные и др. станки для электрофизической и электрохимической, лазерной, плазменной обработки и прочие, ПР, сварочное, газорезательное и другое оборудование, ГПМ, ГПЯ, РТК, ГАЛ, ГАУ, различные ГПС, включая гибкие интегрированные [11, 18].

Оборудование с ЧПУ обладает рядом преимуществ по сравнению с неавтоматизированным универсальным, а также автоматическим специализированным и специальным оборудованием, высокой культурой производства. Оно находит применение в условиях мелко- и среднесерийного, а также крупносерийного производства.

Внедрение в производство оборудования с ЧПУ позволило изменить обработку, достигнуть высокого экономического эффекта при его правильной эксплуатации за счет повышения концентрации операций, производительности и др.

Обработка с использованием оборудования с ЧПУ (по отечественным и зарубежным данным), применяемых взамен универсального неавтоматизированного оборудования, характеризуется:

- повышением производительности труда за счет сокращения вспомогательного  $t_b$  и машинного  $t_m$  времени операции;
- исключением предварительных ручных разметочных и последующих пригоночных работ;
- сокращением и даже предотвращением количества брака, повышением точности деталей и их идентичности;
- удешевлением и упрощением специальной оснастки (заготовки обрабатываются без кондуктора);
- ростом производительности труда оператора и наладчика благодаря сокращению времени переналадки оборудования;

- сокращением количества операций, установов и переустановов, так как обработка заготовки может производиться на одном станке за один или несколько установов;
- сокращением числа операций ТП, так как черновая и чистовая обработка может производиться на одном станке;
- сокращением времени и расходов на межоперационное транспортирование вследствие повышения уровня концентрации операций;
- сокращением сроков подготовки производства и периода освоения производства новых изделий.

## **4.2 Преимущества оборудования с ЧПУ**

Опыт использования оборудования с ЧПУ показал, что эффективность его применения возрастает при повышении требований точности и усложнения условий обработки заготовок, требующих взаимного перемещения заготовки и инструмента по нескольким координатам.

Оборудование с ЧПУ обладают следующими преимуществами:

- для работы на оборудовании с ЧПУ не требуются высококвалифицированные операторы;
- появляется возможность многочисленного обслуживания;
- оборудование с ЧПУ обладает широкими технологическими возможностями, позволяющими совмещать и выполнять различные операции (например, фрезерование, сверление, растачивание и др.) в рамках одной операции на одной единице оборудования;
- автоматическая смена инструментов позволяет осуществлять изготовление сложных деталей с минимальным числом переустановок, полностью обрабатывая заготовку за одну операцию, так как чистовые и черновые переходы выполняются на одной единице оборудования;
- исключается влияние ошибок оператора на качество обрабатываемых предметов труда;
- в связи с резким сокращением и предотвращением появления неисправимого брака и автоматической сменой инструмента сокращается объем контрольных операций;
- сокращение длительности производственного цикла и ростом производительности.

Применение оборудования с ЧПУ позволяет создавать новые прогрессивные формы организации производства с использованием вычислительной техники и обеспечивает возможность дистанционного управления.

Эксплуатация оборудования с ЧПУ дает возможность централизованной подготовки УП с применением современных средств ВТ.

### 4.3 Классификация и индексация станков с ЧПУ

Станки с ЧПУ классифицируются по следующим признакам.

1) **По виду основных операций обработки:** токарные, фрезерные, сверлильные, координатно-расточные, шлифовальные, электроэрозионные, многооперационные и другие.

2) **По принципу управления движением**, которое определяется по типам систем с ЧПУ.

2.1) с цикловым управлением;

2.2) с позиционной системой ЧПУ (в основном оснащаются расточные и сверлильные станки);

2.3) с контурной системой ЧПУ (фрезерные, токарные и другие станки);

2.4) с комбинированной или универсальной системой ЧПУ (для многооперационных и многоцелевых станков).

Индексация станков с элементами программного управления производится путем добавления к основному обозначению станка одного из следующих индексов, означающих:

Ц – цикловое управление;

Ф1 – оборудование с цифровой индикацией;

Ф2 – с позиционной системой ЧПУ (2М55Ф2);

Ф3 – с контурной системой ЧПУ (16К20РФ3, 6Р12Ф3, где Р – наличие револьверной головки);

Ф4 – комбинированная или универсальная система ЧПУ (ИР-320МФ4, где М – наличие инструментального магазина).

Помимо вышеуказанных, введены индексы, показывающие наличие устройства автоматической смены инструмента (УАСИ), которые в обозначении станка записываются перед индексом «Ф»:

Р – наличие револьверной головки;

М – наличие инструментального магазина.

Для станков с ЧПУ сохраняется индексация с обозначением класса их точности, принятая для универсальных станков:

Н – станки нормальной точности;

П – станки повышенной точности;

В – станки высокой точности;

А – станки особо высокой точности;

С – мастер станки.

Однако, встречается маркировка станков, не соответствующая требованиям данной индексации также, как и системы ЧПУ, обозначающие конкретный тип системы ЧПУ, который указывается в паспорте станка.

#### **4.4 Многооперационные (многоцелевые) станки с ЧПУ: назначение, особенности конструкции и виды**

Ярким примером оборудования с высокой степенью автоматизации, как рабочего цикла, так и вспомогательных операций, являются многооперационные станки с ЧПУ. Они оснащаются комбинированной или универсальной системой ЧПУ, имеющей значительное число управляемых координат (до 8), устройствами автоматической смены инструментов УАСИ и прочими устройствами. Такие станки разработаны 2-х основных типов:

- на базе токарных станков с ЧПУ с добавлением фрезерного шпинделя;
- на базе горизонтально-расточных или вертикально-фрезерных станков с ЧПУ.

Многооперационные станки характеризуются высокой производительностью, повышенными характеристиками точности перемещения рабочих органов станка (точность позиционирования от 5 мкм и выше) и эффективностью применения в условиях мелко- и среднесерийного производств.

В конструкции многооперационных станков включаются накопители инструментов большой ёмкости (вместимости) – инструментальные магазины-накопители, а также устройства для автоматического обмена инструментами между шпинделем станка и инструментальным магазином – автооператоры.

На рисунке 41 представлена компоновка многооперационного (многоцелевого) станка.

Многооперационные станки оснащаются поворотными, наклонно-поворотными и глобусными столами, которые имеют возможность поворота вокруг вертикальной и горизонтальных осей на  $360^\circ$  с дискретностью от  $3^\circ$  до сотых долей в зависимости от конструкции. Глобусный стол имеет возможность поворота в плоскости, перпендикулярной оси вращения стола. Все это позволяет осуществлять полную обработку заготовок с одного установка с 4-х, 5-ти сторон под различными углами с использованием большого числа инструментов.

Непосредственно вблизи от рабочего стола может располагаться вспомогательный стол-спутник и (или) стол-накопитель, а также тактовый многопозиционный стол, предназначенные для осуществления подачи и загрузки заготовок и разгрузки обработанных деталей.

Для осуществления операций загрузки заготовок и разгрузки деталей многооперационные станки могут оснащаться промышленными роботами, как продемонстрированного на рисунке 42.



Рис. 41. Компоновка многооперационного (многоцелевого) станка



Рис. 42. Многооперационный станок, оснащённый промышленным роботом

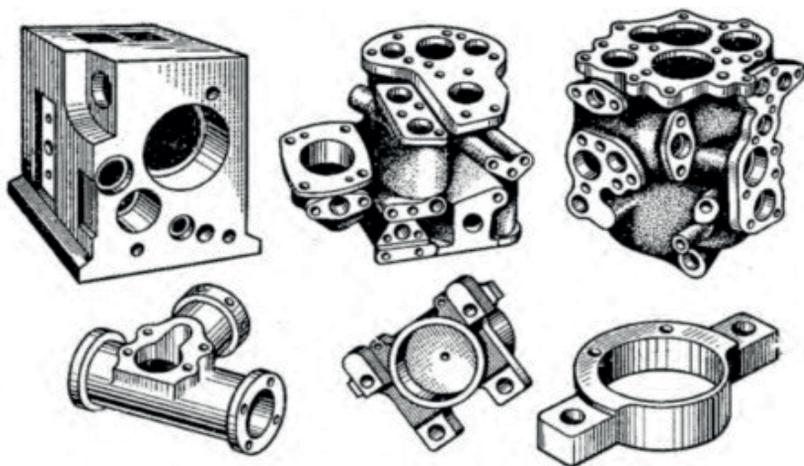


Рис. 43. Детали, характерные для обработки на многооперационных станках

Для эффективного использования многооперационных (многоцелевых) станков большое значение имеет правильный выбор и группировка деталей. Наиболее полно преимущества многооперационных станков появляются при изготовлении сложных корпусных деталей со значительным количеством обрабатываемых поверхностей сложной конфигурации. Чем сложнее деталь, чем большее количество переходов и операций включает технологический процесс, тем эффективнее применение многооперационных станков. На рисунке 43 приведены некоторые детали, характерные для обработки на многооперационных станках.

Многооперационные станки выпускаются 2-х классов:

- для обработки деталей типа «тела вращения»;
- для обработки корпусных деталей.

## 4.5 Виды многооперационных станков

Выделяют следующие виды многооперационных (многоцелевых) станков:

### 1. Многооперационные станки для обработки деталей типа «тела вращения».

Данный вид многооперационных станков базируется на основе токарных станков с ЧПУ с добавлением фрезерного шпинделя. Например, LM70-2Т и другие. Такие станки, помимо токарной обработки, позволяют за один установ детали осуществлять обработку отверстий и



Рис. 44. Многооперационный станок с ЧПУ токарного типа с добавлением фрезерного шпинделя

других поверхностей, имеющих оси, перпендикулярные оси вращения детали фрезеровать лыски, пазы и пр.

На рисунке 44 представлен пример многооперационного (многоцелевого) станка с ЧПУ токарного типа с добавлением фрезерного шпинделя.

На рисунке 45 представлен пример обработки заготовки на многооперационном станке токарного типа с добавлением фрезерного шпинделя.

На рисунке 46 представлен пример многооперационного станка с ЧПУ токарного типа с двумя шпинделями.

## **2. Многооперационные станки для обработки корпусных деталей.**

Такие станки изготавливаются в трёх исполнениях:

а) с вертикальным расположением шпинделя в виде консольных и бесконсольных вертикально-фрезерных станков, предназначенные для обработки корпусных деталей средних размеров, деталей типа «плита» с параллельным расположением большого количества отверстий, например, моделей ЛФ260МФ4 с системой ЧПУ 2С85, LEADER 5.

На рисунке 47 представлен многооперационный станок фрезерно-сверлильно-расточной группы для обработки заготовок корпусных деталей с вертикальным шпинделем.

б) Станки с горизонтальным расположением шпинделя по типу горизонтально-фрезерных и горизонтально расточных станков. Такие



Рис. 45. *Обработка заготовки на многооперационном станке токарного типа с добавлением фрезерного шпинделя*



Рис. 46. *Обработка заготовки на многооперационном станке токарного типа с добавлением фрезерного шпинделя*

станки предназначены для обработки корпусных деталей средних и крупных размеров с различных сторон, например, 2204ВМФ4, ИР-500ПМФ4, ИР800МФ4.



Рис. 47. Многооперационный станок фрезерно-сверлильно-расточной группы для обработки заготовок корпусных деталей с вертикальным шпинделем



Рис. 48. Многооперационный станок фрезерно-сверлильно-расточной группы для обработки заготовок корпусных деталей с горизонтальным шпинделем

На рисунках 48 и 49 представлены многооперационные станки фрезерно-сверлильно-расточной группы для обработки заготовок корпусных деталей с горизонтальным расположением шпинделя.



Рис. 49. Многооперационный станок фрезерно-сверлильно-расточной группы горизонтальным шпинделем



Рис. 50. Многооперационный станок с поворотным шпинделем

в) Многооперационные станки с поворотным шпинделем, позволяющие осуществлять обработку поверхностей заготовок под разными углами. Пример многооперационного станка с поворотным шпинделем приведён на рисунке 50.

#### 4.6 Столы многооперационных станков. Автоматизация операций загрузки и выгрузки заготовок, деталей и приспособлений на многооперационных станках

Рабочий стол многооперационного станка имеет расширенные функциональные возможности по сравнению со столами, обычных станков с ЧПУ за счет появления у них дополнительных степеней свободы: поворота вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Такие столы получили название поворотных при одной оси поворота, поворотно-наклонных и глобусных при двух осях. Наличие таких рабочих столов позволяет осуществлять обработку заготовок с 5-ти сторон под различными углами с одного устройства, что значительно сокращает время обработки, повышает качество изготавливаемой продукции, а соответственно повышает производительность и эффективность.

Пример многооперационного станка с поворотным шпинделем приведён на рисунке 51 приведены примеры поворотного и поворотно-наклонного столов для многооперационных (многоцелевых) станков с ЧПУ.

На рисунке 52 представлен многооперационный станок, оснащённый поворотным столом с расширенными функциональными возможностями.

Нередко в конструкции многооперационных станков с ЧПУ предусматривают два стола, один из которых является вспомогательным, так как при обработке заготовок корпусных деталей эффективно применение двух приспособлений, устанавливаемых на подкладных технологических плитах, называемых паллетами, обеспечивающих смену заготовок вне станка. Во время обработки заготовки, установленной



Рис. 51. Столы многооперационных станков:

а – поворотный стол; б – поворотно-наклонный стол; в – глобусный стол



Рис. 52. Многооперационный станок с поворотным столом

в одном из приспособлений, находящемся на столе станка, во втором приспособлении, установленном в это время на загрузочно-разгрузочной позиции двухпозиционного вспомогательного стола около станка, производится съем обработанной заготовки и установка новой.

Таким образом, станок простаивает лишь в течение времени, затрачиваемого на смену приспособлений с заготовкой. Вспомогательные столы многооперационных станков называют столами-спутниками.

Для быстрого закрепления и раскрепления паллет с приспособлениями применяют универсальные гидравлические зажимные устройства с автоматическим поворотом или отводом прихватов. В приспособлениях, установленных на паллетах, механизированные зажимные устройства не применяют, так как при съеме поддонов со стола станка необходимо отсоединять пневмо- или гидросистемы зажимных устройств.

Помимо основного рабочего стола, многооперационные станки оснащаются вспомогательными столами – столами-спутники, а также иногда столами-накопителями.

**Столы-спутники** служат для переустановки заготовок в период обработки на станке другой заготовки, при этом заготовки устанавливаются на технологическую плиту, называемой **паллетой**. После завершения обработки предыдущей заготовки, осуществляется автоматический обмен паллетами между рабочим столом и столом-спутником. Паллета с обработанной заготовкой удаляется из рабочей зоны

станка, а паллета с необработанной – перемещается со стола-спутника в рабочую зону оборудования и устанавливается на рабочем столе.

На рисунке 53 представлен пример поворотного стола для многооперационного стола с установленной на нём паллетой.

Стол-спутник позволяет значительно повысить коэффициент загрузки оборудования за счет сокращения вспомогательного времени. Столы-спутники бывают: однопозиционные, либо двухпозиционные поворотные.

На рисунке 54 представлен многооперационный станок фрезерно-сверлильно-расточной группы, оснащённый поворотным столом и двухпозиционным столом-спутником.

**Столы-накопители** служат для хранения определенного количества паллет с установленными

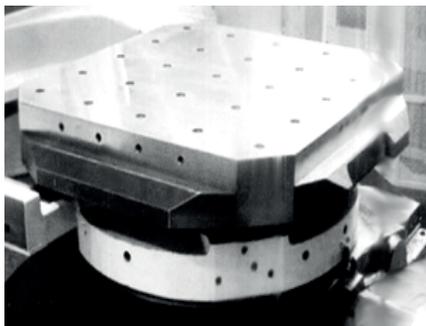


Рис. 53. Поворотный стола для многооперационного стола с установленной на нём паллетой

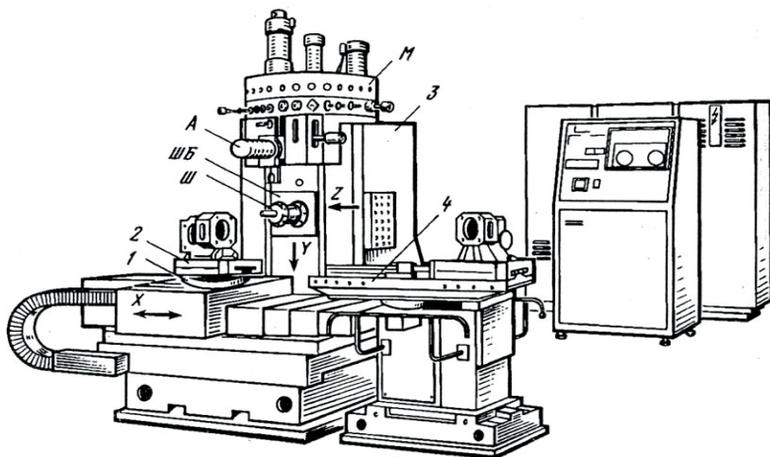


Рис. 54. Многооперационный станок фрезерно-сверлильно-расточной группы, оснащённый поворотным столом и двухпозиционным столом-спутником: 1 – стол поворотный; 2 – стол-спутник с заготовкой; Ш – шпиндельный узел; ШБ – шпиндельная бабка; А – манипулятор; М – магазин инструментальный; 3 – стойка; 4 – загрузочно-разгрузочное устройство

ми на них заготовками или приспособлениями. Например, в комплексе с многооперационным станком ИР800МФ4 может устанавливаться стол-накопитель в 4–8 позициях. Стол-накопитель осуществляет автоматический обмен с паллетами со столом-спутником, что позволяет функционировать многооперационному станку без вмешательства человека в течение нескольких часов (более половины смены). При встраивании многооперационных станков в ГПС, стол-накопитель производит обмен паллетами с роботизированными тележками (робот-карами). При отсутствии стола-накопителя обмен паллетами с робот-каром осуществляет вспомогательный стол-спутник, что обеспечивает работу станков в «безлюдном» режиме в течение одной или нескольких смен.

На рисунке 55 представлен многооперационный станок, оснащённый вспомогательным столом-спутником.

Как видно на рисунке 55, заготовки и приспособления устанавливаются на паллеты, которые имеют возможность перемещения между рабочим столом, столом-спутником (вспомогательный поворотный стол) и столом-накопителем. На паллету наносится специальный код, который распознается системой управления многооперационного станка и который определяет какое приспособление и заготовка установлены на паллете. По данному коду осуществляется вызов необходимой

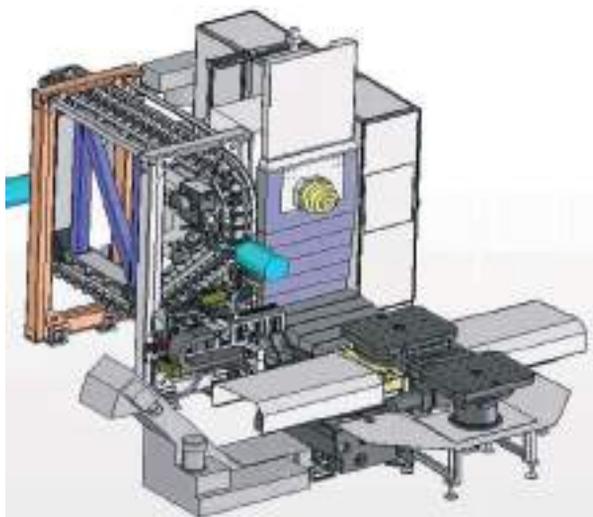


Рис. 55. Многооперационный станок, оснащённый столом-спутником

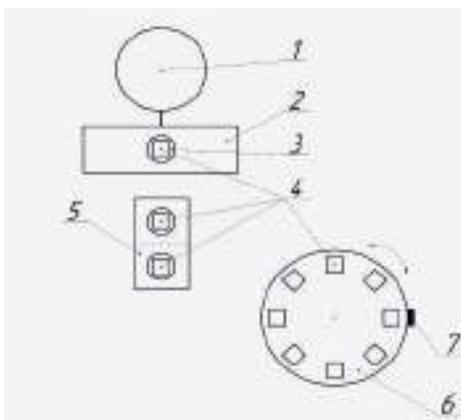


Рис. 56. Гибкий производственный модуль на базе многооперационного станка с ЧПУ ИР800МФ4: 1 – шпиндельный узел станка; 2 – рабочий стол; 3 – поворотный стол; 4 – паллеты; 5 – вспомогательный двухпозиционный стол-спутник; 6 – стол-накопитель – тактовый стол; 7 – порт стола-накопителя

управляющей программы из памяти устройства ЧПУ для обработки (изготовления соответствующего изделия).

Рассмотрим компоновку гибкого производственного модуля на базе многооперационного станка ИР800МФ4, представленного на рисунке 56.

На рисунке 56 порт 7 служит для реализации обмена паллетами между столом-накопителем и автоматизированной транспортной тележкой, называемой **робокаром**.

Робокар осуществляет транспортирование и обмен между приспособлениями, заготовками и готовыми деталями, а также оборудованием столами-накопителями и автоматизированными складами. Подобная система позволяет многооперационному станку функционировать без участия человека в течение одной или нескольких смен.

## **ГЛАВА 5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **5.1 Задачи обеспечения автоматической смены инструмента в условиях автоматизированного производства**

Автоматическая смена инструмента – важный элемент при создании производств, работающих в условиях «безлюдных» технологий. Для обеспечения автоматической смены инструмента в таких условиях производства решаются следующие задачи:

1. Автоматическая смена инструмента на технологическом оборудовании в рамках задачи изготовления определенного изделия.

2. Автоматическая смена инструмента со склада взамен вышедшего из строя на технологическом оборудовании.

Для решения первой задачи принята следующая методика:

1.1 Создается задел инструментов на технологическом оборудовании, для чего используют следующие устройства, обеспечивающие хранение инструмента: а) револьверные головки; б) инструментальные магазины-накопители для хранения большого количества инструментов.

1.2 Для обмена инструментами на многооперационных станках между магазином и шпиндельным узлом используются специальные промышленный робот, называемый автооператором.

Автооператор – это жестко встроенное технологическое оборудование, специальный промышленный робот.

1.3 Опознавание инструмента.

Для решения второй задачи используется специализированное оборудование, в состав которого входит ПР, транспортные устройства и склад инструментов. Для решения принята следующая методика:

2.1 Принятие решения о необходимости осуществления замены инструментов. Система управления оборудованием самостоятельно принимает решение о непригодности для дальнейшего использования определенного инструмента. С этой целью осуществляется контроль ряда параметров:

а) контроль над длительностью нахождения в контакте с обрабатываемой поверхностью каждого инструмента и сравнение этой длительности с теоретическим периодом стойкости инструмента;

б) контроль силовых характеристик обработки. При превышении предельно допустимых значений силовой обработки и невозможности приведения их в допустимые пределы путем автоматического изменения режимов обработки (например, подачи, обороты, глубины и т.д.) принимаются решения о необходимости осуществления замены инструмента;

в) контроль динамических параметров процесса изготовления изделия. Под данными параметрами понимают уровень возникающих вибраций в технологической системе. Такой контроль осуществляется аналогично контролю силовых характеристик. Если уровень вибрации инструмента в процессе обработки выходит за предельные допустимые пределы и не может быть компенсирован. Тогда принимается решение о необходимости замены инструмента.

2.2 Техническая реализация задачи замены инструмента со склада вместо вышедшего из строя.

## 5.2 Устройства автоматической смены инструментов

Обязательным элементом автоматизированных и автоматических производств, функционирующих на основе «безлюдных» технологий, является автоматическая смена инструмента, осуществляемая устройствами автоматической смены инструмента (УАСИ). Применение этих устройств позволяет значительно сократить время простоя оборудования, повысить коэффициент его загрузки за счет сокращения вспомогательного времени на смену инструмента, а, следовательно, повысить производительность и эффективность производства в целом.

Возможность автоматической смены инструмента зависит от наличия достаточного количества инструментов, которое может вместить инструментальный накопитель, от его расположения, доступности, а также наличие датчиков контроля износа и поломки инструмента и пр.

Для автоматической смены инструментов обязательными являются следующие устройства:

1. Накопители инструментов, позволяющие создать запас и осуществлять хранение инструментов.
2. Устройства, осуществляющие смену инструмента в шпинделе станка.
3. Система управления.

Для создания необходимого запаса инструмента на технологическом оборудовании, оснащённом системами ЧПУ, применяются УАСИ,

включающие как основные устройства: револьверные головки, инструментальные магазины-накопители.

Револьверные головки и инструментальные магазины представляют собой накопители инструмента, в которые помимо обрабатывающих и режущих инструментов также могут помещать контрольно-измерительную оснастку для осуществления автоматического контроля (например, обмера обработанной поверхности).

Инструментальные магазины, в отличие от револьверных головок, являются исключительно накопителями инструмента большой емкости, они не участвуют в процессе резания (обработки). В отличие от инструментальных магазинов, револьверные головки являются накопителями малой емкости (до 16 инструментов), а также рабочим органом станка, то есть основным органом.

### 5.3 Револьверные головки

Револьверная головка представляет собой, прежде всего рабочий орган станка, а не только накопительный инструмент, так как участвует непосредственно в процессе обработки и воспринимает силы резания. В связи с этим, к револьверным головкам предъявляются требования высокой прочности, жесткости, надежности и точности позиционирования (то есть установки в заданную позицию с необходимой точностью).

Револьверные головки на оборудовании с ЧПУ устанавливаются с вертикальным, горизонтальным или наклонным расположением осей поворота.

На рисунке 57 представлены револьверные головки для станков с ЧПУ.

Револьверные головки бывают 2-х, 4-х, 5-ти, 6-ти, 8-ми, 12-ти, 15-ти, 16-ти позиционные. Наиболее распространенные – это 6 и 8 позиционные головки, так как они наиболее универсальны и зачастую позволяют располагать весь необходимый инструмент для осуществления полной обработки поверхности заготовки в рамках одной операции за 1 установку.

Револьверные головки применяются на токарных, сверлильных, расточных станках, а также на фрезерных, карусельных и даже многооперационных.

На рисунке 58 представлены примеры расположения револьверных головок на токарных станках с ЧПУ.

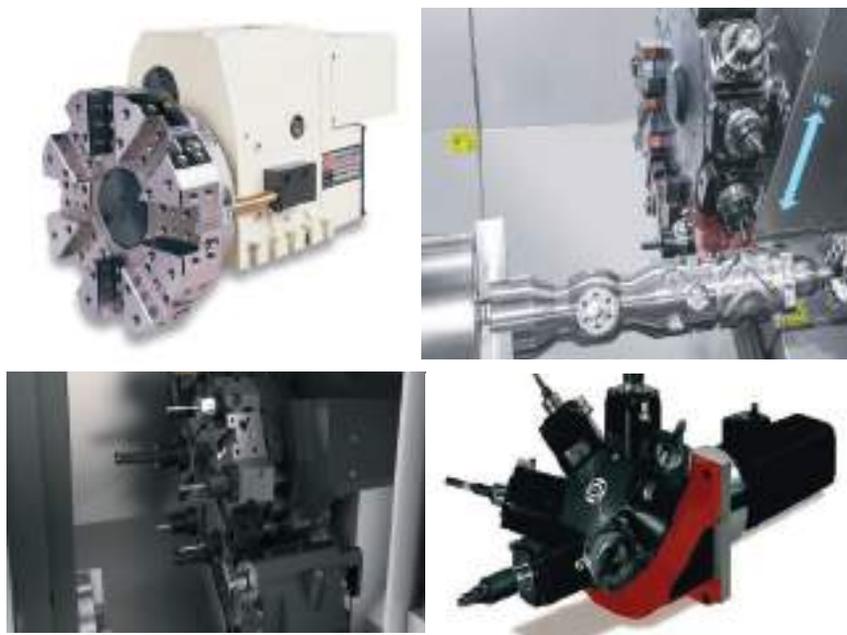


Рис. 57. Револьверные головки для станков с ЧПУ



Рис. 58. Расположение револьверных головок на токарных станках с ЧПУ

Существуют сдвоенные револьверные головки 4-х позиционные, которые программируются независимо друг от друга, при этом в работе одновременно могут участвовать два инструмента, что в свою очередь затрудняет использование инструментов для обработки внутренних поверхностей, так как при этом одна из револьверной головки может мешать другой.

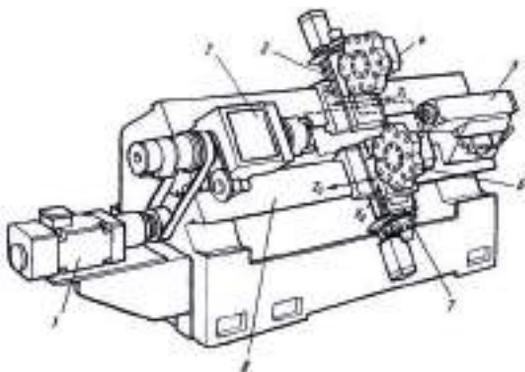


Рис. 59. Расположение сдвоенных револьверных головок на токарных станках с ЧПУ

На рисунке 59 представлен пример сдвоенных револьверных головок на токарном станке с ЧПУ.

В револьверных головках инструменты предпочтительно устанавливать в последовательности осуществления переходов так, чтобы они располагались по порядку, а инструменты для наружной и внутренней обработок не мешали друг другу.

Преимущества: простота конструкции; сокращение времени на смену инструмента (приблизительно 3 секунды); возможность накопления и хранения достаточного количества инструментов, то есть создание запаса.

Недостатки: по сравнению с инструментальным магазином небольшое количество инструментов; расположение револьверной головки в рабочей зоне оборудования, что значительно ограничивает рабочее пространство и усложняет наладку оборудования; возникновение нежелательных вибраций при смене инструмента.

На рисунке 60 представлен пример расположения револьверной головки на сверлильном станке с ЧПУ.

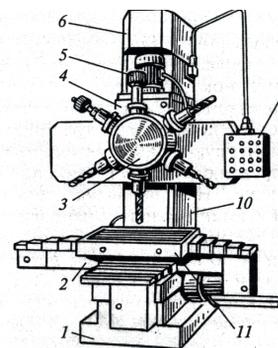


Рис. 60. Расположение револьверной головки на сверлильном станке с ЧПУ

В некоторых случаях для сокращения цикла обработки заготовок, на токарных станках с ЧПУ дополнительно предусматривается возможность обработки поверхности, распо-

ложенной перпендикулярно или параллельно оси вращения заготовки. С этой целью в конструкции револьверных головок предусматривают возможность установки осевых вращающихся инструментов, для привода которых могут использовать как отдельные дополнительные электродвигатели. Реже предусматриваются кинематические схемы связи с главным приводом, что конструктивно значительно сложнее. За счет добавления дополнительного привода даже простой токарный станок с ЧПУ можно превратить в многооперационный.

## 5.4 Инструментальные магазины-накопители

Инструментальные магазины-накопители являются основными элементами УАСИ многооперационных станков и представляют собой накопители инструментов большой емкости от 16 и более. В них сосредотачиваются запас как режущих и обрабатывающих инструментов, так и контрольно-измерительной оснастки. Инструментальных магазинов могут устанавливаться на колонне сверху, сбоку, на шпиндельной бабке станка или, что более предпочтительно, вообще вне станка. Предпочтительно располагать вне рабочей зоны оборудования так, чтобы магазин и выступающий из него инструменты не мешали подходу рабочего инструмента к заготовке, ее перемещения, снятию, установке, а также наладке оборудования. Работа магазина не должна вызывать недопустимых вибраций при поиске следующего инструмента.

Применяются на многооперационных станках, а также могут быть использованы на фрезерных и расточных станках. Ёмкость инструмента в большинстве случаев составляет 300–360 инструментов.

На рисунке 61 представлен пример инструментального магазина-накопителя на многооперационном станке с ЧПУ.

Преимущества инструментальных магазинов по сравнению с револьверными головками:

- наличие большего количества инструментов, что дает возможность полной обработки максимального количества поверхностей с одного установа;
- исключение столкновений инструментов, что значительно облегчает программирование, разработку карт наладки, а также саму наладку, смену инструмента, заготовок и приспособлений;
- случаи, когда магазин находится в нерабочей зоне станка, появляется возможность замены вышедшего из строя инструмента в магазине в период работы оборудования, что ведет к сокращению подготовительно-заключительного времени  $T_{пз}$  на смену комплекта инструментов.

- Требования, предъявляемые к инструментальным магазинам:
- достаточная вместимость;
  - высокая точность позиционирования при смене инструмента в позиции его смены;
  - минимальное время, затрачиваемое на смену инструмента (~ 5–12 секунд);
  - высокая надежность;
  - доступность, удобство загрузки и выгрузки инструмента, легкость;

## 5.5 Виды инструментальных магазинов

Инструментальные магазины бывают следующих видов:

**Цепные магазины.** Выполняются емкостью от 16 до 360 инструментов, могут иметь разнообразную конфигурацию, а также выполняются многоярусными, расположенными один над другим, за счет чего обладают наибольшей вместимостью. Цепные магазины представляют собой ячейки для хранения инструментов, установленных в оправке, которые перемещаются по направляющим и соединяются между собой транспортной цепью.

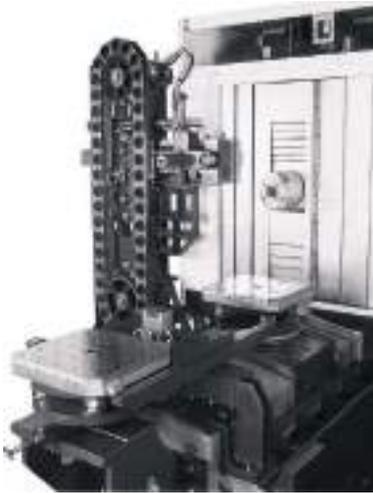


Рис. 61. Инструментальный магазин-накопитель на многооперационном станке с ЧПУ

На рисунках 61 и 62 представлены примеры инструментальных магазинов-накопителей цепного вида на многооперационных станках с ЧПУ.

**Дисковые магазины.** Они представляют собой диск с расположенными по окружности на его торцевой поверхности гнездами или ячейками для хранения инструментов, установленных в оправках. Выполняются с горизонтальной, вертикальной или наклонной осями поворота. Они могут выполняться многоярусными. За счет этого являются более вместительными.

На рисунке 63 представлен пример многоярусного инструментального магазина-накопителя дискового вида на многооперационном станке с ЧПУ.

**Барабанные магазины.** Выполняются с вертикальной осью вращения и горизонтально установленными

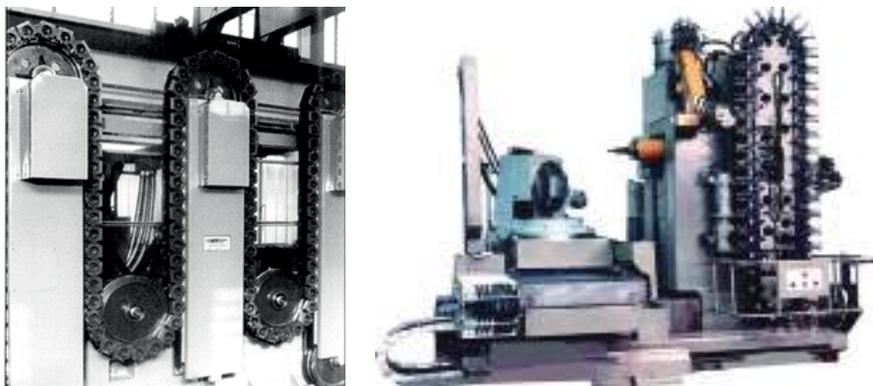


Рис. 62. Инструментальный магазин-накопитель цепного вида



Рис. 63. Инструментальный многоярусный магазин-накопитель дискового вида



Рис. 64. Инструментальный многоярусный магазин-накопитель барабанного вида на многооперационном станке с ЧПУ

в оправках инструментами, либо наоборот, а также с наклонной осью. Обычно вместимость барабанных магазинов составляет от 16 до 72 инструментов. В отличие от дисковых, в барабанных магазинах ячейки для хранения инструментов располагаются по образующей цилиндрической поверхности. Они также могут выполняться многоярусными, что значительно легче, по сравнению с дисковыми. За счет этого являются более вместительными. Дисковые и барабанными магазинами также называют поворотными.

Пример инструментального магазина-накопителя барабанного вида на многооперационном станке с ЧПУ представлен на рисунке 64.

На рисунке 65 представлен пример инструментального магазина-накопителя стеллажного вида на многооперационном станке с ЧПУ.

**Стеллажные магазины.** Представляют собой инструментальную плиту с выполненными в ней гнездами или ячейками под оправки ин-



Рис. 65. Инструментальный магазин-накопитель стеллажного вида на многооперационном станке с ЧПУ

струмента. Такие магазины являются достаточно вместительными, так же, как и барабанные, так как обеспечивают наиболее плотную установку хранимого в магазине инструмента, но требуют более сложного механизма поиска инструмента.

## **5.6 Особенности УАСИ на базе инструментальных магазинов**

Для большинства многооперационных станков применяют оправки с коническими хвостовиками, конусностью 7:24, исключаящими самоотторжение. Это дает возможность жестко базировать инструмент, а также достаточно легко его извлекать. Для передачи на оправку крутящего момента служат 1 или 2 радиально расположенных паза на хвостовике оправки, которыми оправка сцепляется с торцевой шпонкой шпинделя. Для автоматической смены инструмента необходимо обеспечивать совпадение паза и шпонки, что достигается вводом оправки с инструментом в строго ориентированном угловом положении, в котором также останавливается шпиндель (ориентированный останов шпинделя).

Для обеспечения обмена инструментами и инструментальным магазином-накопителем на многооперационных станках используют 2 типа УАСИ:

Устройства без автооператора. Такого типа устройства не удобны в эксплуатации, так как должны размещаться в рабочей зоне оборудования, либо вблизи от нее, что является нежелательным по ряду причин:

- а) Возможные загрязнения вследствие попадания стружки и СОЖ;
- б) Ограничение рабочей зоны оборудования;
- в) Большие затраты времени на смену инструмента;
- г) При повороте и взаимных перемещениях магазина и шпинделя могут возникать нежелательные вибрации.

Устройства автоматической смены инструментов с автооператорами. На рисунке 66 представлен пример смены инструментов из инструментального магазина-накопителя с автооператором на многооперационном станке с ЧПУ.

Их использование более эффективно, так как такие устройства обладают рядом преимуществ:

- а) сокращение времени на смену инструмента при использовании двухзахватных операторов;
- б) гнезда магазинов лучше защищены от загрязнений и стружки, так как наличие автооператора позволяет вывести магазин из рабочей зоны;



Рис. 66. Устройства автоматической смены инструментов с автооператорами на многооперационном станке с ЧПУ

- в) упрощенное условие загрузки и выгрузки инструментов из магазина;
- г) упрощение в наладке оборудования;
- д) нет ограничения рабочей зоны оборудования;
- е) возможность совмещения поиска инструмента и предварительного выхода автооператора в позицию смены в период работы оборудования.

Для повышения эффективности УАСИ, повышения их надежности и снижения себестоимости их выполняют в виде законченных унифицированных автономных модулей, то есть узлов, не зависящих конструктивно от компоновки оборудования, которые могут поставляться как самостоятельные узлы к различным моделям оборудования с ЧПУ. Такие УАСИ называются агрегатированные.

## 5.7 Кодирование и распознавание инструмента

Независимо от вида магазина и способа смены инструмента, все режущие, вспомогательные инструменты, а также контрольно-измерительная оснастка и устройства устанавливаются в посадочное отверстие шпинделя станка и в гнезда инструментального магазина-накопителя при помощи стандартных оправок, в которые закрепляются инструменты при помощи стандартных оправок, в которые закрепля-

ются инструменты, и при необходимости настраиваются на заданный размер вне станка или автоматической системы с ЧПУ.

Для обеспечения возможности программирования автоматической смены инструментов осуществляют кодированием:

- гнезда инструментального магазина-накопителя;
- инструментальных оправок.

При первом способе кодирования гнезд инструментального магазина каждому из них присваивается собственный определенный постоянный номер, который вводится в память системы ЧПУ. Каждый инструмент при этом закрепляется за конкретным гнездом инструментального магазина и его местоположение не может быть изменено. При данном способе требуется больше времени на смену инструмента, так как каждый инструмент после выполнения очередного перехода должен быть возвращен в свое гнездо.

При способе кодирования инструментальных оправок каждую из них снабжают определенным кодом, например, при помощи сменных колец, штифтов. Отработавший инструмент может быть возвращен в любое свободное гнездо инструментального магазина. При данном способе кодирования инструментов усложняется конструкция УАСИ, а в частности инструментального магазина и инструментальных оправок.

На рисунке 67 представлен пример кодирования позиций инструментального магазина-накопителя на многооперационном станке с ЧПУ.

На рисунке 68 представлен пример кодирования инструментальных оправок для инструментов многооперационных станков с ЧПУ.

При нанесении кода на инструментальную оправку с тыльной стороны присоединяют набор колец. При прохождении через систему



*Рис. 67. Кодирование позиций инструментального магазина-накопителя на многооперационном станке с ЧПУ*

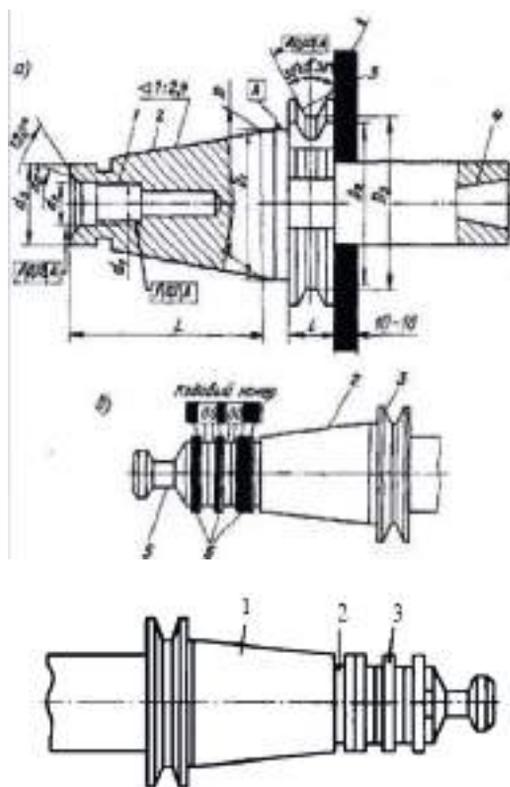


Рис. 68. Кодирование позиций инструментального магазина-накопителя на многооперационном станке с ЧПУ

микровыключателей при возвращении отработавшего инструмента в ячейку инструментального магазина, кольца большего диаметра распознаются как «1», а кольца меньшего диаметра распознаются как «0» системой опознавания. Элементами этой системы являются, например, микровыключатели. В зависимости от набора колец инструментальной оправки происходит нажатие на микровыключатели, сигналы от которых передаются в системы ЧПУ и распознаются как номер инструмента. Номер инструмента также может быть нанесен на конусную поверхность оправки в виде гребенки, планки упоров или другими способами.

## ГЛАВА 6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

### 6.1 Загрузочно-разгрузочные устройства

Автоматизация и механизация операции загрузки и разгрузки в комплексе задач по автоматизации технологических процессов является одной из наиболее сложных, что вызвано разнообразием форм и размеров заготовок и деталей, а также самих процессов. Эти операции являются довольно трудоемкими, за счет чего увеличивается вспомогательное время и в целом операционное время, если их не механизировать и не автоматизировать. Автоматизация загрузки и разгрузки позволяет повысить производительность, коэффициент загрузки оборудования, сократить вспомогательное время, а также ввести многостаночное обслуживание и т.д.; превратить даже универсальное оборудование, контрольные приспособления и сборочные устройства в полуавтоматы и автоматы, создать условия для эффективной компоновки поточных автоматических линий, организации участков, цехов и даже заводов-автоматов.

Автоматическое загрузочно-разгрузочное устройство – комплекс механизмов, обеспечивающих автоматическое перемещение предметов труда (заготовок, деталей, узлов) от данного места хранения в рабочую зону оборудования и после завершения операции их удаление в заданное место хранения.

Для осуществления загрузочных операций в автоматическом режиме необходимо осуществить следующие действия:

1. Создать задел (запас) предметов труда (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц) для обеспечения бесперебойной работы загрузочно-разгрузочного оборудования.

2. Произвести пространственную ориентацию заготовок (деталей, узлов), подлежащих загрузке. Пространственная ориентация – размещение в пространстве загружаемых предметов труда (заготовок, деталей, узлов) в ориентированном положении относительно базовых поверхностей устройства загрузки или технологического оборудования.

3. Осуществить временную ориентацию загружаемых предметов труда (заготовок, деталей, узлов). Временная ориентация – выдача предметов труда (заготовок, деталей, узлов) из загрузочного устрой-

ства через интервалы времени, определяемые технологическим циклом оборудования.

4. Осуществить транспортирование загружаемых предметов труда (заготовок, деталей, узлов) к технологическому оборудованию и их подачу в рабочую зону этого оборудования.

## **6.2 Классификация предметов труда (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы) по отношению к процессу загрузки**

Автоматические загрузочные устройства можно условно разделить на 2 группы:

- для непрерывного материала (бунт, пруток);
- для штучных предметов труда (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц).

Таким образом, по отношению к процессу загрузки все предметы труда (заготовки, детали, узлы) подразделяются на несколько классов, в рамках которых по-разному осуществляется все этапы автоматической загрузки:

**Бунтовые.** Их особенностью является то, что, будучи свернутыми в бунт, они достаточно сильно деформируются и перед подачей к оборудованию посредством загрузочного устройства необходимо произвести правку материала путем прохождения через системы валков непосредственно перед подачей в загрузочное устройство. Для автоматизации подачи предметов труда (заготовок, деталей, узлов) в рабочую зону технологического оборудования может быть использована система цанговых зажимов, срабатывающих от электрических муфт. Механизмы питания для бунтового материала применяются в станках-автоматах, прессах, холодно-высадочных автоматах. Механизм этого типа включает в себя механизмы подачи и правки [17].

**Прутковые (непрерывные).** Представляют собой форму хранения запаса предметов труда (заготовок, деталей, узлов). В силу специфики своей конструкции ориентация данных предметов труда (заготовок, деталей, узлов) затруднена, поэтому они ориентируются вручную.

Все загрузочные устройства для пруткового материала можно разделить на 2 группы:

- а) без подающих цанг, в которых подача прутковых предметы труда (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы) осуществляется под

собственным весом прутка, с помощью груза либо при использовании роликов;

б) с подающими цангами – подача осуществляется аналогично подаче бунтового материала (см. выше).

**Штучные.** Они имеют наиболее сложную автоматизацию операций загрузки, что обусловлено широким разнообразием форм, размеров и прочих характеристик штучных предметов труда (заготовок, деталей, узлов).

### **6.3 Классификация штучных предметов труда (заготовок, деталей, узлов) по отношению к процессу автоматической загрузки**

Все штучные предметы труда (заготовки детали), по отношению к процессу автоматической загрузки подразделяются на 2 класса:

1) Цилиндрические предметы труда (заготовки детали), которые в свою очередь подразделяются на 2 группы:

1.1) имеющие ось симметрии и плоскость симметрии, перпендикулярную оси;

1.2) имеющие только оси симметрии (вал, болт, винт, ступенчатый вал).

2) Корпусные предметы труда (заготовки детали), которые подразделяются на следующие 4 группы:

2.1) имеющие три плоскости симметрии (куб);

2.2) имеющие две плоскости симметрии;

2.3) имеющие одну плоскость симметрии;

2.4) ассиметричные (никаких плоскостей симметрии не существует).

Номер группы определяет максимальное число необходимых операций пространственной ориентации. Как правило, достаточно 2-х операций пространственной ориентации за счет совмещения переходов для однозначного расположения заготовки (детали) в пространстве относительно базовых поверхностей.

Технологичные по отношению к процессу загрузки являются предметы труда (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы), которые имеют форму, размеры и массу, позволяющие их захватывать, ориентировать и подавать к позициям обработки (сборки) автоматически.

## 6.4 Функции загрузочных устройств для штучных предметов труда

Загрузочно-разгрузочные устройства для штучных предметов труда (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы) выполняют следующие функции:

1. **Накопление предметов труда** (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы), то есть создание задела (запаса), обеспечивающего бесперебойное функционирование технологического оборудования. С этой целью применяют бункерные накопительные устройства, а также магазинные устройства [17]. На рисунке 69 представлен пример конического накопительного бункера.

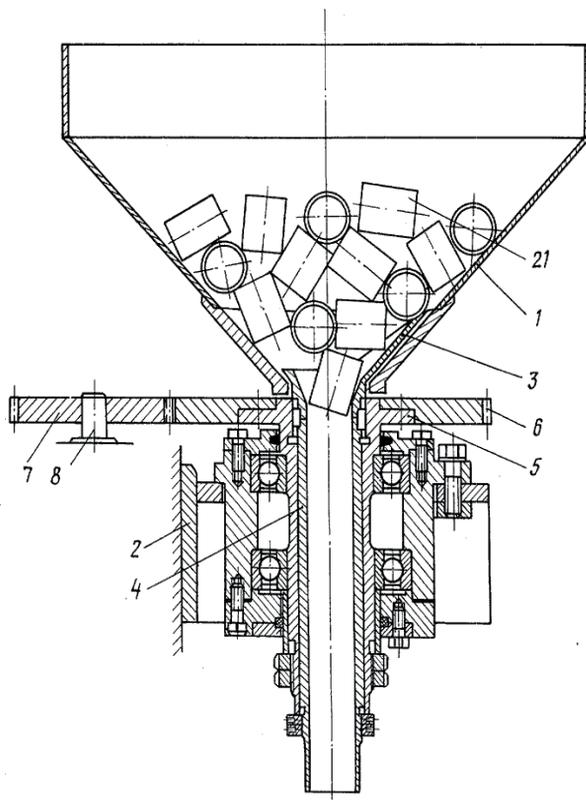


Рис. 69. Конический накопительный бункер

2. **Транспортирование предметы труда** (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы) от места хранения (то есть от бункера) к рабочей зоны оборудования. Для осуществления данной функции используются магазинные устройства.

На рисунке 70 представлен пример магазинного транспортного устройства [17].

3. **Захват и ориентация предметы труда** (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы) в пространстве для их передачи к технологическому оборудованию в требуемом ориентированном положении. С этой целью используются функциональные механизмы захвата и ориентации [17]. На рисунке 71 представлены примеры крючкового меха-

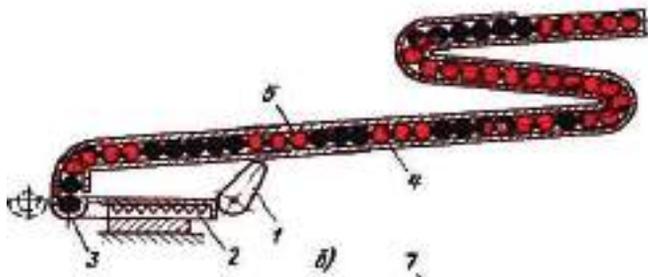


Рис. 70. Транспортный магазин

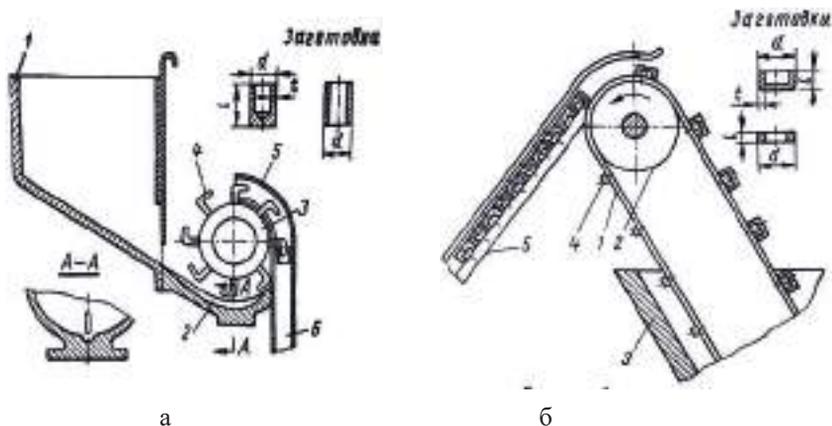


Рис. 71. Механизмы захвата и ориентации загрузочных автоматических устройств: а – крючковый механизм захвата и ориентации; б – захватно-ориентирующее устройство со штырями

низма захвата и ориентации и захватно-ориентирующего устройства со штырями.

Способ ориентации заготовок (деталей) проиллюстрированы на рисунке 72.

Заготовки типа колпачков или трубок, у которых длина больше диаметра, ориентируют путем надевания на крючок или штырь. Крючки располагаются на периферии или на внутренней поверхности диска (рисунок 72, а) и на непрерывной ленте [17, 4].

Ориентация мелких заготовок типа шариков, роликов и стержней, длина которых составляет 1,2–1,5 диаметра, происходит при западании их в трубку (рисунок 72, б). Этот способ используется в бункерных

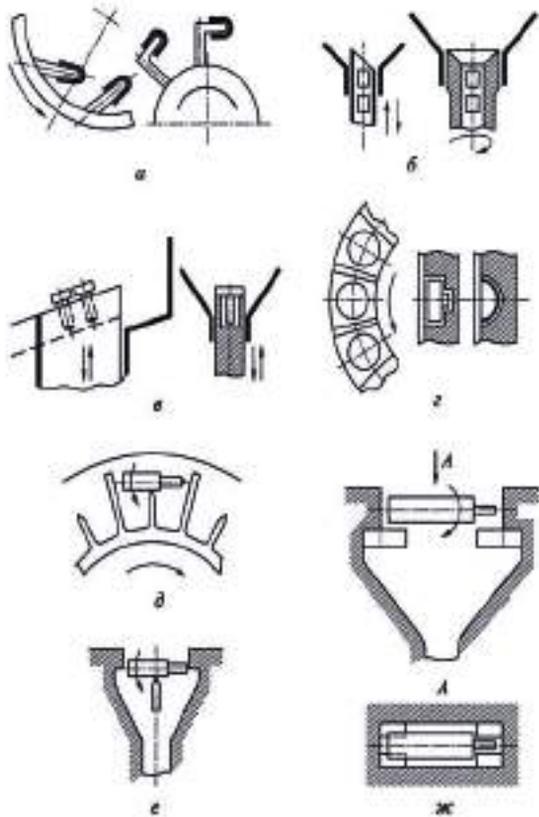


Рис. 72. Способы ориентации заготовок в загрузочных устройствах с захватными органами

устройствах с возвратно-поступательным или вращательным движением ориентирующей трубы [17].

Заготовки с головками (болты, винты, а также детали типа дисков, пластин, шайб, гаек) можно ориентировать по щели, выполненной в секторе (рисунок 72, в), при этом секторы получают прямолинейное и качательное движения. По профильным карманам ориентируют детали типа низких колпачков или дисков, имеющих различную форму торцовой поверхности (рисунок 72, г). Если детали имеют смещенный центр тяжести, то их можно ориентировать таким образом, как показано на рисунке 72, д, е. Деталь, попадая на нож, всегда падает вниз в ориентированном положении [17].

Способ ориентации стержневых заготовок, концы которых выполнены с различным профилем, иллюстрирует рисунок 72.

**4. Поштучная выдача предметы труда** (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы) из магазина, осуществляемая функциональными механизмами поштучной выдачи, называемыми отсекателями.

На рисунке 73 представлены функциональные механизмы поштучной выдачи предметы труда (заготовки, детали, узлы, сборочные единицы), называемые отсекателями [17].

**5. Подача предметов труда** (заготовок, деталей) непосредственно в рабочую зону оборудования из магазина. Данная функция осуществляется функциональными механизмами, называемыми питателями.

На рисунке 74 представлены примеры функциональных механизмов подачи штучных предметов труда (заготовок, деталей, узлов), называемые питателями, в рабочую зону технологического оборудования [17].

На рисунке 75 представлены примеры бункерно-магазинных загрузочных автоматических устройств с функциональными механизмами

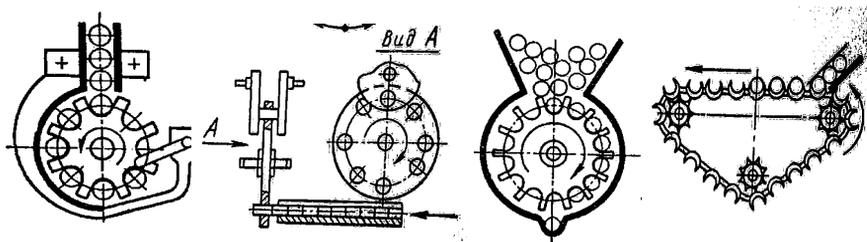


Рис. 73. Функциональные механизмы поштучной выдачи предметов труда – отсекатели

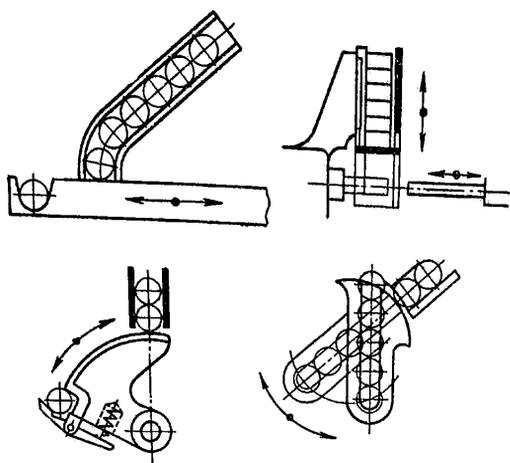


Рис. 74. Функциональные механизмы подачи предметов труда в рабочую зону технологического оборудования – питатели

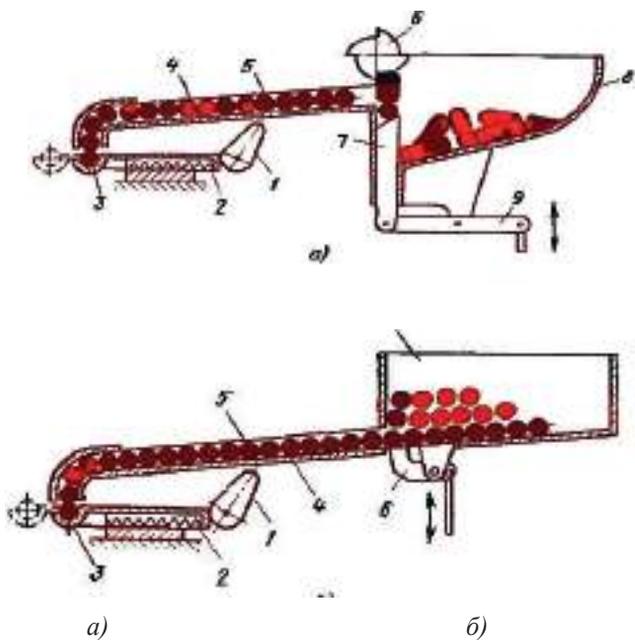


Рис. 75. Бункерно-магазинные загрузочные автоматические устройства с функциональными механизмами – отсекающими и питателями

ми штучной выдачи предметов труда – отсекателями, и подачи предметов труда (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц) – питателями.

**6. Контроль правильности ориентации предметов труда** (заготовок, деталей, узлов, сборочных единиц) производится контролирующими или блокирующими устройствами.

Питатели, отсекатели, ворошители, сбрасыватели, заталкиватели, толкатели, захваты ориентирующие и другие устройства являются функциональными механизмами загрузочно-разгрузочных устройств в условиях автоматизированного и автоматического производства.

## **6.5 Механизмы загрузки-выгрузки заготовок**

Механизмы загрузки-выгрузки, предназначенные для автоматической установки заготовки в зажимное приспособление или рабочую зону станка (автоматической линии) и снятия обработанной детали, позволяют сократить вспомогательное время (при сохранении или повышении точности обработки) и облегчить труд рабочего [17].

Конструкция механизма загрузки определяется видом, формой и размерами заготовки, способом ее обработки, типом оборудования, заданной производительностью станка, точностью и другими факторами.

В зависимости от вида заготовок эти механизмы делятся на три группы: механизмы питания для бунтового материала, для пруткового материала и для штучных заготовок.

Основные требования, предъявляемые к указанным механизмам: минимальное время, затрачиваемое на загрузку-выгрузку; высокая надежность работы; обеспечение заданной точности установки в зажимное приспособление; недопустимость появления (в результате загрузки-выгрузки) внешних дефектов (забоин, вмятин) на поверхностях деталей; простота конструкции [17].

Механизм подачи должен обеспечивать быструю подачу материала без его деформации. Наиболее часто применяются рычажные, шариковые и роликовые механизмы подачи [17].

На рисунке 76 представлены рычажный механизм подачи материала.

Конструктивно механизм, представленный на рисунке 76 а, прост, но при большой массе бунта во время подачи материала острая кромка подающего штифта оставляет глубокие риски.

Шариковый механизм подачи, показанный на рисунке 76, б, имеет также два захвата: неподвижный 1 и подвижный 2. Материал захватывается тремя шариками 4, перемещающимися в конусном отверстии. Под действием пружины 3, расположенной во втулке 5, шари-

ки остаются поджатыми к левому торцу все время подачи материала. При обратном движении каретки заклинивает материал левый захват. В местах касания материала с шариками остаются лунки; хотя размеры лунок значительно меньше рисок, образующихся при использовании рычажного механизма, все же деформация материала нежелательна [17].

На рисунке 76, в представлен роликовый механизм, в котором материал подается роликами 7, имеющими желобки в соответствии с размером проволоки. Периодически поворачиваясь на соответствующий угол, ролики подают проволоку на заданную длину. В радиальном направлении ролики поджимают с таким усилием, чтобы они могли не только подавать материал в зону обработки, но и протягивать его через правильные ролики 6. Повреждения материала при роликовой подаче минимальные [17].

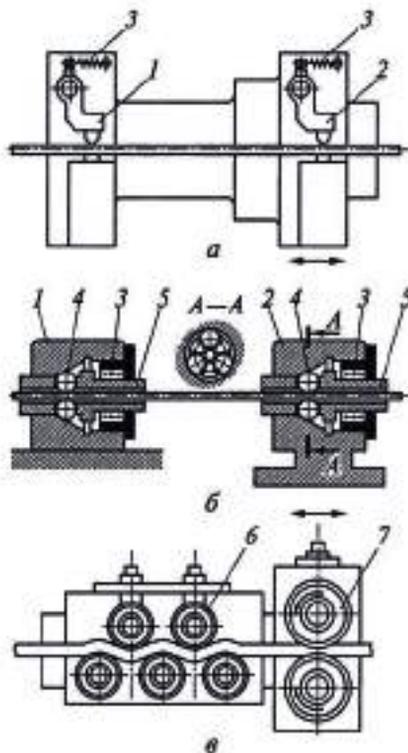


Рис. 76. Рычажный (а), шариковый (б) и роликовый (в) механизмы подачи бунтового материала: 1, 2 – захваты; 3 – пружина; 4 – шарики; 5 – втулка; 6, 7 – правильные и подающие ролики [17]

Механизм подачи ленточного материала из бунта изображен на рисунке 77.

На рисунке 77 рулон ленты крепят на барабан 1. Через конические ролики 2 и 3 лента подается в автомат, осуществляющий непрерывную штамповку секторных прокладок. От электродвигателя 11 через редуктор 10 вращение передается ведущему 3 и ведомому 2 роликам, а также двум кулачкам 8 и 9. Кулачок 8 через рычаг 7 обеспечивает циклическую работу автомата при непрерывной подаче ленты, а кулачок 9 через рычажную систему 5, 7 приводит в действие прижимное устройство 4, которое служит для выравнивания петли, образующейся при закрытии штампа 6. Механизмы правки выполняют с жесткими штифтами и гребенками (для проволоки диаметром до 1 мм) с роликами. Механизмы правки с роликами могут быть одно- и двухрядные, в последних ролики расположены в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях [17].

Механизмы питания для пруткового материала используются в одно- и многошпиндельных токарных автоматах. Прутковые материалы выполняют круглого, квадратного, шестигранного и других профилей, длина прутков 1...5 м. Механизмы питания для пруткового материала делят на две группы: без подающих цанг и с подающими цангами [17].

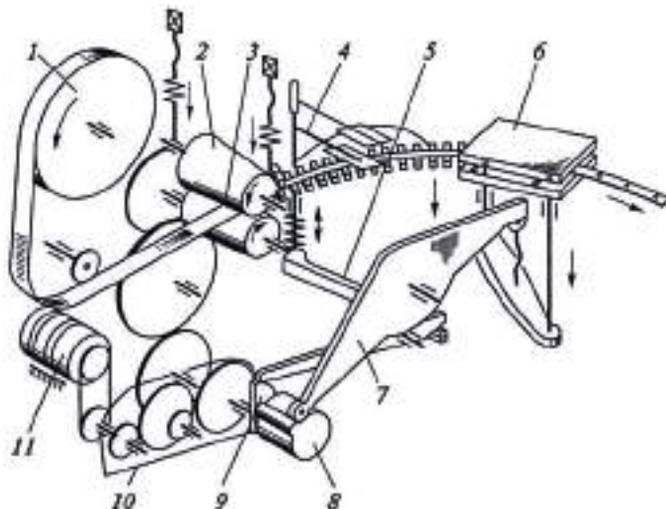


Рис. 77. Схема питания автомата ленточным материалом: 1 – барабан; 2, 3 – ролики; 4 – прижимное устройство; 5, 7 – рычаги; 6 – штамп; 8, 9 – кулачки; 10 – редуктор; 11 – электродвигатель

В механизмах питания без подающих цанг прутки перемещаются под действием собственной массы, с помощью груза или роликов, а также пневмопривода. Преимущество этих механизмов – в простоте конструкции. Кроме того, при тех же габаритных размерах шпинделя по сравнению с механизмами, имеющими подающие цанги, создается возможность обработки прутков большего диаметра. К недостаткам данных механизмов следует отнести: неудобство заправки прутка при вертикальном расположении шпинделя; продольный изгиб прутка (под действием продольных сил), вследствие чего увеличиваются биение прутка и шум (в направляющей трубе); повышенный износ подшипников шпинделя из-за постоянного действия осевой силы на пруток. Подача пруткового материала с помощью груза широко используется в автоматах фасонно-продольного точения. На рисунке 78 приведена конструкция такого механизма [17].

На рисунке 78 обрабатываемый пруток вставляют в направляющую трубу 4 с прорезью и поджимают толкателем 1. Флажок 3 толкателя проходит через прорезь направляющей трубы и с помощью тросика через ролики 2 и 5 соединяется со шкивом 6. На одном валу со шкивом 6 установлен другой шкив 7, на котором намотан трос, связанный с грузом 8. Направляющая труба закрепляется на кронштейнах Юн 11.

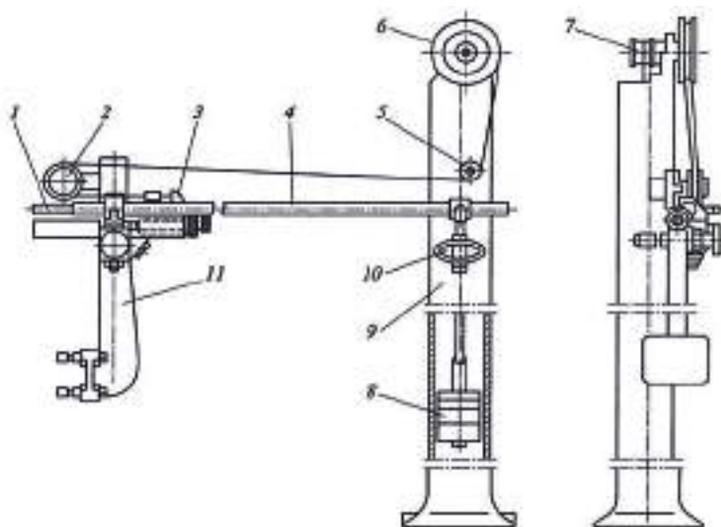


Рис. 78. Схема механизма подачи прутка с помощью груза: 1 – толкатель; 2, 5 – ролики; 3 – флажок; 4 – направляющая труба; 6, 7 – шкивы; 8 – груз; 9 – колонка; 10, 11 – кронштейн

Груз перемещается внутри пустотелой колонки 9; величина перемещения груза меньше длины перемещения прутка, так как диаметр шкива 7 меньше диаметра шкива 6 [17].

Для перемещения пруткового материала до упора используют механизм питания с подающей цангой, ввинченной в направляющую трубу, которая находится внутри шпинделя. Подающая цанга охватывает пружинящими губками обрабатываемый пруток и создает силу трения, достаточную для его перемещения. Подающие цанги бывают цельные, с вкладышами и шариковые (по аналогии с шариковым механизмом захвата при подаче бунтового материала). Движение подающей цанги может происходить под действием пружины, груза или кулачка, расположен-

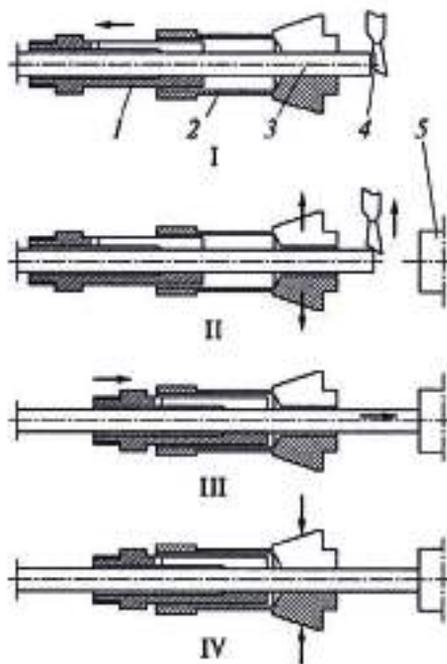


Рис. 79. Последовательность работы механизма подачи и зажима прутка в токарно-револьверных автоматах: I – отрезка прутка и отвод подающей цанги; II – отвод отрезного резца; III – подача прутка до упора; IV – зажим прутка цангой; 1, 2 – подающая и зажимная цанги; 3 – пруток; 4 – резец; 5 – упор [17]

ного на распределительном валу автомата; отвод – с помощью пружины или контркулачка, также находящегося на распределительном валу [17].

Последовательность работы механизма подачи и зажима прутка в токарно-револьверных автоматах показана на рисунке 79.

После отрезки обработанной детали подающая цанга 1 отходит назад (см. рисунок 79), проскальзывая по прутку 3, зажатому цангой 2. Отрезной резец 4 также быстро отходит назад, а напротив прутка устанавливается упор 5. Как только подающая цанга отойдет в крайнее левое положение, цанга 2 разжимается, а подающая цанга вместе с прутком перемещается вперед, подавая пруток до упора. После подачи прутка цанга 2 опять зажимается.

Загрузочное устройство станков состоит из накопителя заготовок (в виде бункера или магазина), захватно-ориентирующего механизма, питателя, кантователя (при необходимости), отсекателя, приводных и передающих устройств [17].

## 6.6 Виды и группы загрузочно-загрузочных устройств

Загрузочные устройства могут быть:

1. Универсальными.
2. Универсально-наладочными.
3. Специализированными.
4. Специальными.

Первые два типа устройств в результате наладки или переналадки могут быть использованы для групп предметов труда (заготовок, деталей), которые отличаются одна от другой по форме, массе и размерам этих деталей для условий серийного производства.

Остальные два типа устройств используются в крупносерийном и массовом производствах соответственно.

В зависимости от степени автоматизации загрузочных устройств для штучных предметов труда (заготовок, деталей), все устройства можно разделить на: автоматизированные, полуавтоматические, автоматические.

По способу сосредоточения штучных (предметов труда (заготовок, деталей), загрузочные устройства делят на 3 вида: магазинные, бункерные, бункерно-магазинные устройства.

Магазинные ЗУ характеризуются тем, что они предназначены, прежде всего, для подачи (транспортирования) предметов труда (заготовок, деталей) в рабочей зоне технологического оборудования, а также для удаления их после обработки. Магазины следует применять для загрузки предметов труда (заготовок, деталей), ориентация которых

затруднена в виду особенностей геометрической формы, размеров, в случаях, когда по масштабам производства нецелесообразно изготавливать сложные устройства и механизмы.

Бункерные ЗУ устройства представляют собой емкости с ориентированными деталями, которые расположены в один или несколько рядов. Предназначены для хранения и выдачи деталей простой или сложной конфигурацией (форма, размеры, масса). Различают: конусообразные и цилиндрические [17].

Бункерно-магазинные ЗУ характеризуется тем, что запас (задел) предметов труда (заготовок, деталей), деталей) сосредотачивается в бункере хаотично. Как правило, все бункерно-магазинные ЗУ состоят из бункера, от которого они передаются через лоток в магазин; дальнейшее перемещение проходит через отсекающий для рационального поступления их в рабочую зону. Эти ЗУ применяются там, где не требуется много времени на обработку.

Бункер отличается от магазина тем, что служит для накопления заготовок в неориентированном состоянии.

Захватно-ориентирующий механизм предназначен для захвата заготовок из бункера, их ориентации и подачи в питатель. При использовании в качестве накопителя магазина необходимость в этом устройстве отпадает, так как заготовки передаются в питатель по лотку [17].

Питатель – механизм, осуществляющий подачу заготовки (от бункера или магазина) в зажимное приспособление станка, снятие обработанной детали и передачу ее в отводящее устройство.

Кантователь – механизм, осуществляющий поворот заготовки в процессе ее транспортирования или в цикле обработки на станке.

Отсекающий – механизм для поштучного отделения заготовок (или готовых деталей) от общего потока [17].

На рисунке 80 представлены типовые устройства и функциональные механизмы для загрузки штучных предметов труда (заготовок, деталей).

Рассмотрим работу типовых загрузочных устройств, представленных на рисунке 80 [17, 4].

Устройства питания для штучных заготовок используются на станках-автоматах. Загрузку-выгрузку штучных заготовок и их накопление производят с помощью бункеров, магазинов, автооператоров или манипуляторов. Устройства классифицируют: по способу накопления заготовок – бункерные (рисунок 80, а, б, в) и магазинные (рисунок 80, г, д, е); по месту установки – непосредственно встроенные в оборудование и имеющие с ним общий привод (рисунок 80, л) и расположенные отдель-

но от оборудования (рисунок 80, а, б, в, к); по характеру подачи заготовок – непрерывные (рисунок 80, г, д) и циклические (рисунок 80, ж, з).

В бункере (рисунок 80, а) захват заготовок 1, засыпанных в чашу 2, и подача их в ориентированном положении в лоток 5 осуществляется вращающимся конусным дном 3 с выполненными на нем ворошителями 4 (шипами, разрушающими свод из заготовок). Для захвата заготовок 1 из чаши 2 бункера и передачи их в лоток 5 используются замкнутая лента 7 с выступающими стержнями 6 (рисунок 80, б) или диск 8 с пазами (рисунок 80, в) [17].

В магазине, представленном на рисунке 80, е, заготовки 1 накапливаются в ориентированном положении (стопкой) в кассете 10. Перемещение заготовок 1 в прямом 5 (рисунок 80, г) и спиральном 9 (рисунок 80, д) наклонных лотках происходит самотеком. Передача заготовок 1 из лотка 5 в рабочую зону осуществляется шибберным 11 (рисунок 80 ж) или дисковым 12 (рисунок 80, з) питателями. Из подводящего 13 и отводящего лотков (рисунок 80, и) заготовки передаются к патрону 17 станка (и обратно) одноруким питателем 16, совершающим качательное движение в сочетании с возвратно-поступательным движением вдоль оси 15. Для передачи заготовок из загрузочной позиции в рабочую зону и выгрузки обработанных деталей (рисунок 80, к) используются двурукие питатели с клещевыми захватами 18 и 19 – автооператоры. Автооператор (рисунок 80, к) осуществляет загрузку ориентированных заготовок в патрон шпинделя, а также съём обработанных деталей и выведение их из зоны обработки. Автооператор в отличие от ориентирующего устройства работает в ритме (с тактом) работы станка согласованно с остальными его механизмами, прежде всего с механизмом зажима заготовки [17, 4].

Перемещение заготовки 1 из лотка 23 в лоток 24 на рисунке 80, л выполняется кантователем в виде поворотной руки 22 с приемником для закатывания (выкатывания) заготовки, совершающей качательное движение от реечной передачи 21 и гидроцилиндра 20 [17, 4].

Конструкция магазина зависит прежде всего от конфигурации заготовок и метода их транспортирования, которое может осуществляться под действием собственного веса или принудительно. На рисунке 78 е показан магазин в виде кассеты, в котором заготовки хранятся стопкой. Для заготовок типа шпириков применяют вертикальные и наклонные трубчатые магазины.

В штифтовых (рисунок 80, м, н) и кулачковых (рисунок 80, о) отсекателях поочередно действуют два штифта 25 (или кулачка 26), из которых один выпускает очередную заготовку 1, выкатывающуюся из лотка 5, а другой задерживает все остальные. Отсекатели (рисунок

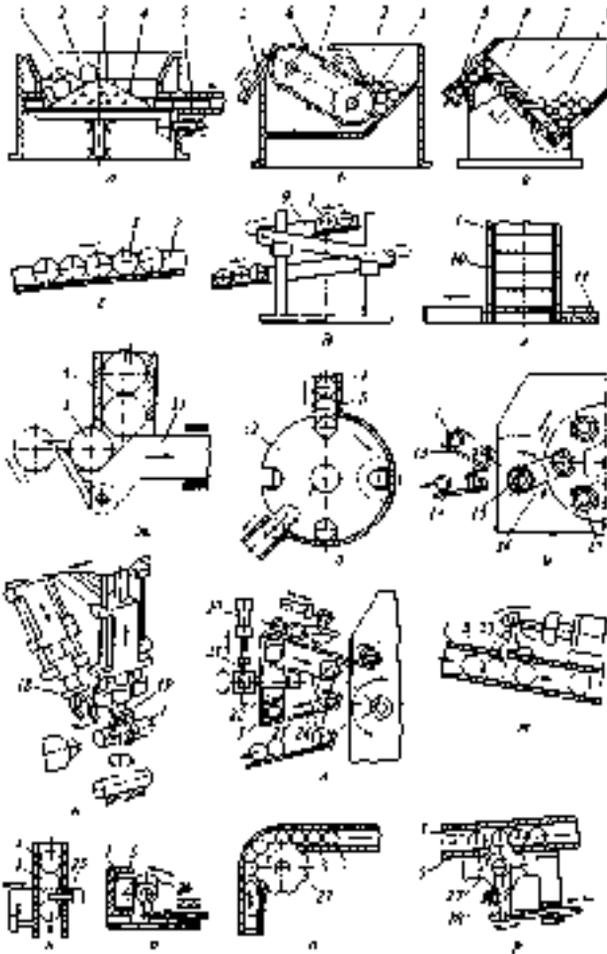


Рис. 80. Типовые устройства и функциональные механизмы для загрузки штучных предметов труда (заготовок, деталей): а, б, в – бункеры; г, д, е – магазины в виде прямого лотка, спирального лотка и кассеты; ж, з, и, к – питатели в виде шибера, диска, одно- и двуручного захватов; л – кантователь; м, н – отсекатели штифтовые; о – кулачковый; п, р – барабанные; 1 – заготовка; 2 – чаша; 3 – дно; 4 – ворошитель; 5, 9, 13, 14, 23, 24 – лотки; 6 – стержень; 7 – замкнутая лента; 8, 27 – диски; 10 – кассета; 11, 12, 16 – питатели; 15 – ось; 17 – патрон; 18, 19 – захваты; 20 – гидроцилиндр; 21 – реечная передача; 22 – кантователь; 25 – штифт; 26 – кулачок; 28 – храповой механизм [17, 4]

80, п, р) представляют собой диски 27 с выемками для заготовок; при повороте на некоторый угол диск захватывает заготовку и подает ее в лоток 5, одновременно удерживая остальные; диск может вращаться непрерывно (рисунок 80, п) или периодически (рисунок 80, р) с помощью храпового механизма 28 [17, 4].

Бункерный механизм, являющийся наиболее развитым устройством для загрузки-выгрузки штучных заготовок, состоит из бункерно-ориентирующего устройства и автооператора, между которыми расположен лоток-накопитель.

Засыпанные в бункер навалом заготовки автоматически выбираются, ориентируются и подаются в лоток-накопитель, который предназначен для создания запаса заготовок в целях компенсации неритмичности их подачи из ориентирующего устройства к автооператору [17].

Захватный орган предназначен для поштучной выборки и передачи заготовки из бункера в ориентирующее устройство одним из следующих двух способов: с помощью механических средств или с использованием сил трения. В первом случае заготовки выбираются захватными органами (крючками, штырями, шиберами, дисками и т.д.), совершающими возвратно-поступательные или возвратно-вращательные движения. Среди устройств, реализующих второй способ, наиболее перспективными являются вибрационные загрузочные устройства (ВЗУ), в которых заготовки перемещаются и ориентируются за счет сил трения и инерции, возникающих благодаря направ-

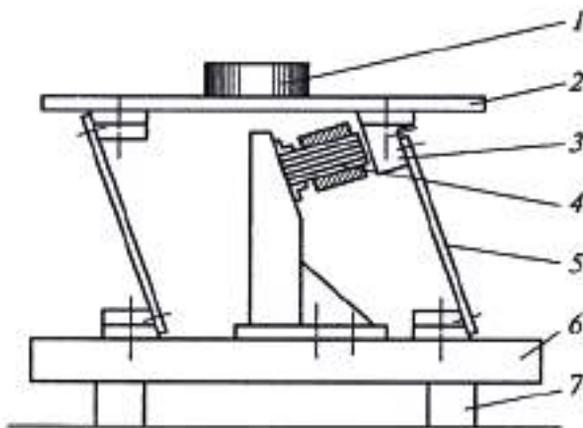


Рис. 81. Принципиальная схема ВЗУ с прямолинейным лотком: 1 – заготовка; 2 – лоток; 3 – якорь; 4 – вибратор; 5 – подвеска; 6 – основание; 7 – амортизатор

ленным колебаниям лотков с высокой частотой и малой амплитудой. На рисунке 81 представлена принципиальная схема ВЗУ с прямолинейным лотком [17].

Как показано на рисунке 81, при питании электромагнита вибратора 4 переменным или пульсирующим постоянным током лоток 2 получает колебания с определенной частотой и амплитудой, и заготовка 1 перемещается относительно лотка. Скорость перемещения заготовки зависит от величины амплитуды и частоты колебания лотка. Если электромагнит вибратора питается переменным током с частотой 50 Гц, то он создает колебания частотой 100 Гц. При включении в сеть электромагнита вибратора однополупериодного выпрямителя частота создаваемых колебаний равна частоте тока, то есть 50 Гц.

Бункеры используют для загрузки небольших заготовок, а также заготовок средних размеров, сравнительно простой конфигурации или имеющих признаки, которые позволяют ориентировать их автоматически.

В ВЗУ, которые не имеют захватных органов, заготовки ориентируются в процессе перемещения по лотку. При этом способ ориентации зависит от формы заготовок (рисунок 82) [17].

Если высота буртика меньше толщины заготовок, то они перемещаются по спиральному лотку, выполненному с наклоном к центру под углом  $\rho = 3...5^\circ$  (рисунок 82, а), в один слой, остальные заготовки падают в бункер. Колпачки, высота которых равна диаметру или меньше его, могут ориентироваться и на плоском лотке, но последний должен иметь прорези (рисунок 82, б). Заготовки, перемещающиеся отверстием вверх, проходят, а заготовки, расположенные отверстием вниз, выпадают в прорези лотка.

На рисунке 82, в показан способ ориентации заготовок типа трубочек или роликов. Заготовки, находящиеся на лотке в вертикальном положении, сбрасываются козырьком вниз, в чашу бункера.

Двухступенчатые заготовки (рисунок 82, г) при перемещении по лотку большим диаметром вверх также сбрасываются козырьком в чашу.

Заготовки с головками (болты, винты), а также колпачки ориентируются на выходе с лотка на его прямолинейном участке (рисунок 82, д, е).

Конструкция магазина зависит прежде всего от конфигурации заготовок и метода их транспортирования, которое может осуществляться под действием собственного веса или принудительно. На рисунке 80, е показан магазин в виде кассеты, в котором заготовки хранятся стопкой. Для заготовок типа шпириков применяют вертикальные и наклонные трубчатые магазины.

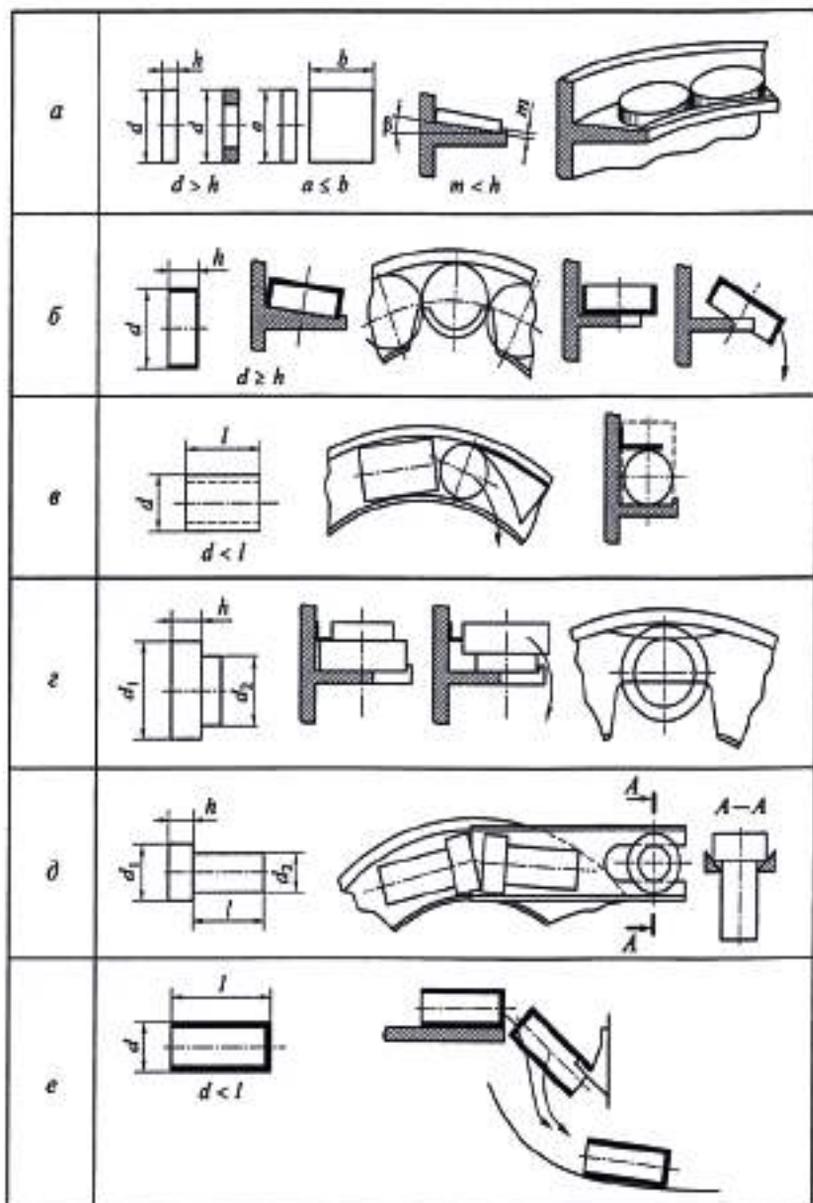


Рис. 82. Способы ориентации заготовок в ВЗУ:  
 $d, h, a, b, m, l, d_1, d_2$  – размеры заготовок

Магазин – загрузочное устройство, в которое входят только лоток-накопитель и питатель. Заготовки в магазинах находятся в ориентированном положении, откуда питатель автоматически подает их в зону обработки [17, 4].

На рисунке 83 показана конструктивная схема магазина для загрузки автомата, предназначенного для затылования метчиков.

На рисунке 83 заготовки находятся в магазине в ориентированном положении – в гнездах загрузочного барабана 2, упираясь в неподвижное основание 1. Над приемником 5 в основании имеется окно. Поворот загрузочного барабана осуществляется через храповое колесо 3 от собачки 4, на водило 6 которой воздействует питатель 7 (механическая рука) при возврате его вверх (в исходное положение). После поворота загрузочного барабана на один шаг и совмещения гнезда с заготовкой с направляющим окном новая заготовка поступает в приемник 5. Подпружиненный захват 8 питателя 7 удерживает заготовку. По окончании обработки затылованный метчик выгружается и подается сигнал на загрузку новой заготовки. Питатель поворачивается на  $90^\circ$ , и ось заготовки совмещается с осью шпинделя. Цанга захватывает заготовку, происходит ее ориентация в шпинделе (по угловому положению метчика), после чего заготовка зажимается. После закрепления метчика в цанговом патроне автомата питатель пово-

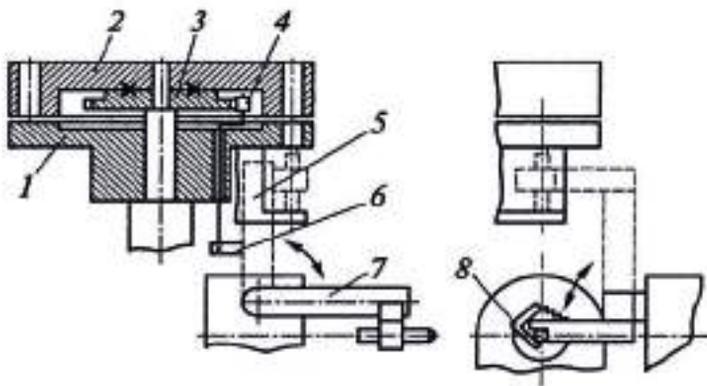


Рис. 83. Магази́нное загрузочное устройство автомата мод. 3686:

1 – основание; 2 – загрузочный барабан; 3 – храповое колесо; 4 – собачка;  
5 – приемник; 6 – водило; 7 – питатель; 8 – захват

рачивается вверх на  $90^\circ$  в исходное положение и цикл работы автомата повторяется.

Магазинные загрузочные устройства применяют в массовом и крупносерийном производстве при обработке заготовок, захват и ориентация которых затруднены из-за их геометрической формы, размеров и веса. Благодаря простоте конструкции магазинные загрузочные устройства часто используют в тех случаях, когда по масштабам производства нецелесообразно изготавливать сравнительно сложные бункерные механизмы.

В рассмотренном выше примере (см. рисунок 83) магазин выполнен в виде диска, в гнездах которого в вертикальном положении находятся заготовки метчиков.

Для транспортирования заготовок в зону обработки используют лотки различных конфигураций. Угол наклона лотков должен быть таким, чтобы заготовки не останавливались и не застревали. Для заготовок, перемещающихся скольжением, угол наклона лотка составляет не менее  $25...30^\circ$ , перемещающихся качением – не менее  $7...10^\circ$ . Ширина лотка должна быть такой, чтобы минимальный зазор между заготовкой и бортиком составлял  $0,5...1$  мм [17, 4].

## 6.7 Самотечные транспортирующие лотки-магазины

В автоматических линиях (АЛ) широко используются наклонные лотки для самотечного транспортирования деталей 1 под действием собственного веса, подразделяющиеся на жесткие прямые (рисунок 84, а), гибкие прямые (рисунок 84, б-д) и изогнутые (рисунок 84, е-к) [17].

Опорной плоскостью для деталей в лотках может быть полоса 2 (см. рисунок 84, а, б), пруток 5 (см. рисунок 84, и), шарикоподшипники 77 (см. рисунок 84, з) или ролики 14 (см. рисунок 84, к) [17].

Угол наклона лотков устанавливается опытным путем в зависимости от массы и формы деталей:  $10...15^\circ$  при качении колец, дисков, базирующихся по их наружной поверхности;  $20...25^\circ$  при скольжении поршней, гильз, базирующихся по торцам;  $3...50$  при качении деталей, базирующихся торцами по роликам. На спиральной части гибких лотков угол наклона увеличивается на  $20...30^\circ$ . Перемещая детали, лотки одновременно и ориентируют их [17, 4].

Лотки собираются из унифицированных деталей. Особенностью гибких лотков является то, что их при сборке можно подгонять по месту в зависимости от расположения оборудования.

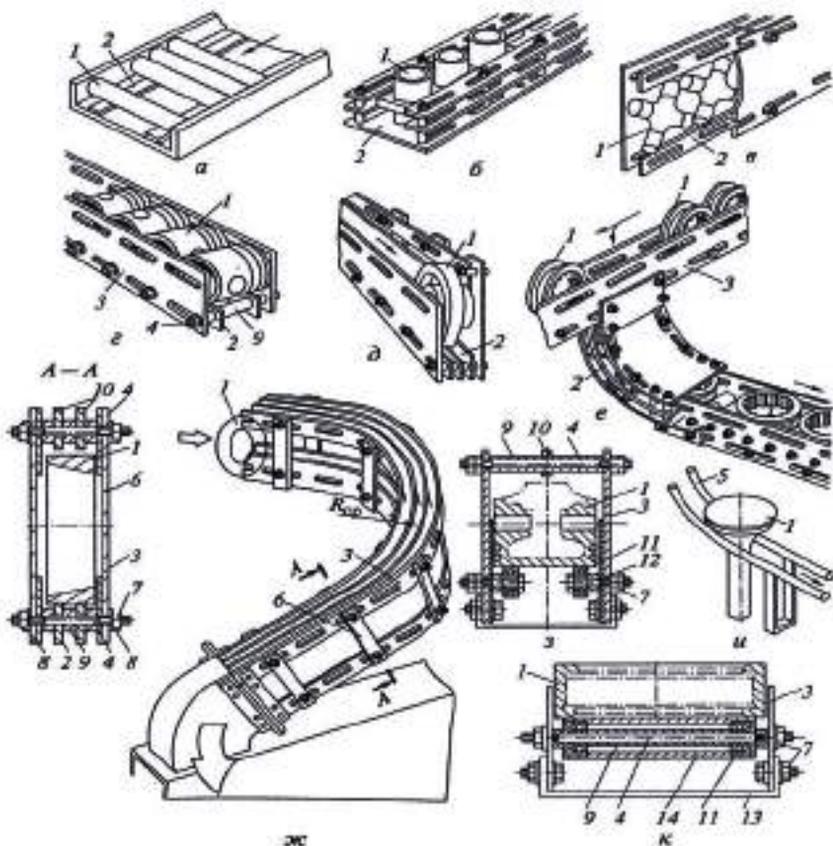


Рис. 84. Лотки для самотечного перемещения деталей: а – жесткий прямой; б-д – гибкие прямые; е-к – изогнутые; 1 – транспортируемые детали; 2, 6, 10 – полосы; 3 – стенки; 4 – шпильки; 5 – прутки; 7 – гайки; 8 – шайба; 9 – втулки; 11 – шарикоподшипники; 12 – ось; 13 – скобка; 14 – ролик

Гибкие лотки изготавливаются из стальной ленты, поставляемой в бунтах. Ширина заготовки лотка определяется габаритом деталей 7. В листе выштамповывают прорезы для прохода соединительных шпилек 4. Стенки 3 соединяются с боковыми полосами 6 посредством шпилек 4 с промежуточными втулками 9, на гайки 7 обязательно ставят контр-шайбы 8. Для предотвращения выпадения деталей из лотков сверху предусматриваются предохранительные полосы 10. Шарикоподшипники 11 укрепляются на стенках с помощью осей 12 и гаек 7

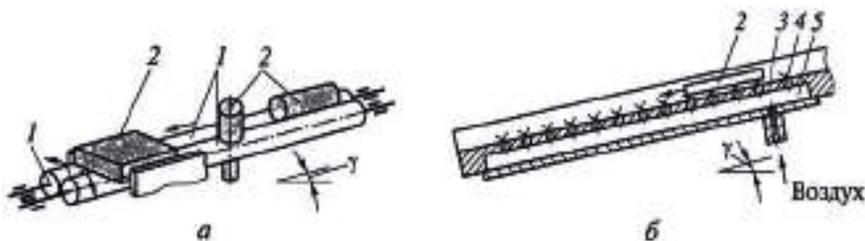


Рис. 85. Наклонные лотки с вращающимися валками (а) и воздушной прослойкой (б) для полусамотечного перемещения деталей: 1 – валки; 2 – деталь; 3 – лоток; 4 – отверстие; 5 – распределительный канал

(см. рисунок 84, з). В лотках с роликами 14 (см. рисунок 84, к) стенки 3 соединяются между собой скобками 13 [17, 4].

Средний радиус  $R_{\text{ср}}$  изгиба лотка (см. рисунок 82, ж) составляет 3-5 наружных диаметров транспортируемой детали.

На рисунке 85 представлены наклонные лотки с вращающимися валками (а) и воздушной прослойкой (б) для полусамотечного перемещения заготовок (деталей) [17, 4].

Наклонные лотки для полусамотечного перемещения легких (массой до 0,5 кг) деталей (см. рисунок 85) применяются в тех случаях, когда требуемый угол  $\gamma$  наклона лотка не должен превышать 2,5... 3°. Уменьшению силы трения между поверхностями лотка и детали, движущейся под собственным весом, способствует вращение валков 1 (см. рисунок 85 а), несущих детали 2.

В пневматических полусамотечных лотках (см. рисунок 85, б) для уменьшения силы трения вводят воздушную прослойку (толщиной 0,01 ...0,02 мм) между поверхностями детали 2 и лотка 3. Сжатый воздух под давлением 0,01 ...0,02 МПа подается в распределительный канал 5 и далее через отверстия 4 поступает под опорные плоскости деталей 2.

## 6.8 Автоматические накопители

Указанные накопители подразделяются на бункеры и магазины. В бункерах детали (заготовки) засыпаются и хранятся навалом, а выдаются в ориентированном положении. В магазинах детали принимаются, хранятся и выдаются только в ориентированном положении. Накопитель встраивают в АЛ таким образом, чтобы обеспечить работу как

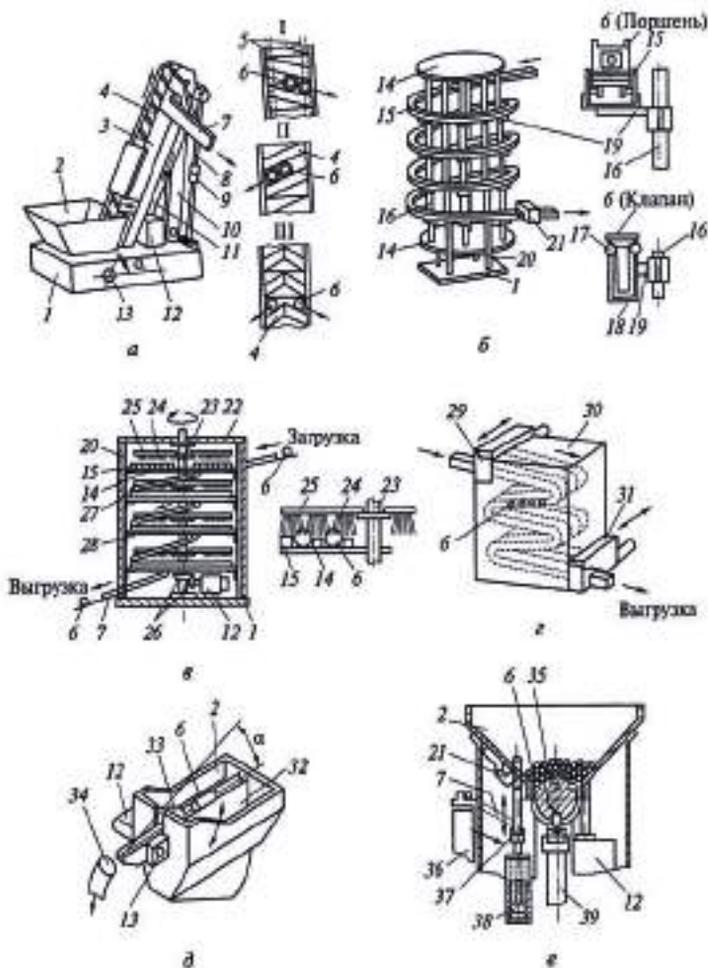


Рис. 86. Автоматические накопители: а – бункер; б – магазин со спиральным лотком; в – ногодисковый магазин с щетками; г – лотковый магазин; д – бункер с ножевым захватом; е – магазин с барабанным захватом; 7 – основание; 2 – чаша; 3 – подъемник; 4 – планка; 5 – цепи; б – деталь; 7, 11, 75, 27 – лотки; 8 – тяга; 9 – муфта; 10 – цепная передача; 72 – редуктор; 13 – ось; 14 – диски; 16 – стяжка; 77 – проволока; 18 – скоба; 19 – кронштейн; 20 – швеллер; 21 – отсекаль; 22 – крышка; 23 – вал; 24 – щетка; 25 – щеткодержатель; 26 – зубчатые колеса; 28 – уголок; 29 – распределительный механизм; 30 – варной каркас; 31 – механизм выдачи; 32 – нож; 33 – сбрасыватель; 34 – трубка; 35 – барабан; 36, 39 – конвейеры; 37 – шибер; 38 – гидроцилиндр [17]

с накопителем, так и без него. В последнем случае детали подаются через обходной лоток. Примеры накопителей различного вида приведены на рисунке 86.

Автоматический бункер (рисунок 86, а) состоит из основания 1, чаши 2 с открытым верхом, наклонного подъемника 3, лотка выдачи 7, лотка 11 возврата деталей 6. В подъемнике имеются две замкнутые цепи 5, натянутые на верхние и нижние пары звездочек. Верхним звездочкам сообщается вращение от электродвигателя с редуктором 12 через цепную передачу 10. Угол  $\alpha$  наклона подъемника 3 может изменяться путем поворота его вокруг оси 13 посредством вращения муфты 9 и изменения длины тяг 8. На цепях 5 укреплены наклонные планки 4 для захвата деталей из чаши и подъема их к лотку выдачи. Планки 4 в зависимости от исполнения (I, II, III) бункера могут быть наклонены вправо, влево и в обе стороны.

Автоматический магазин со спиральным лотком (рисунок 86, б), предназначенный для перемещения поршней, крупных колец, гильз, представляет собой каркас, сваренный из четырех вертикальных швеллеров 20, основания 7 и двух дисков 14. На дисках укреплены стяжки 16 с кронштейнами 19, несущими один или несколько наклонных лотков 15, образующих однозаходную или многозаходную спираль в зависимости от числа лотков. При выходе из магазина на лотке предусмотрен отсекающий элемент 21 для поштучной выдачи деталей 6 (поршней, клапанов и др.). В магазине, предназначенном для приема, хранения и выдачи клапанов, спиральный лоток изготавливается из проволоки 17 диаметром 8... 10 мм, закрепляемой на кронштейне 19 скобами 18. Угол наклона спирали лотка составляет 10... 15°.

Автоматический многодисковый магазин с щетками (см. рисунок 86, в) для перемещения деталей 6 (колец и фланцев) состоит из каркаса, сваренного из четырех швеллеров 20, основания 1 и крышки 22. На швеллерах к уголкам 28 прикреплены диски 14 с лотками 15, выполненными из полос в виде архимедовой спирали. В центре магазина проходит вал 23, закрепленный в подшипниках крышки 22 и основания 1. На валу, над каждым диском установлены по четыре щеткодержателя 25, несущие щетки 24 с капроновыми нитями. Вал 23 через пару конических зубчатых колес 26 сообщается вращение от электродвигателя с редуктором 12, смонтированным на основании 1. Детали 6 поступают в магазин через наклонный лоток, соединенный с лотком верхнего диска 14, а выходят по лотку выдачи 7 нижнего диска. Все лотки дисков соединены между собой соединительными лотками 27. Детали, поступившие в лоток верхнего диска, перемещаются вращаю-

щимися щетками от периферии к центру. Дойдя до отверстия в диске, детали проваливаются в соединительный лоток и по нему поступают к началу лотка второго диска, где их движение повторяется [17, 4].

Автоматический лотковый магазин (см. рисунок 86, г) для транспортирования деталей 6 (колец и фланцев) представляет собой сварной каркас 30 с установленными в нем в несколько рядов наклонными лотками змееобразной формы. Детали 6 перемещаются по лоткам под действием собственного веса. Детали подаются в магазин посредством распределительного механизма 29, а выдаются из магазина с помощью механизма 31. Распределительный механизм 29 и механизм выдачи 31 приводятся в действие от пневмоцилиндров [17].

На рисунке 86, д представлен автоматический бункер с ножевым (шиберным) захватом для перемещения деталей 6 (роликов). Он имеет чашу 2 с открытым верхом и боковыми наклонными стенками, между которыми располагается плоский нож 32 с призматическим углублением на верхней рабочей части. Нож крепится к чаше на оси 13 и может совершать относительно нее качательное движение от электродвигателя с редуктором 12. Напротив ножа расположена трубка 34 выдачи деталей 6. При подъеме ножа в верхнее положение ролики оказываются в призматическом углублении ножа, соскальзывают по нему к отверстию сбрасывателя 33 и, пройдя его, поступают в трубку 34. При неправильном положении на ноже ролик 6 сбрасывается в чашу. Угол  $\alpha$  наклона рабочей части ножа в его верхнем положении составляет  $30...35^\circ$  [17, 4].

Автоматический магазин с барабанным захватом (см. рисунок 86, е) для транспортирования заготовок (или деталей) 6 (валиков) представляет собой чашу 2 со скошенными к центру стенками, между которыми размещен барабан 35 с тремя продольными прорезями, ширина которых соответствует диаметру валика 6. В левой скошенной стенке чаши предусмотрено отверстие, через которое шибером 37 загружается валик 6. Шибер 37 приводится в действие гидроцилиндром 38. Напротив отверстия находится отсекающий выпадение валиков из чаши в то время, когда шибер находится в нижнем положении. При выгрузке валиков барабану 35 сообщается вращательное движение от электродвигателя с редуктором 12. Загрузка магазина валиками может производиться либо сверху чаши, либо с подводящего конвейера 36 через наклонный лоток 7 и шибер 37. Валики из магазина выдаются на отводящий конвейер 39 при повороте барабана 35 [17, 4].

На автоматических линиях в качестве накопителей применяются также бункеры с дисковыми захватами и вибробункеры, конструкции которых описаны далее.

## 6.9 Дисковый (цилиндрический) карманчиковый бункер

Цилиндрические дисковые или карманчиковые бункерные устройства напоминает лототрон. Такие устройства представляют собой цилиндрическую емкость с установленными в придонной части тремя дисками:

1. Неподвижный диск, который является дном бункера с единственным окном или отверстием для выхода заготовки из бункера в магазин.

2. Второй диск – рабочий подвижный, по окружности которого выполняются прорезы, так называемые «карманы», соответствующие форме предметов труда (заготовок, деталей) (может быть сменным для переналадки загрузочного устройства).

3. Верхний подвижный сектор или лопасть, служащий для перемешивания предметов труда (заготовок, деталей) и их укладки в нужном ориентированном положении, а также для удаления из карманов неправильно сориентированных предметов труда (заготовок, деталей) или деталей, то есть выполняет функции ворошителя ориентирующего элемента.

На рисунке 87 представлен дисковый (цилиндрический) бункер с карманчиковым механизмом ориентации.

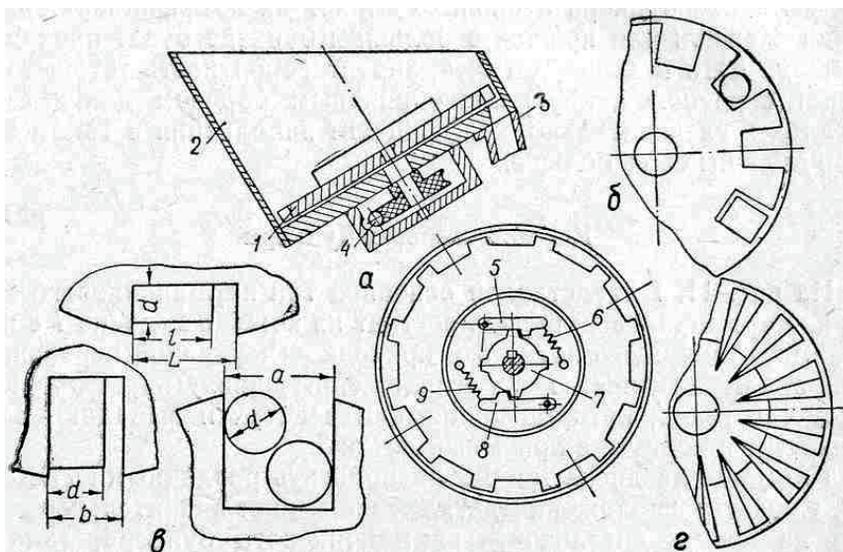


Рис. 87. Дисковый (цилиндрический) бункер с карманчиковым механизмом ориентации: 1 – рабочий диск с карманами; 2 – цилиндрический бункер; 3 – магазин-лоток; 4 – привод [17]

На выходе из бункера заготовки (детали) через окно или прорезь в дне попадают в транспортный лоток, где по необходимости осуществляется вторичная ориентация заготовки (детали).

## 6.10 Трубчатые или конические бункеры

Трубчатые или конические бункеры применяются для хранения и загрузки мелких предметов труда (заготовок, деталей) при помощи подвижной трубки бункера (см. рисунок 69). Трубчатый бункер оснащается возвратно-поступательно движущимся трубчатым захватом 4 и неподвижным корпусом бункера 1, представляющим собой коническую чашу [17, 4].

В нижней части бункера 1 запрессовывается втулка 3, внутри которой свободно перемещаются трубчатый захват 4, приводимый в движение с помощью кривошипного механизма. Заготовки (детали) 21 из трубчатого захвата поступают в лоток [17, 4].

Для нормального захвата предметов труда (заготовок, деталей) с отношением длины к диаметру 1:1,25. На верхней части захвата 4 выполняется скос под углом в  $30^{\circ} \div 40^{\circ}$  во избежание перекрытия отверстия трубчатого захвата заготовками (детальями). Для более длинных предметов труда (заготовок, деталей) скос не выполняется. Коэффициент производительности трубчатого бункера определяется по формуле (1):

$$K = \sqrt{\frac{H_0}{l}}, \quad (6.1)$$

где  $H_0$  – высота слоя предметов труда (заготовок, деталей) в емкости бункера;  $l$  – длина или ширина (наибольший размер) предмета труда (детали, заготовки) [17].

Диаметра корпуса бункера зависит от длины или ширины (наибольшего размера)  $l$ :

$$D_0 = (10 \div 15) \cdot l, \quad (6.2)$$

Глубина бункера будет определяться:

$$H_0 = (0,3 \div 0,5) \cdot D_0, \quad (6.3)$$

Производительность бункера:

$$Q = n_x p \sqrt{\frac{H_0}{l}} = n_x p K, \quad (6.4)$$

## 6.11 Шиберные и секторные бункеры

Бункеры с шиберными и секторными механизмами ориентации относятся к устройствам с выдачей предметов труда (заготовок, деталей) порциями [17, 4].

### 6.11.1 Шиберный бункер

На рисунке 88 представлен шиберный бункер.

В шиберный бункер (см. рисунок 88) засыпаются предметы труда (заготовки, детали). Вдоль его вертикальной стенки возвратно-поступательно перемещается шибер 1, на верхней поверхности которого выполняется профиль соответствующей формы предметов труда (заготовок, деталей). При опускании шибера 1 в крайнее нижнее положение, заготовки захватываются шибером, а затем за счет его перемещения в крайнее верхнее положение скатываются в магазин-лоток 2 через выходное окно в вертикальной стенке бункера. Перед окном на выходе из бункера устанавливается сбрасыватель 3, который сбрасывает неправильно ориентированные заготовки или задает им нужное положение [17, 4].

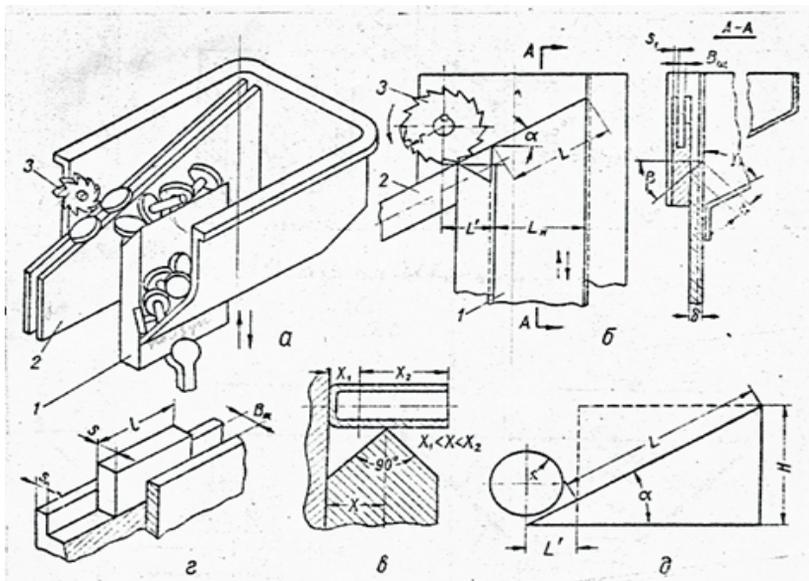


Рис. 88. Шиберный бункер

### 6.11.2 Секторные бункеры

У бункеров секторного типа плоскость в виде сектора возвратно-поступательно перемещается вокруг оси. При достижении сектором крайнего нижнего положения, заготовки захватываются профильным пазом, выполненным на торцевой поверхности сектора [17].

На рисунке 89 представлен шиберный бункер.

На рисунке 89 при перемещении сектора 6 в крайнее верхнее положение, заготовки или детали 5 через окно в вертикальной стенке бункера 3 скатываются или соскальзывают в транспортный магазин 1, расположенный на выходе из бункера. Неправильно сориентированные заготовки сбрасываются обратно в бункер сбрасывателем 4, который в то же время может придавать правильную ориентацию заготовкам [17, 4].

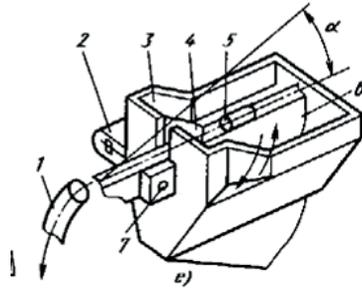


Рис. 89. Секторный бункер

## 6.12 Вибробункерные загрузочные устройства

Для питания заготовками (детальями) относительно небольших размеров применяют бункерно-магазинные загрузочные устройства со встроенными вибрационными механизмами, то есть вибробункерами.

Вибробункер представляет собой цилиндрическую или коническую емкость, по внутренней стенке которой расположен спиральный лоток, выполненный в виде специального профиля. Он осуществляет пространственную ориентацию предметов труда (заготовок, деталей) засыпаемых в неориентированном состоянии на дно бункера. Дно имеет выпуклую форму, обеспечивающую скатывание или соскальзывание предметов труда (заготовок, деталей) к стенкам бункера.

Вибрационные бункерно-магазинные загрузочные устройства представляют собой универсальный вид загрузочных устройств, предназначенных для автоматической подачи в зону сборки или в зону обработки предметов труда (заготовок, деталей) из накопителя (чаши), в котором они находятся в неориентированном (беспорядочном или хаотичном) состоянии. Принцип вибрационного перемещения используется как в бункерно-магазинных, так и лотковых устройствах и делает их универсальными, так как позволяет перемещать самые разнообразные по конфигурации изделия. При этом сравнительно просто решаются зада-

чи ориентирования деталей по заданному закону, используя механические средства ориентации (см. рисунок 80) (упоры, вырезы, прорезы и др.) - электромагнитные и магнитоэлектрические. Первые осуществляют пассивную и активную ориентацию. Пассивной будем считать такую ориентацию, при которой неправильно ориентированная деталь сбрасывается на дно накопителя для повторного захвата, при котором она может оказаться ориентированной правильно. Активные средства ориентации неправильно ориентированное тело поворачивают в требуемое положение [17].

На рисунке 90 приведены примеры вибробункерных загрузочных устройств.

Работа вибробункера основана на движении предметов труда (заготовок, деталей) со дна бункера вверх по колеблющемуся лотку. Возбуждение колебаний осуществляется электромагнитным приводом и упругой системой. Чаша бункера устанавливается на плоские пружины или подвески, которые крепятся к основанию, образуя упругую систему. Заготовки (детали) перемещаются за счет одновременного сообщения им вертикальных возвратно-поступательных движений электромагнитным приводом и крутильных колебаний упругой системы. Заготовки (детали) перемещаются по лотку вверх под действием колебаний малой амплитуды и большой частоты под действием только сил тяжести.

Равномерная постоянная скорость перемещения предметов труда (заготовок, деталей) создает благоприятные условия для их ориентации. Движение предметов труда (заготовок, деталей) по лотку не зависит от массы предметов труда (заготовок, деталей). На вибротранспортере располагается тело, массой  $m$ .



Рис. 90. Вибробункерные загрузочные устройства

Вибротранспортер осуществляет перемещение с различными ускорениями в прямом и обратном направлениях: в прямом в направлении  $a_1$ , в обратном с ускорением  $a_2$ . В зависимости от принятого закона движения, тело массой  $m$  проскальзывает при несимметричном гармоническом законе в безотрывном режиме по поверхности лотка вверх или совершают микрополет, отрываясь от поверхности лотка при симметричном законе. В момент окончания перемещения лотка с ускорением  $a_1$  на тело  $m$  действуют силы:

1. Сила инерции  $\vec{F}_{ul} = ma_1$

2. Сила трения  $\vec{F}_{тр} = ma_1$

3. Сила тяжести  $P_T = mg$

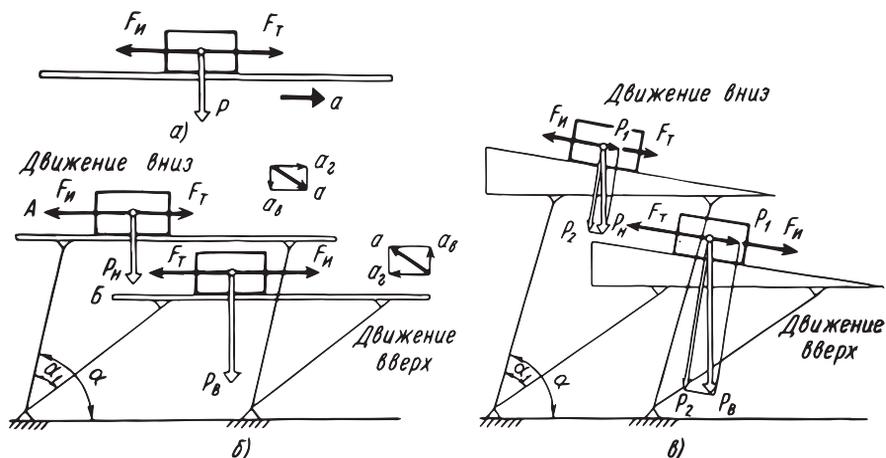
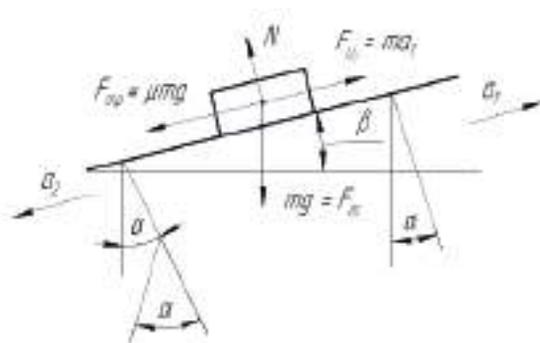


Рис. 91. Схема движения тела по наклонной плоскости колеблющегося лотка вибробункера



Если сила инерции больше силы трения, то тело  $m$  будет продолжать движение в направлении  $a_1$ . Если сила инерции меньше силы трения в момент прекращения движения, тогда тело  $m$  останется на прежнем месте. В вибробункерах создается условия такие, что

$$\vec{F}_{u1} = ma_1 > F_{TP} \text{ и } \vec{F}_{u2} = ma_2 < F_{TP}$$

В результате, тело массой  $m$  совершает направленные перемещения вверх по лотку. Вибробункер устанавливается на прямолинейных плоских рессорах или пружинах под углом  $\alpha = 15^\circ \dots 25^\circ$  и  $\beta$  – угол подъема лотка ( $2^\circ \dots 6^\circ$ ).

На рисунке 91 приведена схема движения тела по наклонной плоскости колеблющегося лотка вибробункера.

### 6.13 Классификация вибрационных бункерных загрузочных устройств

В промышленности довольно широко применяют вибробункерные загрузочные устройства (ВБЗУ), в которых заготовки (детали) перемещаются по лотку и, проходя мимо различного рода путевых операторов (вырезы, выступы и т. д.), получают определенную ориентацию. Установки такого типа применяют для подачи ПО на рабочие позиции металлорежущих станков, прессов, сборочных агрегатов, для подачи ПО к рабочему месту при ручной сборке, наполнения кассет, сортировки и упаковки готовых изделий [17].

ВБЗУ с электромагнитным приводом можно разделить на две группы: бункерные ВБЗУ со спиральным лотком и бункерные ВБЗУ с прямолинейным лотком. Обе группы имеют различное конструктивное исполнение привода и бункера. Бункерные ВБЗУ со спиральным лотком по конструктивному исполнению электромагнитного привода можно разделить на синхронные и раздельные [17, 4].

По конструктивному исполнению бункера ВБЗУ со спиральным лотком различают: с цилиндрическим; коническим (прямой или обратный конус); с комбинированным бункером (цилиндрическим и коническим) [17, 4].

Как цилиндрические, так и конические бункера могут быть: однозаходные, многозаходные, многоручьевые, одноручьевые.

Скорость движения по дорожке ВБЗУ регулируют изменением:

– величины напряжения, питающего катушки электромагнитов с помощью автотрансформаторов;

- силы тока в катушке электромагнита благодаря последовательно включенному реостату;
- тягового усилия электромагнита за счет регулирования воздушного зазора между якорем и статором;
- магнитного потока;
- фазового угла.

Резонансная настройка ВБЗУ осуществляется изменением:

- момента инерции поперечного сечения рессор (при синхронном и раздельном электромагнитном приводе);
- рабочей длины (при синхронном и раздельном электромагнитном приводе);
- массы или момента инерции системы (при синхронном и раздельном электромагнитном приводе);
- числа рабочих витков пружины (при раздельном электромагнитном приводе).

По типу рессор ВБЗУ различают: с одно- и многослойными плоскими рессорами (при синхронном и раздельном электромагнитном приводе); с круглыми пружинными цилиндрическими рессорами (при синхронном и раздельном электромагнитном приводе); с цилиндрическими многовитковыми рессорами (при раздельном электромагнитном приводе).

Вибрационное загрузочное устройство со спиральным лотком (конструкция разработана в МГТУ им. Н.Э.Баумана), приведенное на рисунке 92, выполнено с тремя электромагнитными приводами [17, 4].

На рисунке 92 вибрационное загрузочное устройство со спиральным лотком выполнено с тремя электромагнитными приводами. ВЗУ включает в себя чашу 1 бункера со спиральным лотком (материал – алюминиевый сплав); три якоря 3; три электромагнитных вибратора 4, закрепленных на стойках 5; три подвески (пружины) 6, которые закреплены на кронштейнах с якорями и кронштейнах 7. Конусное дно 2 выполнено из текстолита. Стойка 5 с электромагнитными вибраторами 4 и кронштейны 7 размещены на массивном основании 8. Для того чтобы вибрация не передавалась на станок, ВЗУ установлено на резиновых амортизаторах 9. Подвески 6 представляют собой набор плоских пружин. Изменяя их число, можно менять собственную частоту колебаний системы. Зазор между якорем и электромагнитом вибратора изменяется путем перемещения стойки 5 относительно основания. Питание электромагнитов осуществляется через однополупериодный выпрямитель 10. Частота колебаний спирального лотка  $3000 \text{ мин}^{-1}$  [17].

Скорость перемещения заготовки по спиральному лотку изменяется путем регулирования напряжения питания электромагнитов вибра-

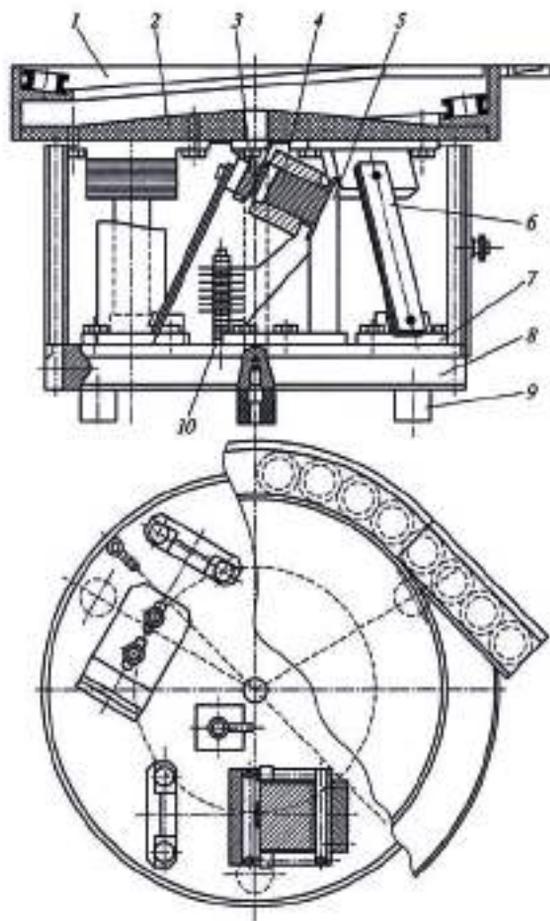


Рис. 92. ВЗУ со спиральным лотком: 1 – чаша; 2 – конусное дно; 3 – ярко; 4 – вибратор; 5 – стойка; 6 – подвеска; 7 – кронштейн; 8 – основание; 9 – амортизатор; 10 – выпрямитель

тора автотрансформатором. При этом изменяется усилие притяжения электромагнитов, а следовательно, и амплитуда колебаний лотка. Вибраторы включены параллельно друг другу, что обеспечивает синхронность их работы. Для нормального функционирования загрузочного устройства необходимо точно установить чашу бункера на подвесках относительно основания, зазор между ярками и электромагнитами вибраторов должен быть одинаковым у всех вибраторов, подвески должны надежно закрепляться на кронштейнах [17].

## 6.14 Конструкции ВБЗУ

В различных отраслях промышленности наибольшее распространение получили бункерные ВБЗУ со спиральным лотком, колебания захватно-ориентирующим дорожкам (лоткам) в которых передаются от рессор 3, наклоненных под некоторым углом к горизонту и приводимых в движение с помощью электромагнитов 8 (рисунок 93). ВБЗУ включают в себя основные конструктивные элементы: основание рис. 11; электромагнитные приводы 2, 4, 5, 8-10; бункера 6, 7 и упругие элементы 3.

Принцип работы ВБЗУ заключается в том, что сложное колебательное движение дорожки (лотка) передается расположенным на ней предметом труда (заготовкой или деталью) в вертикальном и горизонтальном направлениях, в результате чего предмет труда (заготовка или деталь) перемещается по наклонному лотку с некоторой скоростью. Кроме того, в процессе движения по дорожке предмет труда (заготовка или деталь) ориентируются в заданное положение [17].

На рисунке 94 представлена конструкция ВБЗУ с мембранно-гиперболоидной 6, 8, а на рисунке 95 – с мембранно-торсионной 3, 5 упругими системами [17].

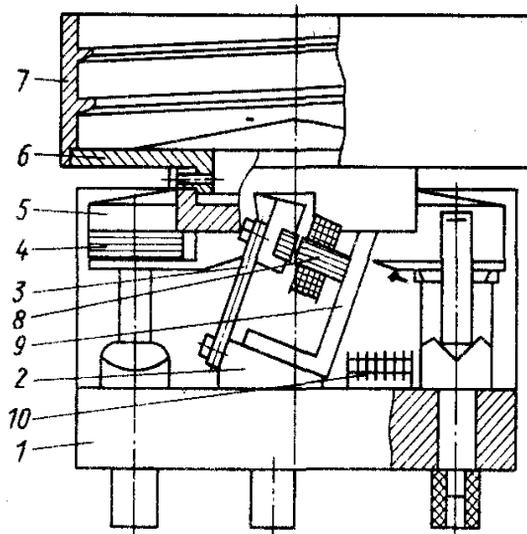


Рис. 93. ВБЗУ с тремя вибраторами и плоскими пружинами

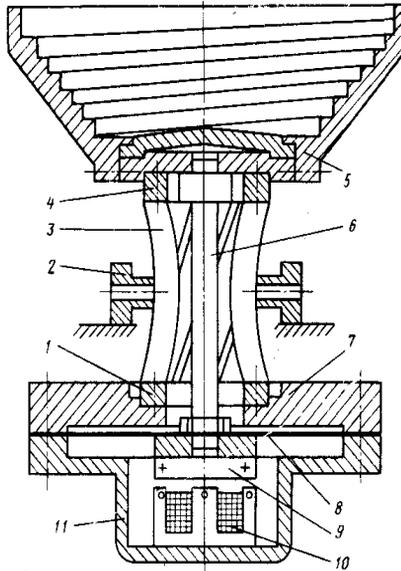


Рис. 94. ВБЗУ с мембранно-гиперболоидной упругой системой:  
 1, 4 – фланцы; 2 – цапфы; 3 – пластины; 5 – бункер; 6 – торсион;  
 7 – основание; 8 – мембрана; 9, 10 – электромагнитный привод; 11 – кожух

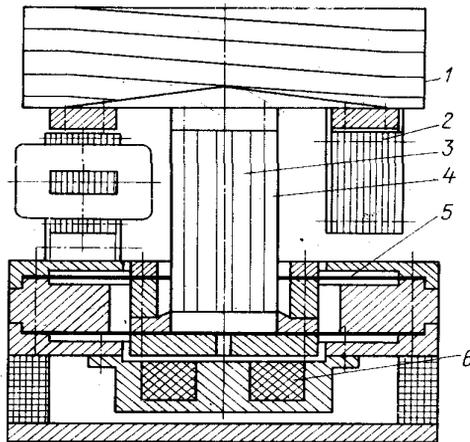


Рис. 95. ВБЗУ с мембранно-торсионной упругой системой: 1 – бункер;  
 2 – электромагнитный привод; 3 – стержневой торсион; 4 – круговой торсион;  
 5 – мембрана; 6 – электромагнитный привод вертикальных колебаний

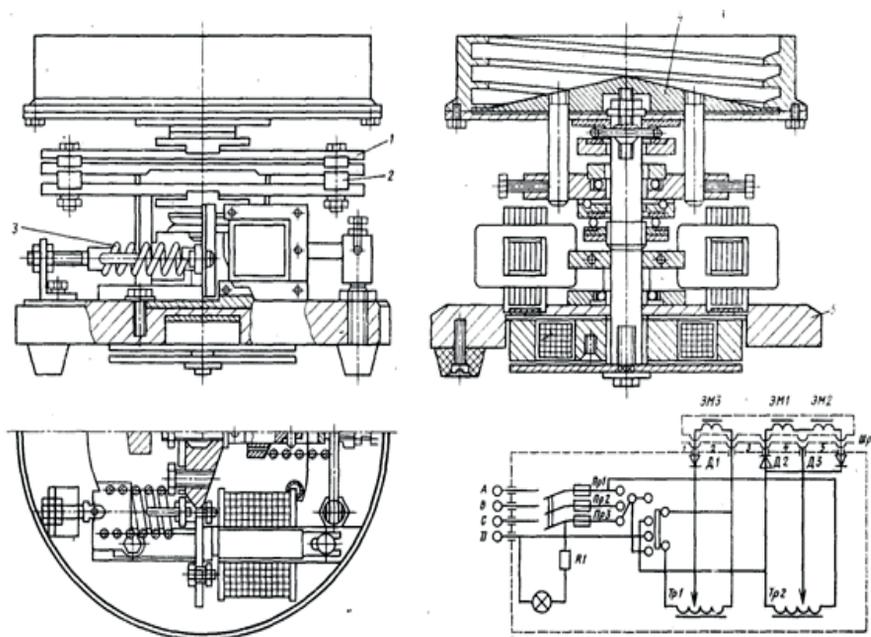


Рис. 96. ВЗУ с отдельным электромагнитным приводом

Отличительной особенностью конструкции ВЗУ с отдельным электромагнитным приводом (рисунок 96) является применение в качестве упругих элементов вертикального привода четырех стержней 1 круглого или прямоугольного сечения. Длину упругих элементов можно менять перестановкой опор 2; в горизонтальном приводе применены витые упругие элементы 3 с переменным числом витков. Бункер ВЗУ имеет неподвижное дно 4, замкнутое на основание 5. Для возбуждения колебаний в вертикальном направлении применена однотактная схема электромагнитного привода ЭМ1 и ЭМ2.

## 6.15 Средства автоматизации загрузки-разгрузки оборудования, работающего в составе АЛ

В автоматических линиях (АЛ) в качестве средств автоматизации загрузки заготовок и выгрузки обработанных деталей используются загрузочные устройства, встроенные в станки-автоматы, а также манипуляторы и промышленные роботы. В АЛ с поперечным расположением станков и

сквозным перемещением деталей через рабочую зону загрузочные устройства обычно отсутствуют – их функции выполняют транспортные средства.

Загрузочные устройства, встроенные в станки-автоматы. Рассмотрим типовые конструкции встроенных загрузочных устройств, применяемых в различных станках-автоматах.

На рисунке 97 представлено загрузочное устройство последовательного действия к многошпиндельному горизонтальному токарному станку-автомату [17].

Представленное на рисунке 97 загрузочное устройство последовательного действия к многошпиндельному горизонтальному токарному станку-автомату 7 имеет возможность в процессе обработки поворачивать обрабатываемую заготовку 16 на  $180^\circ$ . Устройство снабжено магазином с подводющим лотком 15 и отсекателем 8, кантователем 77 и отводящим лотком 12. Кантователь может поворачиваться на оси 10 на  $180^\circ$  с помощью гидроцилиндра 13 через реечную передачу 14. Ниже магазина размещен питатель, представляющий собой ось 7 с поворотной рукой 3 и захватом 2, фиксирующим заготовку 16. Руке 3 сообщается возвратно-поступательное перемещение от гидроцилиндра 6 и

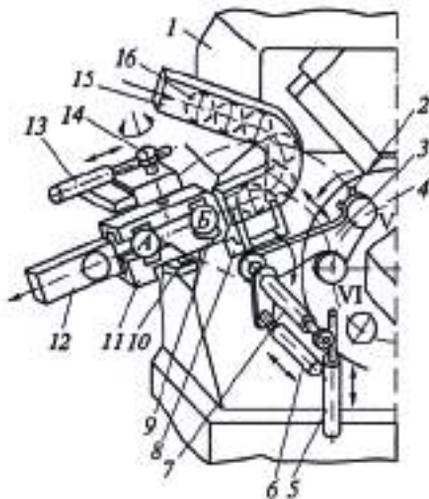


Рис. 97. Загрузочное устройство, встроенное в горизонтальный многошпиндельный станок-автомат: 1 – станок; 2 – захват; 3 – рука; 4 – шпиндельный блок; 5, 6, 13 – гидроцилиндры; 7, 10 – оси; 8 – отсекатель; 9 – собачка; 11 – кантователь; 12 – отводящий лоток; 14 – реечная передача; 15 – подводный лоток; 16 – заготовка; А, Б – полости кантователя; V, VI – позиции патронов

вращательное – от гидроцилиндра 5 через реечную передачу. После поворота шпиндельного блока 4 патроны станка становятся на загрузочные позиции: патрон с готовой деталью на позицию V, а патрон с полуфабрикатом (заготовкой, обработанной с одной стороны) на позицию VI. При перемещении питателя вперед патроны станка 7 разжимаются, и обрабатываемые детали 16 оказываются зажатými в захватах 2 механической руки 3. Питатель отходит назад, вынимая детали из патронов, поворачивается к кантователю и снова движется вперед; при этом готовая деталь входит в открытую полость А кантователя 14, а полуфабрикат – в закрытую полость Б. Подпружиненные собачки 9, имеющиеся на лицевой стенке кантователя, при отходе питателя снимают с захватов полуфабрикат и готовую деталь, которая выкатывается из кантователя в отводящий лоток 12. Кантователь поворачивается на 180°, нажимая на выступ отсекаателя 8, и очередная заготовка из лотка 75 вкатывается в полость А. Далее питатель движется по циклу: вперед-назад к кантователю; поворот к станку – вперед-назад. В результате происходит перенос заготовки в патрон на позицию VI, полуфабриката – в патрон на позицию V [17].

На рисунке 98 представлено устройство загрузки-выгрузки, встроенное в одношпиндельный токарный автомат.

В устройстве загрузки-выгрузки к одношпиндельному токарному автомату (см. рисунок 98) обработанная деталь 3 (кольцо, фланец) при-

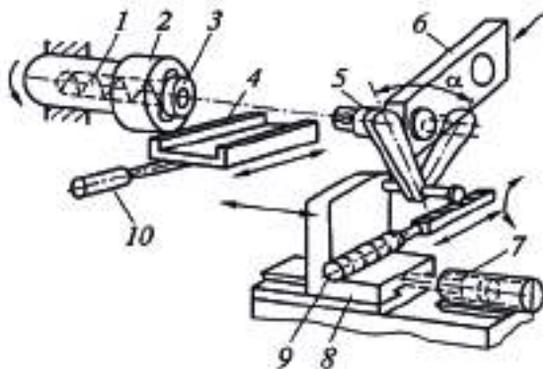


Рис. 98. Устройство загрузки-выгрузки, встроенное в одношпиндельный токарный автомат: 1 – пружина; 2 – патрон; 3 – обработанная деталь; 4 – отводящий лоток; 5 – рука; 6 – подводящий лоток; 7, 9, 10 – гидроцилиндры; 8 – питатель

жиной 1 выталкивается из разжатого патрона 2 в подошедший отводящий лоток 4. После отхода лотка назад (от гидроцилиндра 10) питатель 8 (а вместе с ним и заготовка, заранее захваченная механической рукой 5 из подводящего лотка 6) перемещается (от гидроцилиндра 7) в левое крайнее положение и загружает заготовку в патрон 2. При захвате заготовки рука 5 совершает поворот на угол а посредством гидроцилиндра 9 через реечную передачу. Далее питатель возвращается в исходное положение.

Конструкция загрузочного устройства, встроенного во внутришлифовальный автомат, показана на рисунке 99 [17].

На рисунке 99 загрузка заготовок (колец) в автомат происходит через загрузочный лоток 1 устройства. При перемещении (от гидроцилиндра 11) толкателя 12 вверх рука 10 поворачивается в верхнее положение и выгружает обработанное кольцо 7 в отводящий лоток 13. В конце подъема руки толкатель 12 поворачивает на угол а рычаг 2 с регулируемым клиновым упором 3, который отсекает очередную заготовку 4 от остальных. Заготовка перемещается вперед и задерживается на эксцентриковом пальце 5. При возвращении толкателя 12, руки 10 и рычага 2 в исходное положение заготовка 4 соскальзывает с пальца

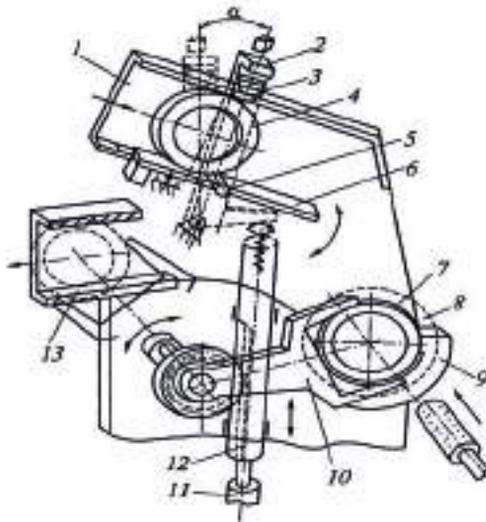


Рис. 99. Загрузочное устройство, встроенное во внутришлифовальный автомат: 1 – загрузочный лоток; 2 – рычаг; 3 – упор; 4 – заготовка; 5 – эксцентриковый палец; 6 – планка; 7 – обработанная деталь (кольцо); 8 – магнитный патрон; 9 – радиальная опора; 10 – рука; 11 – гидроцилиндр; 12 – толкатель; 13 – отводящий лоток

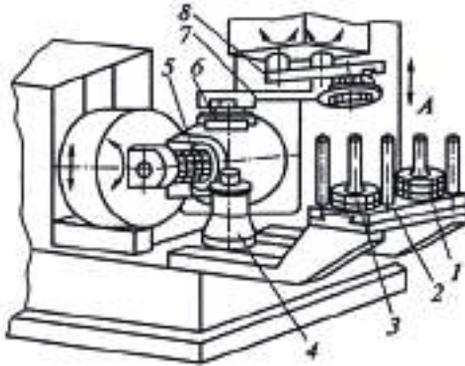


Рис. 100. Типовое загрузочное устройство, встроенное в зубофрезерный станок: 1 – заготовка; 2 – кассета; 3 – обработанная деталь; 4 – зажимное устройство; 5 – фреза; 6 – захват; 7, 8 – поворотные руки

5 и по качающейся планке 6 поступает в руку 10, которая укладывает заготовку на радиальные опоры 9 базирующего устройства станка и прижимает ее торцом к магнитному патрону 8 [17].

Конструкция типового загрузочного устройства, встроенного в зубофрезерный станок, представлено на рисунке 100 [17].

Загрузка заготовки и выгрузка обработанной детали на зубофрезерном станке (см. рисунок 100) осуществляется посредством поворотных рук 7 и 8 с вертикальной осью вращения. Заготовка 1 из кассеты 2 передается рукой 7 с захватом 6 на зажимное устройство 4 станка. После нарезания зубьев фрезой 5 обработанная деталь 3 переносится рукой 8 в кассету 2. Необходимые повороты и вертикальные возвратно-поступательные перемещения рук (направление А) осуществляются гидравлически [17].

## ГЛАВА 7. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

### 7.1 Измерительные средства автоматизации: основные понятия и определения

Получение информации о состоянии объекта управления в автоматизированных системах обеспечивается с помощью разнообразных устройств, предназначенных для выработки сигнала, несущего измерительную информацию как в форме, доступной для непосредственного восприятия оператором, так и в форме, пригодной для использования в автоматических системах управления ТП (АСУТП). Соответственно, измерительные устройства по виду вырабатываемой ими информации делятся на измерительные приборы и измерительные преобразователи, то есть датчики.

К измерительным приборам относятся устройства, предназначенные для выработки измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператором [11].

Измерительные преобразователи (ИП) – это устройства, предназначенные для выработки измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования, обработки и хранения сигнала, но не подающейся непосредственному восприятию наблюдателя.

Измерительным преобразователем называется устройство, предназначенное для преобразования информации, поступающей на его вход в виде некоторой физической величины, в другую функциональную физическую величину, удобную для использования в последующих элементах автоматики.

В самом общем виде измерительный преобразователь состоит из одного или нескольких элементарных преобразователей, в которых происходит превращение одной физической величины в другую или количественное изменение одной и той же физической величины [11].

Важнейшим из элементарных преобразователей является так называемый воспринимающий орган ВО. Воспринимающий орган реагирует на отклонение управляемой величины от установленного значения и передает это отклонение в форме определенного сигнала на другие преобразователи.

В некоторых измерительных преобразователях, кроме воспринимающего органа ВО, входят промежуточный преобразователь П и вспомогательный источник питания ИП. У этих измерительных преобразователей контролируемая величина  $X$  преобразуется воспринимающим органом ВО за счет энергии источника питания ИП в промежуточную величину  $X_{\text{п}}$ , затем при помощи преобразователя П доводится до удобной формы и определенного значения выходной сигналу [11].

Наиболее сложны и совершенны измерительные преобразователи с обратной связью, которые применяются в измерении свойств веществ, обнаружении дефектов, а также в оптических и радиоизотопных измерительных преобразователях. Основным преимуществом такого типа измерительных преобразователей является компенсация внешних возмущающих воздействий: изменение температуры, напряжения питания.

## 7.2 Датчики

Датчик – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Датчики, выполненные на основе электронной техники, называются **электронными датчиками**. Отдельно взятый датчик может быть предназначен для измерения (контроля) и преобразования одной физической величины или одновременно нескольких физических величин [11].

В состав датчика входят чувствительные и преобразовательные элементы. Основными характеристиками электронных датчиков являются чувствительность и погрешность [11].

Датчики широко используются в научных исследованиях, испытаниях, контроле качества, телеметрии, системах автоматизированного управления и в других областях деятельности и системах, где требуется получение измерительной информации [11].

Датчики являются элементом технических систем, предназначенных для измерения, сигнализации, регулирования, управления устройствами или процессами. Датчики преобразуют контролируемую величину (давление, температура, расход, концентрация, частота, скорость, перемещение, напряжение, электрический ток и т.п.) в сигнал (электрический, оптический, пневматический), удобный для измерения, пе-

редачи, преобразования, хранения и регистрации информации о состоянии объекта измерений.

Исторически и логически датчики связаны с техникой измерений и измерительными приборами, например, термометры, расходомеры, барометры, прибор «авиагоризонт» и т. д. Обобщающий термин **датчик** укрепился в связи с развитием автоматических систем управления, как элемент обобщенной логической концепции: датчик – устройство управления – исполнительное устройство – объект управления [11].

В качестве отдельной категории использования датчиков в автоматических системах регистрации параметров можно выделить их применение в системах научных исследований и экспериментов.

Широко встречаются следующие определения **датчика**:

1. Чувствительный элемент, приемник, преобразующий параметры среды в пригодный для технического использования сигнал, обычно электрический, хотя возможно и иной по природе, например – пневматический сигнал.

2. Законченное изделие на основе указанного выше элемента, включающее, в зависимости от потребности, устройства усиления сигнала, линеаризации, калибровки, аналого-цифрового преобразования и интерфейса для интеграции в системы управления. В этом случае чувствительный элемент датчика сам по себе может называться **сенсором**.

3. Датчиком называется часть измерительной или управляющей системы, представляющая собой конструктивную совокупность измерительных преобразователей, включающую преобразователь вида энергии сигнала, размещенную в зоне действия влияющих факторов объекта и воспринимающий естественно закодированную информацию от этого объекта.

4. Датчик – конструктивно обособленная часть измерительной системы, содержащая один или несколько первичных преобразователей, а также один или несколько промежуточных преобразователей.

Эти определения соответствуют практике использования термина производителями датчиков. В первом случае датчик это небольшое, обычно монолитное устройство электронной техники, например, терморезистор, фотодиод и т. п., которое используется для создания более сложных электронных приборов. Во втором случае – это законченный по своей функциональности прибор, подключаемый по одному из известных интерфейсов к системе автоматического управления или регистрации. Например, фотодиоды в матрицах и др. В третьем и четвертом определении акцент делается на том, что датчик является конструктивно обособленной частью измерительной системы, воспринимающей

информацию, а, следовательно, обладающий самодостаточностью для выполнения этой задачи и определенными метрологическими характеристиками [11].

На рисунке 101 приведён пример электроконтактного датчика.

Работа электроконтактного датчика (см. рисунок 101) заключается в том, что перемещение измерительного штока 1 передается рычагу 2, на конце которого имеется лыска, к ней с помощью плоской пружины 3 прижимается цилиндрический контактный штифт 4. На корпусе измерителя укреплены два микрометрических винта 5 и 6, обеспечивающие настройку на заданное поле допуска. Если овальность выше допустимой, то замыкается электрическая цепь между измерительным рычагом и изолированным от корпуса микрометрическим винтом, в результате подается сигнал о браке.

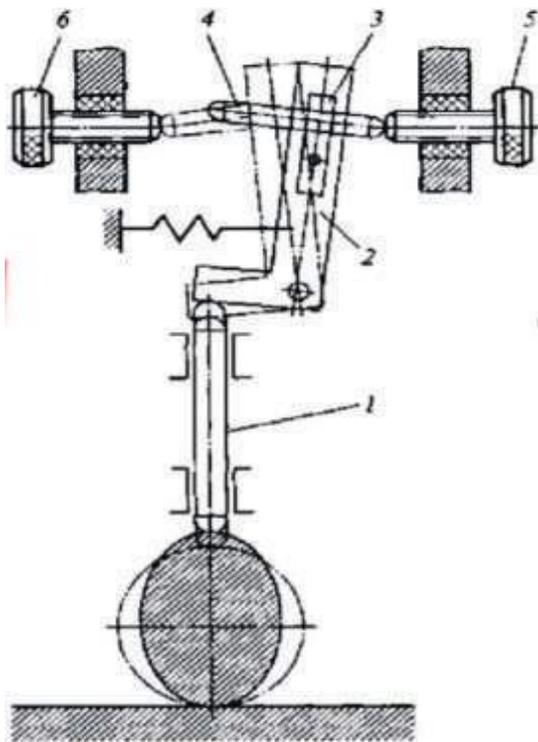


Рис. 101. Электроконтактный датчик для измерения овальности

Для уменьшения погрешностей контроля торцовые поверхности контактного штифта делаются сферическими, а торцовые поверхности микрометрических винтов – плоскими.

### 7.3 Применение датчиков

Датчики используются во многих отраслях экономики – добыче и переработке полезных ископаемых, промышленном производстве, транспорте, коммуникациях, логистике, строительстве, сельском хозяйстве, здравоохранении, науке и других отраслях – являясь в настоящее время неотъемлемой частью технических устройств [11].

В последнее время в связи с удешевлением электронных систем всё чаще применяются датчики со сложной обработкой сигналов, возможностями настройки и регулирования параметров и стандартным интерфейсом системы управления. Имеется определённая тенденция расширительной трактовки и перенесения этого термина на измерительные приборы, появившиеся значительно ранее массового использования датчиков, а также по аналогии – на объекты иной природы, например, биологические [11].

Датчики по своему назначению и технической реализации близки к понятию «измерительный инструмент» («измерительный прибор»). Однако показания приборов воспринимаются человеком, как правило, напрямую (посредством дисплеев, табло, панелей, световых и звуковых сигналов и проч.), в то время как показания датчиков требуют преобразования в форму, в которой измерительная информация может быть воспринята человеком. Датчики могут входить в состав измерительных приборов, обеспечивая измерение физической величины, результаты которого затем преобразуются для восприятия оператором измерительного прибора [11].

В автоматизированных системах управления датчики могут выступать в роли инициирующих устройств, приводя в действие оборудование, арматуру и программное обеспечение. Показания датчиков в таких системах, как правило, записываются на запоминающее устройство для контроля, обработки, анализа и вывода на дисплей или печатающее устройство. Огромное значение датчики имеют в робототехнике, где они выступают в роли рецепторов, посредством которых роботы и другие автоматические устройства получают информацию из окружающего мира и своих внутренних органов.

В быту датчики используются в термостатах, выключателях, термометрах, барометрах, смартфонах, посудомоечных машинах, кухонных плитах, тостерах, утюгах и другой бытовой технике [11].

## 7.4 Классификация датчиков

Датчики можно рассматривать как составные элементы систем управления. В соответствии с этим их удобнее классифицировать по назначению.

1. По назначению в САУ датчики можно подразделить на датчики пути, положение, скорости, силовые, угловые положения или угла рас-согласования и др.

2. По характеру получения сигнала от измеряемой величины дат-чики подразделяют на:

а) параметрические или пассивные, в которых измерение измеря-емой величины вызывает изменение какого-либо параметра, например, изменение сопротивления, давления, индуктивности и т.д.;

б) генераторные активные, у которых изменение измеряемой величины вызывает генерацию сигнала, например, появление термо-ЭДС, фототока, и т.д. генераторные датчики не требуют постороннего источника энергии.

3. По характеру зависимости выходного сигнала от входного сиг-нала датчики бывают:

а) пропорциональные, у которых сигнал на выходе пропорциона-лен измеряемой величине;

б) нелинейные, у которых сигнал на выходе нелинейно зависит от сигнала на входе;

в) релейные, у которых сигнал на выходе измеряется скачкообразно;

г) циклические, у которых сигнал на выходе пропорционален из-меряемой величине циклически;

д) импульсные, у которых изменение входной величины вызывает появление сигналов (импульсов), число которых пропорционально из-меряемой величине.

4. По принципу действия датчики бывают: волоконно-оптические; оптические (фотодатчики); магнитоэлектрический (на основе эффекта Холла); пьезоэлектрический; тензопреобразователь; ёмкостной; потен-циометрический; индуктивный; индукционный.

5. По характеру выходного сигнала датчики подразделяются на: дискретные; аналоговые; цифровые; импульсные.

6. По среде передачи сигналов различают датчики: проводные; беспроводные.

7. По количеству входных величин датчики бывают: одномерные; многомерные.

8. По технологии изготовления элементные; интегральные.

На рисунке 102 приведён пример схемы автоматического контроля с помощью электроконтактного датчика.

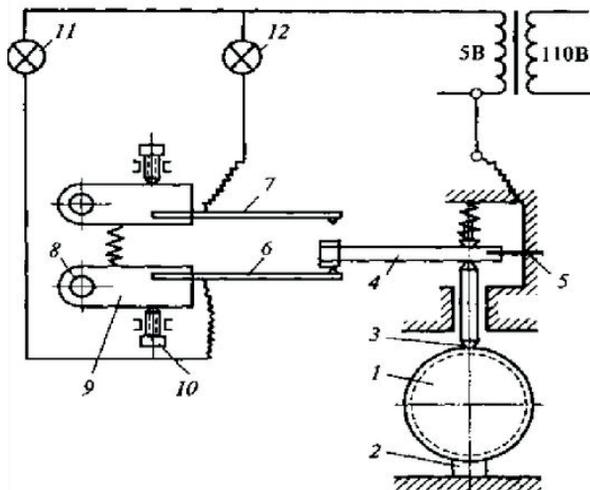


Рис. 102. Схема автоматического контроля с помощью электроконтактного датчика

Согласно схеме автоматического контроля с помощью электроконтактного датчика, приведённой на рисунке 102, контролируемая деталь 1 располагается между подставкой 2 и измерительным стержнем 3. Зазор между контактами 6 и 7 устанавливается в зависимости от величины поля допуска с помощью винтов 10. При вращении винтов 10 контактные пластины 6 и 7 поворачиваются относительно осей 8. Пока деталь находится в пределах поля допуска, рычаг 4, прикрепленный к корпусу плоской пружиной 5, будет находиться в нейтральном положении между контактными пластинами 6 и 7, закрепленными на контактодержателе 9. Если контролируемый размер станет больше или меньше заданного, рычаг 4 замкнет контакты. Последние замкнут электрическую цепь, в которую включены цветные сигнальные лампы 11 и 12.

## 7.5 Основные характеристики датчиков

Для реализации своих функций устройствам управления (УУ) автоматических устройств, объектов и систем необходимо получать информацию о ходе процесса, которым оно управляет. Такую информа-

цию УУ представляют «органы чувств» автоматической системы, то есть датчики.

Датчики – это техническое средство автоматизации – элемент, который воспринимая воздействие измеряемого или регулируемого параметра процесса или объекта управления, преобразует его в выходной сигнал, обычно электрический, удобный для дальнейшего использования. Этот сигнал можно усилить и передать на значительные расстояния.

В современном образовании контролю подвергаются: температура в коммутационных аппаратах, узлах электродвигателей, управляемых преобразователей, опорах механизмов; уровни вибраций во всех функционально значимых механических узлах объектов и систем; зазоры в механических передачах; усилия и упругие моменты в механизмах, износ инструментов и оборудования и другое.

В качестве основных контрольно-измерительных средств применяются датчики, непосредственно воспринимающие измерения контролируемого параметра и преобразующие эти изменения в механические или электрические сигналы.

Оценку возможности использования датчиков в различных системах автоматического управления САУ производят по следующим основным характеристикам:

Статическая характеристика – это зависимость изменения выходной величины  $Y_{\text{вых}}$  от изменения входной величины  $X_{\text{вх}}$ :

$$Y_{\text{вых}} = f(X_{\text{вх}}), \quad (7.1)$$

Связь между выходной и входной величинами может подчиняться любой закономерности, но наиболее предпочтительной является линейная.

Чувствительность:

а) Статистическая чувствительность – это отношение выходной величины  $Y_{\text{вых}}$  к входной величине  $X_{\text{вх}}$ :

$$S_{\text{ст}} = Y_{\text{вых}} / X_{\text{вх}}, \quad (7.2)$$

б) Динамическая чувствительность показывает во сколько раз приращение выходной величины  $dY_{\text{вых}}$  больше или меньше приращения входной величины  $dX_{\text{вх}}$ :

$$S_{\text{дин}} = dY_{\text{вых}} / dX_{\text{вх}}, \quad (7.3)$$

Соответственно  $S_{\text{дин}}$  – это коэффициент передачи датчика.

Инерционность – характеризуется отставанием изменения выходной величины  $Y_{\text{вых}}$  от изменения входной величины  $X_{\text{вх}}$ , то есть это время, в течение которого выходная величина  $Y_{\text{вых}}$  принимает значение, соответствующее входной величине с учетом  $S_{\text{дин}}$ .

Порог чувствительности представляет собой наименьшее значение входной величины  $X_{\text{вх}}$ , которое вызывает появление выходной величины  $Y_{\text{вых}}$ , то есть уверенно обнаруживается данным датчиком. Этот параметр связывают с зоной нечувствительности, то есть с зоной, в пределах которой при наличии входного сигнала на выходе датчика сигнал отсутствует.

Погрешность датчика вызывается отклонением от его расчетной характеристики вследствие влияния внутренних и внешних факторов: внутренние – износ и старение датчика, а внешние – изменение условий эксплуатации, например, температуры, питающего напряжения величине или нелинейно зависит и повторяется циклически.

## 7.6 Измерительные преобразователи (ИП)

Измерительным преобразователем называется устройство, предназначенное для преобразования информации, поступающей на его вход в виде некоторой физической величины, в другую функциональную физическую величину, удобную для использования в последующих элементах автоматики, системах автоматического регулирования или системах автоматического управления.

В самом общем виде измерительный преобразователь состоит из одного или нескольких элементарных преобразователей, в которых происходит превращение одной физической величины в другую или количественное изменение одной и той же физической величины.

Важнейшим из элементарных преобразователей является так называемый воспринимающий орган (ВО). Воспринимающий орган реагирует на отклонение управляемой величины от установленного значения и передает это отклонение в форме определенного сигнала на другие преобразователи.

В некоторых измерительных преобразователях (рис. 102), кроме воспринимающего органа ВО, входят промежуточный преобразователь и вспомогательный источник питания. У таких измерительных преобразователей контролируемая величина  $X$  преобразуется воспринимающим органом ВО за счет энергии источника питания ИП в промежуточную величину  $X_{\text{п}}$ , затем при помощи преобразователя доводится до удобной формы и определенного значения выходной сигнал  $Y$ .

Наиболее сложны и совершенны измерительные преобразователи с обратной связью, которые применяются в измерении свойств веществ, обнаружении дефектов, а также в оптических и радиоизотопных измерительных преобразователях. Основным преимуществом такого типа измерительных преобразователей является компенсация внешних возмущающих воздействий: изменение температуры, напряжения питания.

## **7.7 Автоматический контроль. Активный и пассивный контроль**

Контроль является действенной формой борьбы за улучшение качества изготавливаемой продукции в соответствии с его основными функциями:

- профилактика брака;
- предотвращение выпуска брака.

Суть контроля состоит в обеспечении необходимой точности параметров изготавливаемой продукции в процессе изготовления.

В рамках автоматического производства автоматизируются все основные, а также вспомогательные операции, включая контрольные. Автоматизация контрольных операций дает возможность повысить производительность, сократить количество брака, повысить качество выпускаемых изделий, а, следовательно, сократить затраты и снизить себестоимость продукции, шире использовать возможности оборудования.

$$N_{B_{\text{оп}}} = N_{\text{с}} \left( 1 + \frac{P_{\text{оп}}}{100} \right), \quad (7.4)$$

где  $P_{\text{оп}}$  – процент брака. При обработке заготовок на станках с ЧПУ процент брака принимается равным  $P_{\text{оп}} = (2...3) \%$ , а для автоматического оборудования –  $P_{\text{оп}} = (5...10) \%$ .

Под устройствами автоматического контроля понимают такие устройства, которые без вмешательства человека выполняют всю совокупность операций, необходимых для выяснения действительных параметров заготовок (деталей), производят измерение в процессе обработки заготовок, сортируют по величине отклонения действительных параметров от их номинальных значений и управляют режимами работы оборудования.

На рисунке 103 приведён пример системы автоматического контроля отклонений от прямолинейности и круглости деталей.

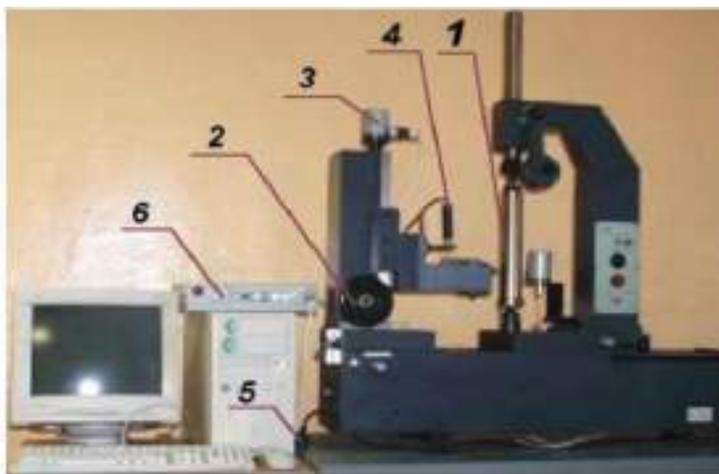


Рис. 103. Система автоматического контроля: 1 – контролируемая деталь; 2 – рукоятка перемещения датчика; 3 – датчик угловых перемещений; 4 – датчик линейных перемещений; 5, 6 – устройства согласования

По назначению различают следующие системы автоматического контроля: технологических параметров в процессе обработки; параметров готовых изделий (контроль качества продукции); состояния оборудования и систем управления; состояния инструмента, оснастки и т. д.; программного и информационного обеспечения (сбор сведений, обработка сведений, систематизация и т. д.).

По формам воздействия на объект или по принципу действия контроль бывает 2-х видов:

1. Пассивный контроль. Этот контроль производится до, либо после обработки заготовки (или перед сборкой детали). Он предназначен для сортировки заготовок (деталей) на годные и негодные. Годные – на группы, а брак – на исправимый и не исправимый.

Системы пассивного контроля, представляющие собой системы автоматического контроля (САК), задача которых получить необходимые сведения об управляемом объекте или параметрах технологического процесса (система не изменяет параметров технологического процесса во время обработки, то есть ведет себя пассивно). Для осуществления пассивного автоматического контроля часто используются контрольно-сортировочные автоматы и другие устройства автоматического контроля. Также устройства для осуществления пассивного контроля могут быть неавтоматическими.

Системы автоматического пассивного контроля различаются:

- аппаратными средствами и способами организации контроля; разновидностями и способами контактирования с измеряемыми величинами (прямое контактирование, косвенное, контактирование в рабочей позиции, в измеряемой позиции и т. д.);
- видами датчиков, применяемых для измерения величин (индуктивные, пневматические, фотоэлектрические, тензометрические, оптоэлектронные);
- способами организации измерительной системы и средствами обработки полученной информации (измерение, дискретное, измерение методом сравнения с заданным значением, измерение с преобразованием аналогового сигнала в числовой код и т. д.);
- видами индикаторов и средствами отображения информации измерений (стрелочные индикаторы, цифровые, символьные, сегментные отображения информации на ЭЛТ и т. д.);
- способами хранения и регистрации данных (регистрация на бумажных лентах в виде диаграмм, графиков, регистрация посредством печатающих устройств, регистрация с записью в ЗУ).

2. Активный автоматический контроль. Такой контроль является наиболее прогрессивной формой автоматического контроля (не может быть неавтоматическим), при которой измерение и информация о результатах измерений производится непосредственно в процессе обработки заготовки. Активный контроль дает возможность воздействовать на ход технологического процесса для получения необходимого качества выпускаемой продукции и предотвращение брака. При активном контроле рабочая позиция совмещается с контролем, а по результатам измерений производится подналадка оборудования. Активный контроль позволяет исключить появление брака за счет своевременного введения корректирующих воздействий.

Системы активного контроля, которые представляют собой системы автоматического регулирования (САР), задача их не только измерять необходимые величины, но и поддерживать их заданное значение во время технологического процесса. В настоящее время системы активного контроля организуют в большинстве случаев по принципу адаптивного управления, т. е. управление технологическим процессом ведут совместно с ЧПУ и САК, задача которой на основании сведений, полученных от автоматических устройств, менять программу управления, тем самым восстанавливая отклонившиеся величины.

На рисунке 104 приведена схема системы активного автоматического контроля размеров в процессе обработки.

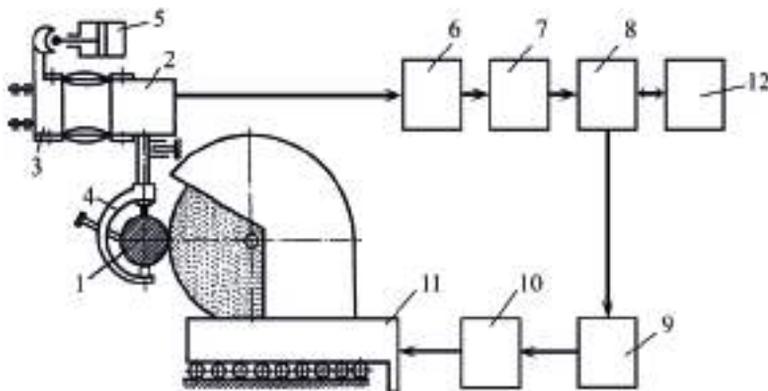


Рис. 104. *Схема системы активного автоматического контроля размеров в процессе обработки*

На схеме рисунка 104 изменяющийся размер обрабатываемой заготовки детали 1 контролируется датчиком 2, закрепленным на подвеске 3. Ввод подвески 3 с датчиком 2, снабженный измерительной скобой 4, в зону обработки осуществляется механизмом 5. Сигнал с датчика 2 поступает в усилитель-преобразователь 6, затем в микроконтроллер 7, где осуществляется процесс обработки цифровой информации от датчика 2. На основании результатов обработки принятых сигналов микроконтроллер осуществляет управление через устройства вывода 8 и усилитель-преобразователь 9 исполнительным механизмом 10. При поступлении команды на прекращение процесса обработки исполнительный механизм 10 отводит шлифовальную бабку 11 от детали 1. Для введения и отображения оперативной информации используется блок связи с оператором 12.

## 7.8 Методы автоматического активного контроля

Все средства активного автоматического контроля, используемые при обработке деталей, по принципу измерения можно разделить на устройства, использующие следующие методы измерения:

- прямые методы;
- косвенные методы;
- комбинированный.

**Прямые методы.** Все устройства, использующие прямой метода контролируют размер или другой параметр изготавливаемой детали, поверхность которой при этом является измерительной базой (см. рисунок 103). При прямом методе измерения, измерительный наконечник находится в контакте с обрабатываемой поверхностью непосредственно, либо контролирует размер (другой параметр) бесконтактным способом. При достижении заданного размера (параметра), контролирующее устройство может автоматически подавать сигнал об окончании обработки или о необходимости изменения режима.

При осуществлении прямых методов также могут контролировать, например, величину выхода инструмента или отдельных его частей из процесса резания.

К устройствам, использующим прямые методы измерений, относятся одно-, двух-, трехконтактные устройства со ступенчатыми калибрами, а также устройства бесконтактного типа, использующие оптические, пневматические, фотоэлектрические и другие принципы измерения. Примеры реализации прямых методов автоматического контроля представлены на рисунках 99–102.

Прямые методы контроля являются более точными по сравнению с косвенными методами.

**Косвенные методы.** При осуществлении косвенных методов, контролирующее устройство не имеет возможности непосредственного контроля размера или другого параметра обрабатываемой поверхности заготовки каким-либо способом.

Окончание обработки при реализации косвенных методов определяется, например, величиной перемещения рабочего органа оборудования, несущего режущий инструмент; по положению поверхности обрабатываемой заготовки относительно базы установки контролирующего устройства; по температуре в зоне резания; по величине потребляемой мощности и др. При этом в измерительную цепь помимо размеров или параметров контролируемой заготовки включаются и размерные параметры оборудования.

Косвенные методы обладают большими погрешностями по сравнению с прямыми, так как их точность в значительной мере влияет на размерные параметры оборудования, тепловые и силовые деформации технологической системы СПИД. Косвенные методы, осуществляемые контактными и бесконтактными способами созданы в качестве альтернативы более сложно реализуемым методам прямого непосредственного контроля.

При осуществлении косвенных методов используются многие принципы измерения, позволяющие получать периодическую или непрерывную информацию в процессе обработки о текущих параметрах обработки (температуры силы резания), параметров электропривода, электрических характеристик зоны контакта инструмента с заготовкой, величинах перемещений рабочего органа оборудования и др.

**Комбинированные методы.** Этот метод дает наиболее надежные результаты контроля, так как позволяют свести к минимуму ошибки, связанные с особенностями процесса обработки, жесткостью технологической системы, неравномерностью износа режущего инструмента и др., так как контролируются как непосредственно размеры обрабатываемой заготовки и, например, размерные параметры оборудования.

## 7.9 Способы активного автоматического контроля

Автоматический контроль может осуществляться контактными и бесконтактными способами. При реализации **бесконтактных способов** используются следующие контролирующие устройства:

1. Оптические.
2. Пневматические.
3. Лазерные.
4. Электрические.
5. Фотозлектрические и другие.

Бесконтактные системы сводят к минимуму износ измерительных устройств.

На рисунке 105 приведены схемы автоматического контроля с оптическими чувствительными элементами (ЧЭ) бесконтактного способа.

На схемах рисунка 105 в качестве оптических ЧЭ используют пары светоизлучатель–светоприемник, которые обеспечивают возможность осуществления бесконечного метода измерения, основанного на поглощении, лучепреломлении и лучеотражении.

Луч света от источника 1, пройдя оптическую систему 2, направляется на диафрагму 3 и через нее на светоприемник 4. При этом сигнал светоприемника определяется падающим на него световым потоком, который в свою очередь зависит от размера отверстия диафрагмы.

Во второй схеме измерения (б) световой луч отражается от объекта измерения и в зависимости от отражательных свойств объекта изменяется сигнал, получаемый от светоприемника.

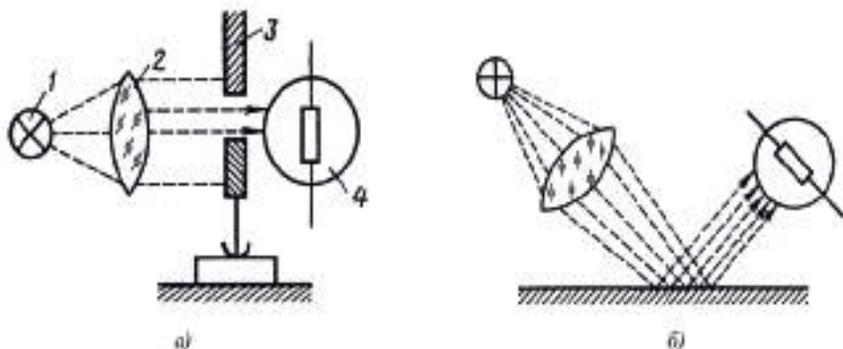


Рис. 105. Схемы оптических ЧЭ, работающих на просвет (а) и на отражение (б)

**Контактные способы** реализованы шире, чем бесконтактные. Для автоматического контроля, особенно активного, могут быть использованы приборы с рычажными и безрычажными механизмами. Безрычажные используются чаще.

По способу контроля, безрычажные механизмы подразделяются:

- одноконтактные (а);
- двухконтактные (б);
- трехконтактные (в).

1. Одноконтактные безрычажные устройства предназначены для контроля, например, диаметральных размеров, либо плоскостности на заключительных операциях.

На рисунке 106 приведена схема автоматического контроля с одноконтактным безрычажным устройством.

Согласно схеме автоматического контроля с одноконтактным безрычажным устройством для контроля внутреннего диаметра, приведённой на рисунке 104, по мере увеличения диаметра отверстия наконечник перемещается по направлению стрелки и замыкает контакт датчика. В результате или подается сигнал, или останавливается станок. Достоинством схемы является ее простота, недостатком - погрешность измерения при смещении детали в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Одноконтактные устройства базируются на станке, а связь с контролируемой заготовкой обеспечивается только в одной точке (см. рисунок 106). В связи с этим любое изменение положения детали по отношению к станку или базе, например, отжатие заготовки силой ре-

зания, смещение в каком-либо направлении непосредственно сказывается на результатах измерений. Искажение результатов максимально, если измерительный наконечник располагается в плоскости действия силы, отжимающей заготовку.

2. Двухконтактные безрычажные устройства базируются на станке и на детали. Связь с деталью обеспечивается опорным и измерительным наконечниками. Такие устройства не имеют погрешности, даже в случаях изменения положения детали. При колебаниях детали в вертикальном направлении, контрольно-измерительное устройство как бы следует и фиксирует необходимый параметр достаточно точно. Снижение точности измерений в может происходить из-за отжатия детали. Смешанная схема базирования двухконтактных устройств на станке и на детали позволяет использовать для контроля отверстий. Наиболее распространены для автоматизации контрольных операций двухконтактные устройства, так как они более удобные для ввода и подвода.

На рисунке 107 приведена схема двухконтактного безрычажного устройства автоматического контроля отверстий.

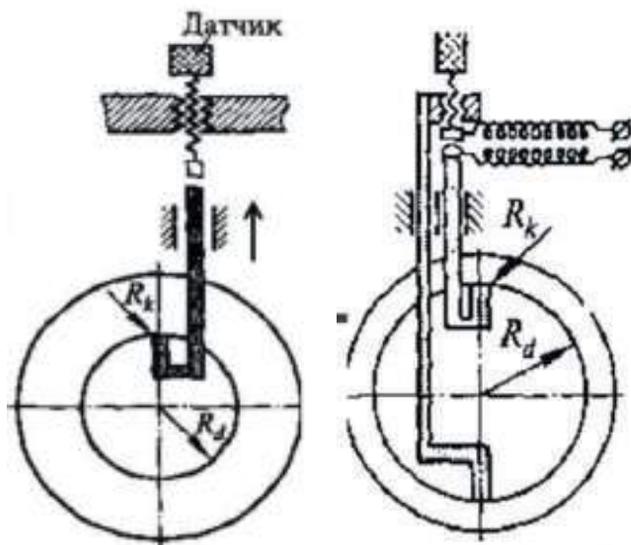


Рис. 106. Схема автоматического контроля с одноконтактным безрычажным устройством для контроля внутреннего диаметра.

Рис. 107. Схема двухконтактного безрычажного устройства автоматического контроля отверстий

На рисунке 108 представлен прибор автоматического контроля с двухконтактной скобой.

На рисунке 109 представлена схема автоматического контроля двухконтактным безрычажным устройством с двухконтактной скобой, осуществляющей контроль диаметра вала в процессе шлифования.

Корпус датчика 1 (см. рисунок 109) подвешен на широкой плоской пружине 2 к планке 3, имеющей установочное вертикальное перемещение в пазу колодки 4, посаженной на штоке 5 поршня гидроцилиндра 6. При подаче масла в левую полость цилиндра поршень подводит к детали измерительный датчик.

Обратный отвод датчика осуществляется пружиной 7. Подвеска корпуса датчика эластичная, поэтому неподвижная измерительная губка 8 находится в надежном контакте с заготовкой независимо от вибраций и деформаций заготовки в процессе ее обработки. Для ограничения прогиба пружины, несущей измерительный датчик, служит упорный винт 9. Поворотная измерительная губка 10 подвешена на корпусе датчика на плоской пружине 11 и поджимается к заготовке пружинкой 12. В процессе обработки губка 10 перемещается вслед за изменением размера и передает результат измерения с помощью регулировочного

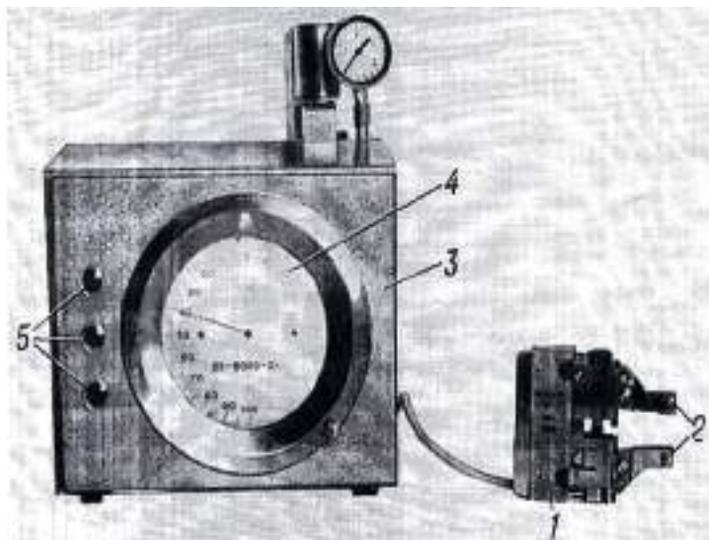


Рис. 108. Прибор автоматического контроля с двухконтактной скобой:

1 – скоба; 2 – измерительный наконечник; 3 – отсчётно командное устройство; 4 – шкала отсчётного устройства; 5 – сигнальные лампы указания режимов работы

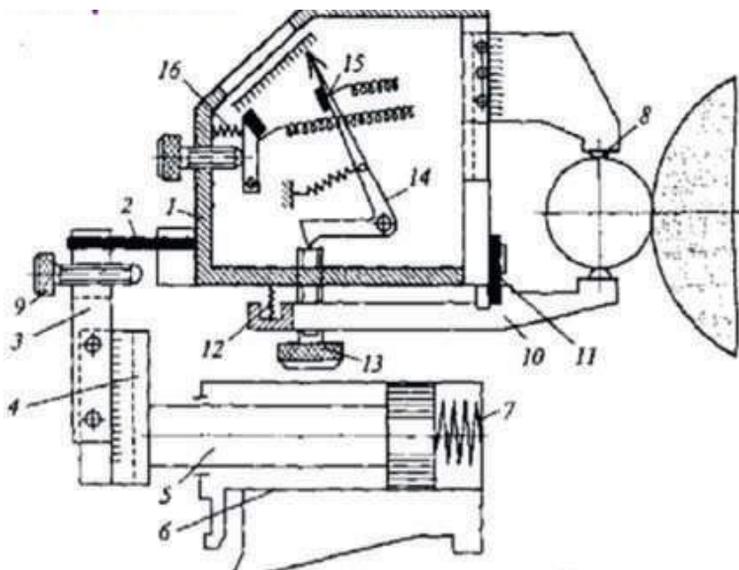


Рис. 109. Схема автоматического контроля диаметра вала в процессе шлифования безрычажным устройством с двухконтактной скобой

винта 13 и рычага-указателя 14. Указатель снабжен электроконтактом 15, замыкающим по достижении заданного размера контакт 16 и выключающим станок.

На рисунке 110 представлена схема автоматического контроля конусности вала устройством с двухконтактной скобой.

При контроле конусности задача обычно сводится к определению разности диаметров в двух точках. Изделие устанавливается в скобу 2 (см. рисунок 110), закрепленную шарнирно в корпусе 1.

К детали в двух точках прижато измерительное коромысло 3, вертикальный рычаг которого оказывает давление на контактный рычаг 5, вращающийся вокруг оси 4. При повороте рычага его контакты касаются контактных винтов 6 или сопло. При контроле детали цилиндрической формы контактный рычаг становится в нейтральное положение и оба контакта разомкнуты, а при наличии конусности рычаг поворачивается и замыкает цепь.

Разность диаметров контролируемых деталей компенсируется поворотом скобы 2 вокруг оси 8.

Двухконтактные безрычажные устройства практически не имеют погрешностей.

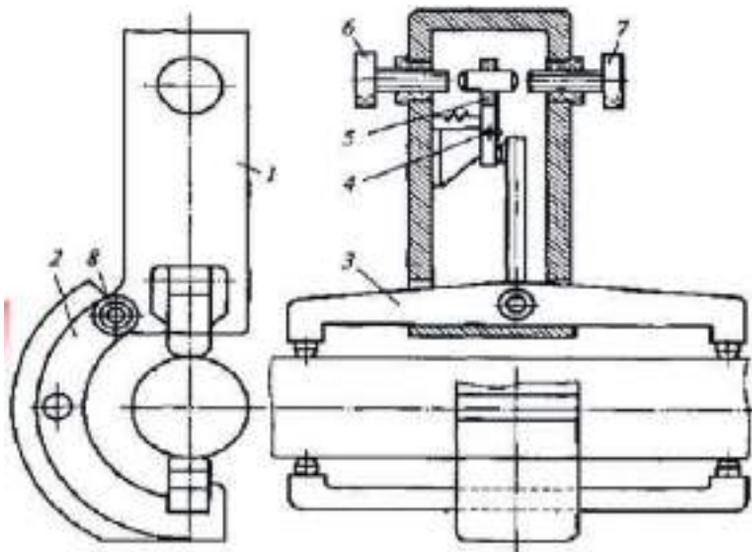


Рис. 110. Схема автоматического контроля конусности вала устройством с двухконтактной скобой

3. Трехконтактные безрычажные устройства базируются на заготовке или детали и обеспечивают связь между двумя опорными и одним первичным наконечником. Такие устройства удерживаются на детали при помощи пружин, либо прижимаются другим способом так, чтобы в процессе резания следовать за деталью. Часто имеют ввиду колесообразные скобы. Точки контакта в таких устройствах не меняются. Их точность не выше двухконтактных устройств.

На рисунке 111 представлен пример устройства автоматического контроля с трёхконтактной скобой.

На рисунке 112 представлены примеры трёхконтактных устройств автоматического контроля.

Погрешность измерений при использовании устройств, представленных на рисунке 112, возникает в случае, если деталь будет перемещаться относительно точек контакта А и В (см. рисунок 112, а). Для того чтобы этого не произошло, нижнюю контактную вставку располагают в точке В, смещенной относительно вертикальной оси на угол  $\alpha = (5 \dots 10)^\circ$ .

На рисунке 113 приведена конструкция трёхконтактного устройств автоматического контроля.

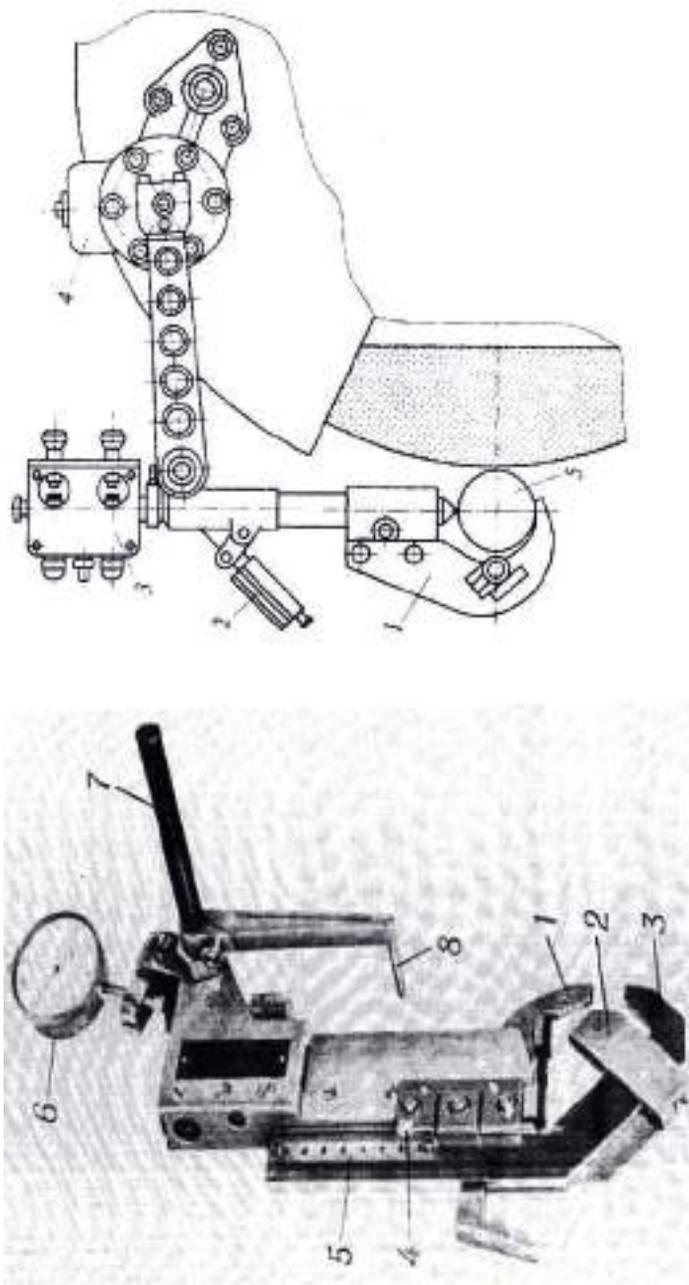


Рис. 111. Схема автоматического контроля вала устройством автоматического контроля с трёхконтактной скобой: 1, 3 – регулируемые контакты; 2 – контролируемая заготовка; 4 – указатель; 5 – шкала для предварительной настройки на размер; 6 – индикатор; 7 – кронштейн; 8 – ограничитель

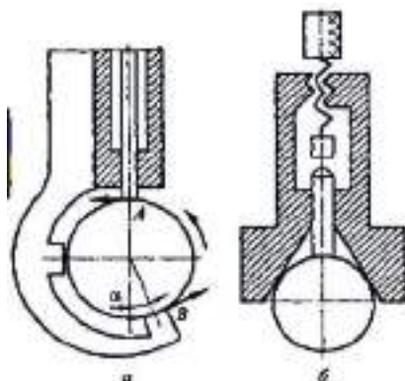


Рис. 112. Схемы трёхконтактных устройств: а – обычная скоба; б – седлообразная скоба

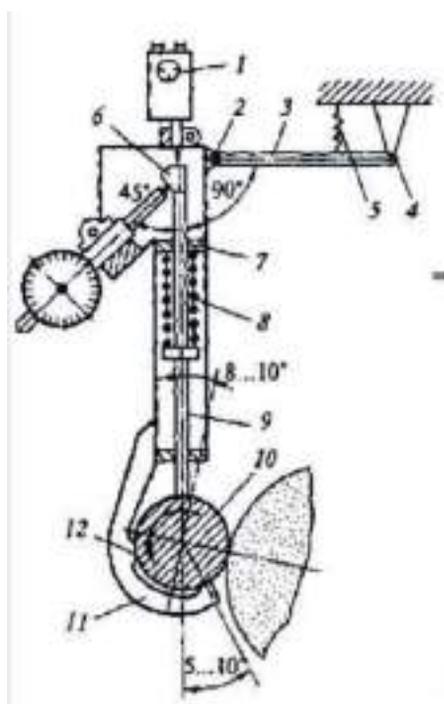


Рис. 113. Конструкция трёхконтактного устройства автоматического контроля

Как видно из конструкции автоматического трёхконтактного устройства, приведённого на рисунке 113, возникает в случае, если боковой 12 и нижний 11 наконечники трёхконтактной скобы являются Боковой 12 и нижний 11 наконечники скобы являются опорными, третьим наконечником служит нижний конец измерительного штока 9. Он прижимается к поверхности контролируемой заготовки 10 пружинной 8. При снятии припуска с заготовки 10 её диаметр уменьшается, и шток 9 перемещается в направляющих 7 вниз, нажимая скосом 6 на ножку индикатора, закрепленного в корпусе скобы. По показаниям индикатора можно проследить за изменением размера вала в процессе обработки. По достижении деталию заданного размера шток нажимает на конечный переключатель, датчик 1 подает сигнал на выключение подачи и отвод стола. Для удобства отсчета индикатор установлен по отношению к оси измерительного штока под углом  $45^\circ$ , а вся скоба при настройке наклоняется вперед на  $8...10^\circ$ . Скоба подвешивается к станку (обычно к кожуху шлифовального круга) с помощью планки 3 на шарнирах 2 и 4. Пружина 5, связанная с планкой 3, служит для прижима опорных наконечников 11 и 12 к изготавливаемой детали. Достоинство трехконтактных устройств заключается в том, что измерение производится не по радиусу, как в одноконтактных устройствах, а по диаметру.

## **7.10 Классификация устройств активного автоматического контроля по функциональному назначению**

По функциональному назначению устройства подразделяются на следующие подгруппы:

1. Устройства, осуществляющие контроль в процессе обработки. Такие устройства осуществляют контроль за текущим и значениями параметров обработки поверхности заготовки контактным либо бесконтактным способом. По достижению заданного параметра контролирующее устройство может подавать сигнал о необходимости прекращения обработки или изменения режимов. Также дает возможность визуального наблюдения за изменением текущего параметра.

2. Блокирующие устройства (блокираторы) – простейшая форма автоматического контроля. При достижении заданного параметра обработки прекращают процесс и останавливают оборудование. Блокираторы получили наибольшее распространение в условиях крупносерийного и массового производства на автоматических линиях.

3. Автоподладчики (подладчики) – устройства, которые по результатам выполненных контрольных операций могут изменять наладку оборудования с целью выпуска изделий с заданными параметрами. Подладчики, используя цепи обратной связи, могут изменять настройку оборудования и параметров в случае выхода за установленные пределы контролируемого параметра. Обычно подладку осуществляют по результатам контроля после завершения обработки группы заготовок. Подладка по сравнению с контролем является менее точной, так как позволяет компенсировать только функциональные погрешности, а контроль позволяет компенсировать случайные погрешности, возникающие в процессе обработки.

4. Устройства, осуществляющие контроль и подладку. Данные устройства позволяют по результатам контроля без остановки оборудования и прерывания операции осуществлять подладку оборудования за счет использования цепей обратной связи.

5. Устройства выходного контроля. В зависимости от выполняемых функций, данная группа устройств делится на 2 подгруппы:

а) устройства для контроля параметров заготовки непосредственно в первоначальный момент обработки. Производственная стабилизация сил резания изменяют режим обработки с целью обеспечения качества. Такие устройства позволяют определить действительные значения припусков физико-мех свойств поверхности и др. параметры; и на основе контроля вносить соответствующие изменения в настройку режима работы оборудования для достижения заданной точности качества поверхности; б) устройства для контроля положения инструмента, то есть для фиксации момента касания инструмента до обрабатываемой заготовки.

## 7.11 Контрольно-блокировочные устройства

В АЛ, где одновременно работает большое число режущих инструментов (особенно в агрегатных станках), одной из важнейших проблем является контроль их целостности. Контрольно-блокировочное устройство автомата для проверки целостности осевого инструмента (сверл, метчиков, зенкеров, разверток) показана на рисунке 114.

Согласно конструкции контрольно-блокировочного устройства автомата для проверки целостности осевого инструмента, приведённой на рисунке 114, шуп 3, находящийся во втулке 4 корпуса 9, под действием пружины 5 прижимается к инструменту 2 после выхода его из обработанного отверстия заготовки 1. При поломке инструмента шуп перемещается вниз, в результате чего угловой рычаг 6 воздействует

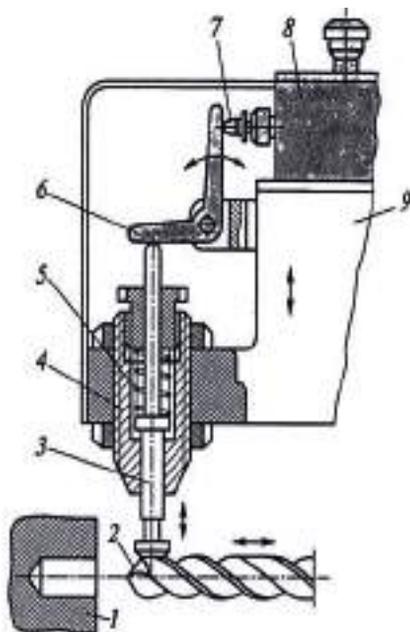


Рис. 114. Контрольно-блокировочное устройство автомата для проверки целостности осевого инструмента: 1 – заготовка; 2 – сверло; 3 – щуп; 4 – втулка; 5 – пружина; 6 – рычаг; 7 – измерительный стержень; 8 – электроконтактный преобразователь; 9 – корпус

на измерительный стержень 7 электроконтактного преобразователя 8, происходит срабатывание последнего и подается команда на остановку станка. Подвод устройства к инструменту и отвод после контроля осуществляется специальным механизмом станка-автомата. Этот способ широко используется в случае, когда велика опасность поломки инструмента, а также при контроле отверстий, обрабатываемых за несколько переходов (сверление, нарезание резьбы), так как несвоевременное обнаружение поломки первого инструмента повлечет за собой поломку всех последующих.

Контрольные устройства обычно размещают непосредственно за позицией, на которой работают проверяемые инструменты. При использовании контрольных устройств с щупами целостность осевого инструмента можно проверять способом косвенного автоматического контроля – проверкой наличия и глубины обработанных им отверстий.

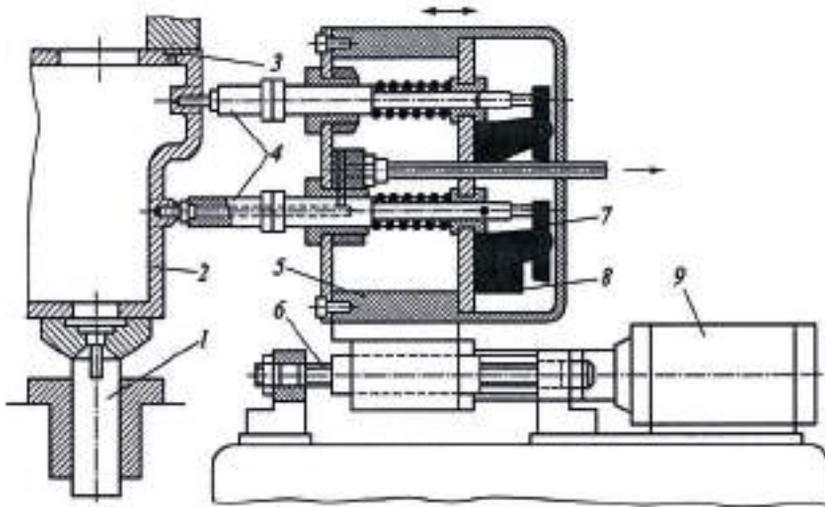


Рис. 115. Устройство автоматического контроля наличия отверстий:  
 1 – подъемник; 2 – заготовка; 3 – фиксатор; 4 – штифты; 5 – измерительная  
 головка; 6 – направляющие; 7 – рычаг; 8 – конечный выключатель;  
 9 – гидроцилиндр

Устройство, реализующее такой способ контроля инструмента, показано на рисунке 115.

Согласно конструкции устройства автоматического контроля наличия отверстий подпружиненные, приведённой на рисунке 115, штифты 4, контролирующие глубину отверстий, располагаются в головке 5, которая перемещается гидроцилиндром 9 по двум направляющим 6. Конвейером АЛ заготовка 2 подается на измерительную позицию, после чего посредством подъемника 1 перемещается вверх и устанавливается по фиксаторам 3. Головка 5 сближается с заготовкой, и любой из штифтов 4, встречая на своем пути препятствие, связанное с недостаточной глубиной отверстия, останавливается, а головка продолжает двигаться. В результате под действием рычага 7 срабатывает конечный выключатель 8 и подается команда на остановку станка. При использовании контрольно-блокировочных устройств необходимо, чтобы заготовка поступала на контрольную позицию с очищенными от стружки отверстиями.

На участках АЛ, где стоят внутришлифовальные станки, осуществляется входной контроль величины припуска в отверстиях. Такое блокировочное устройство схематично показано на рисунке 116.

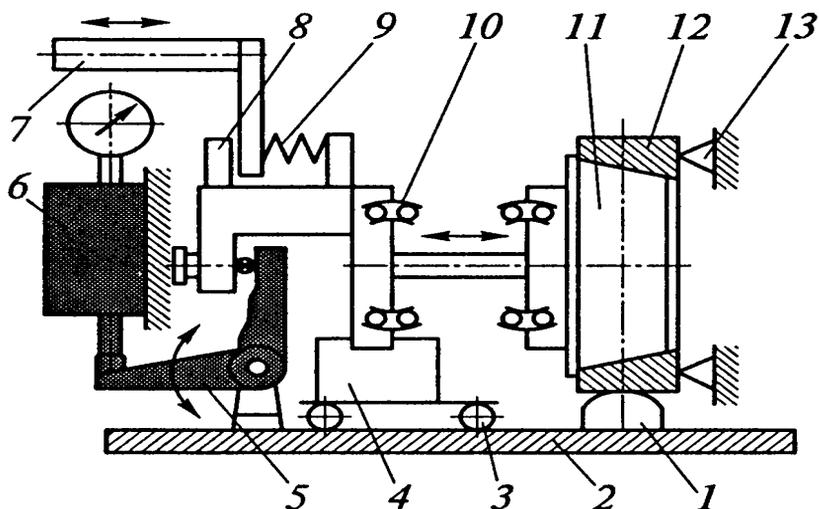


Рис. 116. Блокировочное устройство для контроля величины припуска в отверстии: 1 – призма; 2 – плита; 3 – направляющая; 4 – каретка; 5 – рычаг; 6 – электроконтактный преобразователь; 7 – толкатель; 8 – упор; 9 – пружина; 10 – шарнир; 11 – калибр-пробка; 12 – заготовка; 13 – опора

На плите 2 (см. рисунок 116) по шариковым направляющим 3 перемещается каретка 4 с конической калибр-пробкой 77, подвешенной на пружинном шарнире 10. Подвод каретки к проверяемой детали осуществляется толкателем 7 привода через пружину Р, а отвод – упором 8 каретки. Глубина вхождения пробки в отверстие заготовки 12 фиксируется электроконтактным преобразователем 6 через угловой рычаг 5. При контроле каждая заготовка автоматически подается в устройство и устанавливается на призме 7 с базированием по торцу на трех опорах 13. Предельная погрешность измерения калибр-пробкой составляет  $\pm 0,1$  мм. В случае завышенного припуска заготовка на обработку не пропускаяется.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении, Рязанов С.И., Псигин Ю.В., Веткасов Н.И., 2018. – Текст: непосредственный.
2. Автоматизация технологических процессов: учебное пособие / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур, Д.П. Харченко, А.П. Волошин, 2016. – Текст: непосредственный.
3. Бакунина, Т.А. Основы автоматизации производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Т.А. Бакунина. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия. 2019 г. – 192 с. ISBN: 9785972903733. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=346055> (дата обращения: 19.05.2023).
4. Богоявленский, А.В. Транспортные и загрузочные устройства автоматизированного производства : учебное пособие / А.В. Богоявленский, И.М. Храмов ; под общей редакцией А.В. Богоявленского ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2020. – 172 с. – ISBN 978-5-7996-3144-4. – Текст: электронный. – URL: <http://hdl.handle.net/10995/94363> (дата обращения: 29.08.2023).
5. Вереина, Л.И. Технологическое оборудование машиностроительных заводов : учебник / Вереина Л.И., Краснов М.М. – Москва : Инфра-Инженерия, 2022. – 332 с. – Текст: непосредственный.
6. Евгеньев, Г.Б. Основы автоматизации технологических процессов и производств. Методы проектирования и управления: учебное пособие / Г.Б. Евгеньев, С.С. Гаврюши, Е.Н. Хоботов. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 480 с. – Текст: непосредственный.
7. Захахатнов, В.Г. Технические средства автоматизации / В.Г. Захахатнов, В.А. Афонькина, В.М. Попов. – Лань, 2021. – 143 с. – Текст: непосредственный.
8. Зубарев, Ю.М. Технология автоматизированного производства : учебник для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приёмывшев. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. 216 с. – ISBN 978-5-507-46188-2. – Текст : электронный. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/327350?demoKey=e191e040a307b94f8451391cfaa5df20#2> (дата обращения: 12.08.2023).
9. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / А.А. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Инфра-М, 2023. – 223 с. – (Высшее образование – Бакалавриат). – ISBN 978-5-

00091-521-9. – Текст : электронный. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/133158.html> (дата обращения: 5.09.2023).

10. Ким, К.К. Средства электрических измерений и их поверка: учебное пособие / К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, А.И. Чураков. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 316 с. – Текст: непосредственный.

11. Козырев, Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник : справочное издание / Ю.Г. Козырев – Москва: КНОРУС, 2022. – 156 с. – ISBN 978-5-406-09348-1. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://book.ru/book/943040> (дата обращения: 19.05.2023).

12. Молдабаева, М.Н. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / М.Н. Молдабаева – Москва : Инфра-Инженерия, 2022. – 224 с. – ISBN 978-5-9729-0330-6. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: [https://www.labyrinth.ru/books/687452/?p=2155&admitad\\_uid=03a76791dbafc71a92450a6d4aa1cc8f&publisher\\_id=283377](https://www.labyrinth.ru/books/687452/?p=2155&admitad_uid=03a76791dbafc71a92450a6d4aa1cc8f&publisher_id=283377) (дата обращения: 16.10.2023).

13. Олещук, В.А. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / В.А. Олещук. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 152 с. – ISBN 978-5-9729-1315-2. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/133158.html> (дата обращения: 22.09.2023).

14. Рачков, М.Ю. Автоматизация производства : учебник / М.Ю. Рачков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2023. – 182 с. – ISBN 978-5-534-12973-1. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/517704> (дата обращения: 16.10.2023).

15. Рязанов, С.И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Робототехника, робототехнические комплексы. Практикум : учебное пособие / С.И. Рязанов, Ю.В. Псигин. – Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 156 с. – ISBN 978-5-9729-1351-0. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/132915.html> (дата обращения: 19.09.2023).

16. Старостин, А.А. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие для СПО / А.А. Старостин, А.В. Лаптева ; под редакцией Ю.Н. Чеснокова. – 2-е изд. – Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. – 168 с. – ISBN 978-5-4488-0503-5, 978-5-7996-2842-0. – Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды : [сайт]. – URL: <https://profspo.ru/books/87882> (дата обращения: 16.09.2023).

17. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств : учебник / Схиртладзе А.Г., Федотов А.В., Хомченко В.Г. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2019. – 459 с. – ISBN 978-5-4486-0574-1. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/83341.html> (дата обращения: 7.05.2023).

18. Чепчуров, М.С. Автоматизация производственных процессов : учебное пособие / М.С. Чепчуров, Б.С. Четвериков. – Москва: Инфра-М. Серия : Высшее образование. Бакалавриат. 2023. – 274 с. – ISBN 978-5-16-014256-2. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/133158.html> (дата обращения: 22.09.2023).

19. Чумаченко, С.В. Автоматизация технологических процессов / С.В. Чумаченко. – Костанай: КГУ им. А. Байтурсынова, 2021. – 135 с. – Текст: непосредственный.

20. Чупина, Л.А. Менеджмент и автоматизация производства: учебное пособие / Л.А. Чупина, И.В. Яковец, И.А. Куртев, М.И. Влас. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2010. – 124 с. – Текст: непосредственный.

21. Щагин, А.В. Основы автоматизации технологических процессов: учебное пособие / А.В. Щагин, В.И. Демкин, В.Ю. Кононов, А. Кабанова. – Москва: Юрайт, 2016. – 164 с. – Текст: непосредственный.

22. Щагин, А.В. Основы автоматизации технологических процессов: учебное пособие / А.В. Щагин, В.И. Демкин, В.Ю. Кононов, А. Кабанова. – Москва: Юрайт, 2017. – 164 с. – Текст: непосредственный.

Учебное издание

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Учебное пособие

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка *А.А. Маркуца*

ИЛ № 06150. Сер. АЮ от 21.02.02.

Подписано в печать 13.12.23.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 12,75. Заказ № \_\_\_\_\_. Электронное издание

Подготовлено в Изд-ве Приднестр. ун-та. 3300, г. Тирасполь, ул. Мира, 18.