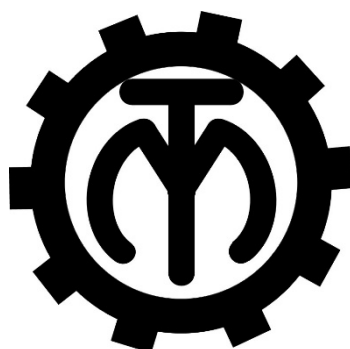


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

*Методические рекомендации
к управляемой самостоятельной работе
для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация
технологических процессов и производств (по направлениям)»
очной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 658.52.011.56
ББК 32.965
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «31» октября 2023 г.,
протокол № 3

Составитель канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Изложены методические рекомендации к управляемой самостоятельной
работе по дисциплине «Технология автоматизированного изготовления деталей
и узлов».

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Введение	4
1 Требования к выполнению управляемой самостоятельной работы.....	5
2 Лекция 15. Особенности обработки деталей на токарных автоматах и полуавтоматах.....	5
3 Лекция 24. Автоматические сборочные машины.....	25
4 Практическая работа № 9. Проектирование ТП обработки валов в условиях массового производства.....	41
Список литературы.....	46

Введение

Управляемая самостоятельная работа (УСР) выполняется под методическим руководством преподавателя. По мере выполнения УСР у студента происходит обобщение, систематизация теоретического материала, закрепление практических навыков.

Целью учебной дисциплины является обучение студентов разработке технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов машин в условиях автоматизированного производства.

Задачами учебной дисциплины являются:

1) приобретение студентами академической компетенции, основу которой составляет способность к самостоятельному поиску учебно-информационных ресурсов, овладению методами приобретения и осмысления современных знаний и представлений о:

- технологических процессах механической обработки;
- современном металлорежущем оборудовании;
- современном режущем инструменте;

2) формирование социально-личностной и профессиональной компетенции, основа которой заключается в знании, понимании и применении сущности построения технологических процессов, операций.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся

познает:

- методы обработки различных поверхностей деталей машин;
- особенности проектирования технологических процессов обработки на автоматических линиях, станках и станочных комплексах с ЧПУ;
- принципы адаптивного управления процессом формообразования;
- автоматический контроль точности обработки и сборки;

научится:

- разрабатывать новые и совершенствовать действующие технологические процессы обработки деталей и сборки машин;
- применять на практике современные системы автоматизации проектирования технологических процессов приспособлений и режущих инструментов;
- выполнять постановку задачи для модификации действующих и создания новых САПР, разрабатывать мероприятия по их совершенствованию;

овладеет:

- особенностями проектирования технологических процессов обработки на автоматических линиях, станках и станочных комплексах с ЧПУ;
- принципами адаптивного управления процессом формообразования;
- методами автоматического контроля точности обработки и сборки.

1 Требования к выполнению управляемой самостоятельной работы

Выполнение УСР по лекционному курсу включает следующие этапы работы.

1 Самостоятельно ознакомиться с лекционным материалом по темам УСР (таблица 1.1).

2 Изучить дополнительную литературу, подготовиться к ответам на контрольные вопросы в рамках тестирования.

3 Пройти тестирование по курсу лекций по темам УСР в соответствии с календарным графиком.

Выполнение УСР по практическому курсу включает следующие этапы работы.

1 Выполнить практическую работу.

2 Представить отчет по практической работе для защиты.

Таблица 1.1 – Содержание управляемой самостоятельной работы

Номер недели	Лекция, практическая работа (наименование тем)	Срок исполнения	Форма контрольного мероприятия
Модуль 1			
1–8	Лекция 15. Особенности обработки на токарных полуавтоматах	8 учебная неделя	Контрольное тестирование
1–8	Практическая работа № 9. Проектирование ТП обработки валов в условиях массового производства	8 учебная неделя	Защита отчета по практической работе
Модуль 2			
9–17	Лекция 24. Автоматические сборочные машины	17 учебная неделя	Контрольное тестирование

2 Лекция 15. Особенности обработки деталей на токарных автоматах и полуавтоматах

2.1 Классификация токарных автоматизированных станков

Токарные автоматы и полуавтоматы принято классифицировать следующим образом:

– в зависимости от положения шпинделя (шпинделей) – горизонтальные и вертикальные;

– в зависимости от количества шпинделей – одно- и многошпиндельные;

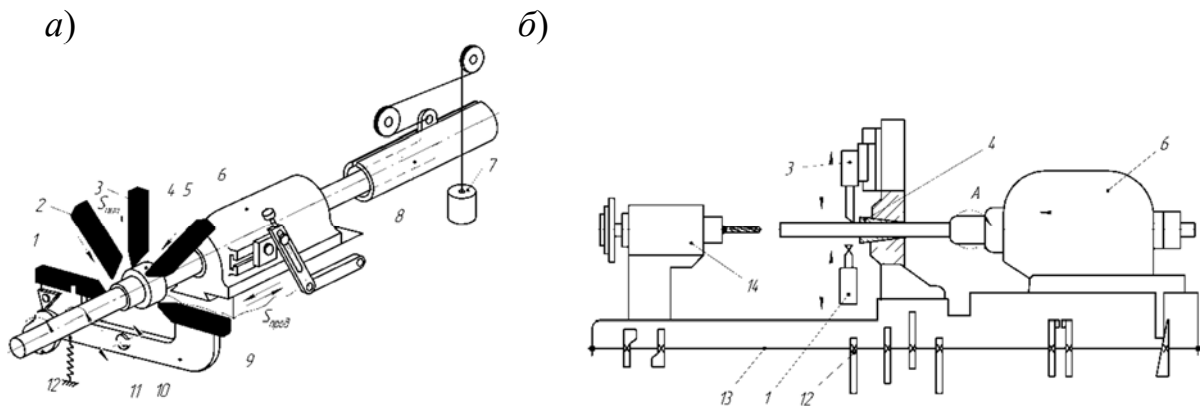
– в зависимости от технологического назначения – центровые, патронные, револьверные и т. д.

2.2 Принцип работы автоматов продольного точения

Одношпиндельные автоматы продольного точения (рисунок 2.1) применяются при крупносерийном и массовом производстве деталей из холоднотянутых калиброванных прутков диаметром 3...25 мм. Автоматы предназначены для обработки методом продольного точения заготовок с большим отношением длины к диаметру.

Отличительной особенностью автоматов продольного точения (см. рисунок 2.1, *а, б*) является то, что пруток в них, кроме вращательного движения, имеет вместе со шпиндельной бабкой *б* продольное поступательное перемещение $s_{прод}$. Все суппорты автомата, которых может быть четыре или пять, расположены веерообразно вокруг обрабатываемого прутка. Они имеют только поперечное перемещение $s_{поп}$. При одновременном согласованном перемещении шпиндельной бабки с прутком и поперечных суппортов на этих автоматах можно без применения фасонных резцов обрабатывать конические и фасонные поверхности.

Вертикальные суппорты *2, 3* и *5* расположены на специальной стойке, имеют прямолинейное перемещение и управляются от самостоятельных кулачков распределительного вала *13*. Два горизонтальных суппорта *1* и *9* расположены на балансирах *10*, имеют качательное движение вокруг оси *11* и управляются оба от одного кулачка *12*.



1, 9 – горизонтальные суппорты; *2, 3, 5* – вертикальные суппорты; *4* – люнет; *б* – шпиндельная бабка; *7* – груз; *8* – толкатель; *10* – балансир; *11* – ось; *12* – кулачок; *13* – распределительный вал; *14* – бабка

Рисунок 2.1 – Конструктивные особенности (*а*) и схема работы автомата продольного точения (*б*)

В стойке, на которой расположены вертикальные суппорты, установлен неподвижный люнет *4*, являющийся дополнительной передней опорой для прутка. Все суппорты с резцами располагаются в непосредственной близости от люнета, в результате чего плечо, на котором действует сила резания, получается коротким. Сила резания здесь воспринимается в основном люнетом, а прогиб прутка от нее из-за малого плеча получается незначительным.

Благодаря этому на автоматах продольного точения можно обрабатывать с высокой точностью достаточно длинные заготовки, имеющие небольшой диаметр.

С правого конца прутков постоянно поджимается толкателем 8 под действием груза 7 для удержания его в переднем положении при отходе шпиндельной бабки назад.

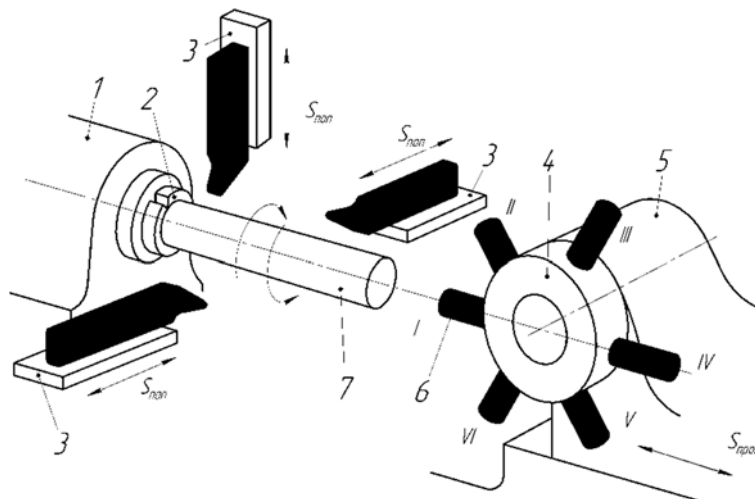
Шпиндель в автоматах продольного точения всегда вращается в одну сторону и имеет левое вращение по стрелке *A* (см. рисунок 2.1, б). Поэтому нарезание правой резьбы на них производится методом обгона. На таких станках возможна обработка осевым инструментом, устанавливаемым в бабку 14, которая управляется также с помощью кулачков от распределительного вала 13.

2.3 Особенности обработки деталей на токарно-револьверных станках

Одношпиндельные токарно-револьверные автоматы предназначены для токарной обработки деталей из пруткового материала различных сечений (круглого, шестигранного, квадратного и др.).

В отличие от автоматов продольного точения шпиндельная бабка 1 токарно-револьверного автомата установлена на станине жестко и продольного перемещения не имеет (рисунок 2.2).

Кроме поперечных суппортов 3, токарно-револьверный автомат имеет продольный револьверный суппорт 5, на котором установлена поворотная многопозиционная револьверная головка 4 с инструментами для обработки с продольной подачей. В одной позиции револьверной головки устанавливается специальный упор 6, ограничивающий величину подачи прутка 7.



1 – шпиндельная бабка; 2 – цанга; 3 – поперечные суппорты; 4 – револьверная головка; 5 – продольный револьверный суппорт; 6 – упор; 7 – пруток

Рисунок 2.2 – Схема работы токарно-револьверного автомата

Все движения режущие инструменты получают от кулачков, установленных на распределительном валу автомата, через систему рычагов.

Наличие в токарно-револьверных автоматах трех (а в некоторых и четырех) поперечных суппортов и продольного револьверного суппорта значительно расширяет их технологические возможности, по сравнению с автоматами продольного точения, и позволяет обрабатывать на них достаточно сложные детали с применением большого числа разнообразных режущих инструментов (рисунок 2.3). Применение специальных приспособлений еще больше расширяет их технологические возможности.

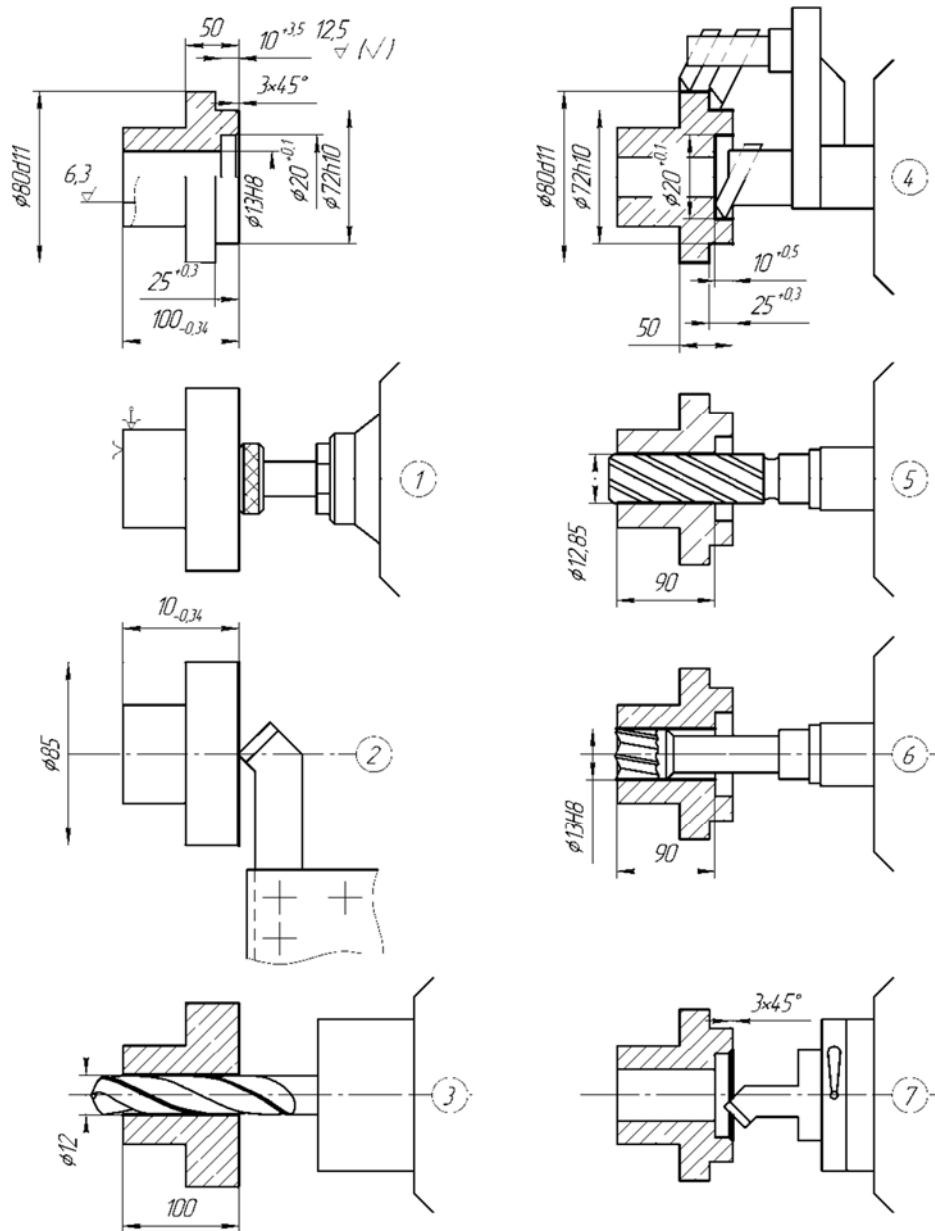


Рисунок 2.3 – Пример наладки токарно-револьверного станка с вертикальной осью револьверной головки

Большинство рабочих переходов выполняется при более быстром левом вращении шпинделя, а такие переходы, как нарезание резьбы, развертывание и некоторые другие, – при более медленном правом вращении шпинделя. Переключение направлений вращения шпинделя производится автоматически.

Недостатком токарно-револьверных автоматов является необходимость подавать прутки сразу на всю длину обрабатываемой заготовки. При большом вылете прутка из шпинделя он будет прогибаться под действием силы резания, что будет приводить к снижению точности обработки.

На токарно-револьверных станках обрабатывают разнообразные детали из пруткового материала или из отдельных заготовок (валики, втулки, арматуру, шкивы, маховички, корпусные детали и т. п.); обтачивают и растачивают цилиндрические, конические, шаровые и профильные поверхности; подрезают торцы; вытачивают канавки; нарезают и накатывают резьбы, рифления и т. п. Благодаря совмещению в одной операции нескольких переходов и применению многоинструментных наладок в серийном производстве на токарно-револьверных станках осуществляют разнообразную многопереходную обработку деталей вместо отдельного исполнения тех же переходов на токарных, сверлильных и других станках.

Различают токарно-револьверные станки с вертикальной и горизонтальной осью вращения револьверной головки (таблица 2.1), при повороте которой происходит автоматическая смена режимов резания.

Таблица 2.1 – Классификация и технологические возможности токарно-револьверных станков

Ось револьверной головки	Схема работы станка	Квалитет точности при черновой и чистовой обработках	Параметр шероховатости при черновой и чистовой обработках, мкм	
			Rz	Ra
Горизонтальная		9...10 7...8	20 10	2,5 0,63
Вертикальная		10...11 8...9	10...40 10	10...2,5 2,5
Наклонная		9...10 7...8	20 10	2,5 0,63

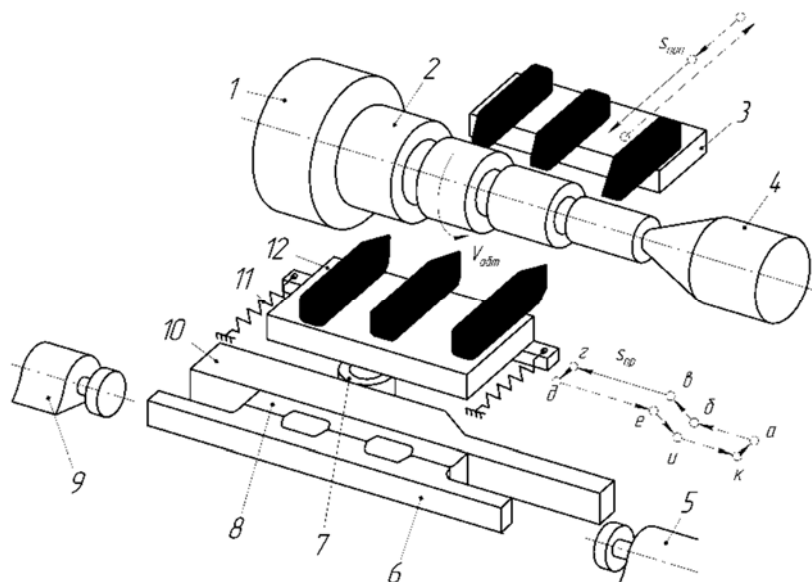
Перемещение головки ограничивают регулируемые упоры, выключающие подачу. На станках первого типа револьверная головка, обычно с шестью

гнездами для закрепления инструментов, совершает продольное поступательно-возвратное движение, а поперечный суппорт с передней четырехрезцовой головкой и задней державкой может перемещаться в продольном и поперечном направлениях. На станках второго типа револьверная головка с 12–16 гнездами для инструментов также имеет продольное возвратно-поступательное движение и в результате вращения вокруг оси – поперечное. При наличии копира совмещение этих двух движений допускает обработку конусов и профилей. Станки обоих типов оснащают также накидным устройством для нарезания резьбы резцом, гребенкой или резьбонарезной головкой с подачей на шаг сменными копирами. В определенных случаях используются станки с наклонной осью револьверной головки.

2.4 Особенности обработки деталей на горизонтальных одношпиндельных токарных полуавтоматах

Горизонтальные одношпиндельные токарные полуавтоматы можно разбить на три группы: многорезцовые, копировальные и многорезцово-копировальные.

Обработка заготовок 2 на многорезцовых полуавтоматах (рисунок 2.4) выполняется сравнительно большим количеством одновременно работающих по одинаковым траекториям резцов, установленных на продольном 12 и поперечном 3 суппортах. Одновременное участие в работе большого числа резцов, каждый из которых обрабатывает свой участок заготовки, позволяет получить детали заданных форм и размеров путем простейших и коротких циклов работы суппортов и, следовательно, значительно сократить время обработки.



1 – передний центр; 2 – заготовка; 3 – поперечный суппорт; 4 – задний центр; 5, 9 – упор; 6, 8 – планки; 7 – ролик; 10 – неподвижная линейка; 11 – пружина; 12 – продольный суппорт

Рисунок 2.4 – Схема работы многорезцового полуавтомата

Многорезцовые полуавтоматы имеют полуавтоматический цикл работы. Съём изготовленной детали, установка заготовки, ее зажим в патроне или в центрах передней 1 и задней бабок 4, а также пуск полуавтомата производится вручную. Подвод суппорта с резцами, обработка заготовки, возврат суппортов в исходное положение и остановка полуавтомата производятся автоматически.

Продольный суппорт 12 в многорезцовом полуавтомате перемещается вместе с планками 6 и 8 относительно неподвижной линейки 10. При этом ролик 7 суппорта перекачивается по рабочей поверхности линейки 10 и постоянно поджимается к ней пружинами 11. Цикл работы продольного суппорта следующий: быстрый подвод суппорта к обрабатываемой заготовке (участок а – б); врезание резцов при перемещении ролика 7 по конусной поверхности линейки 10 (участок б – в); обточка заготовки на рабочей подаче (участок в – г); отскок суппорта назад в поперечном направлении (участок г – д); быстрый отход в исходное положение на продольной подаче (участки д – е, е – и, и – к) и перемещение суппорта вперед в первоначальное положение (участок к – а).

Отскок суппорта в конце обработки (примерно на 1 мм) и возврат его в первоначальное положение в конце отхода назад (участки траектории г – д и к – а) осуществляется с помощью планок 6 и 8. Обе планки перемещаются вместе с суппортом. При этом планка 6 может перемещаться относительно суппорта в продольном направлении. В начале работы суппорта они установлены друг относительно друга так, что соприкасаются выступами (как на схеме).

В конце обточки планка 6 наезжает на упор 9 и смещается относительно планки 8 вправо, в результате чего ее выступы устанавливаются напротив впадин планки 8. Суппорт 12 вместе с роликом 7, линейкой 10 и планкой 8 под действием пружин 11 отскакивает назад на глубину впадины планки 8. В результате этого резцы при отходе суппорта назад не касаются обработанной поверхности.

После возвращения продольного суппорта в исходное положение планка 6 наезжает на второй упор 5 и смещается влево в первоначальное положение, когда ее выступы устанавливаются напротив выступов планки 8. В результате суппорт с резцами, линейка 10 и планка 8 устанавливаются в первоначальное положение (точка а). После этого полуавтомат останавливается.

При наладке полуавтомата на обработку заготовок различной длины линейка 10 переставляется вдоль станины и закрепляется одним концом в таком положении, при котором обеспечивается врезание резцов в необходимом месте обрабатываемой заготовки. Упоры 5 и 9 устанавливаются так, чтобы был обеспечен отскок суппорта с резцами точно в конечной точке обработки и обратный подвод суппорта в исходное положение.

Поперечный суппорт 3 имеет следующий цикл работы: быстрый подвод к обрабатываемой заготовке, обработка заготовки на рабочей подаче и быстрый отвод в исходное положение.

В большинстве случаев многорезцовые полуавтоматы применяются для обработки достаточно простых деталей. При установке в механизме продоль-

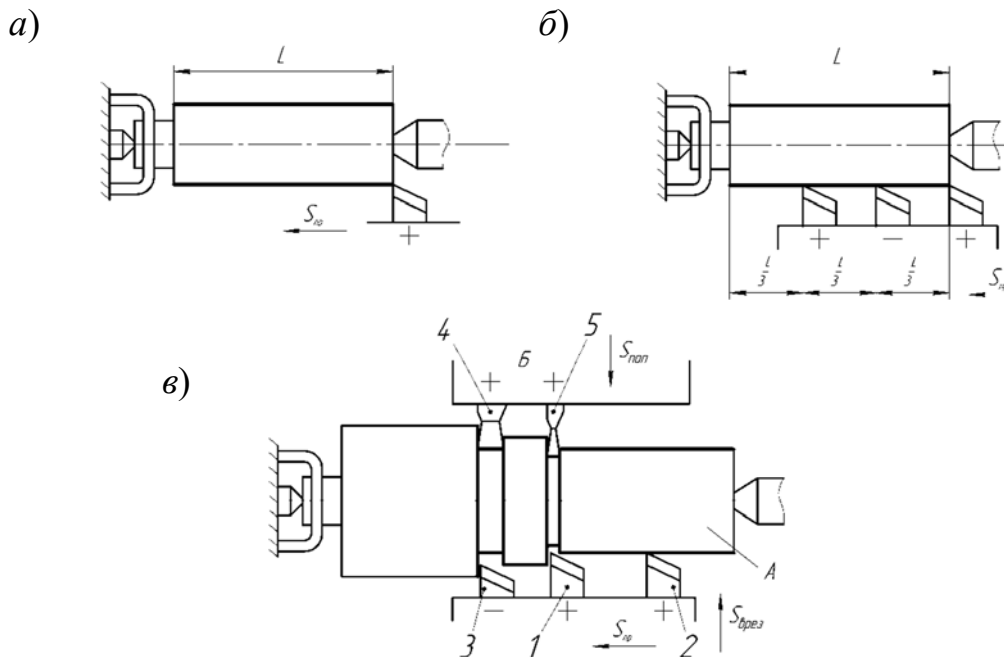
ного суппорта линейки 10 с фасонным профилем на этих полуавтоматах можно обрабатывать детали с фасонными и коническими поверхностями.

Особенности обработки.

Такие станки-полуавтоматы широко применяются в действующем на настоящее время серийном и массовом производстве. Передний суппорт служит большей частью для продольного обтачивания заготовок-валов или других деталей (тел вращения). Задний суппорт предназначен для подрезания торцов, прорезания канавок, фасонного обтачивания. Многоместные суппорты могут быть оснащены большим количеством резцов, достигающим до 20. Много-резцовые станки с большим расстоянием между центрами имеют два передних и два задних суппорта. На многорезцовых станках детали обрабатывают в центрах, на оправках или в патронах.

На таких станках в результате сокращения основного и вспомогательного времени достигается значительное снижение трудоемкости обработки.

На рисунке 2.5 изображены схемы обтачивания вала на одностороннем (см. рисунок 2.5, а) и многорезцовом (см. рисунок 2.5, б) токарных станках. В первом случае длина пути суппорта с резцом равна l , во втором – резцы двигаются одновременно, каждый на своем участке, и длина пути суппорта и каждого резца равна $l/3$, т. к. на суппорте установлено три резца.



1, 2, 3 – проходные резцы; 4, 5 – канавочные резцы

Рисунок 2.5 – Схемы обтачивания вала

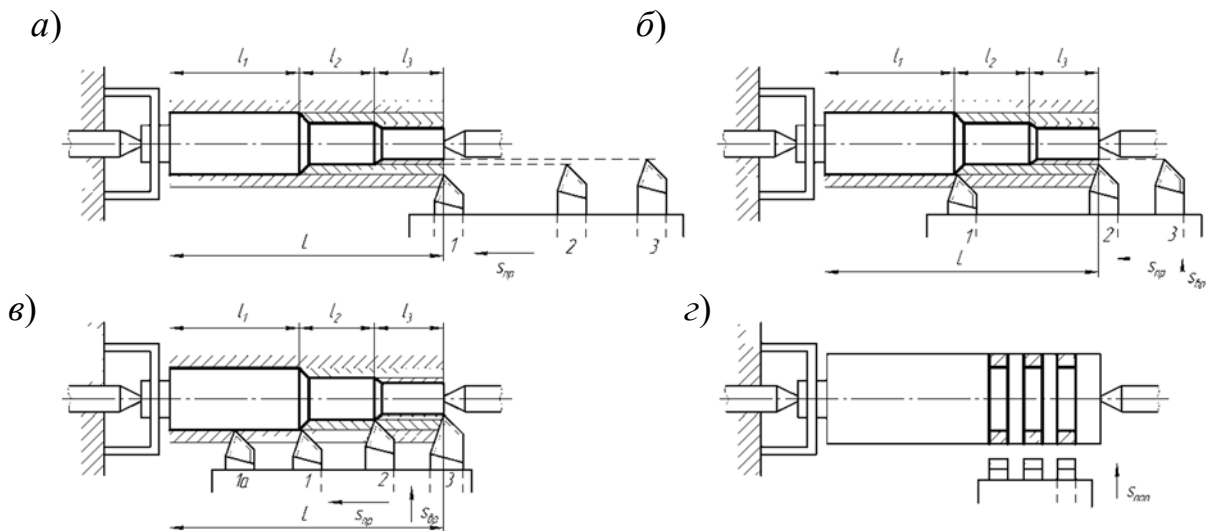
Еще большая экономия времени получается при обработке на многорезцовых станках ступенчатых валов, т. к. одновременно с обтачиванием всех ступеней производится их подрезание или протачивание канавок с помощью заднего суппорта. Настройка резцов производится так, чтобы обработка всех участков вала заканчивалась одновременно. На рисунке 2.5, в резцы 1 и 2 обра-

батывают ступень вала А, резец 3 – ступень Б; резцы 4 и 5 протачивают канавки; все резцы заканчивают обработку одновременно.

В этом случае основное время уменьшается, по сравнению с работой на универсальном токарном станке, благодаря сокращению длины пути резцов и их одновременной работе; вспомогательное время сокращается вследствие того, что исключается необходимость смены резцов, поворотов резцедержателя и добавочных перемещений суппорта. Основное время подсчитывается по резцу, который обтачивает наиболее длинную поверхность.

Многорезцовое обтачивание можно выполнять тремя различными способами.

Первый способ – *обтачивание с продольной подачей* (рисунок 2.6, а). В этом случае каждый резец установлен на определенный диаметр. По мере продольного движения суппорта резцы последовательно вступают в работу. Длины отдельных ступеней вала, которые надо получить при обтачивании, определяются взаимным расположением резцов.



1, 1а, 2, 3 – резцы

Рисунок 2.6 – Схемы способов обтачивания вала на многорезцовых полуавтоматах

По схеме (см. рисунок 2.6, а) резец 1 совершает путь, равный сумме длин участков: $l_1 + l_2 + l_3 = L$, резец 2 – путь, равный $l_1 + l_2$, и резец 3 – путь, равный l_3 .

Второй способ – *обтачивание с врезанием* и последующей продольной подачей (рисунок 2.6, б). При этом способе резцы 1–3, расположенные, как в предыдущем примере, начинают обработку заготовки одновременно в различных точках, а не с конца вала последовательно один за другим, как при первом способе. Вначале суппорт перемещается в поперечном направлении, резцы врезаются на требуемую глубину, и затем суппорт движется в продольном направлении. Каждая ступень вала (l_1, l_2, l_3) обтачивается одним резцом, вследствие чего суппорт передвигается на длину наиболее длинной ступени l_1 . Этот способ применим при условии, что весь припуск может быть снят каждым резцом за один рабочий ход.

Разновидность этого способа показана на рисунке 2.6, в. Здесь для сокращения длины хода суппорта длинная ступень l_1 обтачивается двумя и более резцами (в других подобных случаях применяют и более двух резцов). Если длина каждой ступени примерно кратна длине наиболее короткой ступени, то длина пути каждого резца равна длине этой наиболее короткой ступени. По схеме (см. рисунок 2.6, в) каждый резец совершает путь, равный длине $l_3 = l_2 = l_1/2$.

Третий способ – *обтачивание поперечной подачей* (рисунок 2.6, г). При этом методе каждый резец обтачивает данную ступень путем поперечной подачи $s_{\text{поп}}$, причем ширина каждого резца соответствует ширине обрабатываемой ступени. Этот метод имеет ограниченное применение, он может быть использован при обработке коротких цилиндрических, конических и фасонных шеек валов.

2.5 Особенности обработки деталей на гидрокопировальных полуавтоматах

В действующем в настоящее время машиностроительном производстве ступенчатые валы обрабатываются на токарных гидрокопировальных полуавтоматах. Такие станки легко встраивать в автоматические линии; при этом транспортирование заготовок осуществляется сквозное (через отверстие в станине) или сверху. Обтачивают валы обычно одним резцом, расположенным в верхнем, перемещающемся по копиру суппорте. Подрезные, или канавочные, резцы располагаются в нижнем суппорте.

Станок настраивают на размер только по одной шейке вала, т. к. получение остальных размеров обеспечивается копиром и следящей системой станка.

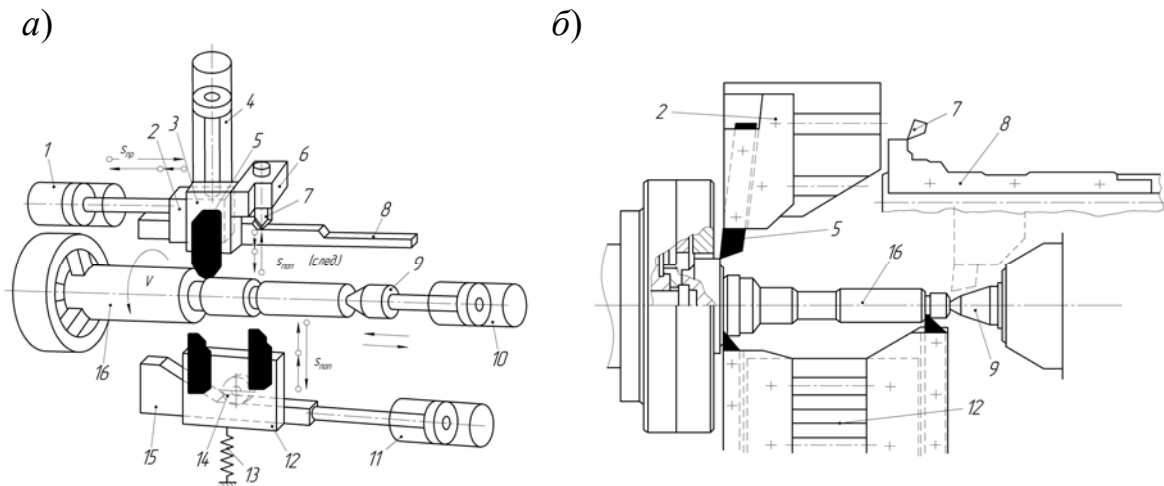
Копировальные полуавтоматы имеют полуавтоматический цикл работы. Съем изготовленной детали, установка заготовки, включение гидроцилиндра зажима заготовки, а также пуск полуавтомата производятся вручную. Подвод суппортов с резцами на ускоренном ходу, обработка заготовки, возврат суппортов на ускоренном ходу в исходное положение и остановка полуавтомата осуществляются автоматически.

На копировальных полуавтоматах (рисунок 2.7, а), в отличие от многорезцовых, основной профиль заготовки 16, поджатой центром 9 с помощью гидроцилиндра 10, обрабатывается одним резцом 5 методом копирования. Резец устанавливается на верхней части так называемого копировального суппорта, привод которого в продольном и поперечном направлениях осуществляется гидравлической следящей системой, управляемой по специальному копиру 8 или по эталонной детали. В результате этого при продольном и поперечном перемещениях гидросистемой копировального суппорта резец 5 точно воспроизводит на обрабатываемой заготовке форму и размеры копира. Размеры же рабочего профиля копира точно соответствуют чертежным размерам изготавливаемой детали.

Доделочные операции при обработке заготовок (прорезка канавок, снятие фасок и др.), которые не могут быть выполнены с копировального суппорта,

выполняются с поперечного суппорта *12*, которых на полуавтомате может быть один или два.

Перемещение поперечного суппорта осуществляется от ползуна *15* с наклонной поверхностью, по которой перекачивается ролик *14*, жестко связанный с суппортом *12*. При перемещении ползуна, соединенного со штоком и поршнем гидроцилиндра *11* вправо, ролик *14*, перекачиваясь по его наклонной поверхности, перемещает суппорт вверх. Перемещение происходит до тех пор, пока ролик не выйдет на верхнюю горизонтальную плоскость ползуна.



a – схема работы; *б* – пример обработки заготовки ступенчатого вала; *1, 4, 10, 11* – гидроцилиндры; *2* – каретка; *3* – копировальный суппорт; *5* – резец; *6* – копировальная головка; *7* – шуп; *8* – копир; *9* – центр; *12* – поперечный суппорт; *13* – пружина; *14* – ролик; *15* – ползун; *16* – заготовка

Рисунок 2.7 – Схема работы копировального полуавтомата

При перемещении ползуна влево суппорт под действием пружины *13* отходит вниз в исходное положение.

При обработке заготовок на копировальном полуавтомате можно установить следующие циклы его работы: одновременная обработка с копировального и поперечного суппортов; последовательная обработка – сначала с копировального суппорта, затем с поперечного; обработка только с копировального суппорта.

Каждый суппорт полуавтомата имеет свой независимый цикл работы, управляемый группой упоров, устанавливаемых на специальных линейках и воздействующих в заданных точках перемещения суппорта на конечные электровыключатели.

Копировальный суппорт полуавтомата работает по такому циклу: быстрый продольный подвод; быстрый поперечный подвод; перемещение на первой и второй рабочих подачах, а при необходимости с ускоренным ходом по необрабатываемой поверхности заготовки – быстрый поперечный и быстрый продольный отвод. При наладке полуавтомата можно также получать комбинированный отвод суппорта – сразу на продольной и поперечной подачах.

Поперечный суппорт работает по следующему циклу: быстрый подвод; рабочая подача; быстрый отвод.

На рисунке 2.7, б показан момент обработки ступенчатого вала на копировальном полуавтомате. Основной профиль заготовки обрабатывается резцом 5 копировального суппорта 2 с управлением его работы по копиру 8. Проточка двух канавок производится канавочными резцами с поперечного суппорта 12.

Копировальные полуавтоматы, в отличие от многорезцовых, имеют другую компоновку суппортов (см. рисунок 2.7), расположенных в плоскости, отклоненной от вертикали на 15° . Это обеспечивает близкий подход рабочего к обрабатываемой заготовке, режущим инструментам и органам управления. Облегчаются установка заготовки и съём изготовленной детали, её измерение, наладка и подналадка режущих инструментов, улучшаются условия схода стружки.

Токарно-копировальные станки, так же как и многорезцовые, могут быть оснащены автоматическими загрузочными устройствами и встроены в автоматические линии.

Привод главного движения позволяет автоматически изменять скорость вращения шпинделя при одновременном изменении величины подачи копировального суппорта. Предусмотрена возможность прохода копировальным суппортом необрабатываемых участков детали на ускоренном ходу. Применение инерционного самодействующего патрона даёт возможность автоматически зажимать деталь при вращении шпинделя и разжимать при его остановке.

Обтачивать валы на гидрокопировальных станках можно за один и более рабочих ходов (до четырех) (рисунок 2.8). Каждый рабочий ход осуществляется по отдельному копиру. После каждого хода суппорт с резцом перемещается в первоначальное положение, а барабан, на котором установлены все копии, автоматически поворачивается в соответствующее положение. Дополнительно возможен первый рабочий ход в виде точения цилиндрической ступени с максимальным диаметром и длиной вала (см. рисунок 2.8, траектория 3–4) – используется упор щупа.

Многорезцово-копировальные полуавтоматы (рисунок 2.9) как бы суммируют в себе основные преимущества и технологические возможности многорезцовых и копировальных полуавтоматов.

По принципу работы они во многом похожи на копировальные полуавтоматы. Обработка основного профиля заготовки 12, устанавливаемой в центрах шпиндельной и задней бабок, производится режущим инструментом 11 с копировального суппорта. При этом обработка может производиться как на копировальных полуавтоматах – одним резцом (см. рисунок 2.9, а), так и на многорезцовых полуавтоматах – блоком резцов до 6...8 шт. (см. рисунок 2.9, б) или резцами с двух накладных копировальных суппортов с независимым управлением каждым суппортом по отдельному копиру (см. рисунок 2.9, в).

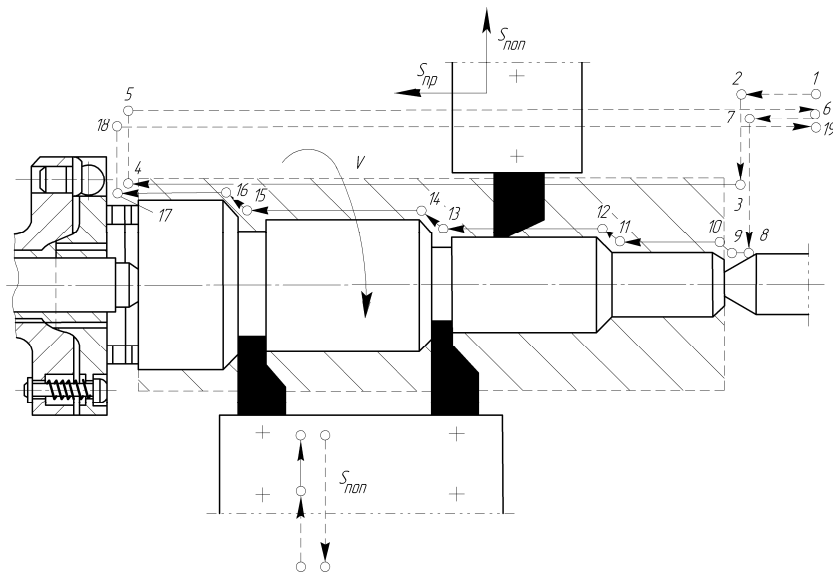
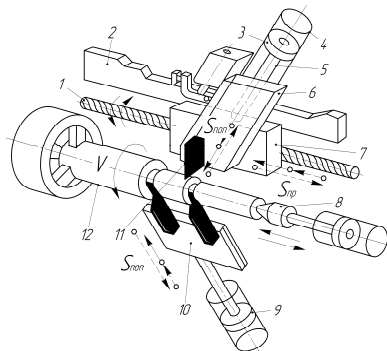
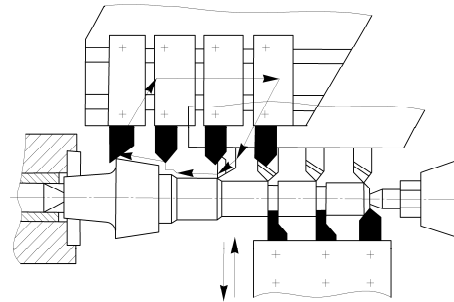


Рисунок 2.8 – Схема многопроходного точения ступенчатого вала на гидроконтрольном полуавтомате

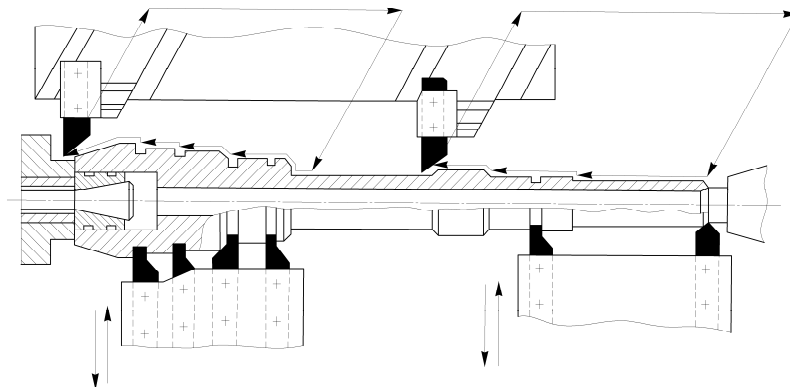
а)



б)



в)



а – схема работы с одним резцом продольного точения; б – схема обработки заготовок блоком резцов; в – схема обработки заготовок с двух копировальных и поперечных суппортов; 1 – ходовой винт; 2 – копир; 3 – поршень; 4, 9 – гидроцилиндры; 5 – шток; 6 – копировальный суппорт; 7 – каретка; 8 – задний центр; 10 – поперечный суппорт; 11 – резцы; 12 – заготовка

Рисунок 2.9 – Обработка на многолезцово-копировальном полуавтомате

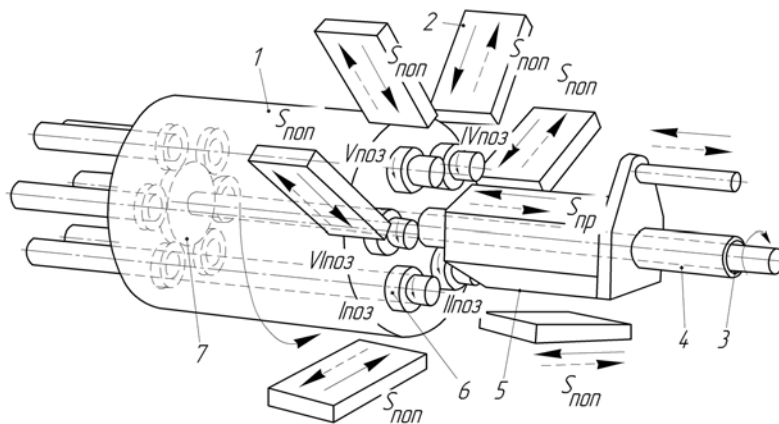
Доделочные операции (проточка канавок, подрезка торцов и др.) выполняются резцами с поперечного суппорта 10 (см. рисунок 2.9, а). Поперечный суппорт здесь выполнен в виде отдельного узла с самостоятельным приводом. Это позволяет при использовании двух поперечных суппортов обеспечить их независимую работу.

Продольная (задающая) подача каретки 7 копировального суппорта в этих полуавтоматах механическая и производится с помощью передачи ходовой винт – гайка. Гайка этой передачи жестко закреплена на каретке 7.

2.6 Особенности обработки деталей на многошпиндельных автоматах и полуавтоматах

При обработке заготовок на одношпиндельных токарных автоматах или полуавтоматах производится последовательное выполнение отдельных рабочих и вспомогательных переходов.

Если взять шесть одношпиндельных автоматов и скомпоновать их в один, то получится многошпиндельный автомат (рисунок 2.10), в котором будет шесть шпинделей 6, расположенных по окружности в едином шпиндельном блоке 1. Вокруг этого блока расположено шесть поперечных суппортов 2, а на центральной гильзе 4 перемещается общий для всех шпинделей продольный суппорт 5. Он выполнен в виде шестигранника, на каждой грани которого устанавливаются державки с соответствующими инструментами. Поперечные суппорты получают подачу от индивидуальных кулачков, а продольный суппорт – от одного общего кулачка. В случае необходимости на продольном суппорте могут устанавливаться скользящие державки с режущими инструментами, получающие другую подачу от индивидуальных кулачков. Здесь же могут устанавливаться инструментальные шпиндели с независимым приводом вращения. Шпиндели автомата получают вращение от приводного вала 3 через общее центральное зубчатое колесо 7 и поэтому имеют одинаковую частоту вращения.



1 – шпиндельный блок; 2 – поперечный суппорт; 3 – приводной вал; 4 – гильза; 5 – продольный суппорт; 6 – шпиндель; 7 – центральное зубчатое колесо

Рисунок 2.10 – Горизонтальный многошпиндельный автомат

При обработке заготовок на многошпиндельном автомате все переходы технологического процесса разделяются равномерно по позициям, которых может быть четыре, шесть или восемь. Обработка заготовок, установленных в каждом шпинделе, проводится при их последовательном прохождении через все позиции автомата различными группами режущих инструментов. На последней позиции происходит отрезка готовой детали и подача прутка для изготовления следующей детали. Подача заготовок с одной позиции на другую производится при периодическом повороте шпиндельного блока на одну позицию. Во время обработки шпиндельный блок стоит на месте зафиксированным.

С другой стороны, обработка заготовок на этом автомате производится одновременно на всех позициях. Поэтому для подачи заготовок на следующие позиции необходимо, чтобы была закончена предшествующая обработка на всех позициях и все суппорты с режущими инструментами отошли в исходное положение. Вот почему все переходы обработки на многошпиндельных автоматах и полуавтоматах должны быть сгруппированы по отдельным позициям так, чтобы время их выполнения на каждой позиции было одинаковым и минимальным. Полностью обработанная деталь будет сниматься с автомата после каждого поворота шпиндельного блока на одну позицию. Однако на практике всегда имеется одна или несколько позиций, где обработка заготовки более трудоемка, а следовательно, и более длительна, чем на других. В этом случае готовая деталь с автомата будет сниматься через время, необходимое для выполнения самого продолжительного перехода.

Принцип работы многошпиндельного автомата, по сравнению с одношпиндельными автоматами, обеспечивает более высокую производительность. Все холостые ходы на нем выполняются не последовательно, чередуясь с рабочими ходами, а все сразу и, кроме того, при ускоренном вращении распределительного вала. Это позволяет обрабатывать на многошпиндельных автоматах с высокой производительностью заготовки достаточно сложных деталей.

Все многошпиндельные станки, на которых обработка производится последовательно на всех позициях, получили название автоматов и полуавтоматов последовательного действия. К этой группе относится подавляющее большинство горизонтальных многошпиндельных автоматов и полуавтоматов, применяемых в промышленности. Наряду с этим, в некоторых случаях, для обработки простых заготовок применяются многошпиндельные автоматы параллельного действия. Обработка каждой заготовки на них производится от начала и до конца на одной позиции и только одной группой режущих инструментов. Заготовки на всех позициях обрабатываются параллельно, поэтому за один цикл работы автомата получается столько готовых деталей, сколько на автомате рабочих позиций. Данные автоматы, по сравнению с автоматами последовательного действия, имеют меньшие технологические возможности, т. к. обработка на них ведется ограниченным количеством режущих инструментов. Поэтому они применяются для обработки заготовок более простых деталей.

Горизонтальные многошпиндельные полуавтоматы по принципу работы не отличаются от автоматов. В них только обрабатываемые заготовки закрепляются в зажимных патронах. Установка заготовки и сьем готовой детали производятся вручную, а при автоматическом цикле работы автооператором или другим специальным загрузочным устройством. На сегодняшний день такие автоматы, но оснащенные системами ЧПУ, выпускают фирмы «МЕТРА» (Испания), «ИНДЕКС» (Германия) и «ДМГ МОРИ» (Япония).

Многошпиндельные вертикальные токарные полуавтоматы.

Вертикальные многошпиндельные токарные полуавтоматы по принципу своей работы могут быть последовательного и параллельного действия.

Попутно следует отметить, что при многолезцовом обтачивании на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах параллельного (непрерывного) действия, когда каждая поверхность обрабатывается одним суппортом за один рабочий ход, достигается точность 10-го качества.

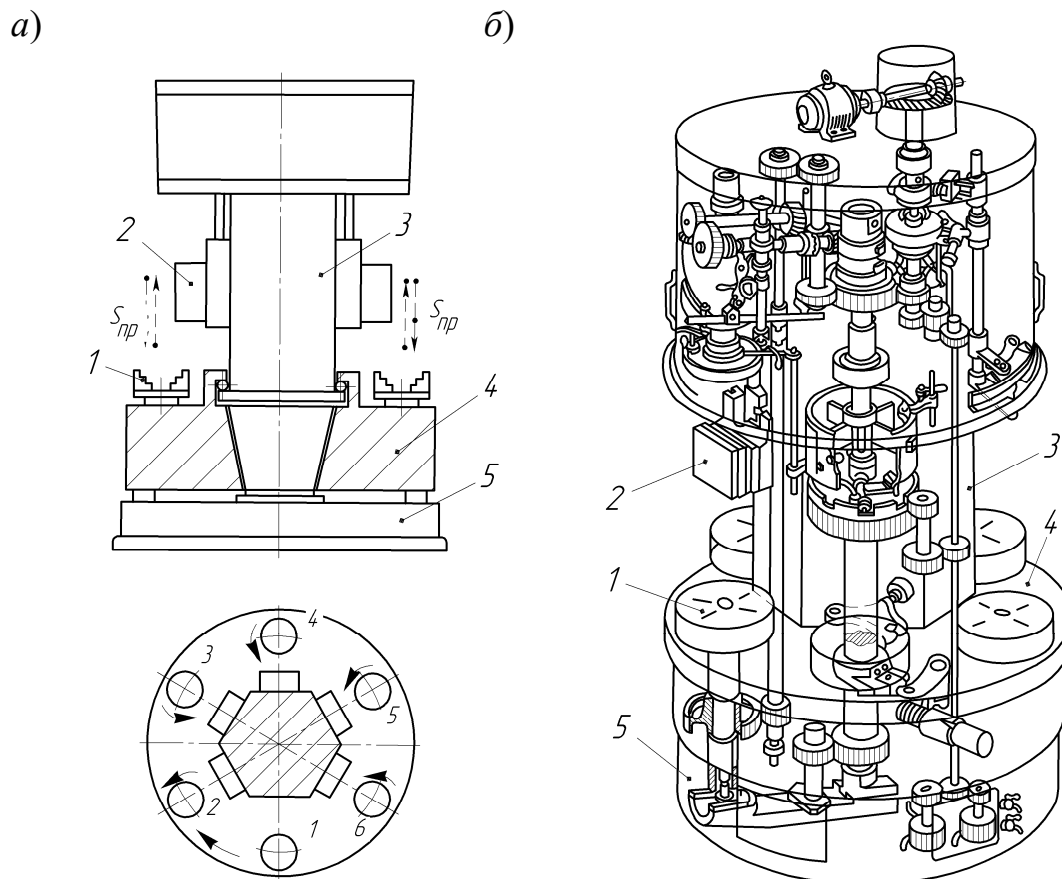
При обработке же на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах последовательного действия достигается точность 9-го качества, т. к. здесь поверхности обрабатываются за несколько рабочих ходов.

Обработка заготовок на полуавтоматах последовательного действия (рисунок 2.11, а) производится несколькими группами режущих инструментов, расположенных на суппортах 2 в различных позициях, через которые последовательно проходят обрабатываемые заготовки, закрепленные в патронах 1 вращающихся вертикальных шпинделей. Все шпиндели расположены на общем шпиндельном блоке, выполненном в виде поворотного стола 4. После окончания обработки заготовок на всех позициях стол периодически поворачивается на определенный угол относительно неподвижного основания 5 и колонны 3 несущей на своих гранях продольные суппорты с инструментами. Поперечных суппортов на этих полуавтоматах нет. Для получения поперечной подачи инструментов используются специальные суппорты, в которых продольное движение преобразуется в поперечное.

При повороте стола все шпиндели с обрабатываемыми заготовками переносятся в следующие позиции, где обработка продолжается другой группой инструментов. Во время поворота стола вращение всех шпинделей с заготовками прекращается. В последней загрузочной позиции (рисунок 2.11, а, проекция сверху) шпиндель с заготовкой (деталью) вообще не вращается. Здесь производятся сьем готовой детали и установка заготовки. Во время обработки заготовок стол зафиксирован и стоит на месте. Таким образом, за один оборот стола каждая заготовка последовательно проходит через все позиции, подвергаясь полной обработке. С другой стороны, обработка заготовок идет одновременно на всех позициях. Поэтому после каждого поворота стола на одну позицию с полуавтомата будет сниматься одна готовая деталь.

Время одного цикла работы этих полуавтоматов складывается из времени обработки на наиболее трудоемкой позиции и времени, необходимого на выполнение холостых ходов (поворот, фиксация стола и др.). Все переходы технологического процесса обработки заготовки на данных полуавтоматах, как и на горизонтальных многошпиндельных автоматах и полуавтоматах, разде-

ляются равномерно между всеми рабочими позициями. Время на установку заготовки и съем готовой детали здесь не учитывается, т. к. эти операции выполняются во время обработки заготовок. Исключение составляют те случаи, когда время загрузки и съема детали более продолжительное, чем обработка заготовки в наиболее трудоемкой позиции.



а – схема работы; *б* – общий вид; 1 – патрон; 2 – суппорт; 3 – колонна; 4 – поворотный стол; 5 – основание

Рисунок 2.11 – Схема работы полуавтомата последовательного действия

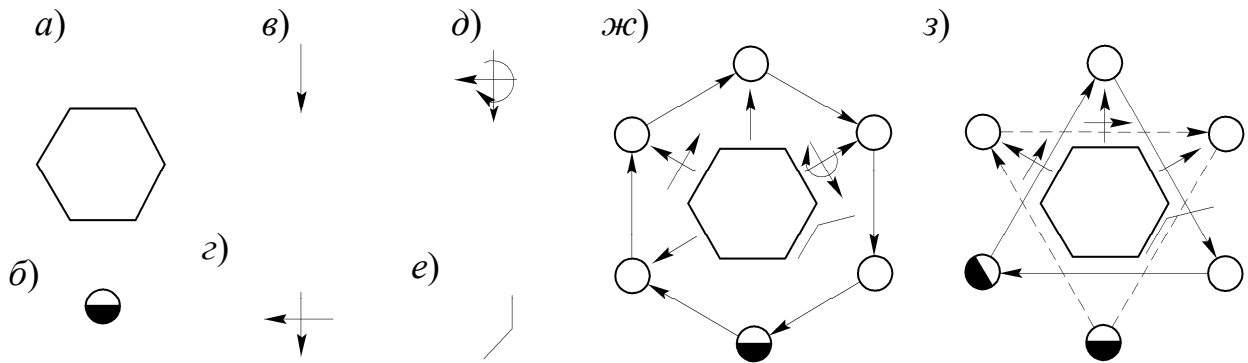
Структурная схема компоновки вертикального многошпиндельного полуавтомата и его общий вид представлены на рисунке 2.11, *б*.

Возможность применения на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах последовательного действия большого количества различных режущих инструментов позволяет обрабатывать на них достаточно сложные заготовки.

Многошпиндельные полуавтоматы последовательного действия при обработке сравнительно простых деталей с небольшим числом переходов налаживают на одно-, двух-, трехцикловую работу (рисунок 2.12). При двух- и трехцикловых наладках можно обрабатывать детали типа валов и шестерен с двух сторон с поворотом или обрабатывать однотипные детали различных наименований.

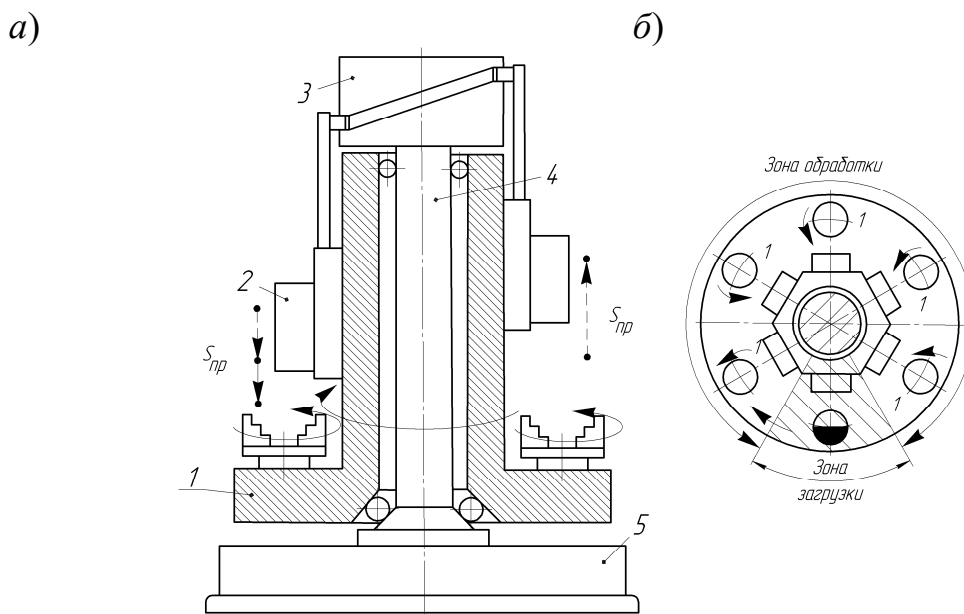
Вертикальные многошпиндельные полуавтоматы параллельного действия (рисунок 2.13, *а*) представляют собой как бы блок нескольких одношпин-

дельных полуавтоматов, поставленных вертикально по окружности на общей карусели 1, которая при обработке заготовок медленно вращается вокруг неподвижной колонны 4, установленной на основании 5. На каждой позиции полуавтомата имеется свой суппорт 2 с одной и той же группой режущих инструментов. Привод суппортов осуществляется от одной группы неподвижных кулачков 3 при вращении карусели 1 со всеми суппортами вокруг колонны 4.



a – колонна станка; *б* – загрузочная позиция; *в* – вертикальный суппорт; *г* – полууниверсальный суппорт; *д* – универсальный суппорт; *е* – двойной угловой суппорт; *ж* – схема одноциклового наладки станка; *з* – схема двухциклового наладки станка

Рисунок 2.12 – Схемы наладки полуавтоматов и условные обозначения позиций и движения суппортов



1 – карусель; *2* – суппорт; *3* – кулачок; *4* – колонна; *5* – основание

Рисунок 2.13 – Схема работы полуавтомата параллельного действия

Таким образом, обработка заготовок на этих полуавтоматах производится от начала до конца на одной позиции и только одной группой режущих инструментов за время почти полного оборота карусели. Готовая деталь с полуавтомата снимается после каждого поворота карусели на одну позицию.

Съем готовой детали и установка заготовки на этих полуавтоматах производятся на ходу, когда очередная позиция со шпинделем проходит мимо рабочего в зоне загрузки (рисунок 2.13, б). В момент подхода к этой зоне вращение шпинделя с деталью прекращается, а суппорт отходит в верхнее положение.

По такому принципу построена работа полуавтоматов 1285, 1295, а также полуавтоматов фирмы «Буллард» (США), применяемых на некоторых заводах нашей промышленности.

По такому же принципу построены так называемые роторные автоматы и автоматические линии, применяемые для обработки некоторых типов заготовок.

По сравнению с полуавтоматами последовательного действия эти полуавтоматы имеют меньшие технологические возможности, т. к. обработка на них ведется инструментами, расположенными только на одной позиции. Поэтому на них обрабатываются более простые детали.

Вертикальные многшпиндельные полуавтоматы для выполнения наиболее распространенных видов обработки оснащают суппортами следующих основных типов (рисунок 2.14):

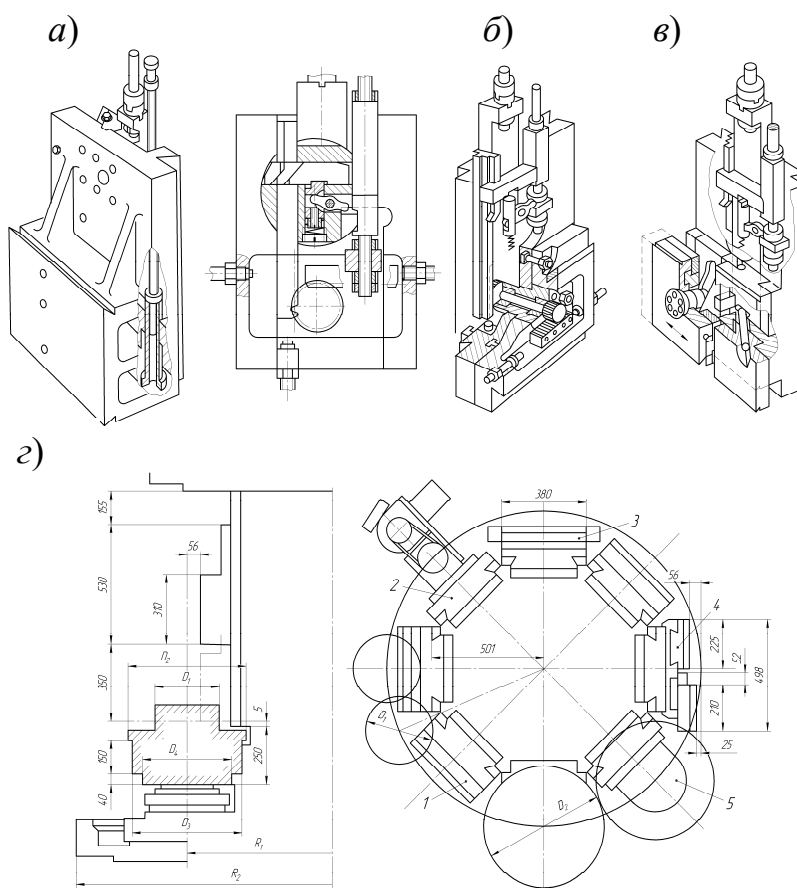
- вертикальным для обработки, осуществляемой при вертикальном перемещении: для продольного точения, растачивания, сверления, зенкерования и развертывания центральных отверстий, точения торцовых поверхностей широкими и фасонными резцами; имеет наиболее простую и жесткую конструкцию, используется как при больших нагрузках, так и для точных работ (см. рисунок 2.14, а);

- универсальным для последовательного продольного, а затем поперечного точения с возвратом в исходное положение по той же траектории, благодаря широким технологическим возможностям имеет наибольшее распространение (см. рисунок 2.14, б);

- параллельного действия (полууниверсальным) для обработки заготовки инструментами двух групп, одна из которых имеет вертикальное перемещение, а другая – последовательно-вертикальное и затем горизонтальное. Этот суппорт имеет наименьшую жесткость и применяется исключительно при недостатке рабочих позиций (см. рисунок 2.14, в);

- с расточной головкой, имеющей индивидуальный привод, предназначенный для чистовой обработки центральных отверстий (поверхностей) диаметром 20...100 мм с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2,5...1,25$ мкм.

Кроме этого, эти полуавтоматы могут работать с суппортами, оснащенными сверлильной головкой с приводом для сверления, зенкерования и развертывания нецентральных отверстий без остановки шпинделя в соответствующей позиции.



а – вертикальный; *б* – универсальный; *в* – параллельного действия; *г* – схема зоны обработки; *1* – вертикальный суппорт; *2* – суппорт с расточной головкой; *3* – универсальный суппорт; *4* – суппорт параллельного действия; *5* – суппорт с приводом сверлильной головки

Рисунок 2.14 – Суппорты вертикального многошпиндельного токарного полуавтомата

Система управления станка может обеспечивать четыре цикла работы суппортов: быстрый подвод – малая подача – большая подача – быстрый отвод; быстрый подвод – большая подача – быстрый отвод.

На многошпиндельных вертикальных полуавтоматах последовательного действия обрабатывают шестерни, ступицы, муфты, шкивы, фасонные и некоторые корпусные детали. На них обтачивают цилиндрические и конические поверхности, подрезают торцы, растачивают отверстия, прорезают канавки, сверлят, зенкеруют и развертывают отверстия, расположенные по оси вращения и удаленные от этой оси.

Заготовки закрепляют в патронах или специальных приспособлениях. На этих станках достигается точность обработки наружных и внутренних поверхностей 8...9-го качества; точность обработки зависит не только от возможностей оборудования, но и от правильного выбора наладки и технологической оснастки (например, при развертывании отверстий можно получить и 7 качество точности).

Многошпиндельные полуавтоматы непрерывного (параллельного) действия предназначены для обработки деталей несложной формы в центрах или патронах.

2.7 Примеры тестовых заданий

1 На автомате продольного точения движение подачи получает:

- а) инструмент;
- б) заготовка;
- в) шпиндельная бабка;
- г) револьверная головка;
- д) продольный суппорт.

2 Укажите полуавтомат, на котором обработка длинной и тонкой (диаметром 15 мм) заготовки будет точнее:

- а) продольного точения;
- б) револьверный;
- в) многорезцовый;
- г) гидрокопировальный;
- д) вертикальный многошпиндельный.

3 Для многошпиндельных токарных полуавтоматов последовательного действия характерно:

- а) обрабатывают деталь, перемещая ее последовательно из одной позиции в другую;
- б) выполняют на каждой позиции свои переходы обработки;
- в) заготовку обрабатывают только на одной позиции;
- г) несколько заготовок обрабатывают как бы одновременно на нескольких одношпиндельных полуавтоматах, налаженных на одну и ту же операцию.

3 Лекция 24. Автоматические сборочные машины

3.1 Классификация автоматических сборочных машин

Конструктивные особенности изделий и технологии их сборки, большое разнообразие видов операций по соединению и закреплению компонентов в процессе сборки обуславливают значительное число разновидностей конструктивных и компоновочных решений автоматического сборочного оборудования. При выборе типа и компоновки оборудования для автоматической сборки конкретного изделия нужно учитывать: длительность и объём изготовления; размеры, массу и геометрические параметры; производительность оборудования; число, сложность и последовательность выполнения операций (переходов); возможность автоматической загрузки собираемых деталей, требуемую точность их относительной ориентации. Классификация сборочных технологических систем приведена на рисунке 3.1.

В однопозиционных станках все основные действия по сборке выполняются на одной позиции при неподвижно закрепленной базовой детали.

Однопозиционные сборочные автоматы и полуавтоматы используют для сборки простых по конструкции изделий, состоящих из небольшого числа

деталей. В полуавтоматах базовую деталь и те детали, подачу которых трудно автоматизировать, устанавливают на сборочную позицию вручную.

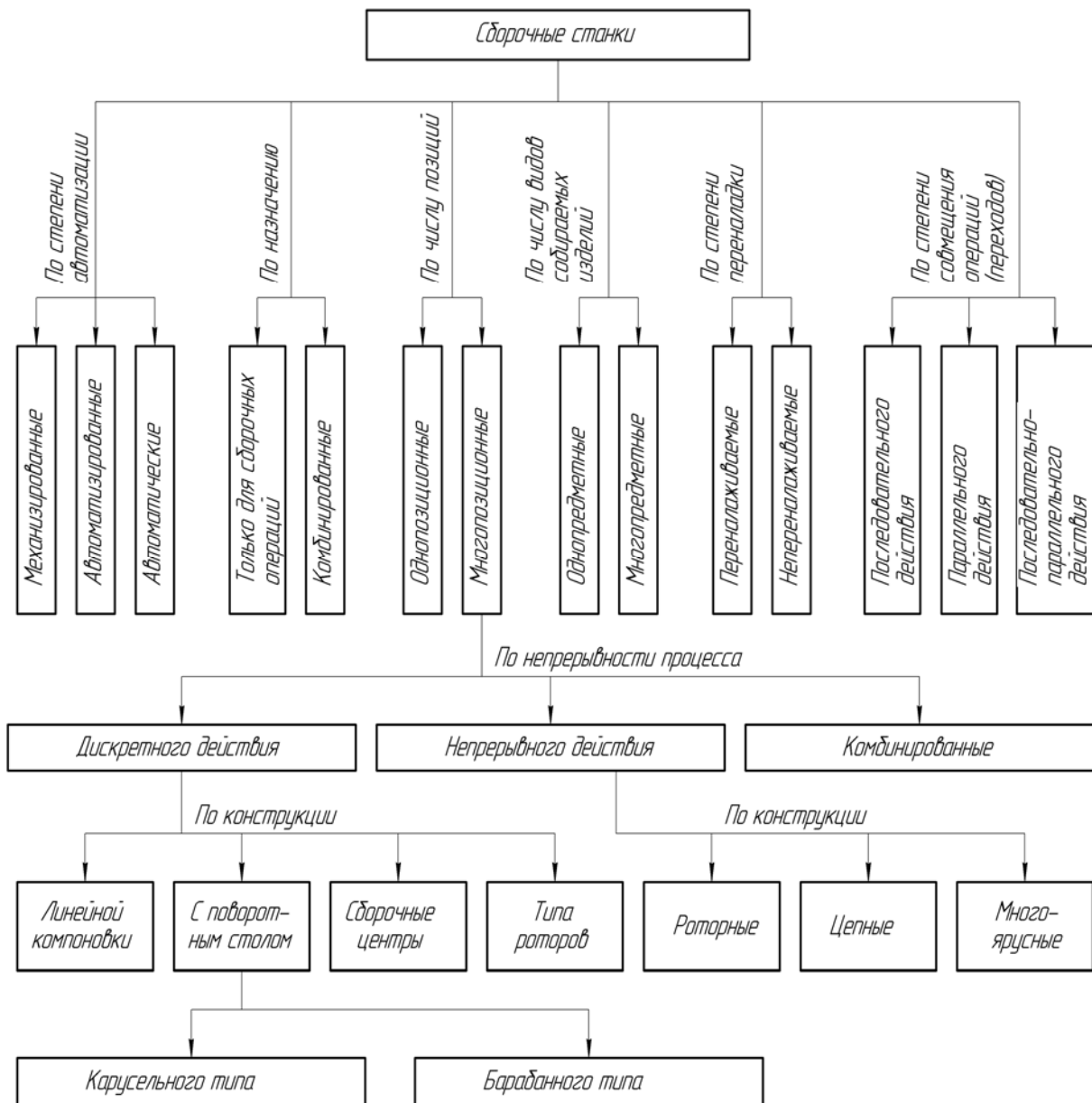


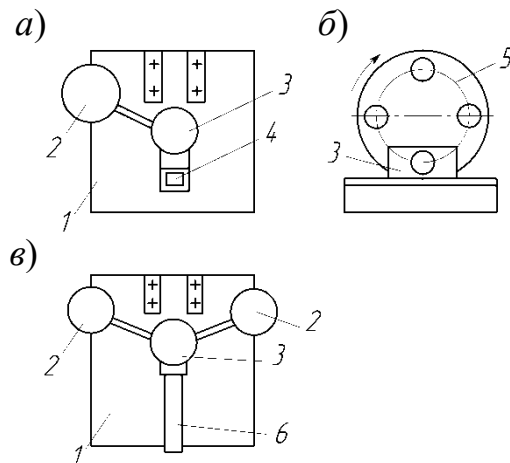
Рисунок 3.1 – Классификация технологических сборочных систем

Подача остальных деталей автоматизирована. Готовое изделие снимается вручную или автоматически. В автоматах загрузка всех деталей, сборка и съем готового изделия автоматизированы.

В полуавтомате (рисунок 3.2, а) базовую деталь устанавливают в сборочную позицию вручную, присоединяемая деталь подается из вибробункера автоматически.

Однопозиционные автоматы и полуавтоматы можно применять для одновременного закручивания нескольких резьбовых деталей многоспindelным инструментом, одновременной сборки нескольких изделий в многоместных приспособлениях и т. д. Для повышения производительности эти станки оснащают транспортными и поворотными устройствами, позволяю-

щими выполнять загрузку деталей и снятие готовых изделий во время работы исполнительных механизмов (рисунок 3.2, б).



1 – стол; 2 – вибробункер; 3 – сборочная головка; 4 – базирующее устройство; 5 – поворотный стол; 6 – лоток

Рисунок 3.2 – Схема однопозиционных сборочных полуавтоматов (а, б) и автоматов (в)

В автомате (рисунок 3.2, в) базовая и присоединяемая детали подаются автоматически в зону сборки, каждая из соответствующего вибробункера. Собранные изделия поступают по лотку б.

Многопозиционные станки оснащают транспортными устройствами для межоперационного перемещения собираемого объекта. По непрерывности процесса эти станки бывают *дискретного и непрерывного действия*. В первом случае все операции сборки осуществляются во времени остановки транспортного устройства, а во втором – в процессе перемещения собираемых деталей. *Многопозиционные станки дискретного действия по конструкции* бывают: линейной компоновки, с поворотными столами; типа сборочных центров и роботов. На станках линейной компоновки сборочные операции выполняются при движении собираемого объекта по прямой линии.

Станки с поворотными столами делят на станки с горизонтальным расположением столов и станки с барабанами или дисками, расположенными в вертикальной плоскости.

По конструкции многопозиционные станки непрерывного действия подразделяют на роторные, цепные и многоярусные. Первые оснащены рабочими роторами, на которых расположены соответствующие инструментальные блоки, и транспортными роторами, предназначенными для приема деталей из загрузочных устройств и передачи их в рабочие роторы или для передачи деталей (сборочных единиц) от одного рабочего места к другому.

У цепных станков рабочие органы смонтированы на цепях, которые натянуты на ведущие и натяжные звездочки. Рабочие органы перемещаются по овальной, спиральной или зигзагообразной траектории. В многоярусных станках на одном рабочем роторе выполняется несколько сборочных и

контрольных операций.

На станках линейной компоновки (рисунок 3.3) выполняют сборку изделий, перемещаемых по прямой линии. Подача деталей на сборочную позицию осуществляется автоматически из бункерных загрузочных устройств (см. рисунок 3.3, *а*), манипуляторами (см. рисунок 3.3, *б*) или роботами. Эти станки эффективны для сборки длинных изделий, особенно, когда операции выполняют с двух сторон (см. рисунок 3.3, *в*). Если время выполнения сборочных операций различно, то используют несинхронные транспортные устройства. Собираемый объект перемещается с позиции на позицию приспособлениями-спутниками, которые соединены с цепью конвейера. Базирующие приспособления могут перемещать собираемое изделие и по замкнутому транспортному пути. На таких станках можно выполнять сборку изделий, больших по размерам и массе, чем на станках с поворотными столами.

В автоматах и полуавтоматах часто предусматривают резервные позиции, которые используют для установки в случае надобности контрольных и других устройств.

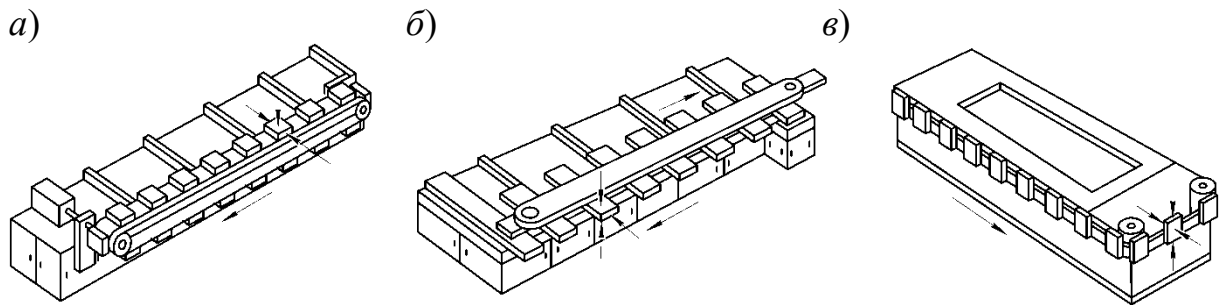


Рисунок 3.3 – Схема сборочных автоматов линейной компоновки с загрузкой деталей

Четырехпозиционный сборочный автомат (рисунок 3.4, *а*) имеет круглый стол 2, который периодически поворачивается на угол 90° и фиксируется фиксатором 10 в каждой из позиций *I–IV*. На позиции *I* из загрузочного устройства 5 подается базовая деталь, которая устанавливается головкой 3 в базирующее устройство 4. Затем на позициях *II* и *III* загрузочные устройства 7, 9 подают присоединяемые детали.

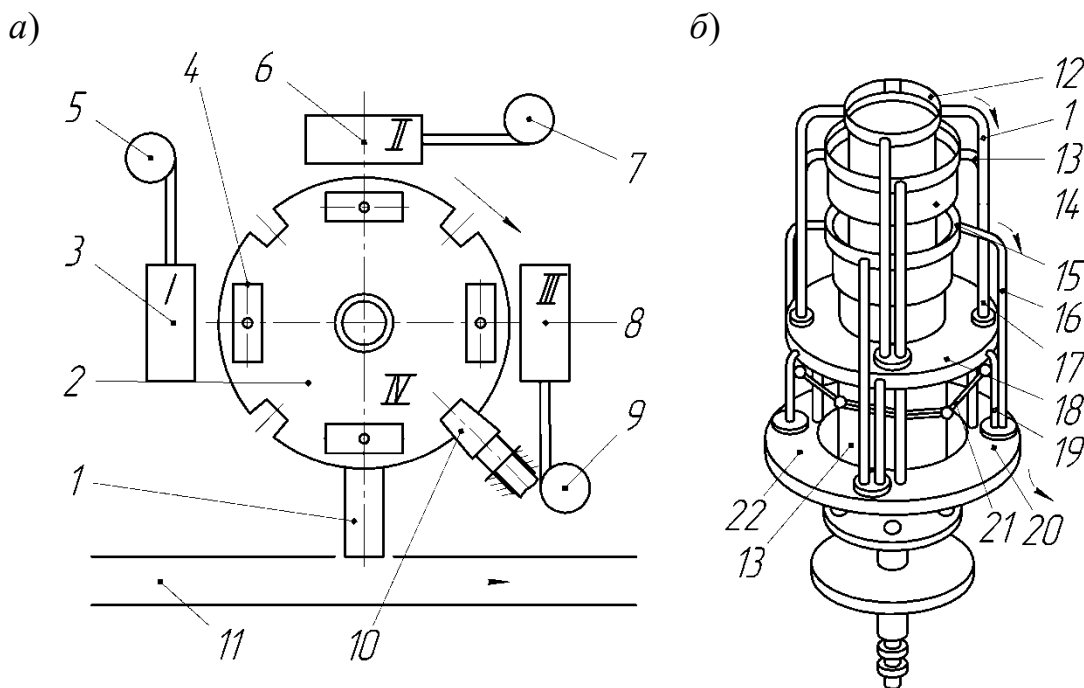
Последние сопрягаются с базовой деталью посредством сборочных головок 6, 8. На позиции *IV* сборочные единицы поступают по лотку 1 в тару или на конвейер 11, перемещающий их на линию общей сборки изделия.

Автоматические станки непрерывного действия служат для сборки простых по конструкции и небольших по габаритным размерам сборочных единиц, состоящих из нескольких деталей. К этим станкам относятся роторные, цепные и многоярусные, в которых перемещаются собираемые детали и инструмент для сборки.

Многоярусные автоматы (рисунок 3.4, *б*) используют для сборки небольших изделий, требующей не более шести сборочных переходов.

Они состоят из вращающегося рабочего ротора, на котором смонтированы бункерно-загрузочные устройства. Сборка осуществляется этапами, между

которыми собираемые элементы под действием силы тяжести перемещаются с одного яруса на другой в соответствующие сборочные приспособления. Верхний 18 и нижний 22 ярусы жестко связаны между собой и приводятся во вращение от вала ротора, расположенного внутри неподвижной колонны 23. На верхнем ярусе установлены чаши 12, 14, 15 бункерно-загрузочной системы, в которых находятся три различные детали, подлежащие сборке. Детали из чаш 12 и 14 подаются по лоткам 1, 13 в приспособление 17 верхнего яруса, где они собираются толкателем, приводимым в действие рычагом 21, один конец которого входит в паз копира, закрепленного на колонне 23. Собранный сборочный элемент далее перемещается по лотку 19 в приспособление 20 нижнего яруса, куда по лотку 16 поступает следующая деталь из чаши 15, и выполняется сборка. Затем сборочный элемент выпадает из приспособления 20 либо, при наличии последующих переходов, может передаваться на следующий ярус автомата.



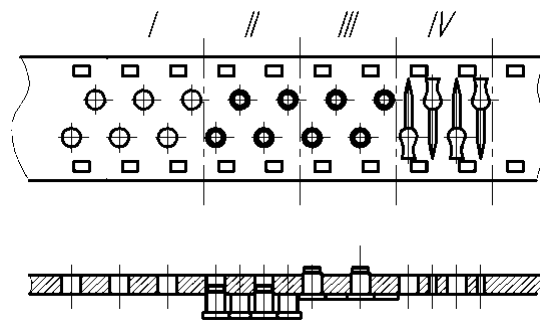
а – схема четырехпозиционного сборочного автомата с поворотным столом; *б* – схема многоярусного сборочного автомата: 1, 13, 16, 19 – лотки; 2 – стол; 3 – головка; 4 – базирующее устройство; 5 – загрузочное устройство; 6, 8 – сборочные головки; 7, 9 – загрузочные устройства; 10 – фиксатор; 11 – конвейер; 12, 14, 15 – чаши; 17, 20 – приспособление; 18 – верхний ярус; 21 – рычаг; 22 – нижний ярус; 23 – колонна

Рисунок 3.4 – Сборочные автоматы

На комбинированных станках одновременно выполняют изготовление и сборку деталей. Это часто упрощает ориентацию и подачу деталей, т. к. ориентированное положение деталей при изготовлении сохраняется и при их сборке. Цикл изготовления собираемых деталей должен быть непродолжительным, чтобы не снижалась производительность автоматического сборочного оборудования. Операции сборки выполняют на многооперационных штамповочных

прессах-автоматах, токарно-револьверных автоматах, агрегатных станках и АЛ. На штамповочных автоматах собирают детали, которые штампуют из ленты с деталями, изготавливаемыми на другом оборудовании. Для примера далее рассмотрена штамповка стрелки прибора и ее сборку со втулкой (рисунок 3.5). На позиции *I* в ленте вырубается отверстия для втулок и крючков подачи ленты, на позиции *II* в отверстия устанавливаются втулки, на позиции *III* они запрессовываются в ленту, а на позиции *IV* вырубается стрелки с запрессованными втулками.

Сборочные станки по степени совмещения операций могут быть последовательного, параллельного и последовательно-параллельного действия.



I – вырубка отверстий; *II* – установка втулок; *III* – запрессовка втулок в ленту; *IV* – вырубка стрелок

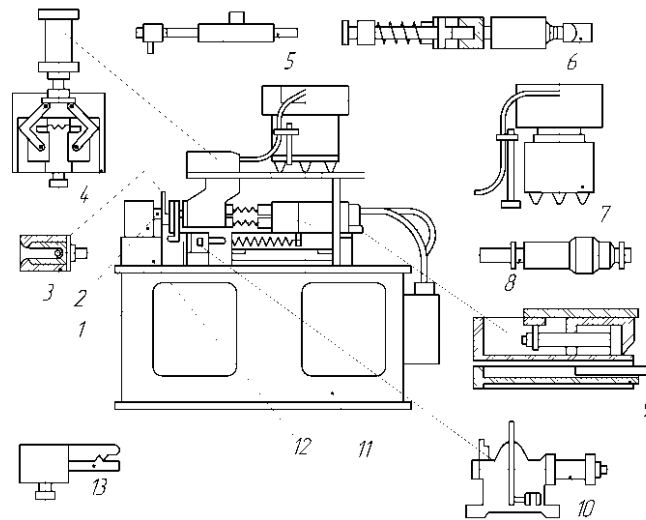
Рисунок 3.5 – Последовательность технологического процесса изготовления стрелки и ее сборки со втулкой

По числу видов собираемых изделий станки подразделяют на однопредметные, служащие для сборки изделий одного наименования, и многопредметные, предназначенные для сборки изделий разных наименований.

В зависимости от степени переналадки станки могут быть переналаживаемыми и непереналаживаемыми на сборку изделий другой конструкции.

Переналаживаемое сборочное оборудование. При переходе на изготовление изделий измененной конструкции переналадка сборочного оборудования может выполняться путем регулирования специально предусмотренных элементов, изменяющих технологические параметры станка, или замены отдельных его элементов. Основным принципом создания переналаживаемого сборочного автоматического оборудования является агрегатирование. Оборудование компонуют из агрегатных модулей определенной номенклатуры: загрузочных, базирующих, транспортных и контрольных устройств, несущих конструкций; сборочных головок, систем управления. Например, на базе агрегатных модулей (рисунок 3.6) можно компоновать станки для заворачивания шпилек.

В зависимости от конфигурации собираемых деталей, числа и размеров шпилек, заданной производительности могут быть скомпонованы следующие станки: с ручной установкой базовой детали, ручным наживлением шпилек и их автоматическим завинчиванием; с автоматической подачей шпилек, их ориентацией по резьбе и автоматическим завинчиванием.



1 – собираемое изделие; 2 – шпилька; 3 – патрон; 4 – устройство ориентирования шпильки; 5 – устройство выключения патронов; 6 – шпиндель; 7 – вибробункер; 8 – гайковерт; 9 – силовой стол; 10 – устройство поворота руки; 11 – станина; 12 – базировочное устройство; 13 – захват

Рисунок 3.6 – Компонновка полуавтомата из агрегатных модулей для завертывания шпилек

3.2 Роботизация сборочных процессов

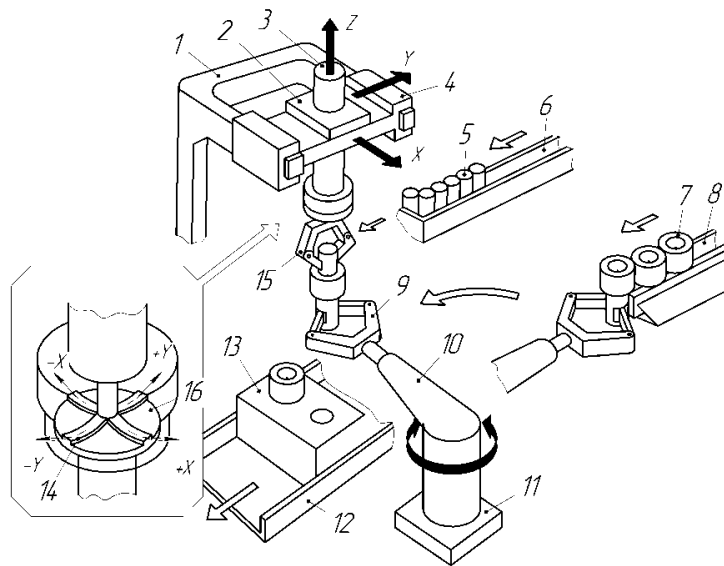
Промышленные роботы (ПР) – основное, быстроперенастраиваемое и перспективное средство автоматизации сборочных процессов в машино- и приборостроении. Их применяют для повышения производительности труда и качества продукции, улучшения условий труда сборщиков и повышения гибкости производства.

Роботы применяют на операциях общей и узловой сборки изделий: на отдельных рабочих местах, оборудованных в виде РТК, встроенными в сборочные полуавтоматы и автоматы или в сборочный конвейер. При комплексной роботизации сборки отдельные РТК связывают транспортными устройствами в единую более сложную производственную систему.

Характерные работы, выполняемые ПР в сборочных цехах: загрузка и разгрузка автоматов, конвейеров, автоматических и полуавтоматических линий; установка деталей и узлов в заданном положении на собираемое изделие по технологическим базам; точечная и шовная сварка; окраска изделий методом распыления; транспортирование и складирование деталей и узлов; подача подготовленных к сборке деталей на прессы для выполнения запрессовки, склеивания, отбортовки и других операций. В отдельных случаях роботы могут выполнять операции технического контроля и испытания изделий, заменяя контролеров или облегчая их труд. Роботы используют на операциях гальванопокрытий, снятия заусенцев и промывки деталей перед сборкой. Оснащая сборочные роботы приспособлениями и дополнительными устройствами, можно расширить их технологические возможности, выполняя сборку резьбовых соединений, пайку, склеивание, развальцовку, посадку с натягом,

с тепловым воздействием, а также вспомогательные операции (клеяние, смазывание и пр.).

Как правило, в состав сборочного РТК входят (рисунок 3.7): промышленные роботы *1, 11*; сборочное приспособление *13*; устройства хранения и накопления *6, 8* деталей *5, 7*. Робот *1* поворотным захватом *15* берет вал *5* из лотка *6* и переносит его посредством кареток *2* и *4* в зону сборки. Робот *11* захватом *9* забирает из лотка *8* втулку *7* и поворотом руки *10* переносит ее под вал *5* (точность относительного расположения сопрягаемых поверхностей ± 2 мм). Включается система адаптивного управления (САУ), и робот *1* осуществляет движения поиска в горизонтальной плоскости для совмещения осей вала и втулки. Относительное положение деталей определяется тактильными тензодатчиками *14* САУ, приклеенными к плоским пружинам *16* исполнительного устройства *3* робота *1*. Датчики подают сигналы для включения шаговых электродвигателей поиска. При совпадении осей сопрягаемых цилиндрических поверхностей вала и втулки подается команда на перемещение захвата *15* вниз. Затем сборочная единица (вал – втулка) устанавливается в отверстия базовых деталей *13*, которые периодически перемещаются пластинчатым конвейером *12*.



1, 11 – промышленный робот; *2, 4* – каретка; *3* – исполнительное устройство; *5, 7, 13* – детали; *6, 8* – лотки; *9, 15* – захват; *10* – рука робота; *12* – конвейер; *14* – тензодатчики; *16* – пружина

Рисунок 3.7 – Схема сборки цилиндрических соединений с зазором на стенде

Основные требования, которые предъявляются к ПР при сборке, следующие.

1 Высокая точность позиционирования – $0,01 \dots 1$ мм. Ее устанавливают с учетом параметров выполняемых соединений, особенностей используемых методов автоматической сборки.

2 Быстродействие, достигаемое при скоростях манипуляционных перемещений ПР, не менее $0,6 \dots 0,8$ м/с. В этом случае ПР перемещают объекты

сборки между двумя точками рабочей зоны не более чем за 1 с. Таким образом, производительность при автоматической сборке не ниже ручной. Скорость перемещений ПР может достигать 10 м/с; грузоподъемность до 60 кг.

3 Универсальность и низкая стоимость захватов. Частые смены захватов снижают производительность процесса сборки; система управления ПР должна допускать частую и быструю переналадку; соответствие размеров рабочей зоны, обслуживаемой ПР, размерам собираемых изделий. Перемещение ПР должно минимум в 1,5 раза превышать габаритные размеры собираемого изделия.

В ГПС сборки используются ПР следующих основных групп: со звеньями поступательных перемещений, действующими в прямоугольной (декартовой) системе координат, двух разновидностей: портално-мостового типа (рисунок 3.8, а), со звеном поворота относительно вертикальной оси и в направлении, перпендикулярном ей (цилиндрическая система координат) (рисунок 3.8, б); шарнирные, многосвязные, подразделяемые соответственно на горизонтально- и вертикально-шарнирные (рисунок 3.8, в, г). Последние получили наибольшее распространение.

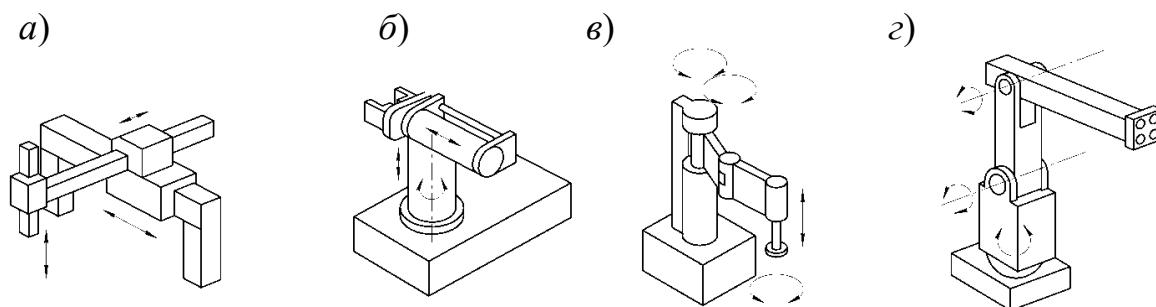


Рисунок 3.8 – Схемы сборочных ПР

Сборочные приспособления РТК служат для установки базовой детали собираемого изделия. После ее автоматического закрепления производится последовательная установка всех остальных деталей изделия. Затем собранный объект автоматически открепляется и передается рабочим органом робота (или автоматическим выталкивателем) в тару или на следующую позицию без потери ориентации. Весь цикл сборки выполняется автоматически по заранее составленной программе. Подача команд на исполнительные органы приспособления обычно производится от системы управления робота. Возможно и автономное управление с подачей команд на зажим и разжим от рабочего органа робота.

Сборочное приспособление устанавливается на столе или стойке возле робота. В простейшем случае оно представляет собой плиту с элементами для точной установки базовой детали собираемого изделия. Зажимные устройства выполняют пневматического или гидравлического типа с управлением от системы робота. Приспособление должно быть по возможности простым, с открытой рабочей зоной, обеспечивающей свободный подвод рабочего органа робота и установку деталей. В мелкосерийном производстве приспособление

целесообразно собирать из элементов УСП, что сокращает время на технологическую подготовку роботизированного производства. Для быстрой и точной установки приспособления (при переналадке на новый объект сборки) на столе или стойке робота без выверки необходимо предусматривать направляющие шпонки или контрольные штифты.

Устройства накопления и хранения деталей. Емкости для деталей (узлов) собираемых изделий выполняют в виде бункерно-ориентирующих устройств, кассет и магазинов. Бункерно-ориентирующие устройства (обычно вибрационного типа) применяют для деталей с размерами до 80...90 мм. Их чаша загружается навалом деталями на несколько часов работы. В бункерно-ориентирующих устройствах применяют пассивную, активную и смешанную системы ориентации деталей. За работой этих устройств требуется непрерывное наблюдение для устранения возможных отказов в подаче деталей.

Кассеты представляют собой прямоугольные или круглые плиты с ячейками для деталей. У кассет прямоугольной формы ячейки расположены параллельными рядами, а у круглых – по спирали. Кассету устанавливают в рабочей зоне робота в строго фиксированном положении. Рабочий орган робота передает детали из кассеты на сборочную позицию, а собранное изделие в другую кассету для выполнения последующих операций сборки. Несмотря на ручную или полуавтоматическую зарядку, кассеты улучшают условия переналаживаемости РТК. По сравнению с бункерно-ориентирующими устройствами кассеты для различных деталей заменяются очень быстро и легко. Кассеты, кроме того, используют как тару при перемещении деталей и элементов изделия на другую позицию сборки без потери ориентации.

Для деталей сложных форм и крупных размеров используют магазины. Их выполняют лоткового, ящичного и поворотного типов. Магазины загружают деталями вручную. Возможна загрузка по лоткам от смежно работающих станков-автоматов. Емкость магазинов – от нескольких десятков (лотковые магазины) до нескольких сотен деталей (ящичные магазины). В РТК нередко применяют смешанное питание деталями. Базовые детали изделия как наиболее сложные и крупные подаются из магазинов, остальные – из бункерно-ориентирующих устройств или из кассет.

Детали простых форм (шары, цилиндрические пальцы, шайбы, плоские детали простых конфигураций) можно брать и ориентировать специальным захватом робота непосредственно из бункера или из тары, куда они засыпаются навалом. Для более сложных деталей применяют специальные устройства с одной или двумя ступенями автоматической ориентации.

Компоновки сборочных РТК. Периферийные устройства вместе со сборочным роботом образуют сборочный РТК. Состав периферийных устройств определяется характером и содержанием сборочной операции. Далее показаны примеры компоновочных схем РТК для сборочных операций (рисунок 3.9).

На рисунке 3.9, а представлена схема сборки несложных изделий (3–5 деталей) на отдельном РТК, не связанном с другими транспортными устройствами. Детали из емкостей 1 (магазинов, кассет, бункеров) в ориентированном

виде передаются роботом 2 в сборочное приспособление 3. Собранные изделия передаются роботом в тару 4.

При сборке более сложных изделий (5–10 деталей) в компоновке РТК предусматривается магазин сменных захватов и сборочных инструментов 5 (рисунок 3.9, б).

В компоновку РТК включают технологическое оборудование 6 (рисунок 3.9, в), если при сборке изделий необходимо выполнить запрессовку, клепку, точечную электросварку и другие операции. В этом случае сборка начинается в приспособлении 3, затем изделие рабочим органом робота передается на технологическое оборудование 6 и далее (если нужно) возвращается для завершения сборки опять в приспособление 3.

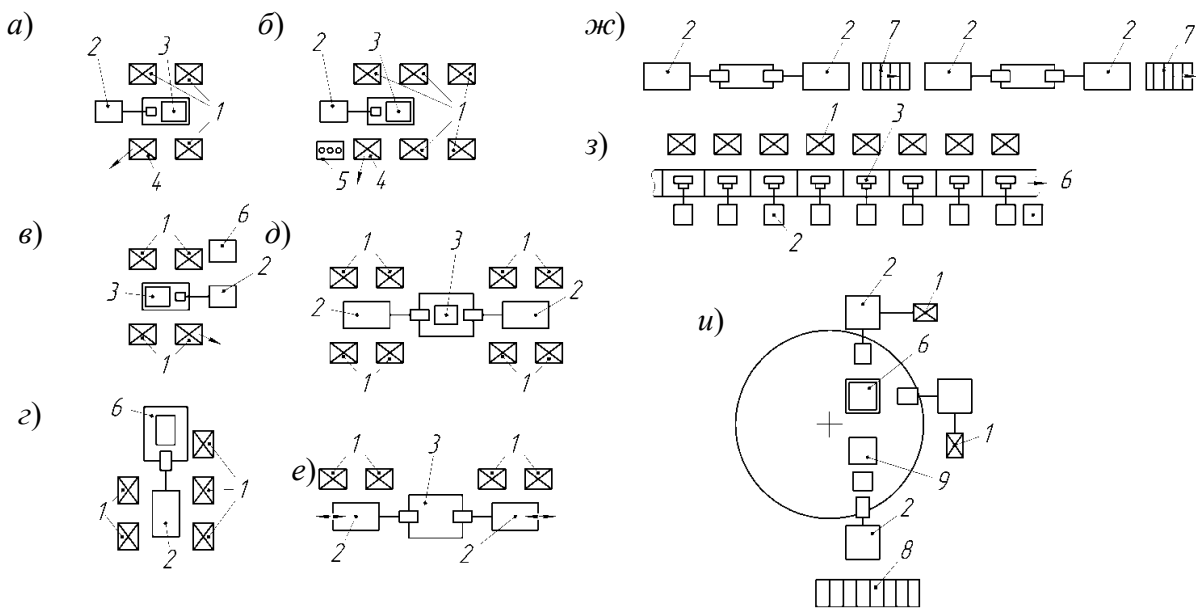


Рисунок 3.9 – Примеры компоновочных схем РТК для сборочных операций

Сборка несложных изделий может быть полностью выполнена в рабочей зоне технологического оборудования 6 (рисунок 3.9, г – машина для точечной или шовной сварки, пресс и др.).

Для повышения производительности сборку нередко выполняют на РТК с двумя или большим числом стационарно расположенных роботов (рисунок 3.9, д). При больших габаритах изделия 3 эти роботы могут быть подвижными для расширения рабочей зоны сборки (рисунок 3.9, е).

При сборке сложных многокомпонентных изделий РТК могут образовывать цепочку с гибкой транспортной связью 7 между ними (рисунок 3.9, ж). Передача собираемого изделия от одного РТК к другому производится роботами без потери ориентации изделия.

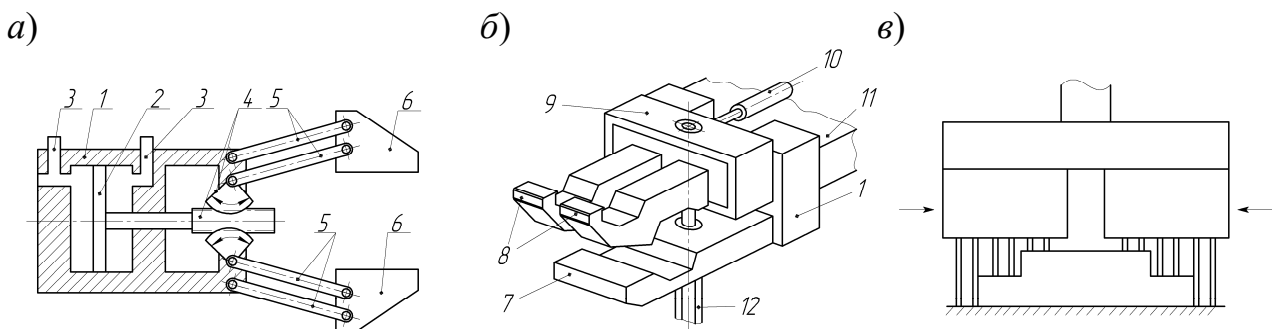
В поточно-массовом производстве РТК представляет собой участок сборочного конвейера (рисунок 3.9, з), вдоль которого расположены синхронно работающие роботы 2 и емкости 1 для деталей собираемого изделия. На рабочих позициях конвейера периодического действия закреплены сборочные приспособления 3. В некоторых случаях у конвейера может быть расположено необходимое технологическое оборудование 6.

РТК на базе карусельной установки (круглого стола) с передачей собранных изделий на конвейер 8 показан на рисунке 3.9, и. По периферии стола расположены емкости 1 для деталей, а на неподвижной центральной части стола – малогабаритное технологическое оборудование 6 и устройства 9 для контроля изделий.

Захватные устройства роботов – одна из важных частей робототехнических систем. Они должны быть простыми по конструкции, надежными и безопасными в работе, быстродействующими, точными по захвату и центрированию деталей. ЗУ не должны деформировать детали и портить их поверхности. Захваты могут быть универсальными (типа клещей) и специальной конструкции, постоянными и сменными. Последние применяют при сборке многокомпонентных изделий, а также в ГАП.

Конструкции захватов многообразны. По принципу работы их делят на механические, магнитные, вакуумные и струйные.

Наиболее распространены *механические захваты* (рисунок 3.10). Их применяют для деталей различных размеров и форм. Они незаменимы для крупных и тяжелых деталей. Усилие захвата определяют с учетом силы тяжести детали и инерционных сил, возникающих при ее переносе на сборочную позицию робота. Одна из разновидностей механических захватных устройств (ЗУ) – с реечно-рычажным механизмом – показана на рисунке 3.10, а. Корпус 1 служит одновременно рабочим пневмоцилиндром привода и базой для крепления реечно-рычажной передачи 4 усилительно-передающего звена. Воздух в полость цилиндра передается по каналам 3, и в зависимости от состояния клапанов, управляющих каналами 3, поршень 2 со штоком и рейкой перемещается в заданном направлении. Перемещение рейки приводит к качанию секторов рычажной передачи 4, а также спаренных параллелограммных механизмов 5 с губками 6 на концах. Использование плоскопараллельных рычагов в параллелограммных механизмах 5 обеспечивает строго параллельное расположение рабочих поверхностей губок 6 во всем диапазоне их перемещения.



а – с рычажным механизмом; б – с расширенными технологическими возможностями; в – захват детали многопальцевым ЗУ; 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – каналы подачи воздуха; 4 – реечно-рычажная передача; 5 – параллелограммный механизм; 6 – губки; 7 – нижний захват; 8 – верхний захват; 9 – корпус верхнего захвата; 10 – привод вращения; 11 – рука ПР; 12 – привод вертикального перемещения

Рисунок 3.10 – Механические захваты

Суммарная погрешность несовпадения осей сопрягаемых деталей на позиции роботизированной сборки достигает 0,3...0,8 мм, причем погрешность захвата составляет 10 %...15 % от этой величины. Жесткая сборка соединений с зазорами менее 0,2 мм в этих условиях становится невозможной. Для устранения этого недостатка применяют захватные устройства с упругими компенсаторами. Сборочное усилие при этом уменьшается в 3–4 раза. Для уменьшения погрешности позиционирования сборочную позицию целесообразно располагать ближе к центру рабочей зоны робота. Это, кроме того, сокращает площадь РТК в результате более экономного размещения периферийных устройств.

Часто ТП требует, чтобы один промышленный робот обслуживал ряд объектов, отличающихся по форме, физико-механическим свойствам, размерам и т. д., в связи с чем в ЗУ должна быть предусмотрена возможность быстрой переналадки. Для механических ЗУ такая переналадка выражается, как правило, в смене губок. Однако при этом обеспечивается переналадка захватных устройств в узком диапазоне номенклатуры захватываемых объектов. Поэтому стремятся создать более универсальные устройства за счет конструктивных решений.

На рисунке 3.10, б показана конструкция механического спаренного захватного устройства, имеющего расширенные технологические возможности. Это достигается совмещением в одном ЗУ двух механизмов: нижнего 7 и верхнего гравитационного 8, расположенных в корпусе 1. В свою очередь, корпус 1 захватного устройства крепится к руке 11 манипуляционной системы ПР. Устройство может осуществлять захват объектов между нижним механизмом 7 и внутренней профилированной поверхностью верхнего механизма 8. С этой целью приводом 12 вертикального перемещения корпуса 9 верхнего механизма 8 осуществляется сведение механизмов 7 и 8 до полного зажима находящегося между ними объекта. В случае, когда не требуется четкое фиксирование объекта в ЗУ, используется гравитационный призматический механизм 8. Захватное устройство снабжено приводом вращения 10 для осуществления ориентирующих движений вокруг оси крепления корпуса 9 к руке 11 промышленного робота.

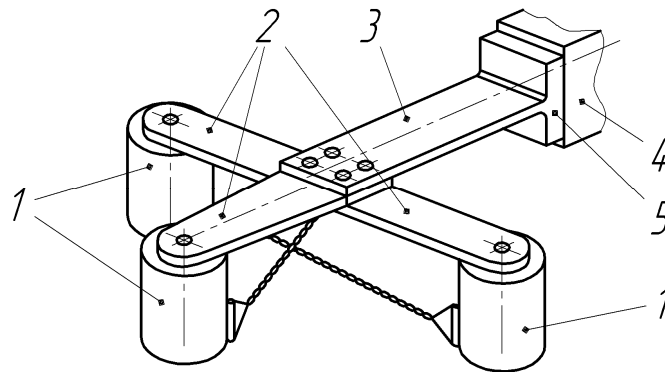
Разновидность универсальных ЗУ – многопальцевая конструкция, в которой пальцы могут перемещаться вдоль своей продольной оси, адаптируясь к форме захваченной детали (см. рисунок 3.10, в). В зависимости от конкретной конструкции фиксация детали в ЗУ производится различными способами: с помощью вакуумных присосок, расположенных на каждом из пальцев; механическим зажатием боковой поверхности детали прилегающими к ней пальцами; двухсторонним обхватом детали многопальцевыми створками. Установка датчика перемещения на каждом пальце дает возможность определять рельеф поверхности захваченной детали, ее размеры, расположение в плоскости ЗУ. Эта информация служит для выработки управляющих воздействий на приводы промышленного робота и внешние устройства.

Наличие на производстве широкой номенклатуры объектов из ферромагнитных материалов предопределяет целесообразность использования магнит-

ных ЗУ. Особенно успешно такие устройства применяются в заготовительном производстве при обслуживании объектов плоской формы.

Магнитные (электромагнитные) захваты не имеют подвижных деталей, что повышает точность позиционирования и упрощает их конструкцию. Магнитные ЗУ отличаются надежностью захвата объектов, возможностями управления усилием захвата и быстрой переналадки путем смены зажимных элементов. Эти захваты применяют для деталей небольших и средних размеров из магнитных материалов. Удерживающая сила захватного устройства до 150 Н на 1 см² поверхности полюса.

Одна из разновидностей магнитных ЗУ, приведенная на рисунке 3.11, может использоваться как для захвата объектов из листового материала, так и для группового захвата объектов каждым из электромагнитов, входящих в состав устройства. Количество электромагнитов, таким образом, определяется необходимым числом одновременно захватываемых изделий.



1 – электромагниты; 2 – кронштейн; 3 – основание; 4 – рука ПР; 5 – кисть ПР

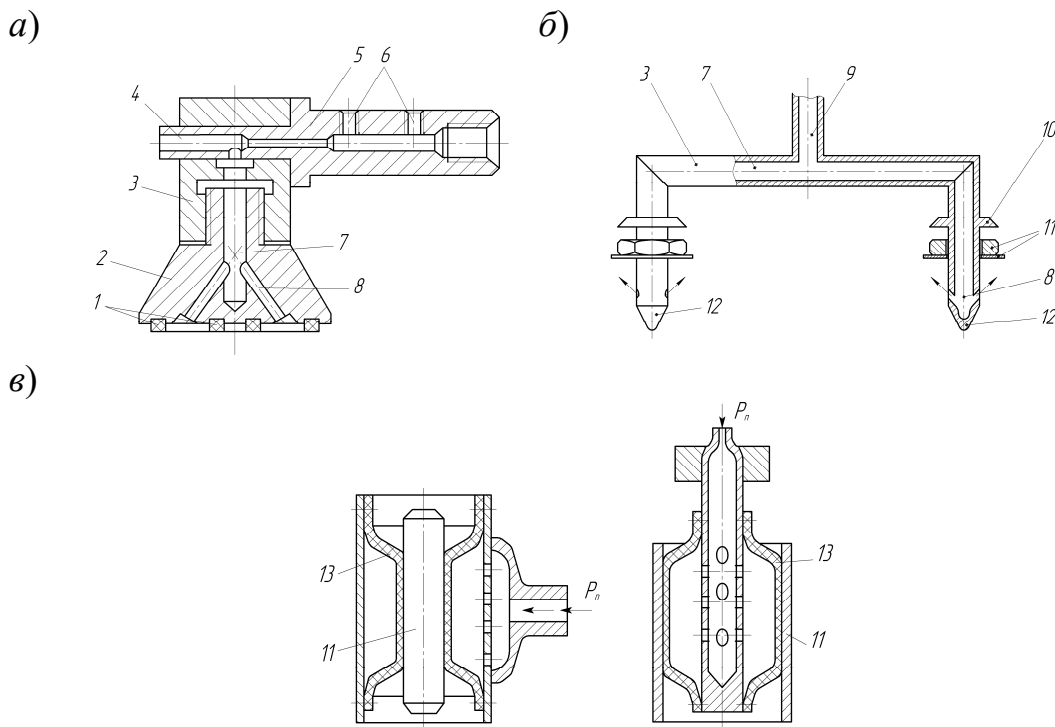
Рисунок 3.11 – Магнитное ЗУ

Пневматические ЗУ. Конструктивно ЗУ эжекторного типа (рисунок 3.12, а) представляет собой корпус 3, на котором укреплен держатель 2 с резиновыми амортизирующими кольцами 1. Корпус 3 связан с распределителем 5, устанавливаемым на кисти ПР. Система распределения воздуха по питающему каналу 7 и рабочим соплам 8 от жиклера 4 создает отсос воздуха из-под резиновых колец 1, за счет чего объект прижимается к торцу колец 1. Регулирование усилия захвата и вывод захватного устройства на рабочий режим производятся регулировочными каналами 6. Для эжекторных, а также вакуум-присосных ЗУ характерен амортизирующий эффект, в связи с чем такие устройства чаще всего используются при работе с легкодеформируемыми и хрупкими объектами

Описанный преобразователь-схват, в отличие от известных вакуумных присосок с эластичным элементом, не предъявляет высоких требований к шероховатости обработки поверхности объекта и его температуре.

Аналогичную конструкцию имеют и вакуум-присосные ЗУ, но с тем отличием, что эжекторный канал заглушается с внешней стороны, а в распределителе создается разрежение (а не подается струя воздуха). Вакуумные

захваты применяют преимущественно для плоских деталей небольшой массы из любых материалов. Удерживающая сила хватного устройства до 8 Н на 1 см² активной поверхности.



а – эжекторного типа; *б* – струйное ЗУ; *в* – универсальные камерные ЗУ; 1 – резиновые кольца; 2 – держатель; 3 – корпус; 4 – жиклер; 5 – распределитель; 6 – регулировочные каналы; 7 – питающий канал; 8 – сопла; 9 – входной канал; 10 – ограничительный борт; 11 – объекты манипулирования; 12 – рабочий элемент; 13 – упругая оболочка

Рисунок 3.12 – Пневматические ЗУ

В точном приборостроении, электронной и смежных отраслях промышленности при работе с плоскими и цилиндрическими объектами небольших масс и габаритных размеров широко применяются *струйные ЗУ*. Струйные захваты используют для легких деталей с базовым отверстием. Принцип действия – создание вакуума в зазоре между центрирующим пальцем и отверстием детали при подаче сжатого воздуха в наклонные отверстия пальца. Вытекающие струи воздуха поддерживают деталь на пальце при ее переносе на сборочную позицию. Струйные захваты являются надежными и быстродействующими, применяются для мелких и легких деталей.

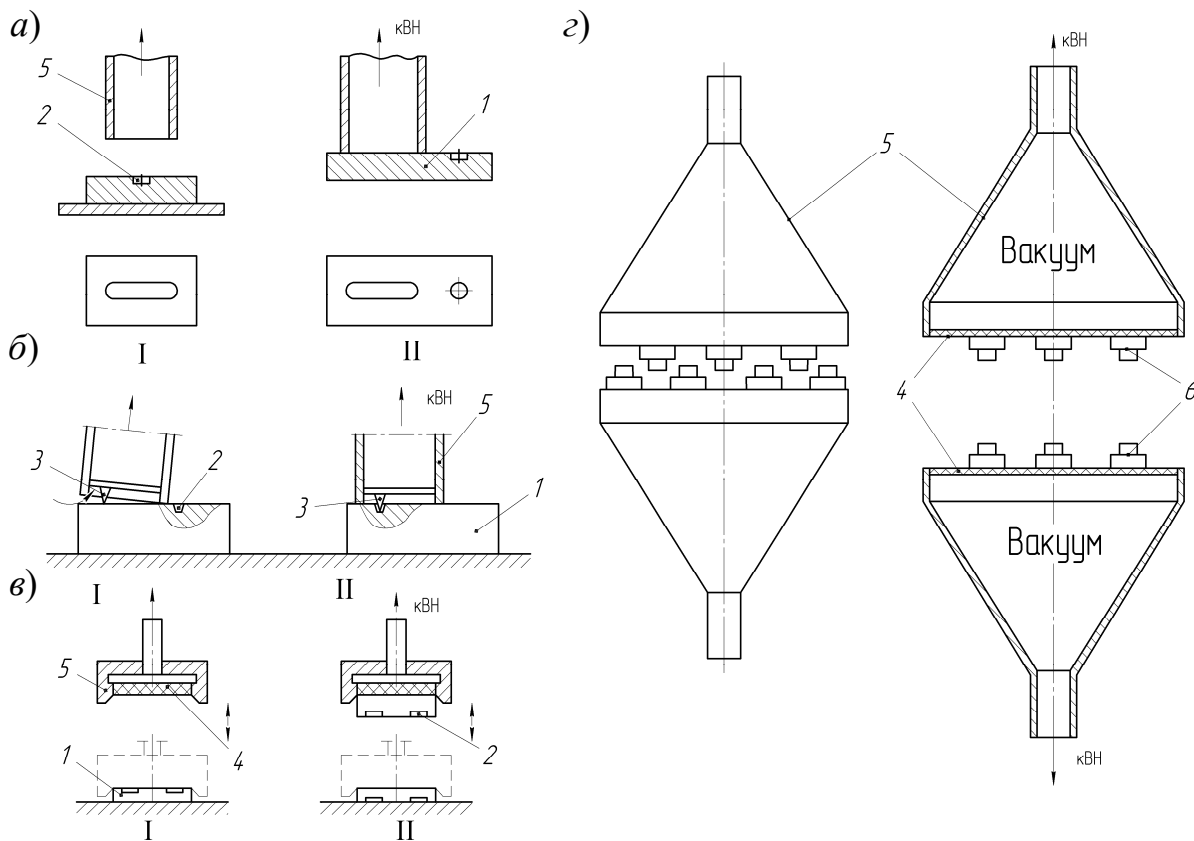
К их достоинствам относятся возможность комплектации изделия или накопления объектов, совмещение процесса захвата с ориентированием объектов, простота конструкции и удобство обслуживания.

Конструктивно струйные ЗУ представляют собой корпус 3 (рисунок 3.12, б), выполняющий роль распределителя потока воздуха, поступающего из входного канала 9, по каналам 7 питания рабочих сопел 8 хватного устройства. Изображенное на рисунке 3.12, б хватное устройство предназначено для обслуживания объектов, имеющих сквозные отверстия: шунтов, статоров и

роторов конденсаторов переменной емкости, обыкновенных и пружинных шайб, гаек и т. п. Процесс захвата осуществляется введением рабочих элементов 12 в отверстия объектов 11 и подачей струи воздуха в рабочие сопла 8. Сопла расположены под углом к образующей рабочих элементов 12 так, что, выходя из сопел 8, струи воздуха прижимают объекты 11 к ограничительному бурту 10.

Для тонкостенных деталей типа стаканов и гильз используют пневмокамерные захваты (рисунок 3.12, в). Деталь 11 вставляется в захват и закрепляется там упругой оболочкой 13, в которую подается сжатый воздух.

Селективные захваты предназначены для удержания только правильно ориентированных деталей. Примерами вакуумных селективных захватов служат: щелевой (рисунок 3.13, а), с игловым щупом (рисунок 3.13, б), с микропористой вставкой (рисунок 3.13, в, г). Подобные захваты способны удерживать микроминиатюрные детали типа полупроводниковых чипов. Путем настройки вакуума захватываются только детали, обращенные к микропористой вставке большей площадью.



а – щелевой; б – с игловым щупом; в, г – с микропористой вставкой; 1 – деталь; 2 – углубление; 3 – игловый щуп; 4 – микропористая вставка; 5 – корпус захвата; 6 – чип; I – подсос (не захват); II – захват детали

Рисунок 3.13 – Схемы селективных вакуумных захватов

3.3 Примеры тестовых заданий

- 1 Сборочные станки по степени совмещения операций могут быть:
 - а) последовательного действия;
 - б) параллельного действия;
 - в) последовательно-параллельного действия;
 - г) непрерывного действия;
 - д) дискретного действия.
- 2 В состав сборочного РТК обязательно входят:
 - а) промышленный робот;
 - б) сборочное приспособление;
 - в) устройство накопления и хранения режущего инструмента;
 - г) рабочий;
 - д) измерительный инструмент.

4 Практическая работа № 9. Проектирование ТП обработки валов в условиях массового производства

Цель работы: приобретение практических навыков разработки технологических процессов (ТП) обработки валов в условиях массового производства.

4.1 Теоретические сведения

Подготовка технологических баз. Обработка торцов и сверление центровых отверстий. Операцию осуществляют в массовом производстве на фрезерно-центровальных станках барабанного типа, которые одновременно фрезеруют и центруют две заготовки без съема их со станка. Форму и размеры центровых отверстий назначают в соответствии с их технологическими функциями по ГОСТ 14034–74. Для нежестких валов (отношение длины к диаметру более 12) выполняют обработку шеек под люнеты.

Токарная (черновая). Выполняется за два установа на одной операции или каждый установ выносится как отдельная операция. Проводится точение наружных поверхностей (с припуском под чистовое точение и шлифование) и канавок. Это обеспечивает получение точности IT12, шероховатости Ra 6,3 мкм. Операцию выполняют: в крупносерийном и массовом – на многошпиндельных, многорезцовых и гидрокопировальных полуавтоматах; мелкие валы могут обрабатываться на токарных автоматах.

Токарная (чистовая). Аналогична представленной выше. Проводится чистовое точение шеек (с припуском под шлифование). Обеспечивается точность IT11–10, шероховатость Ra 3,2 мкм.

Фрезерная. Фрезерование шпоночных канавок, шлицев, зубьев, всевозможных лысок.

Шпоночные пазы в зависимости от конструкции обрабатываются либо дисковой фрезой (если паз сквозной) на горизонтально-фрезерных станках,

либо пальцевой фрезой (если паз глухой) на вертикально-фрезерных станках. В массовом производстве для получения глухих шпоночных пазов используют шпоночно-фрезерные полуавтоматы, работающие маятниковым методом.

Шлицевые поверхности на валах чаще всего получают способом обкатывания червячной фрезой на шлицефрезерных или зубофрезерных станках.

Сверлильная. Сверление всевозможных отверстий.

Резьбонарезная. На закаливаемых шейках резьбу изготавливают до термообработки. Если вал не подвергается закалке, то резьбу нарезают последней операцией (для предохранения резьбы от повреждений). Мелкие резьбы у термообрабатываемых валов получают сразу на резьбошлифовальных станках. Внутренние резьбы нарезают машинными метчиками на сверлильных, револьверных и резьбонарезных станках в зависимости от типа производства. Наружные резьбы нарезают гребенчатой фрезой на резьбофрезерных станках или накатыванием.

Термическая. Закалка объемная или местная согласно чертежу детали.

Шлифовальная. Шейки вала шлифуют на круглошлифовальных или бесцентрошлифовальных станках.

Шлицы шлифуются в зависимости от способа центрирования шлицевой поверхности:

- по наружному диаметру – наружное шлифование на круглошлифовальных станках;

- по боковой поверхности – шлифование боковых поверхностей на шлицешлифовальном полуавтомате;

- по внутреннему диаметру – шлифование боковых поверхностей шлицев и шлифование внутренних поверхностей по диаметру либо профильным кругом одновременно, либо в две операции.

С дополнительными сведениями по выполнению работы можно ознакомиться в [5, с. 121–132].

Задания для выполнения практической работы приведены в [5, с. 302–308; 6, с. 236–245].

4.2 Пример выполнения практической работы

1 Цель практической работы.

2 Чертеж детали (рисунок 4.1).

3 Разработка технологического процесса.

Технологический процесс обработки вала в условиях массового производства вала оформляем в виде таблицы 4.1.

4 Выводы: разработан ТП изготовления вала в условиях массового производства.

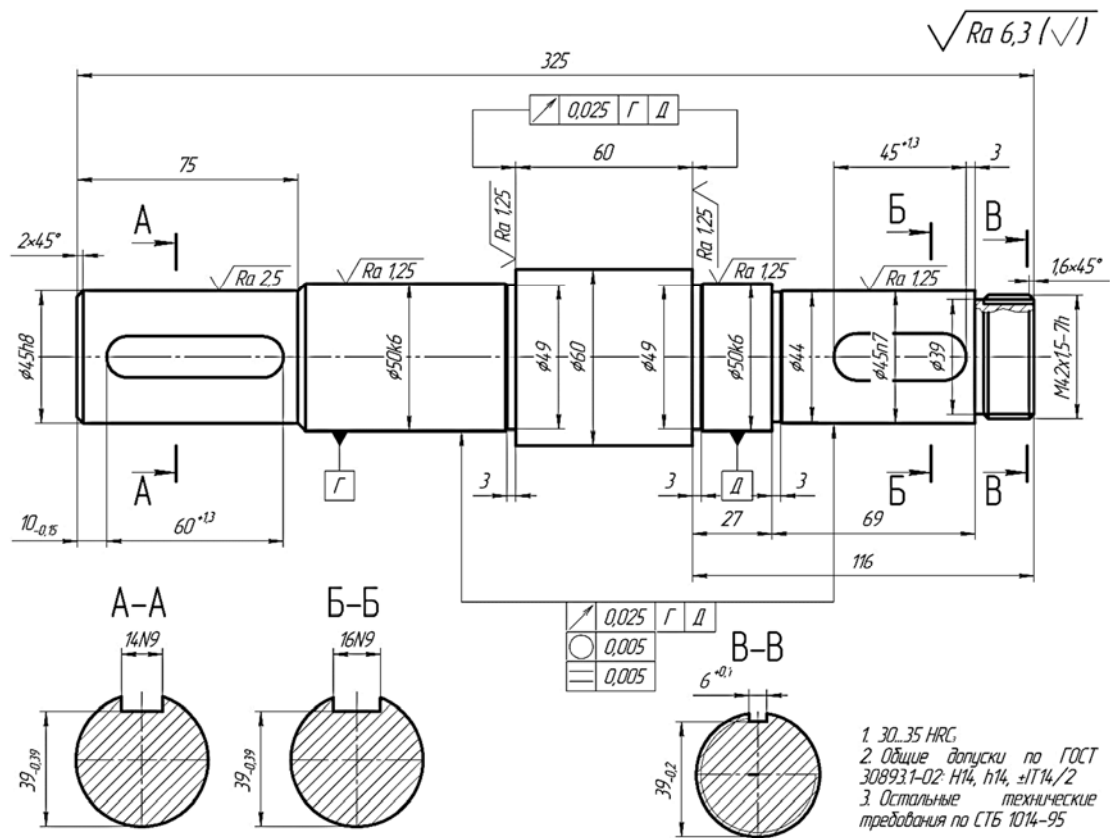
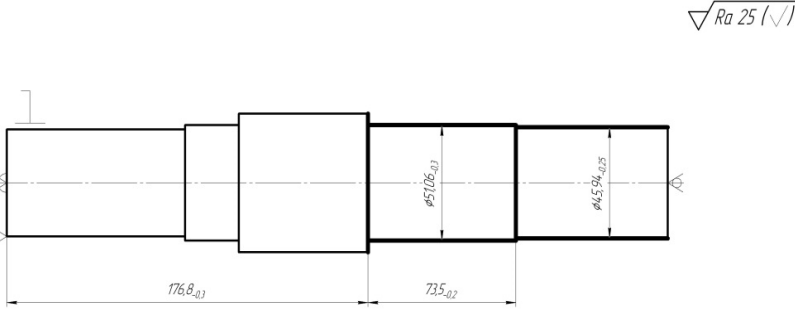
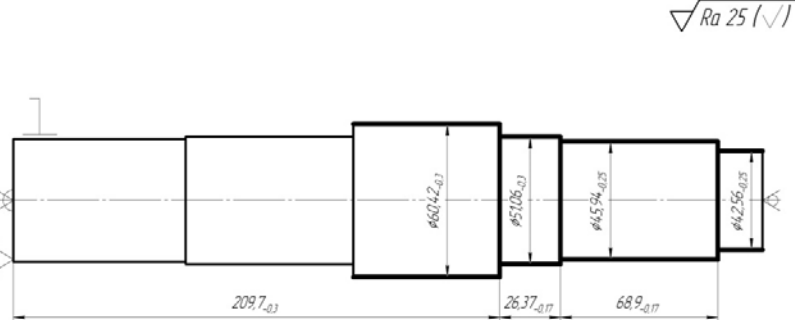
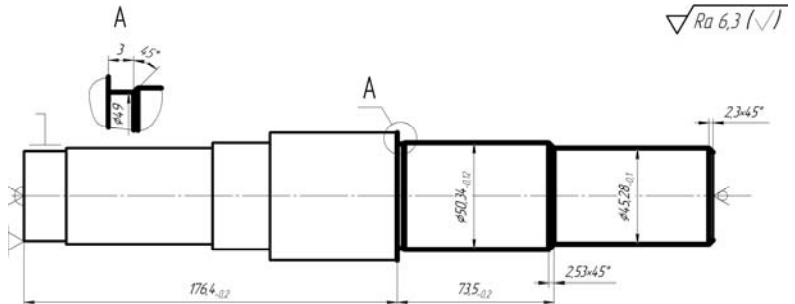
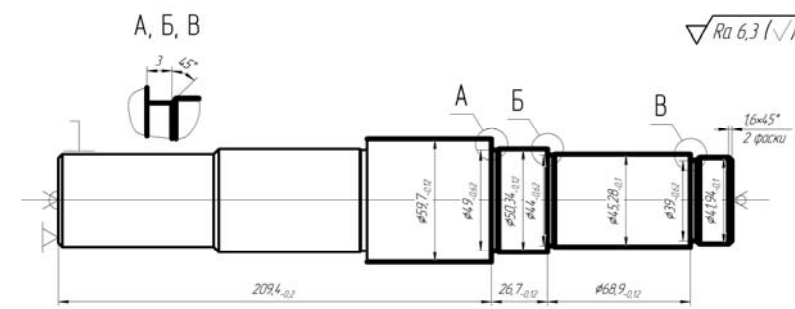
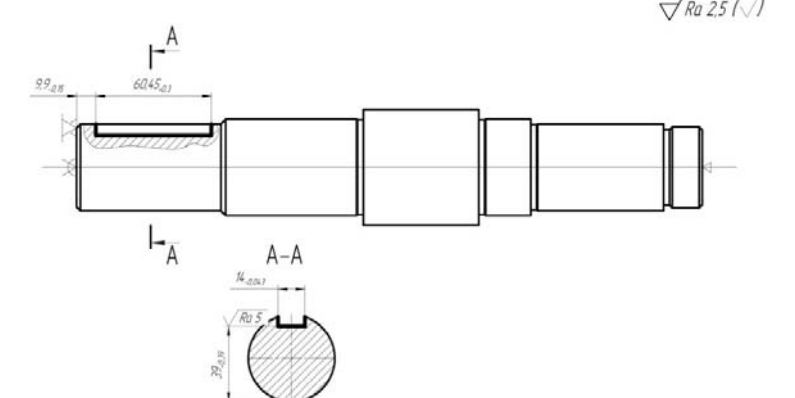


Рисунок 4.1 – Чертеж вала

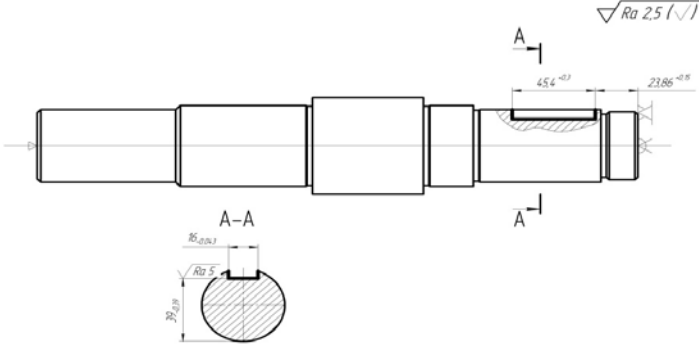
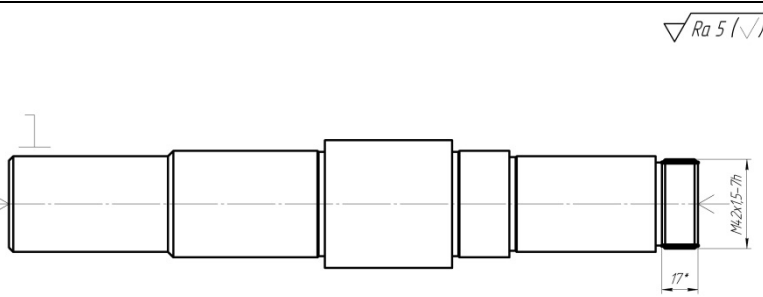
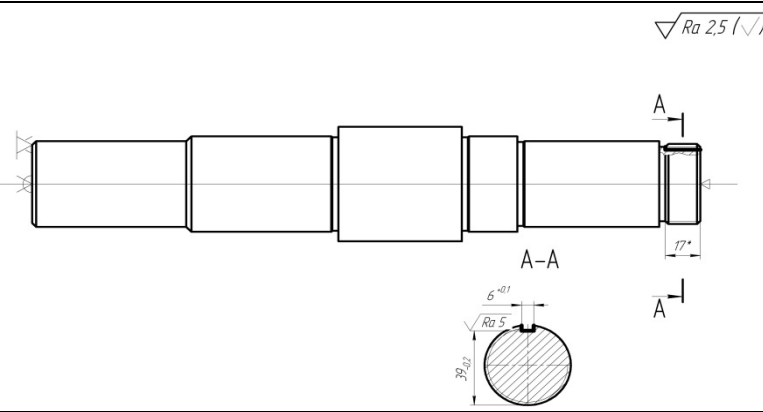
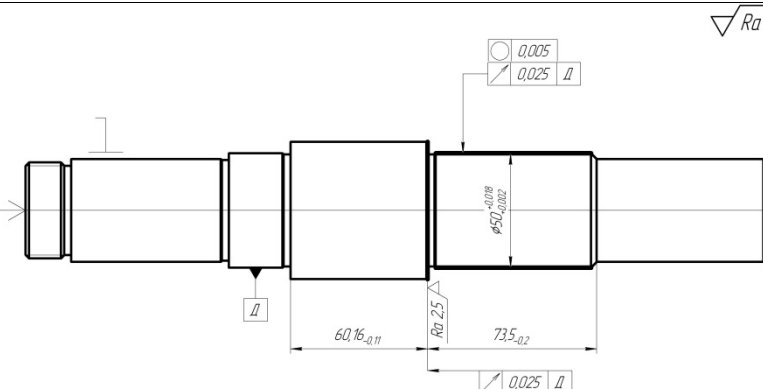
Таблица 4.1 – Пример технологического процесса обработки вала в условиях массового производства

Номер, наименование операции	Эскиз обработки, содержание переходов	Оборудование, инструмент
1	2	3
005 Заготовительная	<p> $\phi 52_{-1,8}$, $\phi 54_{-1,6}$, $\phi 60_{-1,1}$, $\phi 54_{-1,8}$, $\phi 50_{-1,6}$ $75,4_{-0,9}^{+1,7}$, $64,1_{-0,5}^{+1,0}$, $26,6_{-0,4}^{+1,0}$, $88,5_{-0,5}^{+1,0}$ $320_{-0,8}^{+1,2}$ </p>	КГШП, поковка
010 Фрезерно-центровальная 1 Фрезеровать торцы. 2 Сверлить два центральных отверстия	<p> $\sqrt{Ra 2,5}$ $325_{-1,6}$, $114,7_{-1,25}$ $\sqrt{Ra 2,5}$ 2. Устр. отв. А6.3 ГОСТ 14034-74 </p>	Фрезерно-центровальный п/автомат МР-76М. Фреза торцовая, сверло центровочное

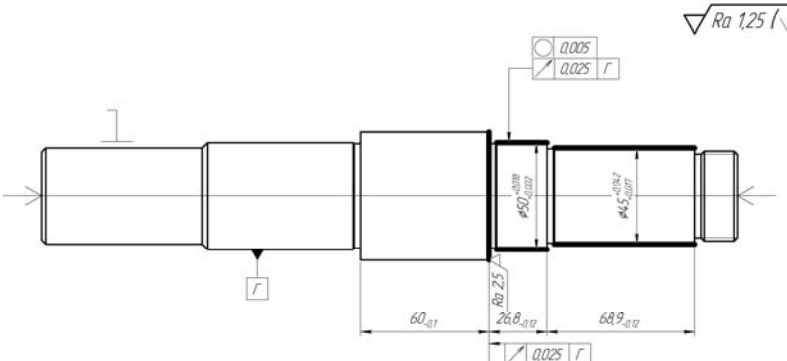
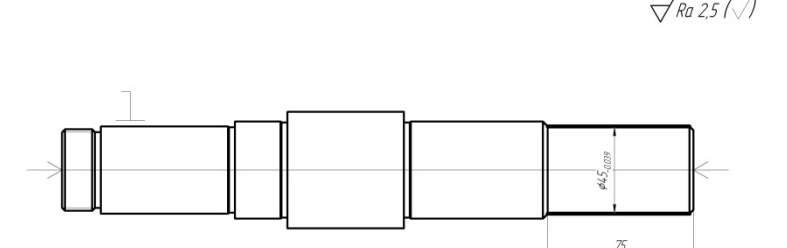
Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
<p>015 Токарная многорезцовая черновая</p> <p>1 Точить поверхности со стороны выходного конца вала</p>		<p>Токарно-много-резцовый п/автомат 1Н713. Резцы</p>
<p>020 Токарная многорезцовая черновая</p> <p>1 Точить поверхности со стороны резьбового конца вала</p>		<p>Токарно-много-резцовый п/автомат 1Н713. Резцы</p>
<p>025 Токарная гидрокопировальная чистовая</p> <p>1 Точить поверхности со стороны выходного конца вала</p>		<p>Токарный гидрокопировальный п/автомат 1708. Резцы</p>
<p>030 Токарная гидрокопировальная чистовая</p> <p>1 Точить поверхности со стороны резьбового конца вала</p>		<p>Токарный гидрокопировальный п/автомат 1708. Резцы</p>
<p>035 Шпоночно-фрезерная</p> <p>1 Фрезеровать шпоночный паз на выходном конце вала</p>		<p>Шпоночно-фрезерный 692Р. Фреза шпоночная</p>

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
<p>040 Шпоночно-фрезерная</p> <p>1 Фрезеровать шпоночный паз на ступени под шестерню</p>		<p>Шпоночно-фрезерный 692Р. Фреза шпоночная</p>
<p>045 Резьбо-фрезерная</p> <p>1 Фрезеровать резьбу М42х1,5-7h</p>		<p>Резьбо-фрезерный п/автомат 5К63. Фреза групповая</p>
<p>050 Шпоночно-фрезерная</p> <p>1 Фрезеровать паз на резьбовом конце вала</p>		<p>Шпоночно-фрезерный 692Р. Фреза шпоночная</p>
<p>055 Гальваническая</p> <p>1 Меднить резьбовой конец вала</p>		<p>Ванна гальваническая</p>
<p>060 Термическая</p> <p>1 Цементация. 2 Закалка. 3 Отпуск</p>		<p>Безмуфельный агрегат ЗИЛ</p>
<p>065 Торцекрылошлифовальная</p> <p>1 Шлифовать Ø50 и торец</p>		<p>Торцекрылошлифовальный п/автомат 3Т161Е. Круг шлифовальный</p>

Окончание таблицы 4.1

1	2	3
070 Торце­круг­лошлифовальная 1 Шлифовать Ø45, Ø50 и торец		Торце­круг­лошлифовальный п/автомат 3Т161Е. Круг шлифовальный
075 Круглошлифовальная 1 Шлифовать Ø45		Круглошлифовальный 3М153Е. Круг шлифовальный
080 Резьбонарезная 1 Калибровать резьбу		Резьбонарезной 5Д07. Плашка
085 Моечная		Моечная машина
090 Контрольная		Стол ОТК

Контрольные вопросы

- 1 Классификация валов по жесткости.
- 2 Конструктивные особенности многоинструментальных станков.
- 3 Способ точения многоступенчатого вала только с продольной подачей.

Список литературы

1 **Жолобов, А. А.** Технология машиностроения: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1: Формообразование деталей и сборка узлов машин / А. А. Жолобов, А. М. Федоренко. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 519 с. : ил.

2 **Жолобов, А. А.** Технология машиностроения: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1: Формообразование деталей и сборка узлов машин / А. А. Жолобов, А. М. Федоренко. – Минск: РИВШ, 2020. – 520 с. : ил.

3 Технология машиностроения : учебное пособие: в 2 ч. Ч. 2: Высокоэффективные технологии и оборудование современных производств / А. А. Жолобов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова. – Минск: РИВШ, 2020. – 480 с. : ил.

4 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.] ; под общ. ред. А. А. Жолобова, В. И. Аверченкова. – 2-е изд., стер. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 444 с.

5 Технология машиностроения. Практикум: учебное пособие / А. А. Жолобов [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 335 с.

6 **Жолобов, А. А.** Практикум по технологии машиностроения: учебное пособие / А. А. Жолобов, И. Д. Камчицкая, А. М. Федоренко; под ред. А. А. Жолобова. – Минск: РИВШ, 2020. – 316 с.