

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Факультет «Магистратура»

РОДИНА А.А., КОЛОДИН А.Н., ХВАТОВ Б.Н.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА
БАЗЕ РТК**

Утверждено Методическим советом ТГТУ
в качестве учебного пособия для студентов магистратуры, обучающихся по направлению
151900.68 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»



Тамбов
2014

Рецензенты:
Доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
Д. Ю. Муромцев

Начальник бюро САПР ОАО «Тамбовмаш»
Г. И. Поздников

Родина, А.А.

Технологическое оснащение автоматизированных производств на базе РТК: учеб.
пособие/А.А. Родина, А.Н. Колодин, Б.Н. Хватов.
-Тамбов, 2014.-82 с.

В учебном пособии изложены основные принципы технологической подготовки роботизированных технологических комплексов деталей с развитой поверхностью фланца на многооперационных станках сверлильно-фрезерно-расточной группы типа МС12-250, а также методические указания по выполнению лабораторных работ с целью приобретения студентами практических навыков в области конструкторско-технологического обеспечения автоматизированного производства.

Утверждено Методическим советом ТГТУ
(протокол № 24 от 18.12.2013)

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификации развития науки и техники предусматривает широкое применение робототехнических систем в различных отраслях промышленности. Целенаправленная подготовка специалистов в этой области должна определять получение знаний как по принципиальным основам построения, так и по эксплуатации робототехнических систем.

Выполнение лабораторного практикума по робототехнике предусматривается учебным планом магистрантов при изучении дисциплины «Технологическая подготовка производства» и служит для формирования следующих компетенций:

- способности совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень (ОК-1);
- способности к самостоятельному обучению новым методам исследования, изменению научного профиля своей профессиональной деятельности (ОК-2);
- способности использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских, проектных и производственных работ, в управлении коллективом, влиять на формирование целей команды, воздействовать на её социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности (ОК-4);
- способности реализовывать технические задания на модернизацию и автоматизацию действующих в машиностроении производственных и технологических процессов и производств, средства и системы необходимые для реализации модернизации и автоматизации (ПК-2);
- способности участвовать в разработке проектов машиностроительных изделий и производств с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров (ПК-6);
- способности проводить технические расчеты по выполненным проектам, технико-экономическому и функционально-стоимостному анализу эффективности проектируемых машиностроительных производств, реализуемых ими технологий изготовления продукции, средствам и системам оснащения (ПК-9);
- способности разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления машиностроительных изделий (ПК-14);
- способности участвовать в модернизации и автоматизации действующих и проектирование новых эффективных машиностроительных производств различного назначения, средств и систем их оснащения, производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства (ПК-15);
- способности выбирать материалы, оборудование и другие средства технологического оснащения, автоматизации и управления для реализации производственных и технологических процессов изготовления машиностроительных изделий (ПК-16);
- способности участвовать в организации процесса разработки и производства машиностроительных изделий, производственных и технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств различного назначения (ПК-28);
- способности организовывать работу коллектива исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях различных мнений, определять порядок выполнения работ (ПК-29);
- способности организовывать работы по проектированию новых машиностроительных производств, их элементов, модернизации и автоматизации действующих (ПК-30);
- способности организовывать работы по выбору технологий, инструментальных средств и средств вычислительной техники при реализации процессов проектирования,

изготовления, контроля, технического диагностирования и промышленных испытаний изделий (ПК-31);

- способности оценивать производственные и непроизводственные затраты на обеспечение требуемого качества изделий машиностроения (ПК-33);

- способности ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-46);

- способности выполнять сбор, обработку, анализ, систематизацию и обобщение научно-технической информации, зарубежного и отечественного опыта по направлению исследований, выбирать методы и средства решения практических задач (ПК-60);

- способности осуществлять постановку и модернизацию отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления (ПК-65);

- способности проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий, включая лабораторные и практические, а также обеспечивать научно-исследовательскую работу студентов (ПК-66);

- способности участвовать в организации приемки и освоения вводимых в производство оборудования, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления (ПК-72);

- способности составлять заявки на оборудование, элементы машиностроительных производств (ПК-73);

- способности выполнять работу по повышению квалификации сотрудников подразделений, занимающихся конструкторско-технологическим обеспечением машиностроительных производств (ПК-74).

Лабораторные работы выполняются с целью получения практических навыков и закрепления теоретических знаний по указанной дисциплине. Предусматривается выполнение пяти работ. Основное внимание уделяется изучению основ технологической подготовки роботизированных технологических комплексов. Для выполнения работ учебная группа разбивается на бригады по 3 - 5 человек. При подготовке к выполнению каждой работы студент должен:

- изучить соответствующие теоретические разделы литературы, указанной в учебном плане;

- познакомиться с описанием лабораторной работы;

- составить таблицы для записи результатов;

- изучить и усвоить правила техники безопасности при работе с приборами и устройствами согласно инструкции.

Проверка подготовленности к выполнению очередной лабораторной работы осуществляется преподавателем при личном опросе. Если студент не знает содержания и методики проведения предстоящей лабораторной работы, то он не допускается к ее выполнению.

По каждой лабораторной работе студент составляет индивидуальный отчет, который должен содержать принципиальные схемы и результат исследования в виде таблиц и графиков с необходимыми пояснениями и выводами. Отчет выполняется на листах писчей бумаги, а графики - на масштабной бумаге. Все листы отчета должны быть сброшюрованы. Отчет предъявляется преподавателю для проверки и служит основой для сдачи зачета по практикуму.

Во время зачета студент должен показать прочные знания по соответствующим разделам дисциплины, а также по использованию методов экспериментального исследования и расчета. При отсутствии такого уровня знаний работа считается незачтенной, а студент допускается к повторному зачету не ранее чем через 7-10 дней. Если и при повторном зачете студент проявил неудовлетворительные знания, то он должен индивидуально вновь выполнить весь объем лабораторных работ.

Перед началом работы непосредственно у лабораторной установки каждый студент должен пройти специальный инструктаж по технике безопасности у преподавателя или лаборанта с обязательной отметкой в журнале по технике безопасности.

Лабораторные работы выполняются только с разрешения преподавателя и в его присутствии.

Перед началом лабораторных работ необходимо:

- убедиться в том, что манипулятор, станок, система управления и компрессор отключены от электропитания;
 - проверить шины заземления и их подключение к лабораторному оборудованию;
 - проверить, нет ли наружных повреждений кабелей электропроводки и шлангов пневмо- и гидروпитания;
 - убрать все посторонние предметы из рабочей зоны робота и проверить ее ограждение;
 - занять рабочие места вне рабочей зоны робота.
- При проведении лабораторной работы необходимо:
- собрать схему и предъявить ее преподавателю и лаборанту и только после их разрешения производить включение;
 - при кратковременном включении лабораторного оборудования проверить работоспособность системы экстренного отключения питания;
 - последовательно включить лабораторное оборудование (станок, робот, тактовый стол) и провести необходимые работы согласно методическим указаниям.

Если при эксплуатации робота появились визуально регистрируемые неисправности, необходимо его немедленно отключить и сообщить об этом преподавателю или лаборанту.

После завершения работ все лабораторное оборудование (станок, робот, тактовый стол) предъявляется для проверки преподавателю или лаборанту и затем выключается. Все органы управления должны находиться в исходном положении.

Студентам запрещается:

- самостоятельно устранять неисправности;
- открывать корпуса устройств;
- класть посторонние предметы на рабочие места;
- включать и выключать устройства, не относящиеся к выполняемому заданию;
- участвовать в работах, выполняемых другими бригадами;
- оставлять без надзора включенные установки.

ЗАДАЧА ПОСТАНОВКИ И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Роботизированный технологический комплекс (РТК) в соответствии с ГОСТ 26962—86 представляет собой совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующую и осуществляющую многократные циклы. Средствами оснащения РТК, обеспечивающими их функционирование, могут быть: устройства накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и т.д.

Автоматизация производства на базе РТК может осуществляться как за счет использования серийно выпускаемых моделей, так и путем создания РТК на базе действующего на предприятии оборудования. Создание РТК на базе имеющегося оборудования требует частичной его модернизации, в частности, обеспечение автоматической установки и закрепление заготовки на станке, оснащение промышленного робота (ПР) специализированным захватным устройством, оборудование операционного накопителя (тактовых столов) устройствами автоматической ориентации заготовок и обработанных деталей, синхронизации управления и т.д.

Под технологической подготовкой производства обычно понимают обеспечение готовности предприятия (единицы технологического оборудования) к выпуску изделий с заданными технико-экономическими показателями [1]. По сравнению с неавтоматизированным производством технологическая подготовка роботизированного производства представляет более сложную и трудоемкую задачу, так как его основу составляют групповые технологические процессы, включающие дополнительно операции, связанные с автоматическим ориентированием, установом, закреплением и откреплением обрабатываемых заготовок, их транспортированием и складированием.

Задачами технологической подготовки роботизированного производства являются следующие [1]:

- анализ номенклатуры обрабатываемых деталей;
- группирование деталей по конструктивно-технологическим признакам и выбор типовых деталей - представителей от каждой группы;
- отработка конструкции деталей на технологичность с точки зрения возможности их автоматического транспортирования и изготовления;
- выбор заготовок и методов их получения;
- предварительная разработка технологического маршрута обработки комплексных деталей на основе имеющихся аналогов; выбор технологического оборудования;
- построение рациональной транспортно-технологической схемы перемещения и складирования заготовок и обработанных деталей;
- определение технических параметров и выбор типа и моделей ПР и операционного накопителя;
- предварительная компоновка РТК;
- уточнение состава и последовательности выполнения всех основных, вспомогательных и транспортных переходов и разработка на этой базе группового технологического процесса обработки деталей по каждой группе;
- проектирование средств технического оснащения РТК (установочного приспособления к станку, специализированного захватного устройства к ПР, магазина-накопителя к тактовому столу и т.д.);
- определение номенклатуры режущего инструмента для обработки комплексной

детали и всего семейства деталей в группе; проектирование групповой инструментальной наладки для обработки всей номенклатуры деталей;

- назначение режимов резания по каждой операции и оптимизация их по t_{0min} ;
- нормирование всех основных, вспомогательных и транспортных переходов, составление циклограммы (алгоритма) работы РТК и определение трудоемкости (станкоемкости) обработки каждой детали и групповой операции в целом;
- оптимизация алгоритма работы РТК по критерию минимума затрат времени на осуществление транспортных и вспомогательных переходов;
- технико-экономическая оценка разработанного процесса и окончательный выбор компоновочной схемы РТК;
- оформление технологической документации.

С целью расширения теоретических знаний и приобретения магистрантами навыков в технической подготовке роботизированных производств предусмотрено выполнение следующих лабораторных работ:

- 1 Анализ номенклатуры, разработка роботизированной групповой технологической операции и управляющих программ механической обработки деталей на РТК.
- 2 Выбор, расчет и конструирование специальной технологической оснастки к РТК.
- 3 Определение условий и режима автоматической установки заготовки в РТК.
- 4 Наладка многоцелевого станка МС 12-250 для работы в составе РТК
- 5 Разработка циклограммы и алгоритма работы РТК.
- 6 Программирование промышленного робота РБ 241-02 для работы в составе РТК.

Рабочие чертежи изготавливаемых на РТК деталей приведены в прил. 1. Предварительный анализ конструкции деталей указывает на том, что все они относятся к деталям типа втулки с развитой поверхностью фланца. Конструкция фланца насчитывает десять типоразмеров. Для формообразования поверхностей фланца приведенных деталей необходимо наличие фрезерной, сверлильной и расточной обработки. Для одновременного осуществления этих операций на одном станке необходим многоцелевой станок с автоматической сменой инструмента.

Для этого качестве технологического оборудования для РТК был выбран многоцелевой станок сверлильно-фрезерно-расточной группы мод. МС 12-250 (рис. 1). Для технологической стыковки станка МС 12-250 с промышленным роботом и тактовым столом разработана специальная оснастка. Основные технические характеристики используемого в РТК оборудования и описание конструкции специальной оснастки к нему приведены ниже.

СОСТАВ И ОБОРУДОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Роботизированный технологический комплекс (РТК), используемый при выполнении лабораторных работ (рис. 1), создан на базе многоцелевого станка МС 12-250 и предназначен для автоматизированной обработки деталей типа втулок с фланцем десяти типоразмеров в условиях мелкого и среднесерийного производства.

Номенклатура обрабатываемых деталей на РТК представлена в прил. 1.

Детали проходят по программе следующие виды обработки: фрезерование торца фланца, фрезерование лысок, пазов, растачивание центрального отверстия со стороны фланца, сверление крепежных отверстий, цекование и снятие фасок в них.

Техническая характеристика РТК

Размеры обрабатываемых деталей, мм	
диаметр	40...200
длина	до 120
Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг	5
Точность обработки, мкм	7...8
Шероховатость обработанной поверхности, R_a , мкм	2,5...5.0
Мощность, потребляемая оборудованием, кВт	25
Габариты РТК (длина × ширина × высота), мм	4750 × 4290 × 2340
Масса РТК, кг	4800

В состав РТК входят (рис. 1): многоцелевой станок **1** мод. МС 12-250, промышленный робот **2** мод. РБ 241-02, оснащенный захватным устройством цангового типа **4**, тактовый стол **3** мод. ТС-99902 (с размещенными на нем восемнадцатью палетами **6**). На палетах установлены приспособления накопителя для размещения заготовок и обработанных деталей. На поворотном столе станка МС 12-250 установлено приспособление **5** для закрепления обрабатываемых заготовок **6**. Станок оснащен магазином **11** с двадцатью инструментами и устройством автоматической их смены.

Управление работой РТК осуществляется от единой управляющей программы, закладываемой в устройство ЧПУ **9** промышленного робота, функционально связанного электрической схемой с устройством ЧПУ **8** многоцелевого станка и пультом управления **10** тактового стола.

Станок снабжен позиционной системой программного управления **8** типа «Размер-2М», позволяющей управлять тремя линейными - X, Y, Z и одной угловой (поворот стола) координатами. Станок работает в автоматическом цикле, информация для работы вводится на перфоленте стандартным кодом ISO-7bit.

Промышленный робот **2** мод. РБ 241-02 (рис. 1) в составе РТК предназначен для транспортирования и автоматической установки и снятия деталей при обслуживании станка и тактового стола. Технологические возможности роботов этой серии позволяют обслуживать один или два станка и образовывать вместе с накопительными и транспортными устройствами гибкие производственные обрабатывающие комплексы.

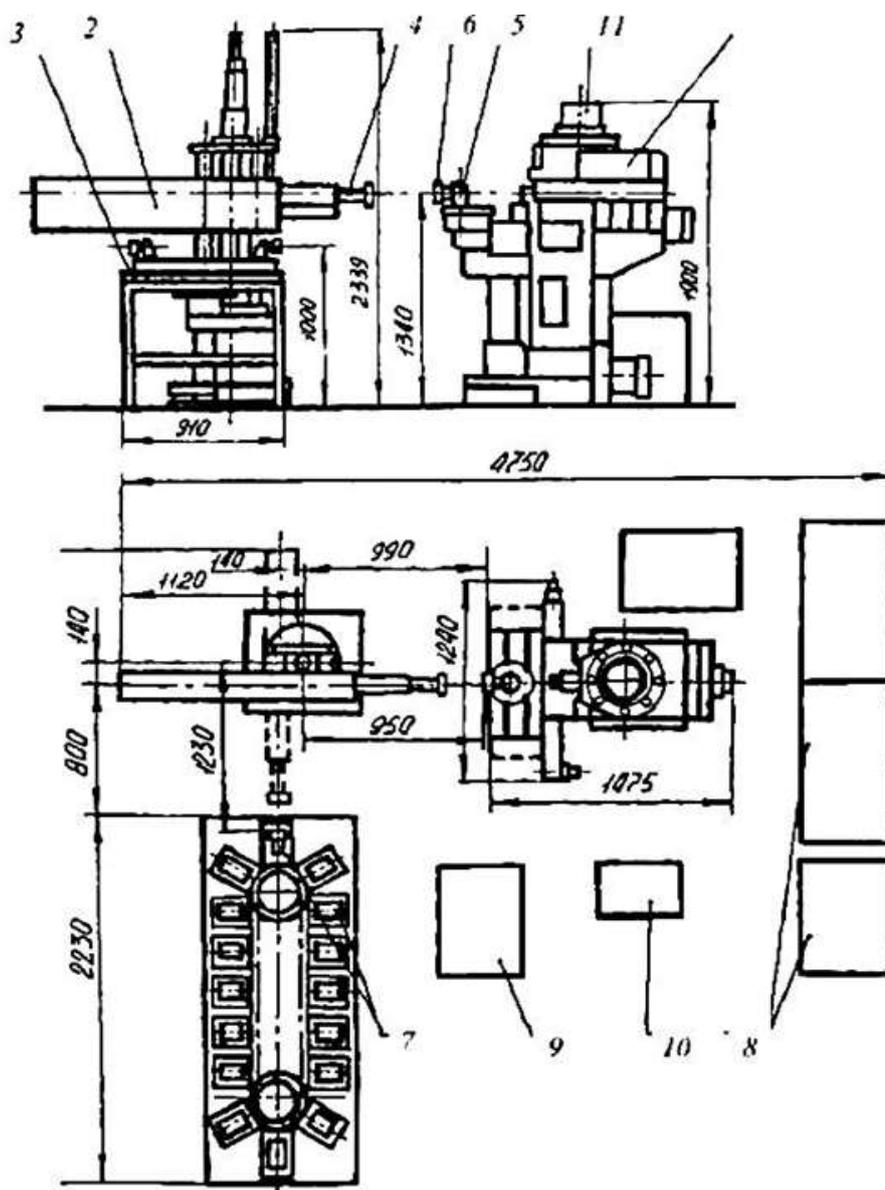


Рис. 1 - Схема роботизированного технологического комплекса:

1-Многоцелевой станок МС 12-250, 2- промышленный робот РБ 241-02, 3-тактовый стол ТС – 99902, 4- захват робота, 5 приспособление, 6- заготовка, 7-палета стола с магазином заготовок, 8 – устройство ЧПУ станка, 9- устройство ЧПУ робота, 10- пульт управления тактовым столом, 11- магазин инструментов

Основные технические данные станка МС 12-250

Диаметр планшайбы поворотного стола, мм	250
Количество фиксированных позиций поворотного стола	24
Точность позиционирования поворотного стола, угл. с	5
Координатные перемещения станка, мм;	
салазок (ось X)	250
суппорта (ось Y)	280

шпиндельной головки (ось Z)	200
Время позиционирования по каждой координате, с	1,5
Время торможения по каждой координате, с	0,5
Количество инструментов в магазине	20
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	45 ..2000
Скорость быстрых перемещений по каждой координате, м/мин	2,4
Скорости рабочих подач по каждой координате, мм/мин	10...1000
Точность линейного позиционирования по каждой координате, мм	0,015
Дискретность приводов подач, мм	0,01
Наибольшее время обмена инструмента в шпиндельном узле, с.	5
Габаритные размеры станка (длина × ширина × высота), мм	1475×1240×1900
Масса станка, кг	2000

Основные технические характеристики промышленного робота

Максимальная грузоподъемность, кг	47
Число степеней подвижности (Z, θ , R, α , β)	5
Перемещения:	
по горизонтальной оси R, мм	1100
по вертикальной оси Z, мм	500
вращение вокруг вертикальной оси θ , град	300
угловое перемещение схвата относительно продольной оси α , град	-90... +180
покачивание схвата относительно поперечной оси β , град	3,5
Максимальные значения скоростей перемещений:	
по горизонтальной оси, мм/с	1000
по вертикальной оси, мм/с	500
вращение вокруг вертикальной оси, град/с	60
угловых перемещений схвата относительно продольной оси, град/с	60
Покачивание схвата относительно поперечной оси, град/с	30
Наибольшая абсолютная ошибка позиционирования, мм	±1
Усилие зажима схвата, Н	350. ..500
Масса (без устройства ЧПУ), кг	570

Устройство ЧПУ промышленным роботом «Изот» 9 (рис. 1) позиционного типа обеспечивает управление перемещениями руки робота в цилиндрической системе координат, цикловое управление движениями схвата (кисти руки), а также подачу команд пуска циклов работы станка, тактового стола и другого технологического оборудования и приема ответных команд после выполнения этих циклов.

Объем программной памяти ЧПУ типа «Изот» позволяет записать до 500 точек

позиционирования и ввести 99 программ с объемом 999 кадров каждая.

Рабочий цикл ПР в составе РТК включает следующие этапы: подвод руки робота к приспособлению станка, захват обработанной детали, отвод руки в исходную точку, подвод (поворот) руки к тактовому столу, опускание и установка детали в накопитель, захват очередной заготовки, подвод заготовки к приспособлению станка, освобождение заготовки после закрепления ее в приспособлении, отвод руки в исходную точку, начало цикла обработки на станке.

Функция тактового стола 3 мод. ТС-99902 (рис. 1) в составе РТК заключается в установке, хранении и поштучной выдаче заготовок и обработанных деталей, а также для автоматической их транспортировки в ориентированном положении к позиции загрузки-разгрузки промышленного робота.

Тактовый стол выполнен рамной конструкции. На верхней плите стола расположен цепной конвейер с восемнадцатью закрепленными палетами, на которых установлены стойки (приспособления-накопители) с двумя рядами цанговых оправок, служащих для размещения заготовок (нижний ряд) и обработанных деталей (верхний ряд).

Одна из позиций тактового стола - загрузочная дополнительно оборудована направляющими и механическим упором, обеспечивающими неподвижность палеты при установке и снятии с нее заготовки ПР.

Привод тактового стола осуществляется через червячный редуктор от электродвигателя с регулируемой частотой вращения. Перемещение палет с заданной величиной такта достигается при помощи конечного выключателя, при наезде на который привод тактового стола отключается на определенный промежуток времени.

Основные технические данные тактового стола ТС-99902

Число палет с установленными накопителями, шт	18
Число устанавливаемых деталей (заготовок) в одном накопителе, шт	2
Размеры устанавливаемых деталей, мм	
наружный диаметр	до 80
длина	до 120
внутренний диаметр	38,5
Транспортируемая масса одной палетой, кг	12
Шаг перемещения, мм	280
Время перемещения на один шаг, с	3, 6, 10, 12
Точность позиционирования, мм	± 2
Мощность электродвигателя, кВт	1,4
Габаритные размеры стола (длина \times ширина \times высота)	2230 \times 910 \times 900
Масса стола, кг	180

Тактовый стол снабжен пультом управления 10 (рис. 1), осуществляющим включение и выключение системы цикловой автоматики, а также работу стола в режиме ручного управления.

Пульт управления обеспечивает связь тактового стола с промышленным роботом РБ 241-02 для согласования их совместной работы.

Вместимость накопителей тактового стола позволяет создать запас заготовок, достаточный для непрерывной работы комплекса в автоматизированном режиме в течение 4-5 часов.

Специальные устройства технологического оснащения РТК

Серийно выпускаемые роботизированные устройства поставляются, с универсальной оснасткой, оказывающейся ограниченно пригодной для конкретного производства. Без специальной оснастки задача технологической стыковки оборудования РТК, создаваемого на базе действующего на предприятии, является вообще неразрешимой. Поэтому разработка и оснащение РТК специальными устройствами и приспособлениями является одной из основных задач технологической подготовки роботизированного производства.

С учетом конструктивно-технологических особенностей обрабатываемых деталей (прил. 1) и технических возможностей используемого оборудования в перечень специальной оснастки для РТК вошли следующие устройства:

- захватное устройство для промышленного робота;
- стойки магазина-накопителя заготовок для тактового стола;
- приспособление для установки заготовок на многоцелевом станке;
- оправка-ключ для автоматического закрепления и открепления заготовок в приспособлении станка.

Конструкции приведенных устройств показаны на рис. 2 - 4. Основными требованиями, предъявляемыми при разработке захватных устройств к ПР, заключаются:

- в обеспечении автоматического захвата обрабатываемой заготовки;
- в ориентировании ее по отношению к кинематическим осям робота;
- в надежном удержании заготовки в процессе транспортирования и установки;
- в беспрепятственном взаимодействии заготовки в рабочей зоне станка с установочным приспособлением [1].

В используемом РТК эти задачи решены за счет выбора (и разработки) в качестве захватного устройства к ПР схвата цангового типа с центрированием заготовки по наружному диаметру фланца.

Конструкция захватного устройства ПР приведена на рис. 2.

Захватное устройство (рис. 2) состоит из корпуса **1**, цангового захвата **2**, пружины **3**, степень сжатия которой регулируется гайкой **4**, и крышки **5**. С помощью винтов **6** захватное устройство крепится к руке ПР. Разработанное устройство обеспечивает при захвате заготовки **7** автоматическое совмещение ее основных баз с кинематической осью руки ПР.

Усилие схвата, развиваемое при разжатии заготовкой лепестков цанги при этом (30...35 Н), является достаточным для надежного ее удержания в процессе перемещений и установки в приспособление. В конструкции захватного устройства предусмотрена возможность небольшого (20...25 мм) свободного осевого перемещения схвата **2**, обеспечивающего за счет поджатия пружины **3** (см. рис. 2) автоматическую досылку заготовки **7** к опорным поверхностям приспособления. Для досылки заготовки ПР программируют увеличение перемещения схвата **2** на 5...8 мм в сторону приспособления (координата *R*). Усилие предварительного сжатия пружины **3** устанавливается опытным путем и регулируется при помощи гайки **4**, после чего гайка стопорится.

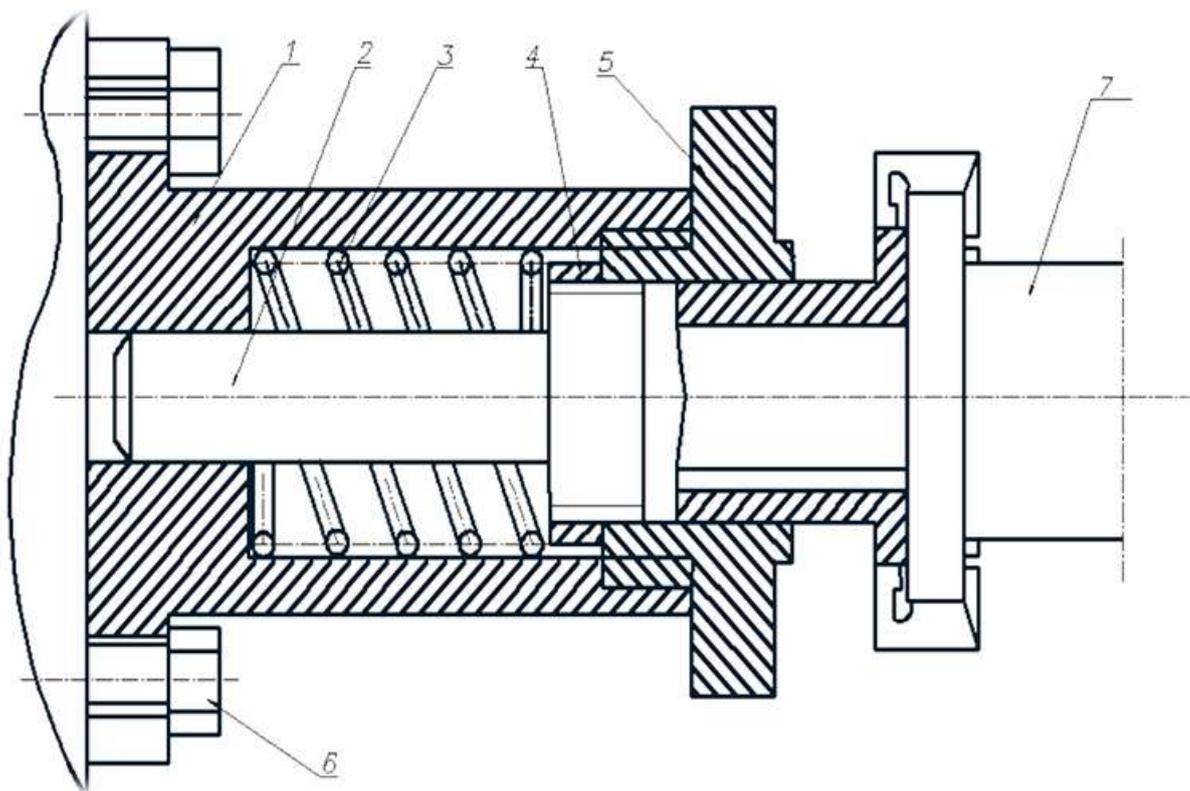


Рис. 2. Захватное устройство к промышленному роботу РБ 241-02

Накопитель заготовок для тактового стола показан на рис. 3. Накопитель включает в себя следующие элементы: сварная стойка *1*, две разжимные цанговые оправки *2* и *3*, заготовка *4*. Сам накопитель заготовок устанавливается и центрируется на палете *5* тактового стола при помощи установочного пальца *7* и крепится к ней четырьмя болтами *8*. Загрузочная позиция тактового стола снабжена направляющими *6* и опорным роликом *9*, обеспечивающими неподвижность палеты при установке и снятии с нее заготовки ПР. Количество стоек накопителя заготовок соответствует числу палет тактового стола.

Главное требование, предъявляемое к магазинам операционных накопителей, заключается в обеспечении подачи заготовок в загрузочную позицию ПР в строго определенном положении [1].

Из рис. 3 видно, что в разработанной конструкции магазина это достигается автоматически при установке заготовок на самоцентрирующие цанговые оправки *2* или *3*, вследствие чего система координат установленной заготовки легко совместима при соответствующем программировании с системой координат захватного устройства ПР.

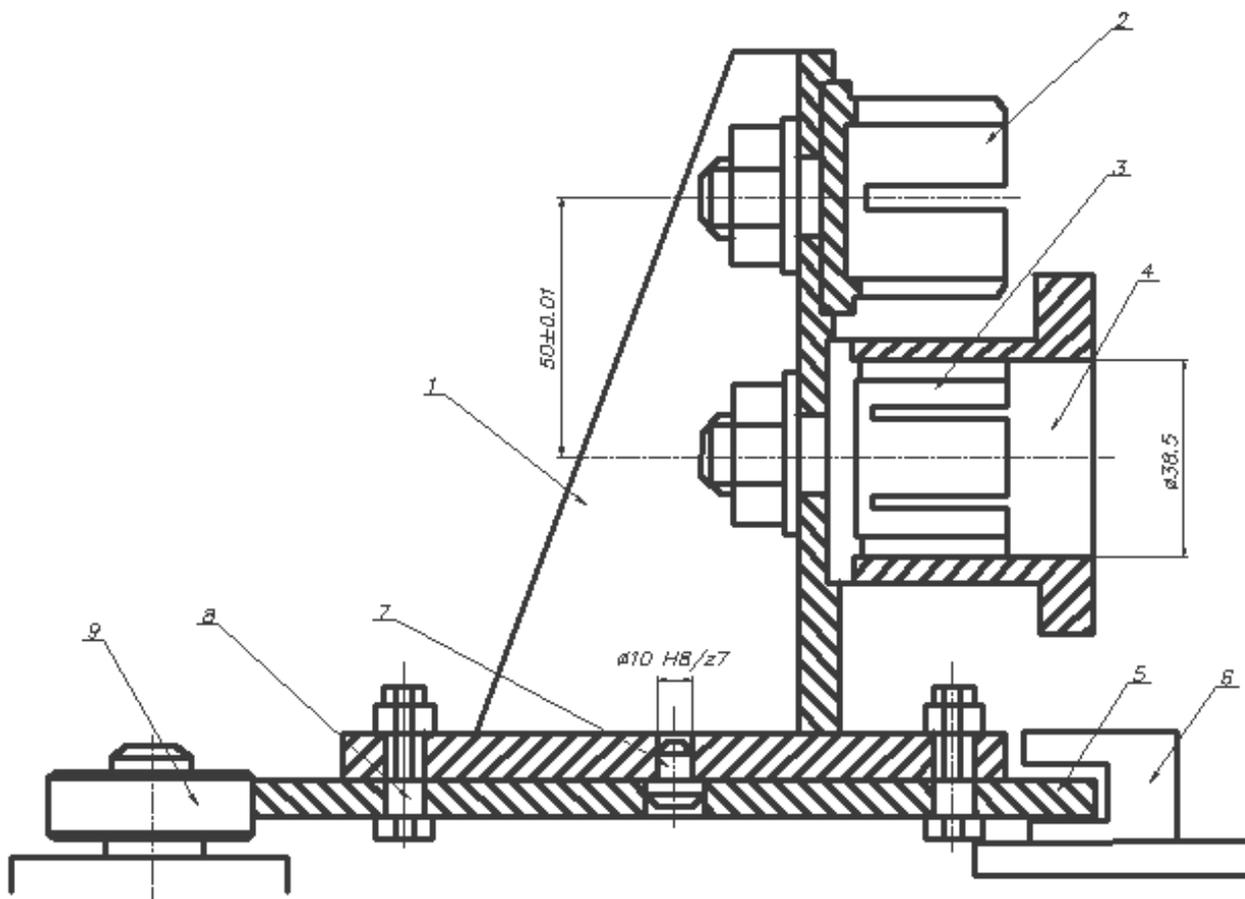


Рис. 3 Накопитель заготовок тактового стола

Автоматическая установка и снятия заготовок в магазине осуществляется за счет конструктивного обеспечения разной жесткости цанговых оправок накопителя по отношению к захватному устройству ПР (развиваемое усилие схвата обработанных деталей на цангах верхнего ряда накопителя (45...50 Н) в 1,5 - 1,7 раза больше, чем в схвате ПР (30...35 Н), что автоматически обеспечивает надежное удержание их при сходе цангового захвата ПР).

При разработке устройств технологического оснащения РТК (схвата ПР, магазина-накопителя тактового стола и приспособления многоцелевого станка) применен единый подход к вопросу базирования заготовки.

На рис. 4 показана специальная оправка-ключ для автоматического закрепления и открепления заготовок в приспособлении многоцелевого станка с использованием для этого привода самого станка [2].

Оправка-ключ изготовлена на базе унифицированной инструментальной оправки к многоцелевому станку и состоит из корпуса 1 с двумя полумуфтами 4 и 5, поджатыми друг к другу пружиной 2. Со свободного торца в корпус оправки ввинчивается резьбовая крышка 6 со сквозным отверстием, в которое проходит хвостовик полумуфты 5. На него напрессовывается сменная гаечная головка 8, фиксируемая штифтом 7.

Для передачи крутящего момента от шпинделя станка к приспособлению на торцах полумуфт нарезаны кулачки трапецеидальной формы. Хвостовик полумуфты 4 имеет шлицы 3, находящиеся постоянно в зацеплении с корпусом 1 оправки. При этом одна из рабочих поверхностей кулачков выполнена под углом 60° по отношению к

тангенциальной нагрузке, позволяющей передавать крутящий момент в одну сторону конкретной величины. Величина передаваемого момента зависит от усилия прижима кулачков полумуфт друг к другу тарированной пружиной 2, создаваемая при завинчивании крышки 6 в корпус оправки. При отрегулированном моменте положение крышки 6 относительно корпуса стопорится винтом. При откреплении заготовки ограничение крутящего момента не требуется, поэтому другая сторона кулачков на полумуфтах 4 и 5 выполнена под углом 90° к передаваемой нагрузке.



Рис. 4 Оправка-ключ для автоматического базирования заготовки в приспособлении станка МС 12-250

На рис. 5 приведена конструкция разработанного установочного приспособления к станку МС 12-250 и схема взаимодействия оправки-ключа с ним. Приспособление состоит из корпуса 1, центрируемого и закрепляемого на поворотном столе 2 многоцелевого станка, цанговой разжимной оправки 3 с опорным базовым буртиком 4, тяги 5 с коническим хвостовиком и гайки 6. От проворота при затяжке гайки 6 тяга 5 снабжена фиксирующей шпонкой 7, которая на станках с ЧПУ обеспечивает достаточную устойчивость и жесткость установки заготовки, требуемую точность ориентации заготовки в приспособлении. В разработанном приспособлении это достигается путем установки заготовки 8 на цанговую оправку 3, обеспечивающей при затяжке гайки 6 надежное центрирование и закрепление заготовки в приспособлении с совмещением направлений координатных осей заготовки с координатной системой станка.

Заготовка 8 с помощью промышленного робота ПР 9 устанавливается с поджимом в торец 4 на разжимную цанговую оправку 3 приспособления. От управляющей программы оправка-ключ 10 автоматически перегружается из инструментального магазина в шпиндель станка. На быстром ходу станка ось оправки совмещается с осью тяги 5 механизма зажима заготовки, соприкасаясь с торцом гайки 6 приспособления. Затем оправке сообщается медленное вращение в направлении завинчивания гайки 6 и перемещение вдоль общей оси с рабочей подачей. В процессе сложения этих движений головка оправки 10 захватывает гайку 6 и, вращаясь вместе с ней, зажимает заготовку с нужным технологическим усилием. По достижении заданного усилия зажима оправка, медленно перемещаясь по гайке 6, начнет проворачиваться вхолостую без передачи крутящего момента.

Открепление заготовки после обработки осуществляется аналогично с вращением

шпинделя станка с оправкой в обратную сторону.

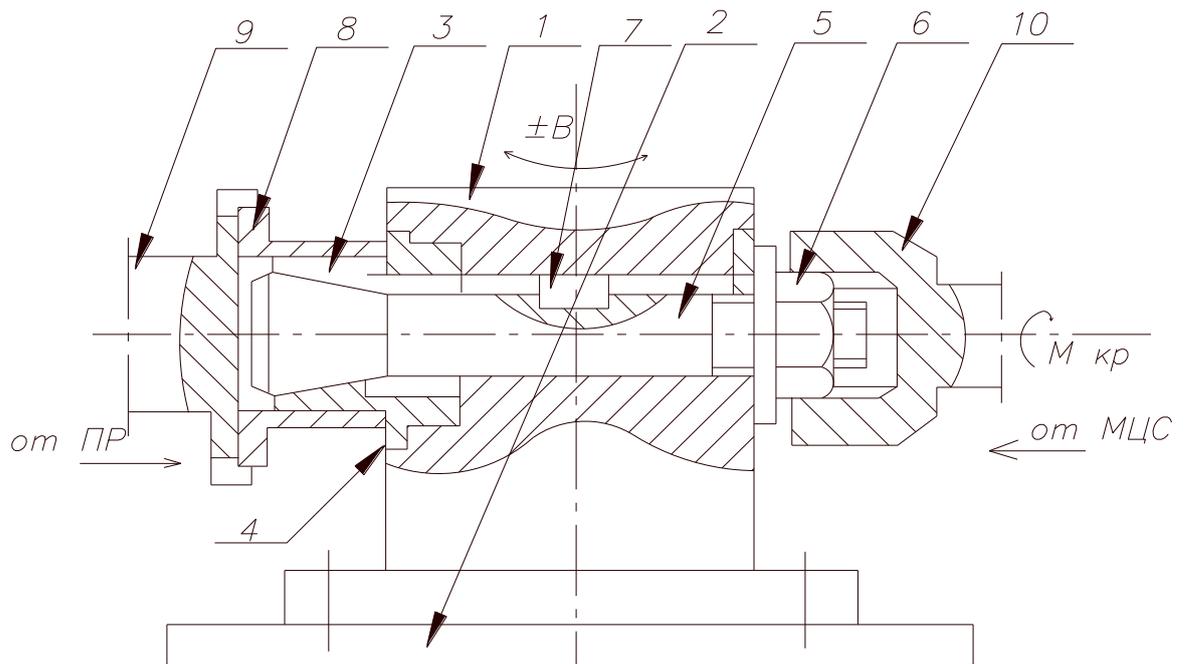


Рис. 5 Схема взаимодействия оправки-ключа (10) и ПР (9) при автоматической установке и закреплении заготовки в многоцелевом станке

АНАЛИЗ НОМЕНКЛАТУРЫ, РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ ГРУППОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ И УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА РТК

Цель работы: практическое освоение методики разработки роботизированных групповых технологических процессов и приобретение навыков при составлении управляющих программ механической обработки деталей в составе РТК.

Оборудование: роботизированный технологический комплекс на базе многоцелевого станка МС 12-250, оснащенный специальной оснасткой для гибкой автоматизированной механической обработки деталей; набор унифицированных оправок и универсального режущего инструмента (сверла, концевые фрезы, оправки с расточными резцами и др.); мерительный инструмент (штангенциркули с пределами измерений 0...120 и 0...250 мм); устройство подготовки перфолент ЕС-9024. Инструкция по программированию станка МС 12-250.

Методические указания

В лабораторной работе рассматриваются технологические основы подготовки роботизированного производства, касающиеся механической обработки деталей в составе РТК. Номенклатура деталей, подлежащих обработке, приведена в прил. 1.

Метод групповой обработки, созданный профессором С.П. Митрофановым, можно сравнить с поточным методом в массовом производстве.

В основу группового метода положена технологическая классификация изделий. При этом методе группа составляет совокупность деталей, характеризуемых общностью используемого при изготовлении оборудования, оснастки и операций технологического процесса. Групповая операция включает соответствующее число операций, выполненных на одном и том же станке при неизменной наладке. В отдельных случаях, при переходе от изготовления одной детали группы к другой, допускается незначительная подналадка станка.

Групповой технологической процесс представляет собой совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих изготовление различных деталей группы по общему технологическому маршруту.

Разработка групповых процессов изготовления деталей может базироваться на трех методах группирования:

1. По комплексу признаков (общие элементарные поверхности и схемы установки);
2. По типам оборудования и общности наладки с разработкой комплексной детали;
3. По конструкторско-технологическому сходству (основа – типовой технологический процесс с групповым содержанием операций). [3, с. 403 -404].

При этом роботизированные технологические процессы могут полностью состоять из роботизированных операций либо роботизированные операции могут быть представлены в них отдельными операциями.

В настоящей лабораторной работе рассматриваются вопросы, связанные с построением роботизированной групповой операции механической обработки фланцев деталей десяти типоразмеров (прил. 1) на многоцелевом станке МС 12-250 в составе РТК.

Проектирование роботизированной операции в представленном случае осуществляется в следующей последовательности [3]:

1. Анализ номенклатуры обрабатываемых деталей и выбор типовой (комплексной) детали-представителя;
2. Создание комплексной заготовки и выбор метода ее получения;

3. Выбор технологических баз и методов их обработки;
4. Предварительное определение состава и последовательности выполнения переходов механической обработки комплексной детали;
5. Выбор рациональной транспортно-технологической схемы перемещений заготовки в составе РТК;
6. Уточнение состава и последовательности выполнения переходов обработки всего семейства деталей и разработка групповой операции;
7. Разработка средств технологического оснащения РТК (установочного приспособления, захватного устройства ПР, магазина операционного накопителя и др.);
8. Определение номенклатуры режущего инструмента для обработки каждой детали и семейства деталей в целом;
9. Проектирование групповой инструментальной наладки;
10. Разработка операционного эскиза на комплексную деталь;
11. Определение рациональной траектории перемещений инструментов при ее обработке;
12. Расчеты допусков, припусков, режимов резания;
13. Техническое нормирование переходов и операции в целом;
14. Выбор средств измерения и контроля качества обработки;
15. Разработка технической документации роботизированной групповой операции;
16. Разработка и отработка управляющей программы на станке без установки режущих инструментов;

При разработке групповых операций на многоцелевых сверлильно-фрезерно-расточных станках возможны два варианта:

1. Одновременное выполнение нескольких операций в многоместном приспособлении;
2. Последовательное изготовление разных деталей и партий деталей группы с использованием разных приспособлений устанавливаемых на разных палетах или одного группового приспособления без палет.

Под комплексной деталью понимают реальную или искусственно созданную деталь, содержащую в своей конструкции все основные обрабатываемые поверхности деталей данной группы. Конструируют комплексную деталь путем наложения (обогащения) дополнительных элементов на наиболее характерную для данной группы деталь, выбранную в качестве базовой. При этом взаимная ориентация и размеры отдельных поверхностей комплексной детали могут несколько отличаться от их ориентации и размеров в реальных деталях. Различным может быть и количество отдельных конструктивных элементов (фасок, канавок, галтелей и др.), не являющихся характерными с точки зрения механической обработки поверхностями.

Групповой классификатор (табл. 1.1) представляет собой таблицу, в которую заносят шифр, наименование, номер чертежа, основные размеры поверхностей всех деталей группы, а также помещают эскиз комплексной детали, содержащий под цифровыми символами все конструктивные элементы деталей данной группы. Групповой классификатор не является официальным технологическим документом, а представляет собой развернутый анализ конструктивно-технологических особенностей обрабатываемых поверхностей деталей и является удобной исходной информацией для определения состава переходов по каждой детали операции и групповой операции в целом, а также при определении номенклатуры режущего инструмента. Официальным документом, закрепляющим состав деталей за РТК, согласно ГОСТ 3.1404-86, является ведомость обрабатываемых деталей (форма 7), в которой приводятся перечень, шифр,

наименование и трудоемкость выполнения операции обработки каждой детали.

Таблица 1.1 – Форма группового классификатора деталей

Наименование и шифр детали	Размеры обрабатываемых поверхностей, мм				Эскиз комплексной детали
	1	2	3	...	

Все изменения, связанные с повышением технологичности деталей, выявленные при анализе номенклатуры, вносятся в рабочие чертежи деталей.

При создании комплексной заготовки необходимо, чтобы она удовлетворяла требованиям изготовления из нее любой детали группы. Конструирование комплексной детали производится методом наложения (технолог из ряда деталей группы выбирает наиболее характерную и дополняет ее элементами присущими остальным деталям группы). Шероховатость и точность обработанных поверхностей комплексной детали назначают по детали имеющей наиболее высокие показатели [3, с. 404].

При выполнении лабораторной работы конструкция применяемых устройств технологического оснащения РТК является уже известной, поэтому на этом этапе построения групповой операции необходимо определиться со схемами базирования заготовки в приспособлении многоцелевого станка, схвате ПР и в магазине операционного накопителя, а также с требованиями к точности и качеству базирующих поверхностей заготовки и методами технологического их обеспечения. Условные обозначения схем базирования и закрепления заготовки в устройствах технологической оснастки РТК наносятся на эскиз комплексной заготовки в соответствии с ГОСТ 3.1107-81 [3, с. 54 - 57].

При назначении состава и последовательности выполнения переходов обработки деталей на сверлильно-фрезерно-расточных станках типа МС 12-250 следует руководствоваться следующими рекомендациями [3, с. 412].

Обработка заготовок начинается, как правило, с выполнения переходов фрезерования. Разделение переходов на черновые и чистовые при фрезеровании рекомендуют начинать с глубины припуска более 2 мм. Сначала фрезеруют торцовой или концевой фрезой наружные плоские поверхности детали, затем уступы, пазы, выступы. Открытые плоские поверхности, вход (или выход) инструмента на которые не ограничен другим элементом детали, фрезеруют торцовыми (широкие поверхности с $B > 0,3D$, где B – ширина паза, D – диаметр фрезы) или концевыми (узкие поверхности с $B \leq 0,3D$, контуры) фрезами; при обработке полузакрытых плоских поверхностей. Сначала фрезеруют концевой фрезой боковую сторону этого ограничивающего элемента (уступа, прилива), а затем торцовой фрезой – оставшуюся часть поверхности [3, с. 794].

При выполнении сверлильно-расточных переходов сначала осуществляют черновые переходы обработки основных и больших (более 30 мм) отверстий в сплошном металле, затем аналогичные переходы в изготовленных с заготовкой отверстиях. Далее следует выполнить обработку торцовых поверхностей, канавок, фасок и других поверхностей, точность которых не вызывает технологических затруднений.

После осуществления перечисленных выше переходов должны быть выполнены переходы получистовой и чистовой обработки основных отверстий, затем торцов, канавок и других конструктивных элементов (если в этом имеется необходимость).

Заключительными переходами при обработке на многоцелевых станках является обработка вспомогательных и крепежных отверстий. Обработка их осуществляется, как правило, с использованием постоянных циклов [3, с. 794] по одной из двух схем: последовательным обходом с окончательной обработкой каждого отверстия комплектом

инструмента или с обработкой каждого отверстия последовательно сменяющимся инструментом.

Анализ приведенных в прил. 1 деталей с точки зрения состава и последовательности выполнения переходов при их обработке показывает следующее: фрезерование торца фланца - обязательное для всех деталей; фрезерование уступов у деталей Д5, Д6, Д10; фрезерование глухих (деталь Д2) и сквозных (детали Д9, Д10) пазов; сверление на проход сквозных отверстий $\Phi 16H12$ (кроме детали Д7); цекование (деталь Д3) и снятие фасок в отверстиях $\Phi 16H12$ (детали Д1, Д10); растачивание центрального отверстия $\Phi 38,5H9$, зенковка и снятие фасок в нем (детали Д4, Д7, Д9, Д10). Плоское фрезерование торца фланца, прорезание пазов, уступов и лысок может быть отнесено к одной группе поверхностей, обрабатываемых торцовым фрезерованием. С целью сокращения номенклатуры применяемого инструмента обработка этих поверхностей может осуществляться одним инструментом - концевой фрезой. Диаметр фрезы лимитируется наименьшей шириной прорезаемого паза. В данном случае - это глухой паз шириной 14 мм (деталь Д2). Более широкие пазы 16 мм у деталей Д9 и Д10 могут быть профрезерованы фрезой $\Phi 14$ мм с симметричным смещением оси инструмента каждый раз относительно центрально прорезанного паза для подбора материала с боковых сторон в нужный размер.

Фрезерование торца фланца может быть осуществлено по одной из двух схем: строчечным фрезерованием и фрезерованием по ленточной спирали на всю глубину припуска. Критерием оптимальности выбранной схемы является минимум затрат времени на осуществление холостых перемещений узлов станка. Очевидно, в данном случае предпочтительным является осуществление фрезерования торца фланца по ленточной спирали по схеме от периферии к центру с одинаковым распределением ширины фрезерования по переходам обработки.

Обработка центрального и других отверстий на многоцелевых станках осуществляется, как правило, с применением постоянных циклов обработки, задаваемых при программировании подготовительными функциями G81 - G89 [3, с. 557].

На основе приведенных рекомендаций устанавливаются состав и последовательность выполнения переходов обработки комплексной детали и всего семейства деталей рассматриваемой группы. Предварительный состав этих переходов оформляется в виде карты групповой технологической операции, представляющей собой матрицу, строки которой представляют полный состав переходов по каждой детали (деталеоперации), а столбцы - содержание каждого перехода (табл. 1.2). В правой части матрицы вычерчивается эскиз комплексной детали с цифровым обозначением каждой обрабатываемой поверхности. Наличие перехода для рассматриваемой детали обозначают знаком «+», отсутствие - знаком «-».

После установления состава переходов приступают к подробной разработке каждой деталеоперации с установлением состава режущего и вспомогательного инструмента для комплексной детали и семейства деталей в целом, с выбором единой технологической оснастки, с назначением режимов обработки и нормированием всех основных и вспомогательных переходов.

Таблица 1.2. - Матрица групповой технологической операции

Шифр детали	Содержание переходов						Эскиз комплексной детали
	1	2	3	4	...	N	
Д ₁	+	+	-	-	...	-	

D_2	-	-	+	+	...	+	
...	
D_i	+	+	+	+	...	+	

Сначала разрабатывают операционную технологию на комплексную деталь, как на наиболее сложную. Операционная технология для других деталей может быть получена из комплексной путем пропуска ненужных переходов и частичной корректировки (режима обработки, настройки режущего инструмента) отдельных переходов. Разработка операционной технологии начинается с вычерчивания операционного эскиза.

Разработка операционного эскиза начинается с пересчета всех размеров, определяющих положение обрабатываемых поверхностей детали, относительно принятой системы координат обработки. Для этого необходимо иметь четкое представление о видах действующих в данном станке координатных систем и их геометрических связях.

На рис. 1.1 показана принятая для станка MC 12-250 система координат детали (W, x_d, y_d, z_d) и ее связь с системами координат станка (M, x_c, y_c, z_c) и инструмента (N, x_u, y_u, z_u).

Система координат детали в нашем случае смещена в центр плоскости торца фланца обрабатываемой детали (т. W). Связь системы координат детали с системой координат станка осуществляется с помощью размеров $L_x = 215$ мм, $L_y = 40$ мм и $L_z = (l_0 + A + H) = (200 + 56 + 57) = 313$ мм, где l_0 - расстояние от базы станка до абсолютного нуля отсчета по оси Z ; A - расстояние от базы станка до базового торца приспособления; H - высота обработанной в размер детали (нуль детали). Величины L_x, L_y, L_z , отсчитываются в положительном направлении по соответствующим осям и устанавливаются на декадных переключателях при наладке станка. Исходная точка R определяет начало отсчета перемещений по программе рабочих органов станка по оси Z (плавающий нуль). Величина L_c представляет собой смещение нуля отсчета по оси Z и устанавливается на декадных переключателях отдельно по каждому инструменту при наладке станка. Дальнейшее программирование перемещений узлов станка осуществляется в системе координат детали - W, x_d, y_d, z_d .

Относительно системы координат инструмента - N, x_u, y_u, z_u осуществляется настройка инструмента на размер (L_u, D) как на станке, так и вне станка с учетом возможности коррекции его значений в процессе обработки. Связь системы координат станка с системой координат инструмента показана на рис. 1.1.

При определении направлений осей координатной системы детали необходимо исходить из того, что деталь при обработке остается условно неподвижной, а инструмент перемещается относительно нее в пределах установленных координат. В этом случае положительные направления осей координат детали (в частности оси X и Y) могут не совпадать с положительными направлениями перемещений узлов в системе координат станка.

Для построения операционного эскиза обрабатываемую деталь вычерчивают в прямоугольной системе координат не менее как в двух проекциях. Контуры детали, подлежащие обработке, и контур заготовки вычерчивают в масштабе с указанием всех размеров, необходимых для обработки и последующего программирования. Относительно принятой системы координат (W, x_d, y_d, z_d) производят пересчет всех размеров, определяющих положение обрабатываемых поверхностей детали. Каждой обрабатываемой поверхности присваивается номер, соответствующий последовательности ее обработки. Предельные отклонения размеров задаются симметричными допусками. На операционном эскизе условными обозначениями

указывают схему базирования и закрепления заготовки на станке. На обрабатываемых поверхностях проставляют условное обозначение шероховатости поверхности, указывают требования, предъявляемые к точности обработки. Операционный эскиз оформляется на специальном бланке - карте эскизов (ГОСТ 3.1107-81, ф.7). Пример оформления операционного эскиза приведен в прил. 2.

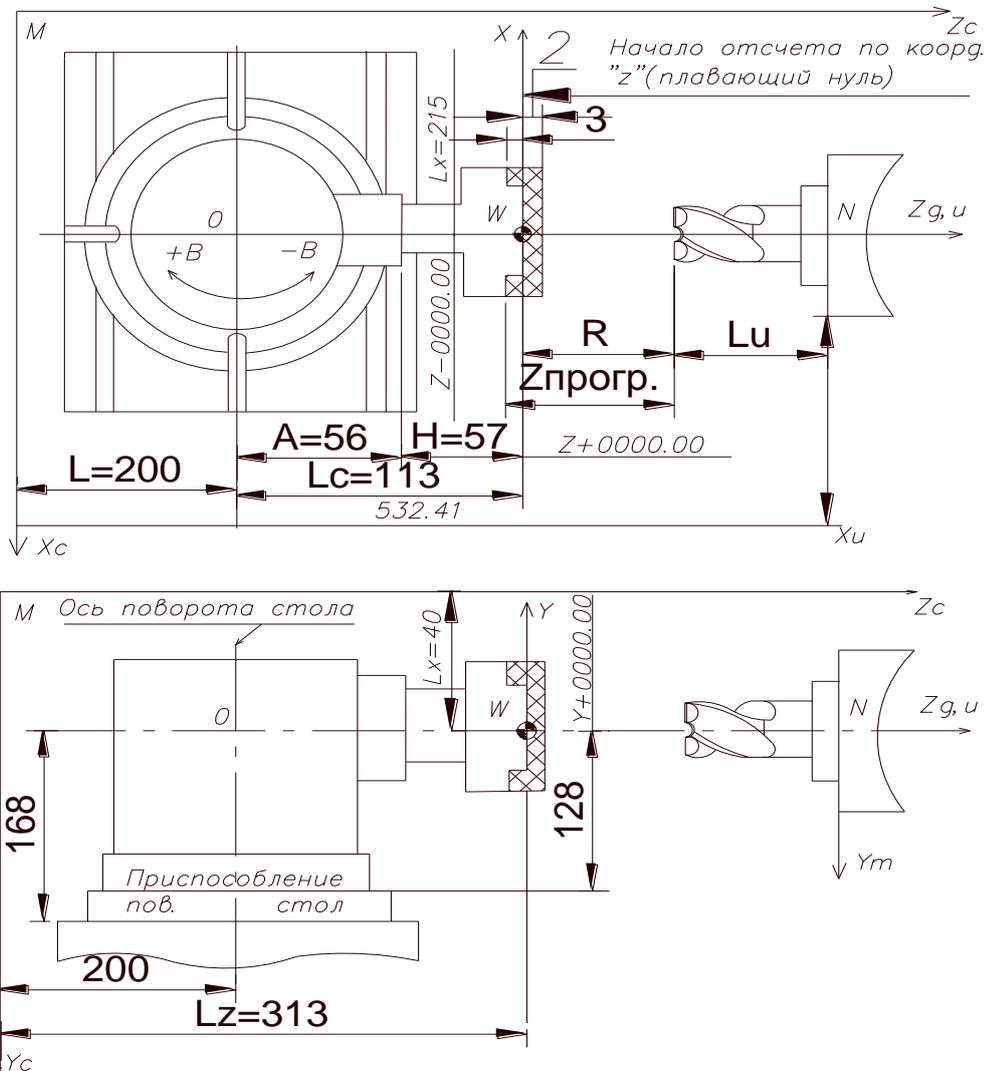


Рис. 1.1 Схема связи координатных систем станка (т. М), инструмента (т. N) и детали (т. W) при наладке многоцелевого станка MC 12-250

После разработки операционного эскиза выбирают режущий инструмент (определяют его геометрические параметры) и приступают в соответствии с предварительно намеченной последовательностью выполнения переходов (табл. 1.2) к разр **Рис.1.1** Схема связи координатных систем станка (т.М), инструмента али. Трае (т.N) и детали (т.W) при наладке многоцелевого станка MC 12-250 или вершины лезвия режущего инструмента в процессе формообразования поверхности детали. При многоинструментальной обработке, как это имеет место на станке MC 12-250, траектория перемещений разрабатывается для каждого инструмента с приведением для этого отдельных фрагментов зон обработки.

Траектория перемещений центра инструмента наносится на обеих проекциях

операционного эскиза в виде последовательно расположенных точек (опорных точек), формообразующих поверхность, с учетом геометрических параметров инструмента. Разработка траектории начинается с выбора исходной точки начала обработки – O_n (нуля программы). При выборе нулевой точки необходимо исходить из минимальной затраты времени на вспомогательные перемещения инструмента и из обеспечения нормальных условий подвода и врезания режущего инструмента. Исходная точка O_n является началом и концом траектории инструмента. Если положение исходной точки не совпадает с началом координат детали (т. W), то она должна быть задана координатами $x_{O_n}, y_{O_n}, z_{O_n}$ относительно этого начала. Траекторию инструмента наносят с учетом его геометрических параметров в соответствии с намеченной ранее последовательностью обработки поверхностей и выбранными типовыми циклами обработки.

Таблица 1.3 - Координаты опорных точек при обработке комплексной детали

Обрабатываемая поверхность, переходы	Координата в принятой системе, мм		
	X	Y	Z

На траектории движения инструмента отмечают и обозначают цифрами опорные точки траектории, соответствующие каждому элементарному перемещению (шагу) обработки, и ставят стрелки, указывающие направление движения. Опорные точки необходимо намечать по геометрическим и технологическим (изменение режима, включение вертикальной подачи, выстой инструмента и т.д.) признакам.

При необходимости указывают места контрольных точек, в которых предусматривается кратковременная остановка инструмента в целях проверки точности отработки программы рабочими органами станка. Обозначают также точки остановки, необходимые для смены инструмента, изменения частоты вращения, перезакрепления детали и пр., указывают продолжительность остановки в секундах. В результате составляют таблицу координат опорных точек по каждому переходу обработки комплексной детали (табл. 1.3).

При построении траектории движения центра инструмента (при фрезеровании, сверлении и т.п.) дополнительно необходимо соблюдать следующие требования [3, с. 273]: подводить и отводить инструмент от обрабатываемой поверхности следует по специальным траекториям - вспомогательным перемещениям; недопустимы остановка инструмента и резкое изменение подачи при нахождении его в зоне резания; длина холостых перемещений должна быть минимальной.

При расчете траектории перемещений (определение координат опорных точек) необходимо выполнять требования, удовлетворяющие условиям нормального врезания и выхода (перебега) инструмента. На рис. 1.2 показаны примеры операционных эскизов с нанесенными траекториями инструмента при выполнении типовых переходов, встречающихся при обработке рассматриваемой группы деталей. Содержание переходов на представленных эскизах следующее. На рис. 1.2, а показано фрезерование торца фланца концевой фрезой, осуществляемое по ленточной спирали (т. 0...13) с выходом инструмента в конце обработки в исходную точку. Нуль программы находится в точке O_n с координатами $(x_{O_n}, y_{O_n}, 0)$. Программирование перемещений рабочих органов станка заключается в нахождении координат опорных точек 0...13. На рис. 1.2, б приведена схема фрезерования лысок концевой фрезой последовательным обходом контура с разделением припуска на два перехода (3 и 2 мм), осуществляемых по схеме аналогично первой. Смещение нуля программы по оси Z осуществляется при выполнении первого перехода на $Z_1 = -3$ мм и на $Z_2 = -5$ мм - при выполнении второго (чистового) перехода. На

рис. 1.2, в показана схема фрезерования пазов концевой фрезой $\varnothing 14$ мм с подбором материала после прорезки центральной части паза с боковых сторон в размер 16 мм, осуществляемая также за 2 прохода. На рис. 1.2, г приведена схема обработки 4-х отверстий $\varnothing 6H12$ с последующим цекованием их $\varnothing 10$ мм на глубину 7 мм. Сверление и цекование отверстий осуществляется с применением постоянных автоматических циклов, осуществляющих автоматическую отработку набора технологических команд по оси Z, связанных с обработкой отверстия всякий раз при выходе в заданную координату. Выбор автоцикла зависит от вида и сложности обработки отверстия (резьбовое, глубокое и т.д.). В нашем случае - это простые автоциклы, задаваемые командами G81 и G82 [3, с. 557]. Определение координат центра отверстий не представляет затруднений ($\pm H/2, Z=0$).

В процессе подготовки траектории перемещений режущего инструмента окончательно уточняют количество установов и позиций по каждой операции, состав и последовательность выполнения технологических и вспомогательных переходов, а также состав рабочих и вспомогательных ходов, шагов, перемещений и т.д. по каждому переходу.

На основе уточненного геометрического плана обработки, выбирают режущий инструмент, определяют режимы резания, осуществляют нормирование всех основных и вспомогательных переходов. В результате выполнения этого этапа составляют операционную карту роботизированной технологической операции (ГОСТ 3.1404-86, ф. 2,2а, 3).

Роботизированная операция отличается от обычно выполняемой на станках с ЧПУ наличием дополнительных переходов, связанных с автоматическим ориентированием, установом, откреплением-закреплением заготовки, ее транспортированием к операционному накопителю и станку.

Примерный состав переходов роботизированной операции в нашем случае будет следующим.

- 1 Транспортный (выполняется ПР): захватить обработанную деталь цанговым захватом методом осевого перемещения руки ПР к станку по программе. Останов робота в этой позиции.
- 2 Позиционировать: переместить шпиндель станка с оправкой-ключом к торцу зажимной гайки приспособления соосно с оправкой цангового зажима. Установить рабочий режим открепления заготовки.
- 3 Автоматически открепить заготовку медленным перемещением оправки-ключа вдоль общей с приспособлением оси с вращением шпинделя против часовой стрелки, захватить гайку приспособления и отвернуть ее на 5 - 6 оборотов, освободив таким образом, заготовку от зажима. Останов шпинделя в таком положении.
- 4 Транспортный (ПР): снять деталь с оправки приспособления обратным ходом руки ПР, транспортировать ее по программе к операционному накопителю, установить деталь в магазин накопителя, взять новую заготовку, транспортировать ее к приспособлению станка, установить заготовку в приспособление станка.
- 5 Автоматически закрепить новую заготовку (завернуть на 5 - 6 оборотов гайку приспособления медленным вращением шпинделя с оправкой-ключом по часовой стрелке без осевого перемещения).
- 6 Отвести шпиндель с оправкой-ключом в крайнее заднее положение. Поиск режущего инструмента первого перехода механической обработки.
- 7 Транспортный (ПР): освободить заготовку обратным ходом руки ПР.
- 8 Поворот стола на 180° заготовкой к шпинделю станка.
- 9 Сменить оправку-ключ на режущий инструмент T02 (концевую фрезу).

Позиционировать.

10 Полный цикл механической обработки заготовки по программе. Останов шпинделя. Поиск инструмента T01 (оправки-ключа).

11 Поворот стола на 180° заготовкой к ПР. Смена инструмента на оправку-ключ (T01).

Далее переходы 1 - 10 в автоматическом режиме повторяются для установки, закрепления и обработки следующей заготовки.

Пример заполнения операционной карты роботизированной технологической операции приведен в прил. 3.

Используя операционную карту механической обработки и данные по станку с рекомендациями по созданию формообразующих и вспомогательных движений, составляют сначала для комплексной детали, а затем и для каждой детали расчетно-технологические карты. В этих картах показывают траекторию относительного перемещения режущего инструмента, указывают координаты опорных точек, положение нулевой плоскости, приводят данные об относительном расположении припуска на обрабатываемых поверхностях. Пример оформления такой карты приведен в прил. 4.

Имея эти данные, приступают непосредственно к программированию операции. Для составления управляющей программы (УП) пользуются специальными правилами, таблицами шифров и кодов, излагаемых в соответствующих инструкциях по программированию, прилагаемых к системам ЧПУ станков.

Для устройства ЧПУ типа «Контур-2М», применяемой в многоцелевом станке МС 12-250, полный формат кадра УП выглядит следующим образом: N000, G01 - G03, X±0000.00, Y±0000.00, Z±0000.00, B±0000.00, R±0000.00, F00, S00, T00.00, M00, ПС; где N000- обозначает номер кадра, определяемый трехзначным числом; G01, G02, G03 - подготовительные команды, задаваемые сразу тремя адресами; X, Y, Z - программируемые линейные перемещения по соответствующим осям координат с учетом их знака, задаваемые в целых и сотых долях миллиметра; B - поворот стола вокруг оси Y, задаваемый с учетом знака в целых и сотых долях градуса; R - расстояние быстрого перемещения инструмента по оси Z (аппликата) к детали, задаваемое с учетом знака в целых и сотых долях миллиметра; F - скорость подачи (мм/мин), кодируемая двузначным числом; S - частота вращения шпинделя в об/мин, кодируемая также двузначным числом; T - номер инструмента, согласно его местонахождению в инструментальном магазине станка (последние две цифры в адресе «Т» означают номер корректора, на размер с которого вводится информация в систему ЧПУ станка); M-вспомогательная команда, кодируемая двузначным числом; ПС - символ окончания кадра. Начало УП обозначается символом «%», окончание - задается в последнем кадре вспомогательной функцией M02, означающей конец информации и возвращение системы ЧПУ и рабочих органов станка в исходное положение, соответствующее началу работы по программе. Более подробная информация по программированию станка МС 12-250 изложена в прилагаемой к нему инструкции по программированию, а также в работе [4].

Механическая обработка приведенных в прил. 1 деталей не вызывает каких-либо затруднений, и УП для них относительно простые. При программировании используются в основном следующие виды команд.

Из подготовительных команд: G53 - отмена коррекции инструмента, установки нуля и смещения плоскости (используется перед сменой инструмента); G40 - отмена коррекции (коррекция 0/0); G60 - точное позиционирование с подходом со стороны движения (используется также при повороте стола); G63 - грубое позиционирование

(используется при отводе инструмента); G64 - грубое позиционирование с изменением скорости подачи при подходе к координате от максимального значения до заданной (рабочей) подачи (при ускоренных перемещениях); G65 - точное позиционирование с подходом к заданной координате на рабочей подаче со стороны движения; G67 - грубое позиционирование с изменением скорости подачи при подходе к заданной координате от величины рабочей до нуля (плоское фрезерование); G80 - отмена автоцикла; G81 - автоцикл сверления обычного; G82 - автоцикл при цековании (с выдержкой времени $\tau =$

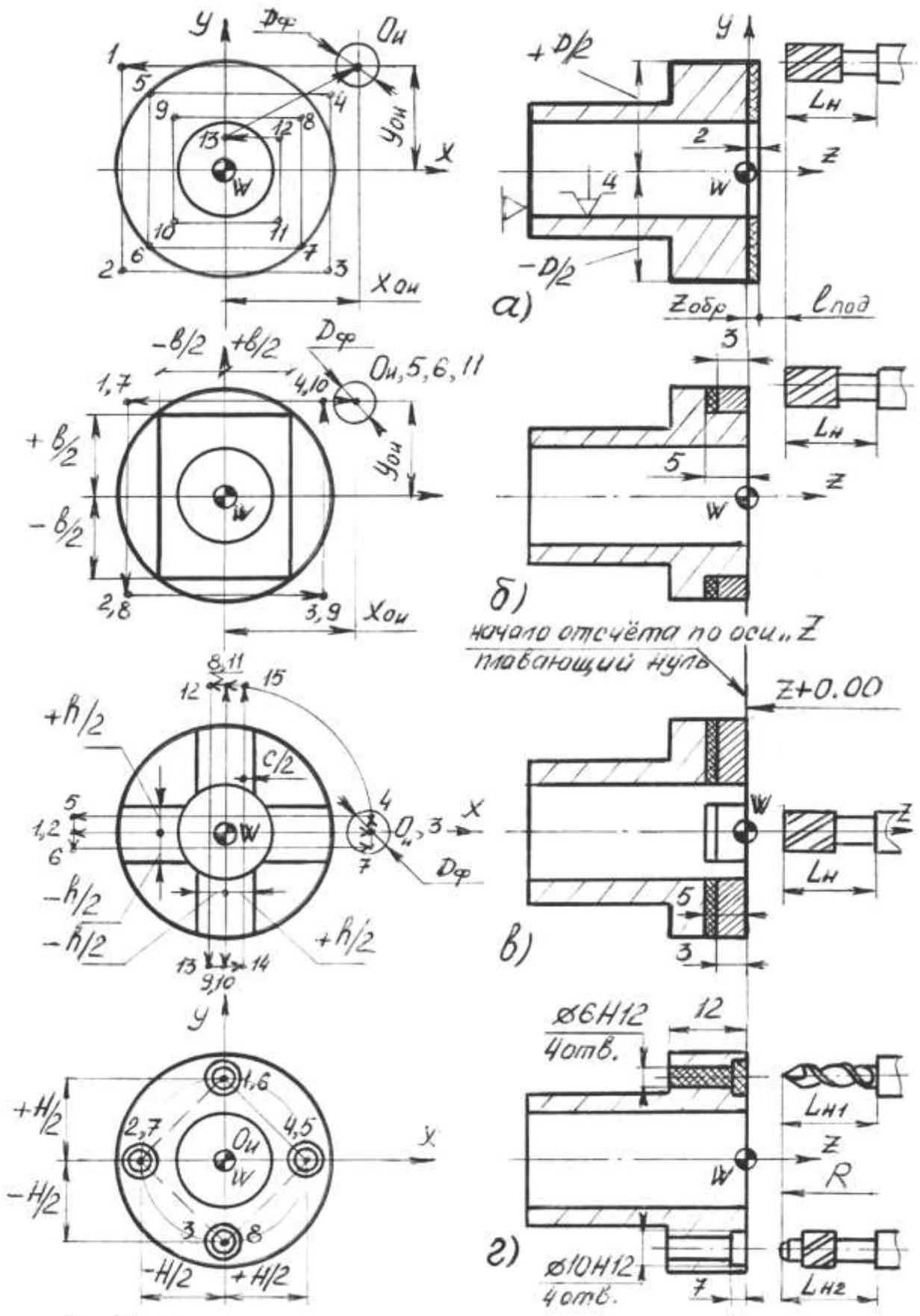


Рис.1.2 Схемы выполнения типовых переходов обработки деталей на станке МС 12-250

2 с в конце обработки).

Из вспомогательных команд используются: M00 - запрограммированный останов (при выполнении транспортных переходов); M01 - останов с подтверждением; M02 - конец программы; M03, M04 - вращение шпинделя по часовой и против часовой стрелки соответственно; M05 - отключение главного привода (стоп); M06 - смена инструмента; M08, M09 - включение и отключение системы СОЖ соответственно.

Коды и соответствующие им числовые значения частоты вращения шпинделя (S) и скорости подачи (F) приводятся в соответствующих таблицах инструкции по программированию станка MC 12-250. Ниже приводятся наиболее сложные примеры, встречающиеся при программировании обработки приведенных деталей.

Блок обязательных команд для программирования смены инструмента:

N001 ... T01 ... - выбор инструмента (преднабор);

N002 G53 G60 ... Z + 053241 ... M05 - выход в абсолютный нуль станка с остановкой вращения шпинделя;

N003 ... M06 - смена инструмента;

N004 G40 ... - отмена команды G53.

Программирование поворота стола (в долях π) с кратковременным выключением СОЖ во избежание попадания стружки при подъеме стола при повороте:

N001 G60 ... B + 000045 ... M09.

Программирование выбора частоты вращения шпинделя:

N001... M05 - останов шпинделя; N002 ... F40 ... - выбор частоты вращения шпинделя.

Программирование автоцикла сверления отверстия с преднабором следующего инструмента (T05):

N001 G40 G60 ... X + 004000 Y - 002000 M03 - выход в заданную координату на осях X и Y с включением вращения шпинделя;

N002G81 Z - 002100 R + 005000 F52T05 - сверление отверстия по автоциклу с перемещением на рабочей подаче по оси Z = - 21 мм;

N003G80 ... M05 - отмена автоцикла с обязательной остановкой шпинделя перед сменой инструмента.

Покадровое кодирование процесса обработки отражают в технологической программной карте, пример оформления которой приведен в прил. 5. Закодированная информации переносится в карту кодирования информации (прил. 6), являющейся официальным документом для оператора, осуществляющего набивку управляющих программ на перфоленту.

После нанесения УП на перфорированную восьмидорожковую ленту, выполняемого в нашем случае с помощью специального устройства подготовки программ УПДЛ ЕС-9024, осуществляется распечатка полученной программы и покадровое сравнение ее с текстом оригинала. Выверенную программу устанавливают в лентопротяжный механизм устройства ЧПУ станка, где осуществляется ее отработка непосредственно на станке. Перечень задач, связанных с наладкой станка MC 12-250 и отработкой на нем управляющих программ, рассматривается при выполнении лабораторной работы № 4.

Порядок выполнения работы

- 1 Получить у преподавателя по шифру детали вариант задания на выполнение

лабораторной работы.

2 Изучить конструкторско-технологические особенности группы изготавливаемых деталей (прил. 1).

3 Разработать (выбрать) из представленной группы комплексную деталь и дать заключение о степени ее технологичности применительно к роботизированному производству.

4 Установить состав и последовательность переходов по обработке комплексной детали и деталей всего семейства группы. Составить карту групповой технологической операции (табл. 1.2).

5 Разработать операционный эскиз для комплексной детали. Заполнить карту эскизов в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105-84, ф. 7 (прил. 2).

6 Из имеющегося комплекта инструментов (прил. 8) установить состав и последовательность использования режущего инструмента при обработке комплексной детали.

7 Наметить опорные точки и разработать траектории перемещений режущего инструмента при обработке комплексной детали. Определить координаты исходных точек (нуля программы) и опорных точек по каждому инструменту. Результаты представить в виде расчетно-технологической карты (прил. 4).

8 Определить полный состав режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, назначить режимы обработки и рассчитать нормы времени по каждому переходу и операции в целом. Результаты представить в виде карты роботизированной групповой технологической операции (прил. 3).

9 Пользуясь инструкцией по программированию станка MC12-250 и операционной картой разработать технологическую программную карту обработки комплексной детали на станке MC12-250 (прил. 5).

10 Нанести управляющую программу с помощью устройства УПДЛ ЕС-9024 на 8-дорожковую перфоленту (программоноситель).

11 Осуществить сверку правильности нанесенных на перфоленту кадров с оригиналом управляющей программы. При их несоответствии осуществить правку отдельных кадров.

12 Пользуясь картой роботизированной групповой технологической операции, осуществить выполнение пунктов 5 - 11 для детали своего варианта, путем пропуска ненужных и частичной корректировки отдельных переходов обработки комплексной детали.

13 Составить отчет по форме: название работы; содержание задания; чертеж комплексной детали с заключением о ее технологичности; чертеж детали своего варианта; карта группового технологического процесса (табл. 1.2); операционные эскизы комплексной детали и детали своего варианта (прил. 2); расчетно-технологические карты для комплексной детали и детали по варианту с траекториями перемещений режущего инструмента (прил. 4); операционная карта групповой технологической операции и детали по варианту (прил. 3); технологические программные карты (прил. 5) и управляющие программы (распечатка и на перфоленте) для комплексной детали и детали по варианту (прил. 6).

Контрольные вопросы

1 Дайте определение РТК. В чем его отличие от ГПМ?

2 Что такое групповой технологический процесс, групповая операция, деталиеоперация?

3 Приведите основные этапы технологической подготовки роботизированного

производства.

- 4 Какие требования предъявляются к заготовке и к конструкции деталей в автоматизированном производстве?
- 5 Каким требованиям должна удовлетворять типовая деталь?
- 6 В чем состоит отличие роботизированной операции от операций, выполняемых на станках с ЧПУ?
- 7 Какие комплекты баз должна иметь заготовка в роботизированном производстве?
- 8 Приведите схемы базирования и закрепления заготовки в приспособлении станка МС 12-250, в схвате ПР и в магазине операционного накопителя.
- 9 В чем заключалась модернизация действующего оборудования в РТК?
- 10 Какой принцип использован для ориентации заготовки в схвате ПР, в магазине операционного накопителя и в приспособлении станка МС 12-250?
- 11 Приведите основные технические характеристики РТК и входящего в него технологического и вспомогательного оборудования.
- 12 Какие требования предъявляются к средствам технического оснащения РТК: схвату ПР, приспособлению станка и к операционному накопителю?
- 13 Приведите схемы действующих в станке МС 12-250 систем координат и их геометрическую связь.
- 14 Какие правила существуют при построении операционного эскиза?
- 15 Какие правила существуют при построении траектории перемещения инструмента?
- 16 Приведите полный формат кадра УП станка МС 12-250.
- 17 На примере детали своего варианта расшифруйте все кадры УП.
- 18 Какими правилами Вы пользовались при формировании состава переходов механической обработки заданной детали?
- 19 На примере операционной карты для заданной детали проанализируйте все переходы роботизированной операции.
- 20 Как осуществляется расчет норм времени основных, транспортных и вспомогательных переходов при обработке деталей в РТК?
- 21 Какие виды автоматических циклов использовались для обработки приведенных деталей и как они программируются в составе УП? Приведите блок команд, связанных с вводом и отменой автоцикла.
- 22 Приведите алгоритм работы ПР, связанного с выполнением транспортно-установочных операций в составе РТК.
- 23 Приведите цикл команд УП, связанных с автоматической установкой, снятием и закреплением-откреплением заготовки.
- 24 Чем достигается автоматическая установка и снятие заготовок в операционном накопителе РТК?
- 25 Какие виды документов используются в роботизированных технологических процессах?

ВЫБОР, РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ К РТК

Цель работы: получение практических навыков и расширение теоретических знаний в вопросах выбора и конструирования средств технического оснащения РТК.

Оборудование: РТК на базе многоцелевого станка МС12-250, оснащенного инструментом и специальной оснасткой для полностью автоматизированного цикла механической обработки деталей типа «Фланец» десяти типоразмеров; микрокалькулятор для выполнения расчетов.

Методические указания

В состав технологической оснастки роботизированного технологического комплекса (РТК) входит совокупность устройств и приспособлений, обеспечивающих взаимодействие его основного и вспомогательного оборудования как единого целого в автоматическом режиме [3].

Серийно выпускаемые РТК поставляются заказчику, как правило, с универсальной (широкодиапазонной) оснасткой, оказывающейся в ряде случаев ограниченно пригодной для существующего производства. Часто роботизированные комплексы создаются самими производителями на базе действующего на предприятии оборудования. От правильного выбора и конструкции оснастки в данном случае в значительной степени зависит технологическая стыковка и работоспособность оборудования РТК. Поэтому разработка и оснащение РТК специальными устройствами и приспособлениями является одной из важнейших задач технологической подготовки роботизированного производства.

В состав технологической оснастки роботизированных комплексов в наиболее общем случае входят захватное устройство к промышленному роботу (ПР), устройства для установки и ориентации заготовок в операционном накопителе, установочные приспособления для станочного оборудования, а также ряд других устройств, состав и конструкция которых зависит от особенностей конкретного производства [3].

В лабораторной работе на примере действующего оборудования рассмотрены основные положения и методика выбора, расчета и конструирования специальной технологической оснастки для РТК, создаваемых на базе многоцелевых станков сверлильно-фрезерно-расточной группы типа МС12-250, при обработке деталей цилиндрической формы с развитой поверхностью фланца.

Приведенные ранее на рис. 2-5 конструкции специальных устройств и приспособлений в РТК позволили в полной мере осуществить технологическую стыковку действующего оборудования и полностью автоматизировать рабочий цикл РТК, связанный с автоматической установкой, закреплением-откреплением, механической обработкой, транспортированием и складированием заготовок деталей типа «Фланец» десяти типоразмеров.

Основы выбора и конструирования захватных устройств к ПР

Основные требования, предъявляемые при разработке захватных устройств к ПР, заключаются в обеспечении автоматического захвата обрабатываемой заготовки, ориентировании ее по отношению к кинематическим осям робота, надежном удержании заготовки в процессе транспортирования и установки, а также в беспрепятственном их взаимодействии в рабочей зоне с установочным приспособлением [3].

Вид захвата определяется формой, размерами, массой и свойствами материала перемещаемого предмета, а также специфическими требованиями выполняемого технологического процесса.

Ранее на рис. 2 была приведена конструкция и описан принцип работы захватного устройства к промышленному роботу РБ241-02, используемого для транспортировки и установки деталей для обработки в составе РТК.

Здесь рассматривается методика расчета захватного устройства для обеспечения надежного закрепления заготовки в захвате ПР.

Основными расчетными характеристиками при проектировании захватных устройств к ПР являются [3]: определение силы закрепления заготовки в захвате; определение силы привода зажима заготовки; проверка на прочность деталей захвата; проверка на отсутствие повреждений материала заготовки в местах контакта с захватом; проверка на удержание заготовки в захвате при манипулировании в режимах разгона и торможения.

На рис. 2.1 приведена схема действующих сил на заготовку в цанговом захвате ПР при ее закреплении и транспортировании. Как видно из рис. 2.1, сила закрепления заготовки P_r должна обеспечить ее надежное центрирование и удерживать от самопроизвольного падения под действием собственной массы G , сил инерции F_a , $F_{цб}$ при транспортировании, а также других случайных сил.

Из рассмотрения условия равновесия действующих сил относительно точки O можно показать, что сила закрепления заготовки в захвате будет равна

$$P_r = \frac{F_{цб}D + (G + F_a)l_3}{2Df_{тр}} = \frac{m\left(\frac{v^2D}{R} + (g + a)l_3\right)}{2Df_{тр}}$$

где m - масса заготовки, кг; v - максимальная линейная скорость заготовки при вращении руки ПР вокруг оси Z , м/с; D - диаметр сопрягаемой части заготовки, м; $g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения; a - максимальное ускорение при подъеме руки ПР по оси Z , м/с²; l_3 - длина заготовки, м; $f_{тр}$ - коэффициент трения (для контактирующей пары сталь + алюминий $f_{тр} = 0,02 \dots 0,08$).

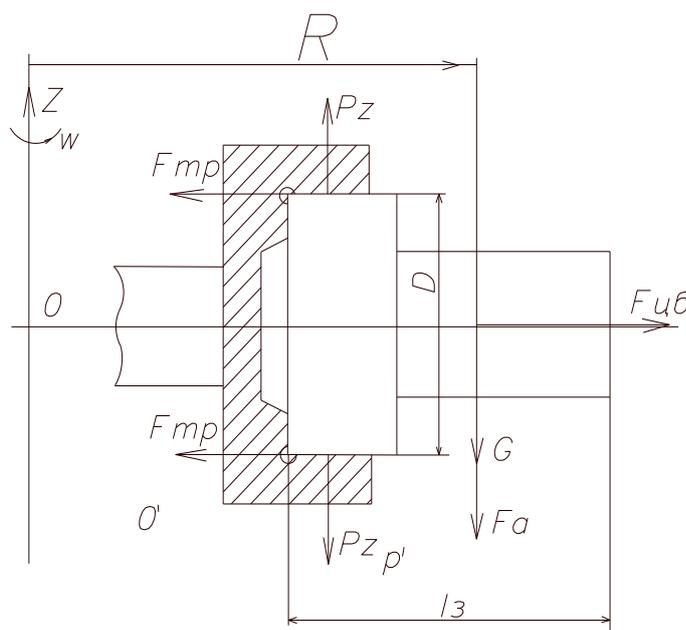


Рис. 2.1 расчетная схема для определения усилия закрепления заготовки в схвате ПР

Значение линейной скорости заготовки при вращении руки ПР составит (м/с):

$$V = \omega R = \frac{2\pi R}{T} \quad (2.1)$$

где R - максимальный вылет руки ПР с заготовкой ($R = 2$ м); T - минимальное значение периода вращения руки ПР, с. $T = 360/\omega$, где ω – максимальная угловая скорость вращения руки ПР ($\omega = 60$ угл. град/с).

Величину линейного ускорения a при подъеме заготовки по оси Z можно принять равной $a = V_{\max}/\tau$, где V_{\max} - максимальная скорость подъема руки по оси Z ($V_{\max} = 0,5$ м/с); τ - время разгона и торможения привода ПР ($\tau = 0,1 \dots 0,3$ с).

Наибольшую силу закрепления заготовки в осевом направлении (силу снятия заготовки $Q_{\text{сн}}$), которую может обеспечить цанговый захват ПР, можно определить по формуле [6]

$$Q_{\text{сн}} = \frac{P_r f_{\text{тр}}}{K} \quad (2.2)$$

где P_r - сила зажима заготовки в цанговом захвате, Н; $f_{\text{тр}}$ - коэффициент трения; K - коэффициент, учитывающий действие случайных сил, равный произведению трех коэффициентов [1]

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

где K_1 - коэффициент безопасности, значение которого зависит от условий работы ПР и расположения других элементов РТК и составляет $K_1 = 1,2 \dots 2,0$; K_2 - коэффициент, зависящий от максимального ускорения a , с которым ПР перемещает заготовку, закрепленную в захвате, $K_2 = 1 + a/g$; K_3 - коэффициент передачи, зависящий от конструкции захвата и расположения в нем заготовки. В нашем случае $K_3 = 3l'/(nb)$, где l' - расстояние до центра тяжести заготовки, м; b - глубина заделки заготовки в захвате, м; n - количество пар лепестков цанги, шт.

В техническом задании на проектирование захватного устройства к ПР достаточно указать вид захвата, привести его основные конструктивные размеры (размеры посадочных поверхностей), привести схемы базирования и сил закрепления заготовки в нем; по формулам (2.1), (2.2) определить значения этих сил, т.е. P_r и $Q_{\text{сн}}$.

Основы выбора и конструирования устройств размещения заготовок в операционных накопителях РТК

Операционные накопители (в нашем случае тактовый стол в виде цепного манипулятора модели ТС 999-02) предназначены для хранения запаса заготовок и подачи их в зону захвата ПР в строго ориентированном положении.

С целью адаптации к условиям конкретного производства операционные накопители в зависимости от конструкции, габаритов и массы заготовок, как правило, дооснащаются специальной оснасткой в виде оправок, ложементов и др.

Особенностями операционного накопителя, используемого в нашем случае, является применение в нем в качестве накопления и ориентации объектов производства

специальных двухрядных цанговых стоек, устанавливаемых на палеты тактового стола мод. ТС 999-02. Конструкция таких стоек была рассмотрена ранее на рис. 3.

Здесь приводятся основные положения силового расчета цанговых оправок накопителя по надежному удержанию обработанных заготовок при установке их ПР на верхний ряд оправок накопителя и, наоборот, обеспечение их снятия после установки их оператором с нижнего ряда накопителя.

На рис. 2.2 приведена расчетная схема для определения усилия закрепления заготовок на цанговых оправках подобного рода. Как видно из приведенной схемы, закрепление заготовки происходит за счет силы трения на поверхности контакта заготовки и лепестков цанги, вызываемой за счет упругой деформации последних на величину f .

Силу зажима W_{Σ} , развиваемую цангой при упругой деформации ее лепестков на величину f , можно определить по формуле [6]

$$W_{\Sigma} = \frac{K_{\delta} Q_{сн}}{f_{тр}} \quad (2.3)$$

где K_{δ} - коэффициент запаса, равный 1,5...2,0 для оправок верхнего ряда накопителя и $K_{\delta}=0,4...0,5$ - для оправок нижнего ряда; $Q_{сн}$ - сила закрепления заготовки в цанговом схвате ПР в осевом направлении, Н; $f_{тр}$ - коэффициент трения (для контактирующих пар сталь + алюминий $f_{тр}=0,02...0,08$).

При этом сила зажима, развиваемая одним лепестком, составит

$$W_{л} = \frac{W_{\Sigma}}{n} \quad (2.4)$$

где n — число лепестков в цанге.

Рассматривая лепесток цанги, как консольно закрепленную балку, можно определить величину прогиба лепестка при этом, как [6]

$$f = \frac{W_{л} l_{л}^3}{3EI} \quad (2.5)$$

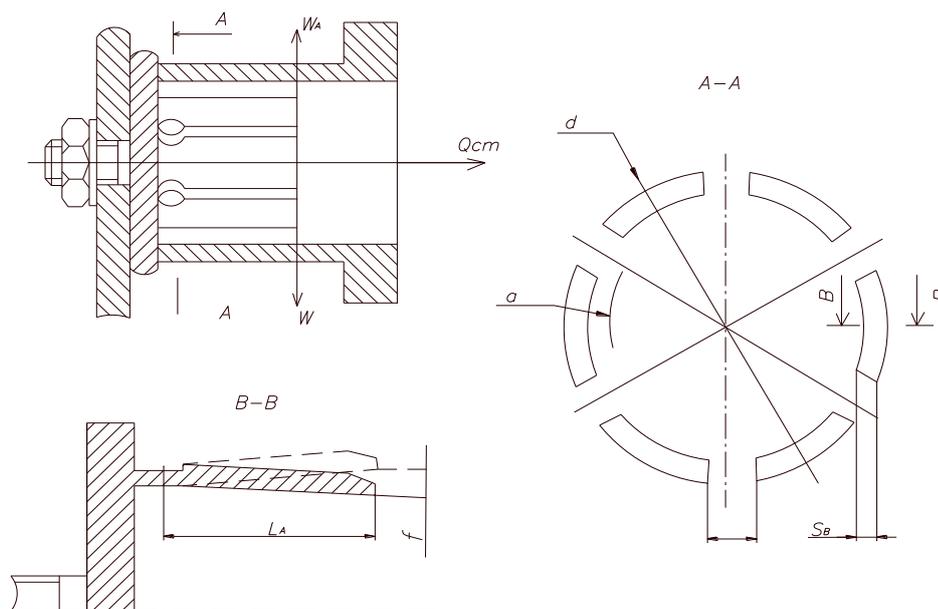


Рис. 2.2 - Расчетная схема для определения усилия зажима заготовок на цанговых оправках накопителя

где E - модуль упругости материала цанги, Па ($E = 2,2 \times 10^{11}$ Па для стали); I - момент инерции сечения лепестка в месте заделки, м^4 ; $l_{\text{л}}$ - длина лепестка от места заделки, м.

Так как сечение лепестка цанги представляет собой сектор кругового кольца (см. рис. 2.2), то момент инерции I можно определить по формуле [3]

$$I = \frac{d^3 S_{\text{л}}}{8} \alpha + \sin \alpha \cos \alpha - \frac{2 \sin^2 \alpha}{\alpha}$$

где d - наружный диаметр лепестка в месте заделки, м; $S_{\text{л}}$ - толщина лепестка, м; α - половина угла сектора лепестка, рад.

Угол α можно найти из соотношения [3]

$$\alpha = \frac{2\pi - n \cdot 2 \arctg 0,5\delta \quad 0,5d - S_{\text{л}}}{2n}$$

где δ - ширина пазов в лепестках цанги, м; n - количество лепестков, шт.

Для обеспечения заданной силы закрепления наружный диаметр цанги $D_{\text{ц}}$ должен быть больше посадочного диаметра заготовки d на величину $2f$, т.е.

$$D_{\text{ц}} = (d + 2f) 10^{-3} \text{ (мм)} \quad (2.6)$$

В техническом задании на проектирование цанговых оправок в зависимости от величины обеспечения ими усилия зажима заготовки (2.3), (2.4) из конструктивных соображений назначаются число лепестков n цанги, значения наружного диаметра сектора d в месте заделки лепестков, толщина $S_{\text{л}}$ и длина $l_{\text{л}}$ каждого лепестка и приводятся определенные расчетным путем значения упругой деформации (прогиба) лепестков цанги по обеспечению заданного усилия зажима заготовки (2.5) и наружного

диаметра цанги $D_{ц}$ в свободном состоянии (2.6).

Основы выбора и конструирования станочных приспособлений в РТК

Основные требования к установочным приспособлениям для обработки деталей на станках в РТК заключаются в обеспечении достаточной устойчивости и жесткости установки заготовки, обеспечении требуемой точности ориентации заготовки в приспособлении, а также в совмещении направлений координатных осей заготовки с осями координатной системы станка и ПР [3].

Для закрепления заготовок деталей типа тел вращения этим требованиям в достаточной степени отвечает показанное ранее на рис. 5 приспособление, которое используется в РТК на многоцелевом станке МС 12-250.

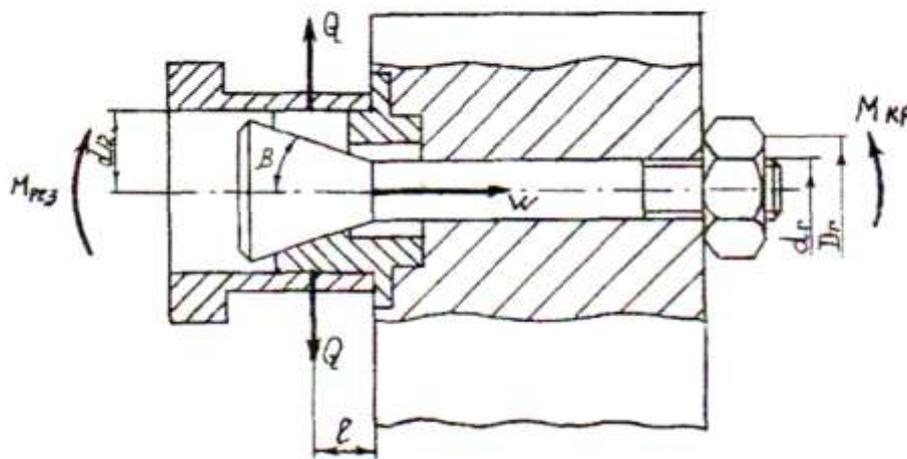


Рис. 2.3 Расчетная схема для определения усилия зажима заготовки на станке

На рис. 2.3 приведена схема действующих сил на заготовку при закреплении ее в приспособлении рассмотренной конструкции.

Из схемы на рис. 2.3 видно, что необходимое и достаточное значение технологического усилия закрепления заготовки в приспособлении составит [6]

$$Q = \frac{K_3 M_{рез}}{n f_{тр} d} \quad (2.7)$$

где $M_{рез}$ - момент силы резания, Н·м; n - число лепестков цанги, шт.; $d/2$ - радиус посадочной поверхности заготовки, м; K_3 - коэффициент запаса ($K_3=1,5...2,5$); $f_{тр}$ - коэффициент трения сопрягаемых поверхностей.

Величину тягового усилия W определим по формуле [6]

$$W = n Q + \frac{3EIf}{l^3} \operatorname{tg} \beta + \varphi \quad (2.8)$$

где n — число лепестков цанги, шт. ($n = 6$); Q - потребная сила зажима одним лепестком, Н; E - модуль упругости, Па; I - момент инерции сечения лепестка, м⁴; f - стрела прогиба лепестков цанги, м; l - расстояние от места заделки лепестка до середины конуса, м; β - половина угла конуса хвостовика, угл. град; φ - угол трения, угл. град.

Величину угла φ можно определить по формуле [6]

$$\varphi = \arctg \mu_{\text{тр}}$$

где $\mu_{\text{тр}}$ - коэффициент трения между конусом хвостика и конусом оправки ($\mu_{\text{тр}} = 0,05 \dots 0,10$).

Величину крутящего момента затяжки гайки 6, обеспечивающего необходимое технологическое усилие зажима заготовки, найдем по формуле:

$$M_{\text{кр}} = W r_{\text{ср}} \text{tg } \psi + \varphi_{\text{пр}} + \frac{1}{3} \mu_{\text{тр}} \frac{D_r^3 - d_r^3}{D_r^2 - d_r^2} \quad (2.9)$$

где $r_{\text{ср}}$ - средний радиус резьбы, м ($r_{\text{ср}} = 0,9 D/2$); ψ - угол подъема резьбы, угл. град; $\text{tg } \psi = P/(2\pi r_{\text{ср}})$, где P - шаг резьбы, м; $\varphi_{\text{пр}}$ - приведенный угол трения, угл. град (для метрической резьбы $\text{tg } \varphi_{\text{пр}} = 1,15 f_{\text{тр}}$, где $f_{\text{тр}}$ - коэффициент трения между болтом и гайкой); $\mu_{\text{тр}}$ - коэффициент трения на торце гайки; D_r - наружный диаметр опорного торца гайки, м; d_r - внутренний диаметр опорного торца гайки, м.

Приведенные значения величин Q , W и $M_{\text{кр}}$ (формулы (2.7), (2.8) и (2.9) соответственно) составляют основу расчетных характеристик при разработке технического задания на проектирование станочных приспособлений в РТК рассмотренного типа.

Основы выбора и конструирования устройств автоматического закрепления-открепления заготовок на станках РТК

Автоматизация рабочего цикла РТК не будет в полной мере решена, если на операциях закрепления-открепления заготовок в приспособлениях станочного оборудования будет присутствовать ручной труд оператора.

В рассматриваемом РТК эта задача успешно решена за счет применения специальной оправки-ключа, выполненной на базе унифицированной оправки к многоцелевому станку МС12-250, конструкция которой была приведена на рис. 4. При этом для осуществления операций автоматического закрепления-открепления заготовки в приспособлении используется привод главного движения самого станка [2].

Необходимым расчетным параметром при разработке технического задания на оправку-ключ подобного типа является расчет усилия прижима кулачков полумуфта P_0 (рис. 2.4) из условия нераскрытия их при передаче крутящего момента $M_{\text{кр}}$ при закреплении заготовки с нужным технологическим усилием.

Это условие обеспечивается (рис. 2.4), если

$$P_0 = \frac{2M_{\text{кр}}}{D_{\text{ср}}} \text{tg } \gamma - \rho_1 - \frac{D_{\text{ср}}}{D_{\text{ш}}} f_2 \quad (2.10)$$

угол наклона рабочей грани кулачка, угл. град; ρ_1 - угол трения между кулачками, угл. град (для стали $\rho_1 = 5 \dots 6^\circ$); $D_{\text{ш}}$ - диаметр шлицевой оправки, м; f_2 - коэффициент трения в шлицевом соединении (для стали $f_2 = 0,15 \dots 0,16$).

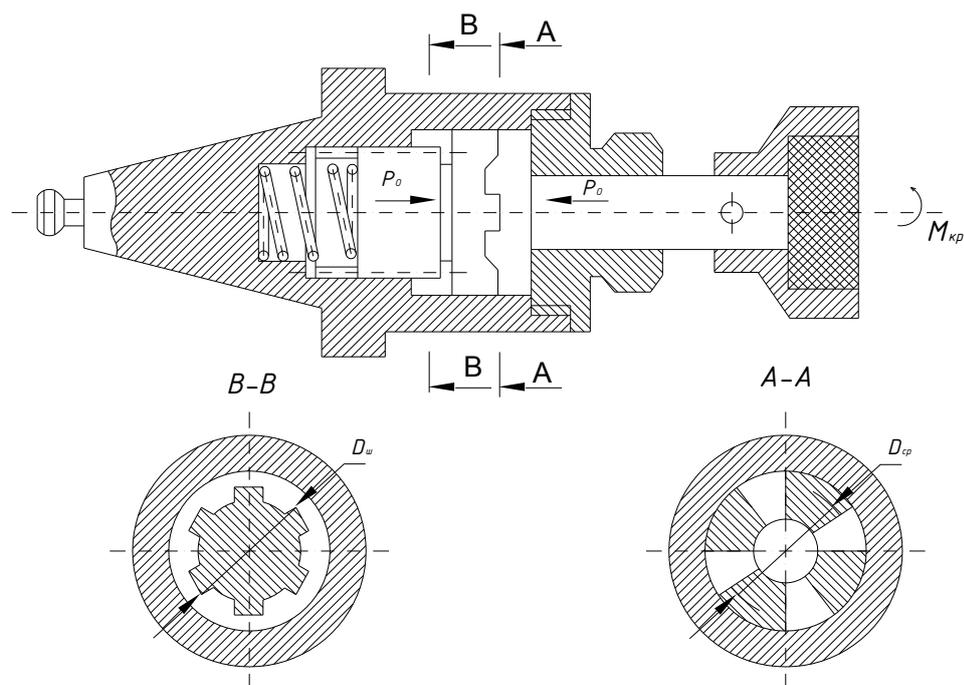


Рис. 2.4 - Расчетная схема для определения величины передаваемого крутящего момента оправкой-ключом

Задание

В задании на выполнение лабораторной работы входит умение студентами определить необходимый и достаточный состав средств технического оснащения РТК для технологической стыковки его основного и вспомогательного оборудования и осуществления работы его как единого целого механизма. При этом студент должен уметь правильно составить принципиальные схемы базирования и закрепления заготовок в различных захватных устройствах РТК, в приспособлениях многоцелевого станка и в операционных накопителях, выполнить необходимые расчеты для составления исходных данных технических заданий на их проектирование.

В табл. 2.1 приведены варианты заданий, содержащие разные значения исходных данных, необходимых для определения основных расчетных характеристик средств технического оснащения на примере действующего РТК.

На основании приведенных данных каждый студент для своего варианта должен определиться с принципиальной схемой базирования и закрепления заготовки, произвести по приведенным формулам необходимые расчеты и составить исходные данные для технического задания на проектирование основных средств технического оснащения РТК: захватного устройства к ПР, приспособления к многоцелевому станку, оправок к операционному накопителю и оправки-ключа для автоматического закрепления-открепления заготовок.

2.1 Варианты заданий

№	m, кг	f_{mp}	Для промышленного робота				Для операционного накопителя					Для оправки- ключа		
			D	l_3	b	n	$S_{л}$	δ	d	$l_{л}$	n	γ	D _{ср}	D _ш
			мм			шт.	мм			шт.	град	мм		
1	0,2	0,02	60	60	15	5	2	19	40	30	4	20	24	28
2	0,5	0,03					3	18				22		
3	0,7	0,05					2,5	18,5				24		
4	0,1	0,07					1	20				26		
5	0,15	0,08					1,5	19,5				28		
6	0,1	0,08	70	80	16	6	1	12	50	40	6	30	22	26
7	0,3	0,07					1,5	11,5				32		
8	0,4	0,06					2	11				34		
9	0,6	0,04					2,5	10,5				36		
10	0,8	0,03					3	10				38		
11	0,15	0,04	80	40	11	4	1	33	60	40	3	40	20	24
12	0,2	0,06					1	33,5				42		
13	0,25	0,08					1	34				44		
14	0,3	0,1					1	34,5				46		
15	0,35	0,12					1	35				48		

№	Для приспособления многоцелевого станка											
	M_p , Н·м	$d/2$	l	f	P	r_{cp}	D_r	d_r	$I \times 10^{-12}$	β	ψ	n
	мм							m^4	град		шт.	
1	4,5	20	30	0,1	2,5	9,188	26	20	5	15	2,45	6
2	5,5											
3	6,5											
4	7,5											
5	8,5											
6	8,5	25	40	0,2	2	8,035	24	18	10	10	2,27	6
7	7,5											
8	6,5											
9	5,5											
10	4,5											
11	4,5	30	20	0,3	1,5	7,513	22	16	15	5	1,82	6
12	5,5											
13	6,5											
14	7,5											
15	8,5											

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями выполнения лабораторной работы.
- 2 Получить у преподавателя вариант задания.
- 3 Изучить конструкцию, схему закрепления и ознакомиться в действии с работой технологической оснастки РТК: захватом к ПР, приспособлением к многоцелевому станку, магазином-накопителем к тактовому столу и оправкой-ключом для автоматического закрепления-открепления заготовок.
- 4 Составить схему расчета, базирования и закрепления заготовки в захватном устройстве ПР и по формулам (2.1), (2.2), приняв значения коэффициента $K_1 = 1,6$, определить для своего варианта силы закрепления заготовки в цанговом захвате P_r и $Q_{сн}$. Результаты расчетов занести в таблицу 2.2.

2.2 Результаты расчетов

№ варианта	Для многоцелевого станка			Для оправки-ключа	Для захвата промышленного робота					
	Q	W	$M_{кр}$	P_0	P_r	$Q_{сн}$	K_1	K_2	K_3	K
	Н		Н·м	Н	Н					

№ варианта	Для операционного накопителя									
	верхний ряд оправок				нижний ряд оправок				α	I
	$W_{л}$	W_{Σ}	f	$D_{ц}$	$W_{л}$	W_{Σ}	f	$D_{ц}$		
	Н		мм		Н		мм		рад	M^4

5 Составить схему расчета, базирования и закрепления заготовок в магазине операционного накопителя и по формулам (2.3) - (2.6), приняв для верхнего ряда накопителя значение $K_{\delta} = 1,75$ и для нижнего ряда $K_{\delta} = 0,45$, определить основные параметры цанговых оправок, силу закрепления заготовок на цангах и их геометрические параметры. Результаты расчетов занести в табл. 2.2.

6 Составить схему расчета, базирования и закрепления в приспособлении многоцелевого станка и по формулам (2.7) - (2.9) определить для своего варианта необходимые значения усилия зажима заготовки Q и величину крутящего момента для этого $M_{кр}$. Результаты расчетов занести в табл. 2.2.

7 Составить расчетную схему и по формуле (2.10) определить необходимое и достаточное усилие прижима P_0 кулачков торцовой муфты оправки-ключа из условия их нераскрытия при передаче крутящего момента $M_{кр}$. Результаты расчетов занести в табл. 2.2.

8 Составить отчет, содержащий схемы расчета, базирования и закрепления заготовок по каждому устройству технологической оснастки РТК, и привести основные их расчетные характеристики (табл. 2.2).

Контрольные вопросы

1. Что входит в состав средств технологического оснащения РТК, и какую задачу они выполняют?

2. Приведите конструкции и перечислите основные требования, которые предъявляются к захватным устройствам ПР.

3. Приведите расчетную схему и методику определения силы зажима заготовок в захватных устройствах ПР цангового типа.

4. Перечислите основные требования, которые предъявляются к операционным накопителям РТК.

5. Охарактеризуйте особенности конструкции и работы операционного накопителя, используемого в РТК при выполнении лабораторной работы. Чем обеспечивается автоматический съём и установка обрабатываемых заготовок на нём?

6. Приведите методику расчета сил закрепления заготовок на цанговых оправках операционного накопителя.

7. Перечислите основные требования, которые предъявляются к установочным приспособлениям станков РТК.

8. Охарактеризуйте конструкцию и принцип работы приспособления, используемого на многоцелевом станке МС 12-250 в РТК.

9. Приведите расчетную схему и методику определения силы зажима заготовки в приспособлении станка МС 12-250.

10. Приведите расчетную схему и методику определения потребного крутящего момента механизма привода из условия обеспечения необходимого технологического усилия зажима заготовки в приспособлении многоцелевого станка МС 12-250.

11. Опишите конструкцию и охарактеризуйте задачу, которую решают устройства автоматического закрепления-открепления заготовок в приспособлениях к станкам в

РТК.

12. Приведите конструкцию устройства оправки-ключа и принцип ее взаимодействия с приспособлением многоцелевого станка в используемом РТК.

13. Приведите расчетную схему и методику расчета величины передаваемого крутящего момента оправкой-ключом при закреплении-откреплении заготовок.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ И РЕЖИМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ В РТК

Цель работы: оценка технической возможности и отработка режима автоматической установки заготовок в приспособление многоцелевого станка и операционного накопителя с помощью промышленного робота на основе теоретических расчетов и проведении экспериментальных исследования на действующем РТК.

Оборудование: роботизированный технологический комплекс на базе многоцелевого станка МС 12-250, промышленного робота РБ 241-02 и тактового стола ТС-99902, оборудованных специальной оснасткой для обработки заданной номенклатуры деталей; специальные индикаторные стойки с индикаторами часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,001 мм (ГОСТ 577-80); штангенциркуль ШЦ-II (ГОСТ 166-80); ключи гаечные (набор); микрокалькулятор.

Методические указания

Техническая возможность осуществления автоматической установки (сборки) деталей с помощью робототехнических устройств обуславливается, в основном, двумя факторами: геометрическими параметрами собираемых изделий и режимом сборочного процесса. Одним из важнейших параметров геометрического фактора, обеспечивающих условия гарантированного соединения деталей при автоматической установке, является автоматическое совмещение координатных систем, принадлежащих посадочным поверхностям соединяемых деталей. Так как на практике абсолютное совмещение этих систем не представляется возможным, то важно знать (определить) значения границ необходимого и достаточного зазора Δ_{min} между сопрягаемыми поверхностями, чтобы обеспечить условия их гарантированной сборки.

На рис. 3.1, а приведена схема автоматической установки заготовки в приспособление РТК с помощью промышленного робота РБ 241-02; на рис. 3.1, б показана расчетная схема для определения условий и режима такой установки (сборки).

Как видно из рис. 3.1, а, значение необходимого и достаточного для осуществления автоматической сборки зазора Δ_{min} определяется величиной несовпадения осей сопрягаемых поверхностей ε_{max} , рассогласованием углового положения (перекоса деталей) γ_{max} и погрешностью позиционирования загрузочного устройства (ПР) - $\Delta_{поз}$. Точность расположения заготовки относительно базирующих элементов приспособления в осевом направлении характеризуется величиной Δ_0 .

Для автоматической сборки такого соединения требуется, чтобы минимальное значение зазора между сопрягаемыми поверхностями заготовки и приспособления Δ_{min} удовлетворяло условию

$$\Delta_{min} \geq \varepsilon_{max} + L \operatorname{tg} \gamma_{max} + \Delta_{поз} \quad (3.1)$$

где L – длина общего участка сопряжения поверхностей.

Значения величин ε_{max} и γ_{max} можно определить из приведенной на рис. 3.1, б

схемы, на которой показано наиболее неблагоприятное положение заготовки относительно оправки приспособления, при котором еще возможно их соединение.

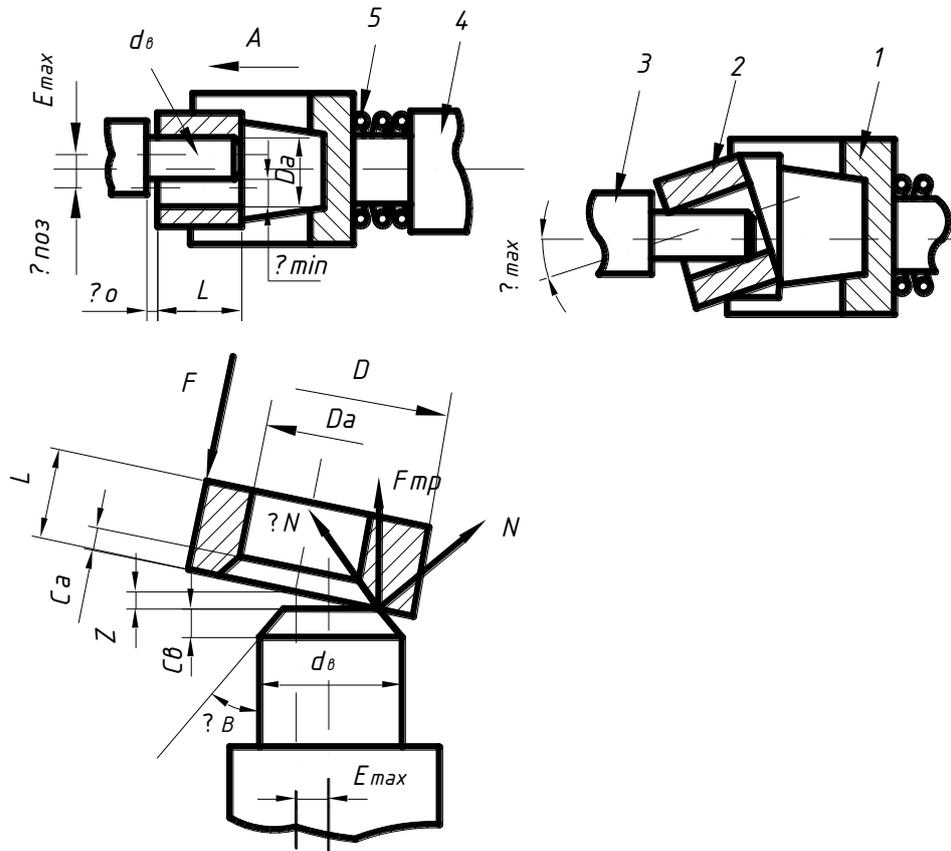


Рис. 3.1 Схема установки заготовки в роботизированном технологическом комплексе с помощью промышленного робота (а) и схема для определения условий и режима такой установки (б):

1 - схват ПР; 2 - заготовка; 3 - оправка приспособления; 4 - рука ПР;
5 - пружинный компенсатор захватного устройства ПР

Как видно из рис. 3.1, б, допустимые значения максимального несовмещения осей ε_{max} и угла перекоса γ_{max} при автоматической сборке должны быть не более

$$\varepsilon_{max} = 0,5 D_a - d_B + C_a \operatorname{tg} \varphi_a + C_B \operatorname{tg} \varphi_B \quad (3.2)$$

где D_a - наименьший предельный размер посадочного отверстия заготовки, мм; d_B - наибольший предельный размер оправки приспособления, мм; C_a , C_B - минимальная высота заходных фасок в заготовке и на оправке, соответственно, мм; φ_a и φ_B - минимальные значения их углов соответственно.

$$\gamma_{max} = \arctg (D_a - d_B) / (Z + C_a) \quad (3.3)$$

где $Z + C_a$ – заглабление устанавливаемой заготовки в момент центрирования на оправке, мм. Величину заглабления заготовки при центрировании можно принимать равной

$$Z + C_a = C_a + C_B + 0,2L \quad (3.4)$$

Накопленная погрешность позиционирования заготовки $\Delta_{\text{поз1}}$ (рис. 3.2) в загрузочной позиции ПР складывается из погрешности позиционирования самой руки робота $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ПР}}$ и погрешности позиционирования привода тактового стола $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ТС}}$, т.е.

$$\Delta_{\text{поз1}} = \Delta_{\text{поз}}^{\text{ПР}} + \Delta_{\text{поз}}^{\text{ТС}} \quad (3.5)$$

Накопленная погрешность позиционирования заготовки в рабочей зоне многоцелевого станка $\Delta_{\text{поз2}}$ определяется, как

$$\Delta_{\text{поз2}} = \Delta_{\text{поз}}^{\text{ПР}} + \Delta_{\text{поз}}^{\text{ПС}} \quad (3.6)$$

где $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ПС}}$ – погрешность позиционирования поворотного стола многоцелевого станка.

В общем случае составляющие погрешность позиционирования заготовки величины $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ПР}}$, $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ТС}}$ и $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ПС}}$ являются известными и приводятся в паспортных данных применяемого оборудования. Вместе с тем, они легко поддаются экспериментальной проверке с помощью несложных приспособлений, например, индикаторной стойки, показанной на рис. 3.3.

Индикаторная стойка состоит из корпуса 1 с центральным отверстием, с помощью которого она устанавливается на оправках 2 приспособлений РТК аналогично обрабатываемым заготовкам 3, двух индикаторов часового типа 4 и 5 с ценой деления 0,001 мм каждый и винтов 6, служащих для крепления индикаторов в корпусе.

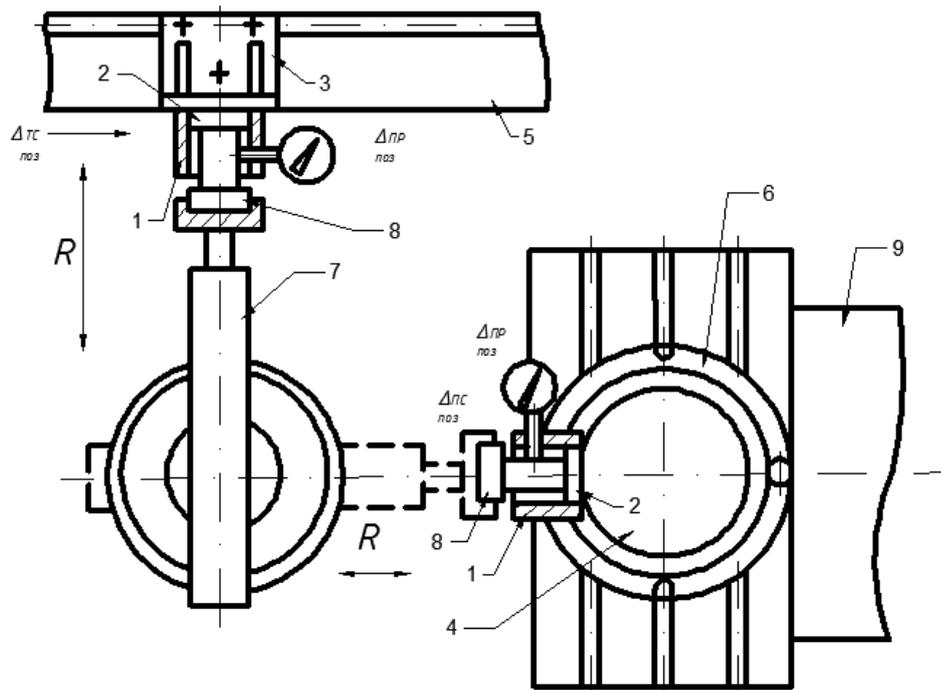


Рис. 3.2 - Схема лабораторной установки для определения погрешности позиционирования заготовки в роботизированном технологическом комплексе:

- 1 - индикаторная стойка; 2 - оправка приспособления; 3 - палета с накопителем заготовок; 4 - приспособление станка; 5 - тактовый стол; 6 - поворотный стол станка; 7 - промышленный робот, 8 – заготовка; 9- многоцелевой станок МС 12-250

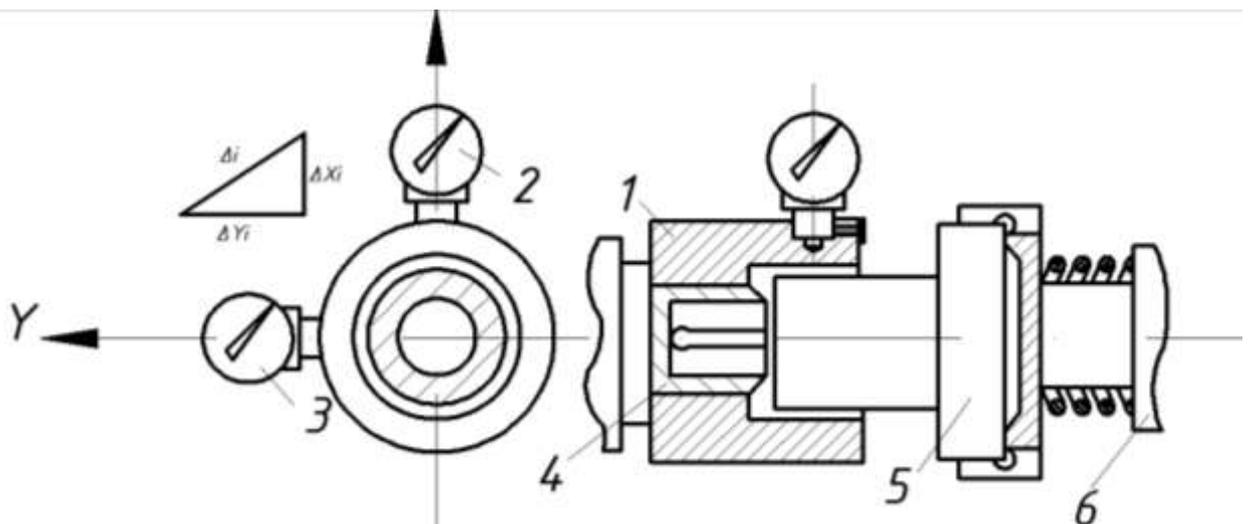


Рис. 3.3 - Индикаторная стойка для определения погрешности позиционирования заготовки в РТК (а) и схема для определения суммарной составляющей погрешности позиционирования (б):

- 1 - корпус оправки; 2 - цанга; 3 - заготовка; 4,5- индикаторы; 6 - винт; 7 - рука ПР

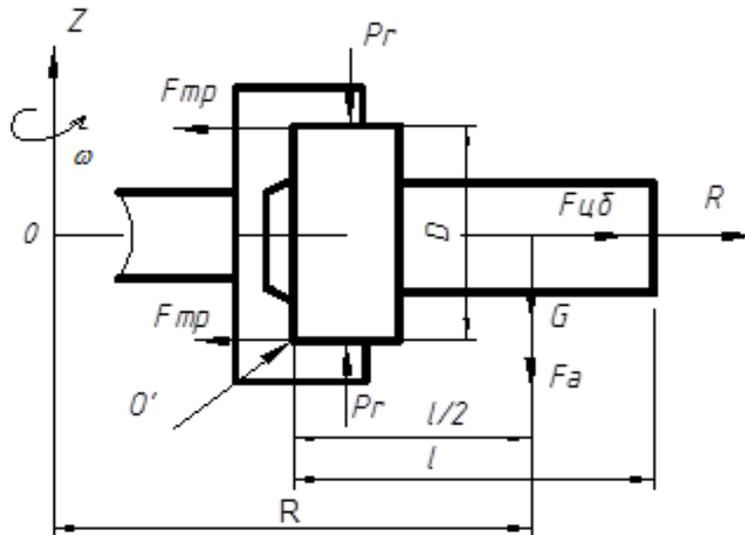


Рис. 3.4 - Схема действующих сил на заготовку в схвате ПР при перемещении

Схема измерения составляющих погрешности позиционирования заготовки $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ПР}}$, $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ТС}}$ и $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ПС}}$ с помощью индикаторной стойки показана на рис. 3.2.

Индикаторная стойка 1 (рис. 3.2) устанавливается на цанговые оправки 2 накопителя 3 тактового стола и приспособления 4 многоцелевого станка. При неподвижных тактовом столе 5 и поворотном столе 6 станка рука 7 ПР имитирует по рабочей программе попеременную установку заготовки 8 в накопитель 3 тактового стола или в приспособление 4 многоцелевого станка. По индикаторам 2 и 3 (рис. 3.3), предварительно настроенным на нулевые отметки по эталонной детали, снимаются в обоих случаях показания Δx_i и Δy_i (рис. 3.3), соответствующие показаниям погрешности позиционирования заготовки по осям X и Y связанной с погрешностью позиционирования руки ПР. Суммарное значение погрешности позиционирования $\varepsilon_{\text{поз}i}$ определяется, как

$$\varepsilon_{\text{поз}i} = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$$

Для определения накопленной погрешности позиционирования $\Delta_{\text{поз}1}$ проводят серию опытов, соответствующих 20...30 измерениям значений Δx и Δy в каждой стойке, и определяют отдельно погрешность позиционирования ПР в позиции загрузки заготовки в приспособления многоцелевого станка $\Delta_{\text{поз}1}^{\text{ПР}}$ и в позиции установки заготовки в накопитель тактового стола $\Delta_{\text{поз}2}^{\text{ПР}}$.

Величину этих погрешностей в обоих случаях принимают равной

$$\Delta_{\text{поз}1}^{\text{ПР}} = 6\sigma_1 \quad (3.7)$$

где σ_1 - среднеквадратичное отклонение поля рассеяния положения заготовки, связанное с погрешностью позиционирования ПР, мм.

Определение величин среднеквадратичных отклонений σ по каждой серии опытов (σ_1 и σ_2) осуществляется по известной методике из теории математической статистики. Для нашего случая это

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{\text{ср}})^2}{n}} \quad (3.8)$$

где ε_i и ε_{cp} - соответственно, текущее и среднеарифметическое значение суммарного отклонения положения заготовки в каждой серии опытов, мм; n - число опытов.

$$\varepsilon_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}{n}; \quad \varepsilon_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2} \quad (3.9)$$

Из определенных погрешностей позиционирования $\Delta_{поз1}^{PP}$ и $\Delta_{поз2}^{PP}$ для расчетов принимается большее значение $\Delta_{поз}^{PP}$.

После определения величины $\Delta_{поз}^{PP}$ включают тактовый стол и проводят серию опытов (20 - 30 измерений), связанных с определением погрешности позиционирования привода тактового стола $\Delta_{поз}^{TC}$. Для этого руке ПР в разгрузочной позиции программируют только возвратно-поступательные перемещения заготовки по оси $R(Y)$. Индикаторная стойка 1 (рис. 3.2), обойдя последовательно все позиции, вернувшись в загрузочную позицию, покажет накопленную погрешность позиционирования привода за один оборот тактового стола. Суммарное значение погрешности позиционирования привода тактового стола принимают, как и при определении погрешности $\Delta_{поз}^{PP}$, равным

$$\Delta_{поз}^{TC} = 6\sigma_2 \quad (3.10)$$

Определение погрешности позиционирования, связанной с погрешностью поворота и линейных перемещений рабочего стола многоцелевого станка $\Delta_{поз}^{PC}$, осуществляется по такой же методике, что и при определении погрешности $\Delta_{поз}^{TC}$, только в этом случае станку программируют серию попеременных поворотов поворотного стола станка на 180° , связанных с установкой на него заготовки и возвращением ее после обработки в загрузочную позицию.

Учитывая, что кинематическая точность приводов многоцелевого станка примерно на два порядка выше кинематической точности применяемых моделей ПР и тактового стола, при определении погрешности позиционирования $\Delta_{поз}^{PC}$ можно ограничиться ее величиной, равной

$$\Delta_{поз}^{PC} = r \operatorname{tg} \alpha_{поз} \quad (3.11)$$

где r - наибольшее расстояние от оси поворота поворотного стола до торца фланца обрабатываемой заготовки ($r = 190$ мм); $\alpha_{поз}$ - точность позиционирования поворотного стола ($\alpha_{поз} = \pm 5$ угл. с).

С учетом установленных значений погрешностей позиционирования $\Delta_{поз}^{PP}$, $\Delta_{поз}^{TC}$ и $\Delta_{поз}^{PC}$ величина необходимых и достаточных диаметральных зазоров в приспособлениях накопителей тактового стола Δ_{min1} и в приспособлении многоцелевого станка Δ_{min2} составит

$$\Delta_{min1} = \varepsilon_{max} + L \operatorname{tg} \gamma_{max} + \Delta_{поз1} \quad (3.12)$$

$$\Delta_{min2} = \varepsilon_{max} + L \operatorname{tg} \gamma_{max} + \Delta_{поз2} \quad (3.13)$$

Для компенсации погрешности установки заготовки в осевом направлении Δ_0 в захватном устройстве ПР предусмотрен пружинный компенсатор 5 (рис. 1), который, в сочетании со специально программируемым избыточным перемещением руки ПР в

сторону приспособления при установке заготовки, обеспечивает за счет сжатия пружины автоматическую досылку заготовки в конце установки к опорным поверхностям приспособления. В этом случае погрешностью Δ_0 можно пренебречь.

Следует отметить, что строгое значение величины необходимого и достаточного зазора Δ_{\min} в нашем случае необходимо при установке заготовки ПР в приспособление многоцелевого станка, т.е. $\Delta_{\min 2}$. При установке заготовки в приспособление-накопитель тактового стола упругие лепестки цанговых оправок позволяют компенсировать несовпадение координатных систем сопрягаемых деталей заведомо больше, чем величина расчетного зазора $\Delta_{\min 1}$. Вместе с тем, знание величины дополнительной деформации лепестков цанговых оправок в радиальном направлении на величину $\Delta_{\min 1}$ необходимо для проведения расчетов, связанных с определением усилия сборки заготовки с приспособлением операционного накопителя.

Из параметров режима решающее значение для сборочного процесса имеют величина технологического усилия сборки и скорость относительного перемещения соединяемых деталей при сборке.

Технологическое усилие при сборке (сборочная сила) для различных моментов соединения может иметь различные значения. Так, сила закрепления устанавливаемой заготовки в захватном устройстве ПР - P_r (рис. 3.4) должна обеспечить ее центрирование и удерживать от самопроизвольного падения, под действием собственной массы (G), сил инерции (F_a , $F_{цб}$) при транспортировке и других случайных сил, т.е. (из условия равновесия сил относительно точки O):

$$P_r \geq \frac{F_{цб}D + G + F_a l}{2Df} = \frac{m \frac{V^2 D}{R} + g + a l}{2Df} \quad (3.14)$$

где m - масса заготовки, кг, V - максимальное значение линейной скорости заготовки при вращении руки ПР вокруг оси Z , м/с²; D - диаметр сопрягаемой части заготовки, м; g - ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; a - максимальное значение ускорения при подъеме руки ПР по оси Z , м/с²; l - длина заготовки, м; f - коэффициент трения (для сопрягаемых материалов сталь + алюминий значение $f = 0,02 \dots 0,08$).

Значение линейной скорости заготовки при вращении руки ПР составит

$$V = \omega R = \frac{2\pi R}{T}$$

где R - максимальный вылет руки ПР с заготовкой ($R = 2,0$ м); T - минимальное значение периода вращения руки ПР, $T = 360/\omega$, где ω - максимальное значение угловой скорости вращения руки ПР ($\omega = 60$ угл. град/с).

Величину линейного ускорения a при подъеме заготовки по оси Z можно принять равной $a = V_{\max}/\tau$, где V_{\max} - максимальная скорость подъема руки робота по оси Z , м/с ($V_{\max} = 0,5$ м/с); τ - время разгона и торможения привода ПР, с ($\tau = 0,1 \dots 0,3$ с).

При сопряжении деталей с гарантированным зазором (в приспособлении многоцелевого станка) сборочная сила F_1 обычно имеет максимальное значение в момент центрирования сопрягаемых деталей (рис. 3.1, б), поскольку их относительный перекося в этот период будет наибольшим. Значение ее в данный период (и последующие периоды)

соединения можно найти из уравнений равновесия действующих сил.

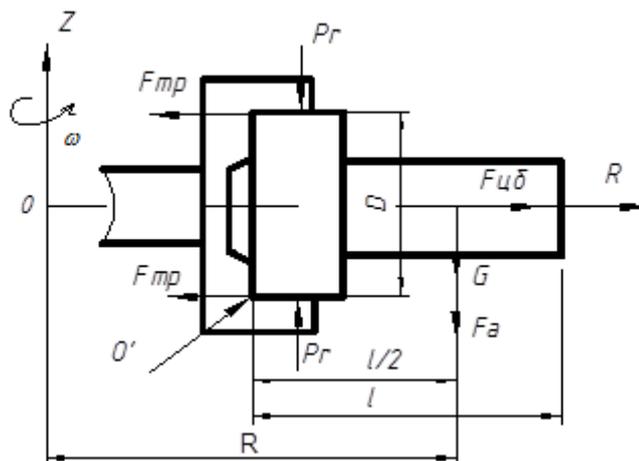


Рис. 3.4 Схема действующих сил на заготовку в схвате ПР при перемещении

Так для деталей, устанавливаемых по цилиндрическим поверхностям с гарантированным зазором, сила сборки F_1 для первоначального момента их соединения может быть найдена из следующего соотношения (рис. 3.1, б)

$$F_1 \leq N_{\sigma k} \sin\varphi + \mu \cos\varphi \quad (3.15)$$

где $N_{\sigma k}$ - допустимое значение нормальной составляющей реакции в точке контакта сопрягаемых поверхностей, не вызывающее нарушение поверхностного слоя материала деталей, Н ($N_{\sigma k} = 110 \dots 150 \text{ Н/мм}^2$ для алюминиевых сплавов); φ - угол между направлением действия силы трения $F_{тр}$ и действия силы F ; μ - приведенный коэффициент трения в местах контакта соединяемых деталей ($\mu = 0,02 \dots 0,08$ для алюминия по стали).

Значение угла φ в расчетах можно принимать равным γ_{\max} , где γ_{\max} - допустимый угол перекося сопрягаемых деталей, при котором автоматическая сборка их еще осуществима (формула (3.3)).

Для деталей, соединяемых по цилиндрическим поверхностям с гарантированным натягом (в схвате ПР и в приспособлении-накопителе тактового стола), сборочную силу F_2 можно определить по формуле

$$F_2 = \frac{\pi D L f P_{cp} (1 - K_{V2} V - 0,002)}{1 - K_{V1} V - 0,002} K_{\varphi} K_{\sigma} \quad (3.16)$$

где L - глубина запрессовки деталей, м; D - диаметр сопрягаемых поверхностей; f - коэффициент трения в соединении ($f = 0,02 \dots 0,08$); P_{cp} - среднее удельное давление на посадочных поверхностях соединяемых деталей, Па ($P_{cp} = 0,05 \dots 0,1 \text{ МПа}$); V - скорость устанавливаемой детали, м/с (рекомендуются значения $V = 0,01 \dots 0,003 \text{ м/с}$); K_{V1}, K_{V2} - коэффициенты, учитывающие изменение сборочной силы от скорости запрессовки детали и контактного давления, соответственно (если $V = 0,002 \text{ м/с}$, то K_{V1} и K_{V2} принимают равными нулю); K_{φ} - коэффициент, учитывающий влияние угла заходной фаски (при $\varphi = 30^\circ$ $K_{\varphi} = 0,43$); K_{σ} - коэффициент обеспечения базирования деталей (при натяге в соединении $\sigma \leq 0,022 \text{ мм}$ и соотношении $L/D = 0,5$ $K_{\sigma} = 1,1$).

Данные показывают, что сборочная сила снижается с уменьшением натяга в соединении, длины посадочной ступени и угла заходной фаски оправки (вала). Поэтому оправки приспособлений целесообразно изготавливать с малым углом заходной фаски φ .

Скорость сопряжения V деталей при сборке из обеспечения максимальной производительности технологического процесса должна иметь как можно большее значение. Лимитирующим фактором, ограничивающим величину скорости относительного движения соединяемых деталей, является отсутствие повреждений металла поверхностного слоя на сопрягаемых поверхностях.

Наибольшая вероятность повреждения деталей при сборке имеет место в первоначальный момент контакта соединения вследствие удара, вызываемого массой подвижных элементов привода ПР, захватного устройства и самой устанавливаемой детали.

Предельно допустимое значение скорости относительного перемещения деталей при сборке можно определить из соотношения

$$V = \frac{\sqrt{2 A_y}}{m} \quad (3.17)$$

соединяемых деталей, исключая его повреждение, Дж (Н·м); m - суммарная масса подвижных элементов привода ПР, захватного устройства и заготовки, кг.

Найденные значения зазоров и режима сборочного процесса позволяют количественно оценить возможность автоматической установки заготовки в приспособление многоцелевого станка и в накопителе тактового стола с помощью промышленного робота и назначить технически обоснованные, являющиеся оптимальными с экономической точки зрения, параметры режима процесса сборки.

Задание

В качестве задания на выполнение лабораторной работы студенту выдаются эскизы заготовки и установочных приспособлений РТК (оправок приспособления многоцелевого станка и операционного накопителя) с указанием всех исходных данных (табл. 3.1) для определения экспериментальным и, затем, расчетным путем необходимых и достаточных значений величин зазоров $\Delta_{\min 1}$ и $\Delta_{\min 2}$, а также параметров режима - усилия сборки P_r, F_1, F_2 и скорости сопряжения деталей V , гарантирующих осуществление автоматической сборки заготовки с технологической оснасткой РТК с помощью промышленного робота.

Расчетные значения зазоров $\Delta_{\min 1}$ и $\Delta_{\min 2}$ необходимо сравнить с заданными в табл. 3.1 их величинами, а значения полученных величин P_r, F_1 и F_2 — с техническими данными промышленного робота РБ241-02.

3.1 Варианты заданий

№ варианта	Переменные параметры						Исходные данные						
	m , кг	f	μ	$N_{ок}$, Н/мм ²	$P_{ср}$, МПа	$[A_y]$, Дж	D_a	D_B	C_a, C_B	φ_a, φ_B	l	$\Delta_{\min 1}^{зад}$	$\Delta_{\min 2}^{зад}$
мм													
1	2	0,02	0,08	100	0,05	2	$40^{+0,12}$	$40_{-0,07}$	0,5	15	60	2,6	1,4
2	5	0,03	0,07	120	0,07	4							
3	7	0,05	0,04	140	0,09	6							
4	10	0,07	0,03	160	0,1	8							

5	15	0,08	0,02	180	0,12	10							
6	1	0,08	0,03	80	0,04	1	50 ^{+0,18}	50 _{-0,12}	0,3	30	80	2,0	1,0
7	3	0,07	0,04	110	0,06	3							
8	4	0,06	0,05	130	0,08	5							
9	6	0,04	0,07	150	0,10	7							
10	8	0,03	0,08	170	0,10	9							
11	15	0,04	0,11	70	0,06	4	60 ^{+0,24}	60 _{-0,12}	0,5	45	40	3,2	1,8
12	20	0,06	0,10	80	0,07	8							
13	25	0,08	0,09	90	0,08	12							
14	30	0,10	0,08	100	0,09	14							
15	35	0,12	0,07	110	0,10	16							

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на РТК, схема которого приведена на рис. 3.2.

На тактовом столе 5 в одной из стоек накопителя 3 устанавливается индикаторная оправка 1 с двумя индикаторами, позволяющими снимать погрешность позиционирования заготовки 8, установленной в захватном устройстве промышленного робота 7, одновременно по двум осям X и Y (рис. 3.3). Такая же индикаторная стойка 1 закрепляется в приспособлении 4, установленном на поворотном столе 6 многоцелевого станка 9.

Для определения погрешности позиционирования заготовки, связанной с погрешностью позиционирования привода тактового стола $\Delta_{\text{поз}}^{\text{TC}}$, включают тактовый стол 5, и индикаторная стойка 4, пройдя за один оборот последовательно все позиции тактового стола, останавливается в загрузочной позиции. В это время рука ПР по заранее заложенной программе подводит по оси R заготовку до соприкосновения с ножками индикаторов 2 и 3 (рис. 3.3), предварительно настроенных на нулевые отметки, которые покажут накопленную погрешность позиционирования заготовки $\Delta_{\text{поз}}^{\text{TC}}$ за один оборот тактового стола. Проводя таким образом 20 - 30 измерений, определяют накопленную погрешность позиционирования заготовки, связанную с погрешностью позиционирования привода тактового стола.

Аналогично, только с усложненной траекторией перемещения руки ПР с заготовкой (одновременное перемещение по осям R , Q и Z), определяют погрешности позиционирования заготовки $\Delta_{\text{поз}}^{\text{PP}}$ и $\Delta_{\text{поз}}^{\text{ПС}}$, связанные с погрешностью позиционирования приводов перемещения ПР и поворотного стола многоцелевого станка, соответственно.

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя эскизы заготовки и оправок технологической оснастки РТК и свой вариант выполнения работы (табл. 3.1).
2. Определить (измерить) значения предельных размеров величин D_a , D_b , C_a , C_b , φ_a , φ_b , l и L заготовки и занести их в табл. 3.2.

3.2 Результаты выполнения лабораторной работы

Исход	Экспериментальные данные	Расчетные данные
-------	--------------------------	------------------

ные данн е (табл. 3.1)	№ опы тов	Δx_i	Δy_i	σ_2	Δx_i^2	Δy_i^2	σ_2^2	$\Delta_{поз}^{PP}$	$\Delta_{поз}^{TC}$	$\Delta_{поз}^{PC}$	Δ_{min1}	Δ_{min2}	P_2	F_1	F_2	V
		МКМ							ММ					Н		

3. Собрать лабораторную установку (установить и выверить положение индикаторных стоек в приспособлении многоцелевого станка МС 12-250 и накопителе тактового стола ТС-99902) по схеме, показанной на рис. 3.2.

4. Включить пульт управления промышленным роботом и с помощью учебного мастера подвести руку ПР с установленной заготовкой поочередно к индикаторной стойке, закрепленной в приспособлении многоцелевого станка и к индикаторной стойке, закрепленной в накопителе тактового стола. Установить в обоих случаях индикаторы в момент подвода на нулевые отметки по закрепленной заготовке.

5. Включить тактовый стол и по заложенной ранее в ПР программе перемещений (выдвижение и возвращение в исходное положение руки ПР по оси R) снять 20 - 30 показаний индикаторов Δx_i и Δy_i , соответствующие погрешности позиционирования заготовки от привода тактового стола $\Delta_{поз}^{TC}$. Занести показания Δx_i и Δy_i в табл. 3.2.

6. Рассчитать по формулам (3.9) и (3.8) среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонение ε_{cp1} и σ_1 , и по формуле (3.10) определить погрешность позиционирования заготовки $\Delta_{поз}^{TC}$, связанную с погрешностью позиционирования привода тактового стола. Данные занести в табл. 3.2.

7. Остановить тактовый стол с индикаторной оправкой в загрузочной позиции и по ранее заложенной в ПР программе (перемещение руки ПР от приспособления многоцелевого станка в загрузочную позицию тактового стола одновременно по осям Z , R , Q и обратно) снять 20 – 30 показаний индикаторов Δx_i^2 и Δy_i^2 , соответствующих погрешности позиционирования заготовки от привода руки ПР. Занести показания Δx_i^2 и Δy_i^2 в табл. 3.2.

8. Рассчитать по формулам (3.9) и (3.8) среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонение и по ε_{cp2} и σ_2 , формуле (3.7) определить погрешность позиционирования заготовки $\Delta_{поз}^{PP}$, связанную с погрешностью позиционирования руки ПР. Данные занести в табл. 3.2.

9. Рассчитать по формуле (3.11) погрешность позиционирования $\Delta_{поз}^{PC}$, связанную с погрешностями перемещений ее в системе координат многоцелевого станка. Данные расчета занести в табл. 2.

10. Определить по формулам (3.5) и (3.6) погрешность позиционирования заготовки $\Delta_{поз1}$ в загрузочной позиции тактового стола и погрешность позиционирования заготовки $\Delta_{поз2}$ при установке ее в приспособление многоцелевого станка. Занести значения $\Delta_{поз1}$ и $\Delta_{поз2}$ в табл. 2.

11. Рассчитать по формулам (3.12) и (3.13) величины необходимых и достаточных зазоров заготовки с оправками накопителя тактового стола Δ_{min1} и с оправкой приспособления многоцелевого станка Δ_{min2} обеспечивающих условие выполнения автоматической сборки заготовки с ними с помощью ПР. Данные занести в табл. 3.2.

12. Сравнить расчетные значения Δ_{min1} и Δ_{min2} с заданными значениями этих величин (табл. 3.1) и проанализировать причины расхождений.

13. Рассчитать по формулам (3.14) - (3.16) значения усилия сборки заготовки при установке ее в захвате ПР– P_r , в приспособлении многоцелевого станка F_1 и на оправках накопителя тактового стола F_2 . Данные занести в табл. 3.2.

14. Определить по формуле (3.17) предельно допустимое значение скорости установки заготовки V в приспособления технологической оснастки РТК. Данные занести в табл. 3.2.

15. Набрать с помощью учебного мастера на пульте управления расчетные режимы перемещения руки ПР и осуществить поочередно полный цикл загрузки-разгрузки заготовки в приспособление многоцелевого станка и в накопителе тактового стола РТК с помощью промышленного робота. Проанализировать полученные результаты.

16. Составить отчет по форме: название и цель работы; схема лабораторной установки (рис. 3.2); задание на выполнение работы (табл. 3.1); результаты экспериментальных исследований и расчетов (табл. 3.2); заключение о возможности осуществления автоматической установки заготовки в приспособления технологической оснастки РТК с помощью промышленного робота по расчетным режимам на основе опытной проверки.

Контрольные вопросы

1 Какие задачи нужно решить для обеспечения автоматической установки заготовки в приспособления РТК с помощью промышленного робота? Перечислите составляющие минимального и достаточного зазора при сборке.

2 Приведите методику определения необходимой и достаточной величины минимального зазора между заготовкой и установочными элементами приспособления, гарантирующую их автоматическую сборку?

3 Какие величины должны учитываться при расчете минимального зазора при автоматической сборке?

4 Приведите расчетную схему для определения минимального зазора при автоматической сборке.

5 Какие составляющие участвуют в образовании погрешности позиционирования заготовки в загрузочной позиции ПР и при установке заготовки в приспособление многоцелевого станка?

6 Как определить погрешность позиционирования заготовки, связанную с погрешностью приводов тактового стола, промышленного робота и многоцелевого станка?

7 Какие параметры определяют режим автоматической сборки?

8 Какие составляющие учитываются при определении усилия закрепления заготовки в захватном устройстве ПР?

9 Как определить усилие сборки при сопряжении деталей с гарантированным зазором и с гарантированным натягом?

10 Какие факторы являются ограничивающими при определении скорости относительного перемещения деталей при автоматической сборке?

11 Приведите формулу для определения предельно допустимой скорости сборки деталей?

12 По результатам, полученным в лабораторной работе, рассчитайте технически обоснованные параметры режима установки заготовки в приспособления технической оснастки РТК с помощью промышленного робота.

НАЛАДКА МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА MC 12-250 ДЛЯ РАБОТЫ В СОСТАВЕ РТК

Цель работы: приобретение практических навыков наладки станка MC12-250 для работы его в составе РТК в соответствии с разработанными программами.

Оборудование: РТК на базе многоцелевого станка MC12-250, оснащенный специальной оснасткой для автоматизированной установки и обработки деталей; набор инструментальных наладок; прибор для измерения наладочных размеров инструмента в инструментальных наладках; мерительный инструмент: микрометры (0...25 мм, 0...75 мм), штангенциркули (0...125 мм, 0...175 мм, 0...250 мм). Руководство по программированию и эксплуатации станка MC 12-250.

Методические указания

Перед осуществлением наладки станка на обработку группы деталей в соответствии с разработанными программами необходимо ознакомиться с работой станка MC12-250 и органами управления его работой. Как известно, органы управления станка предусматривают три режима работы: режим ручного (наладочного) управления, режим ручного ввода программы (преднабор) и режим работы по программе (полуавтоматический, автоматический). Ранее при выполнении лабораторного практикума по технологии машиностроения [4, с. 98 - 120] студенты были подробно ознакомлены с приемами управления и ввода УП в станок MC12-250, поэтому в настоящей лабораторной работе более подробно рассмотрены вопросы, касающиеся наладки станка для обработки приведенных в прил. 1 деталей.

Наладка станка включает в себя установку приспособления; установку и закрепление обрабатываемой детали; установку базы отсчета (нуль станка); ввод базовых координат (установления нуля отсчета); загрузку инструментального магазина; установку размеров инструментов.

Исходной информацией для наладки станков с ЧПУ является карта наладки станка, в которой указывают относительное положение приспособления на столе станка и показывают размерную связь координатных систем заготовки, приспособления и станка. В карте наладки станка указывают также измерительные базы и последовательность выполнения настройки станка, обеспечивающей согласование нулей. Пример заполнения такой карты приводится в прил. 7. Кроме этого приводят карту наладки инструментов, в которой показывают всю номенклатуру применяемого режущего инструмента, располагаемого в технологической его последовательности с указанием требуемых размеров выставки (наладки) в осевом и радиальном направлениях. В карте наладки инструментов приводится также расчетная схема осевого (программируемого) перемещения инструмента при выполнении каждого перехода. Пример заполнения карты наладки инструмента приведен в прил. 8.

Программирование в нашем случае осуществляется в системе координат детали (см. рис. 1.1) с нулевой точкой (т. W), находящейся в центре обработанного в размер торца фланца детали. Координаты нуля отсчета, набираемые на декадных переключателях панели управления, в этом случае будут $X + 0000.00$, $Y + 0000.00$, $Z + 0532.41$. Это означает, что нуль детали совмещен с нулем станка по осям X и Y . Величина отсчета по оси Z складывается из расстояния до оси поворотного стола (200 мм) и расстояния от оси поворотного стола до плавающего нуля по оси Z , равного 113 мм (см. рис. 1.1).

Инструментальные наладки устанавливаются в инструментальный магазин в соответствии с последовательностью выполняемых технологических переходов. Инструмент, который первый работает по программе, устанавливается в шпиндель, а последний - в кантователь. При этом по каждому инструменту в соответствие с его номером в инструментальном магазине на декадных переключателях наборного поля коррекции набирается фактическая величина его вершины от торца шпинделя. Длина инструмента определяет расстояние от вершины инструмента до нулевой плоскости отсчета по оси Z.

Размеры вылета инструмента измеряются с помощью приспособления, показанного на рис. 4.1. При этом целые доли миллиметра снимают непосредственно с линейки 2, а десятые и сотые доли - при помощи индикатора 3. Последовательность выполнения ручных операций, связанных с установкой нуля отсчета и установкой инструмента, изложены в ранее выполняемой работе [4].

Отработка управляющей программы на станке включает следующие этапы:

1 Отработка УП на системе ЧПУ без включения станка на ускоренной подаче для проверки рассчитанных координат перемещений рабочих органов станка.

2 Наборный режим отработки программы при ручном вводе информации каждого кадра при включенном станке без установки обрабатываемой детали. Проверяется взаимодействие всех вспомогательных и технологических команд.

3 Покадровая отработка программы с обработкой детали с целью установления необходимой величины коррекции на инструмент по каждому переходу.

4 Обработка пробной детали в полуавтоматическом режиме.

5 Обработка контрольной детали в автоматическом режиме.

В процессе поэтапной отработки УП вносятся необходимые изменения в отдельные кадры программы, а также в блоки коррекции органов управления станком.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, содержанием отчета.

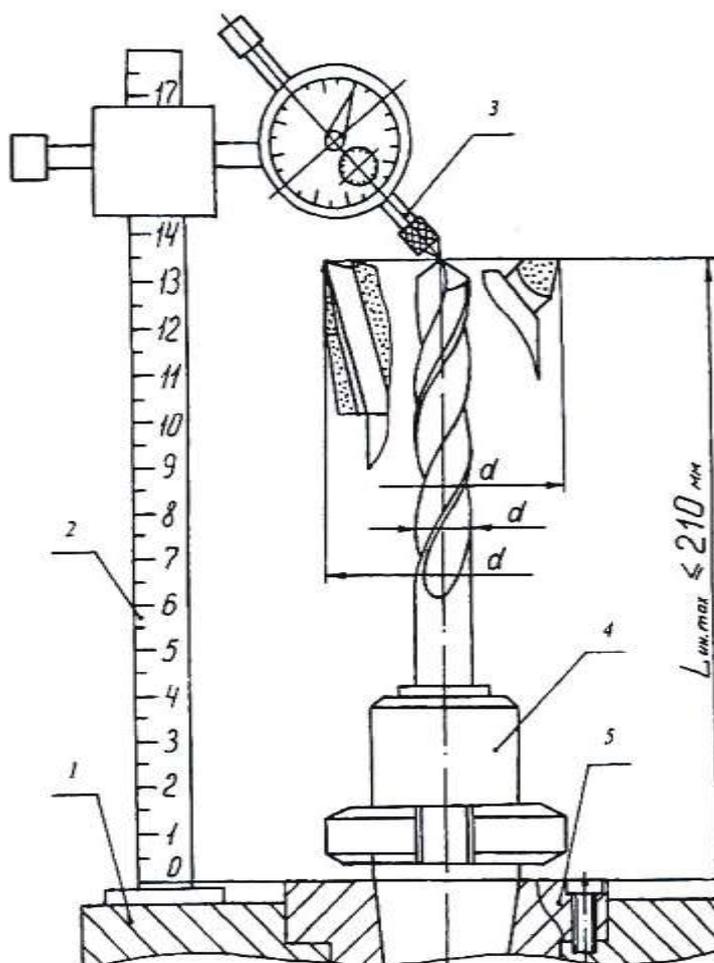


Рис. 4.1 Приспособление для измерения наладочных размеров инструмента:

1- стойка; 2 - линейка; 3 - индикатор;
4 - инструментальная наладка; 5 - гнездо

2 Изучить работу станка в режиме ручного управления, ручном вводе программы и в автоматическом режиме управления.

3 В соответствии с ранее разработанной операционной технологией (лабораторная работа № 1) разработать для комплексной детали и детали своего варианта карты наладки инструмента и станка (прил. 7, 8). Размеры вылета инструмента при этом измерить с помощью приспособления, показанного на рис. 4.1.

4 Осуществить под руководством учебного мастера установку нуля отсчета программируемых перемещений рабочих органов станка.

5 Загрузить инструментальный магазин станка полным комплектом инструмента, расположив его в последовательности выполнения технологических переходов (прил. 8). Инструмент T01 установить в шпиндель станка, последний по применению инструмент поместить в кантователь.

6 Осуществить с помощью учебного мастера набор на декадных переключателях наборного поля коррекции размеров вылета и величин коррекции по каждому инструменту.

7 Установить под наблюдением учебного мастера управляющую программу обработки варианта детали и осуществить ее обработку на станке согласно пунктам 1-5 настоящих методических указаний.

8 Проверить обработанную деталь по программе на соответствие техническим

условиям на изготовление.

9 Составить отчет по форме: название и цель работа; карта наладки инструментов и станка для заданного варианта детали (прил. 7, 8); перечень отдельных команд и кадров, претерпевших изменение в процессе отработки УП на станке; заключение о степени соответствия параметров обработанной детали техническим условиям на изготовление.

Контрольные вопросы

- 1 Что включает в себя наладка многоцелевого станка на операцию?
- 2 Приведите последовательность разработки карты наладки станка и карты наладки инструмента.
- 3 Как определить величину вылета инструмента?
- 4 Что входит в понятие «выставка» инструмента?
- 5 Как определить координаты нуля отсчета программируемых перемещений и как они учитываются в системе ЧПУ станка?
- 6 Что является исходной информацией при наладке станка с ЧПУ на операцию?
- 7 Перечислите приемы, связанные с установкой нуля отсчета программируемых перемещений.
- 8 Сделайте то же при ручном наборе программы.
- 9 Как осуществляется управление станком в ручном режиме?
- 10 Как осуществляется управление станком в полуавтоматическом и автоматическом режимах работы?
- 11 Перечислите приемы, связанные с установкой инструмента в станке.
- 12 Приведите схему систем координат детали, инструмента и станка с их взаимосвязкой.
- 13 Что такое плавающий нуль, нулевая плоскость и как они устанавливаются при наладке станка?
- 14 Какие этапы включает в себя отработка УП на станке?
- 15 Что входит в состав инструментальной наладки при обработке деталей на станках с ЧПУ?

РАЗРАБОТКА ЦИКЛОГРАММЫ И АЛГОРИТМА РАБОТЫ РТК

Цель работы: получение практических навыков составления циклограмм и разработки алгоритмов работы РТК.

Оборудование: роботизированный технологический комплекс на базе многоцелевого станка МС12-250, промышленного робота РБ241-02 и тактового стола (операционного накопителя) ТС 999-02, оснащенных специальной оснасткой для полностью автоматизированного цикла изготовления деталей типа «Фланец», секундомер.

Методические указания

В общем случае время цикла работы РТК $T_{ц}$ равно сумме времени работы станка (станков), промышленного робота (ПР) и операционного накопителя (ОН), т.е.

$$T_{ц} = T_{оп.н} + T_{пр} + T_{он}$$

где $T_{оп.н}$ - неполное оперативное время работы станка; $T_{пр}$ - время работы ПР; $T_{он}$ - время срабатывания операционного накопителя.

$$T_{оп.н} = t_0 + t_{мв}$$

где t_0 - основное время, связанное с выполнением станком рабочих ходов при обработке заготовки (время резания); $t_{мв}$ - вспомогательное машинное время, связанное с выполнением холостых ходов, позиционированием, автоматической сменой инструмента и др.

$$T_{пр} = t_з + t_p + t_{рз} + t_{пн} + t_{пс}$$

где $t_з$ и t_p - время на загрузку и разгрузку заготовками станка; $t_{рз}$ - время на разгрузку одного станка и загрузку другого (в многостаночных РТК); $t_{пн}$ - время поворота и доставки заготовки к накопителю; $t_{пс}$ - время поворота и доставки заготовки к станку или последующим станкам.

Время срабатывания операционного накопителя $T_{он}$, связанное с поштучной доставкой накопителем новой заготовки к загрузочной позиции ПР, в рабочем цикле РТК не велико и, как правило, перекрывается временем работы другого оборудования.

В зависимости от числа работающих в составе РТК станков, характера выполняемых ими операций, типа загрузочно-разгрузочных устройств и конструкции применяемых ПР, время работы ПР может полностью или частично перекрываться или вовсе не перекрываться оперативным временем работы основного оборудования.

Для выявления структуры переходов цикла, последовательности включения в работу основного и вспомогательного оборудования РТК, длительности работы каждого из них и РТК в целом составляют циклограмму его работы. Циклограмма представляет собой совокупность всех действий и движений основного и вспомогательного оборудования РТК, синхронизированных во времени и последовательности выполнения, связанных с выполнением полного цикла изготовления детали.

Примеры типовых циклограмм работы одно- и многостаночных РТК механической обработки деталей приведены в известной справочной литературе, например, см. [3, с. 526 - 529], [9, с. 130 - 140] и др.

Описание схемы и цикла работы РТК

Состав элементов времени цикла работы РТК в нашем случае приведен в табл. 5.1, в которой знаком «+» отмечены элементы времени, присутствующие в рабочем цикле РТК, знаком «-» - их отсутствие, символом «П» отмечены элементы времени, полностью перекрываемые оперативным временем работы станка.

5.1 Состав элементов времени рабочего цикла РТК

Состав станочного оборудования		Элементы затраты времени на работу							
		Станка		ПР					ОН
Модель станка	Количество	t_0	t_{MB}	t_3	t_p	t_{pz}	$t_{пн}$	$t_{пс}$	$T_{он}$
МС 12-250	1	+	+	+	+	-	П	П	П

На рис 5.1, б показана схема координатных перемещений руки ПР в пространстве с нанесенными на нее опорными точками (1 - 11), отражающими последовательное манипулирование ПР заготовкой в процессе ее автоматического захвата, снятия-установки и транспортирования от накопителя к станку и обратно. В табл. 5.2 приведены полный состав и содержание технологических команд и переходов, выполняемых каждой единицей оборудования РТК при этом.

Как видно из приведенных в табл. 5.2 данных, непосредственному пуску РТК предшествует подготовительная работа, содержание которой заключается в следующем.

Перед началом работы оператор проверяет или приводит в исходное положение (обнуляет) все исполнительные механизмы оборудования РТК, освобождает накопитель 3 (рис. 5.1, а) от обработанных деталей (нижний ряд оправок 7 накопителя) и загружает накопитель (оправки 6) новыми заготовками. Далее оператор включает на пульте управления ПР тумблер «Работа» и, убедившись, что все системы ПР, станка и операционного накопителя приведены в рабочее состояние, переводит его в положение «Автомат», после которого работа РТК осуществляется от управляющей программы.

Первая точка позиционирования (т. 1, рис. 5.1), определяет исходное положение ПР, когда рука с захватным устройством повернута в сторону накопителя на уровне оси (соосно) оправок верхнего ряда накопителя и вдвинута в корпус ПР. При включении РТК рука ПР быстрым перемещением выдвигает цанговый захват 9 в сторону накопителя (т. 2) и далее, перемещаясь в рабочем режиме, вводит его в соприкосновение с установленной заготовкой 8 до полного ее захвата (т. 3). После срабатывания конечного выключателя, свидетельствующего о наличии заготовки в цанговом захвате, ПР методом обратного перемещения руки снимает заготовку с оправки 6 операционного накопителя (т. 2') и быстро втягивает ее в крайнее заднее положение (т. 1'). Затем следует поворот руки ПР к станку (т. 4), опускание ее соосно с оправкой приспособления станка (т. 5), быстрое выдвижение к станку (т. 6) и установка заготовки на оправку приспособления станка (т. 7). После досылки заготовки (пружинным компенсатором цангового захвата) до соприкосновения с базовым торцом приспособления срабатывает конечный выключатель, разрешающий станку осуществление закрепления заготовки в приспособлении с использованием для этого системы приводов самого станка.

В этом положении (т. 7) ПР выдерживает паузу (τ_{10}), длительность которой соответствует времени (τ_{28}) закрепления заготовки.

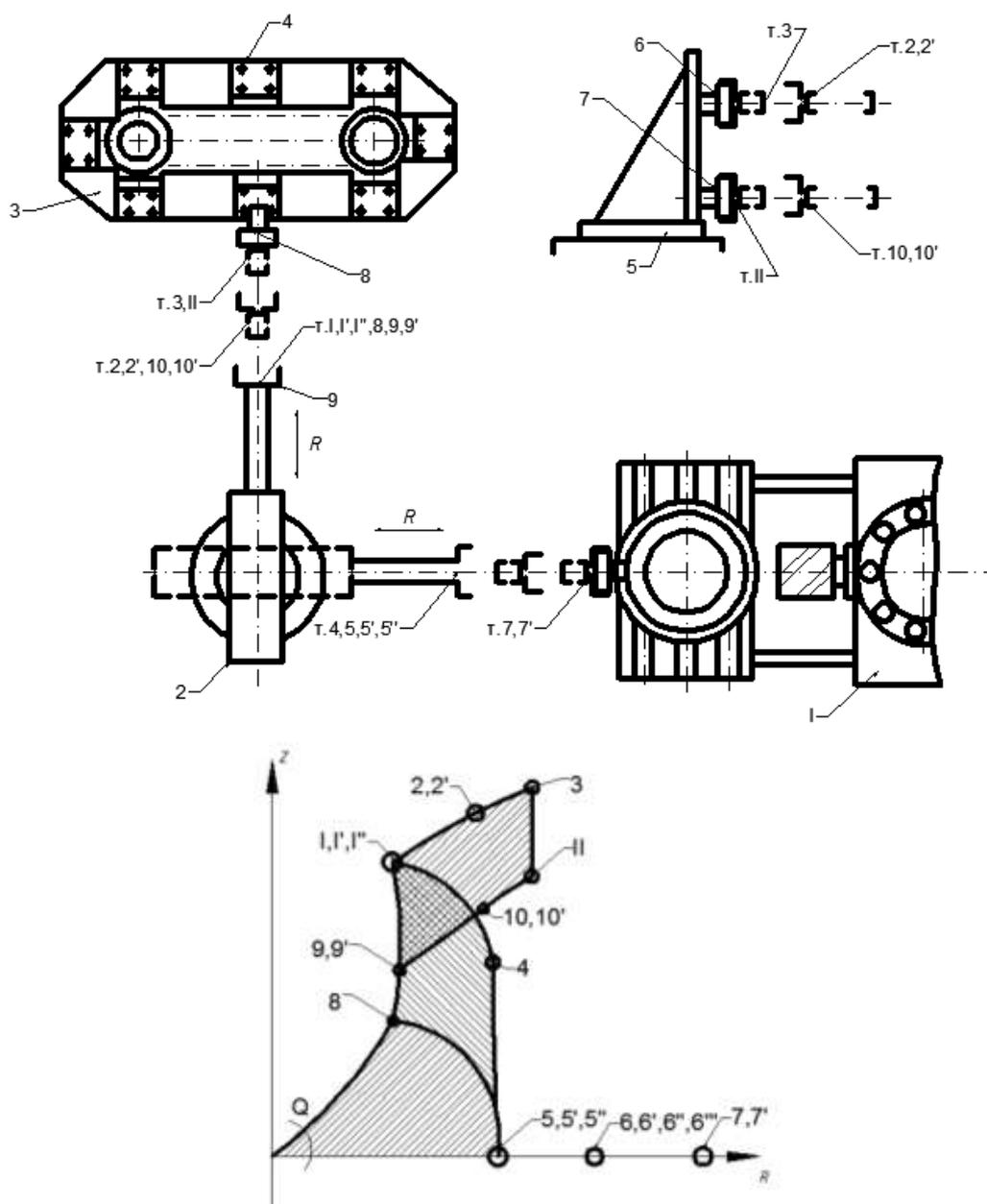


Рис. 5.1 Схемы РТК (а) и перемещений руки ПР (б)

5.2 Состав технологических команд и переходов рабочего цикла РТК

№ п/п	Точка позиционирования	Содержание технологических команд и переходов при работе		
		Промышленного робота	Станка	Операционного накопителя
1	1	Исходное положение (ИП): рука ПР обращена к накопителю на уровне осей заготовок верхнего ряда ОН. Включение кнопки «Пуск РТК» (τ_1)	ИП: стол станка обращен заготовкой к ПР. Включение станка. Пуск УП вручную ($\tau_{26} = \tau_1$). В шпинделе находится оправка-ключ	Проверка наличия всех заготовок в накопителе. Включение ПУ ($\tau_{33} = \tau_1$)
2	2	Выдвижение руки ПР к накопителю (τ_2)		

3	3	Ввод руки в рабочую зону ОН и захват заготовки (τ_3)		
4	2'	Снятие заготовки обратным ходом руки ПР ($\tau_4 = \tau_3$)	Позиционирование шпинделя по осям X и Y соосно с оправкой приспособления (τ_{27})	
5	1'	Втягивание руки ПР ($\tau_5 = \tau_2$)		
6	4	Поворот руки к станку (τ_6)		
7	5	Опускание руки ПР соосно с оправкой приспособления станка (τ_7)		
8	6	Выдвижение руки ПР к станку (τ_8)		
9	7	Ввод руки в рабочую зону станка и установка заготовки (τ_9)		
10	7	Пауза ($\tau_{10} = \tau_{28}$)	Быстрый подвод оправки-ключа к приспособлению, включение рабочей подачи и вращения шпинделя, закрепление заготовки, останов и отвод шпинделя в крайнее заднее положение (τ_{28})	
11	6'	Сход захвата с заготовки обратным ходом руки ПР ($\tau_{11} = \tau_9$)		
12	5'	Втягивание руки ПР ($\tau_{12} = \tau_8$)	Поворот стола заготовкой к шпинделю станка ($\tau_{23} = \tau_{27}$)	
13	5'	Останов ПР ($\tau_{13} = \tau_{30}$)	Обработка заготовки по программе до команды «Конец программы» (τ_{30}).	
14	6''	Выдвижение руки ПР к станку ($\tau_{14} = \tau_8$)	Поворот стола заготовкой к ПР ($\tau_{31} = \tau_{27}$)	
15	7'	Ввод руки в рабочую зону станка и захват обработанной детали ($\tau_{15} = \tau_9$)		
16	7'	Пауза ($\tau_{16} = \tau_{32}$)	Быстрый подвод оправки-ключа к приспособлению, включение рабочей подачи и вращения шпинделя, открепление заготовки, останов и отвод шпинделя в крайнее заднее положение ($\tau_{32} = \tau_{28}$)	

17	6'''	Снятие обработанной детали обратным ходом руки ПР ($\tau_{17} = \tau_9$)		
18	5''	Втягивание руки ($\tau_{18} = \tau_8$)		
19	8	Поворот руки к накопителю ($\tau_{19} = \tau_6$)		
20	9	Подъем руки ПР соосно с оправкой нижнего ряда накопителя (τ_{20})		
21	10	Выдвижение руки к накопителю ($\tau_{21} = \tau_2$)		
22	11	Ввод руки в рабочую зону ОН и установка обработанной детали в магазин накопителя ($\tau_{22} = \tau_3$)		
23	10'	Сход захвата с детали обратным ходом руки ПР ($\tau_{23} = \tau_3$)		
24	9'	Втягивание свободной руки ПР ($\tau_{24} = \tau_2$)		Подача новой заготовки в загрузочную позицию ПР (τ_{34})
25	1''	Подъем руки ПР соосно с оправкой верхнего ряда накопителя (исходное положение ПР) (τ_{25})		
26		Повторение цикла обработки по переходам 1-25 до выработки всех заготовок в накопителе		

В рабочий цикл автоматического закрепления заготовки входят: быстрый подвод оправки-ключа к торцу зажимной гайки приспособления, включение рабочей подачи и медленного вращения шпинделя по часовой стрелке, захват оправкой-ключом гайки и поворот ее на необходимое для закрепления заготовки число оборотов, останов вращения шпинделя и его подачи, отвод оправки-ключа в крайнее заднее положение шпинделя.

После закрепления заготовки ПР обратным ходом осуществляет сход захвата с заготовки (т. 6), втягивание руки (т. 5') и останов в этом положении на время (τ_{13}) механической обработки заготовки. По получении команды «Конец программы» механической обработки, ПР поступательным перемещением по т. 6'', 7' захватывает обработанную деталь и останавливается в этом положении (т. 7') на время паузы (τ_{16}), соответствующей времени ее автоматического открепления.

После обработки станком цикла автоматического открепления заготовки, состав переходов которого аналогичен циклу автоматического закрепления только с вращением шпинделя в обратном направлении - против часовой стрелки, ПР последовательными перемещениями по т. 6'', 5'', 8, 9, 10 и 11 осуществляет доставку и установку обработанной детали в магазин операционного накопителя (на нижний ряд оправок 7). Далее свободная рука ПР, последовательно перемещаясь по т. 10', 9', 1'', возвращается в исходное положение ПР (т. 1). За это время операционный накопитель 3 успевает переместиться на один шаг и доставить в загрузочную позицию ПР (т. 3) очередную палету с заготовкой.

На этом рабочий цикл РТК заканчивается. Далее идет повторение рабочих циклов до обработки всех заготовок, установленных в накопителе.

При составлении траектории перемещений руки ПР необходимо обеспечить такую последовательность перемещений, чтобы общее число переходов и суммарная длина этих перемещений были минимальными, так как это влияет на общую производительность РТК. С точки зрения упрощения программирования ПР, число точек позиционирования должно определяться по критерию их необходимости и достаточности.

Приведенные выше данные (схема перемещений и таблица содержания переходов рабочего цикла с временными затратами выполнения каждого перехода) являются основным подготовительным этапом для разработки циклограммы и алгоритма управления работой РТК.

На рис. 5.2 для нашего случая приведена примерная циклограмма работы РТК для одного рабочего цикла.

Как видно из рис. 5.2, пульт устройства ЧПУ промышленного робота работает непрерывно в течение всего цикла, поскольку он выдает команды не только на манипулирование заготовкой, но и управляет и контролирует работу остального оборудования: станка и операционного накопителя. Пульт ЧПУ станка работает несколько больше, чем главный привод, поскольку первые кадры УП станка определяют режимы работы самой системы ЧПУ и лишь после этого включают главный привод и подачу инструмента, а последние кадры УП осуществляют вывод шпинделя в крайнее заднее положение, поворот стола, смену инструмента, при котором во вращении шпинделя нет необходимости.

Как известно, длительность автоматического цикла изготовления изделий на РТК $T_{ц}$ определяется суммой времени несовмещенных действий и движений отдельных единиц его основного и вспомогательного оборудования. Производительность работы РТК характеризуется количеством деталей, обрабатываемых на нем в единицу времени, т.е. $Q = 1/T_{ц}$, где $T_{ц}$ - длительность рабочего цикла, с.

Величина, обратная производительности, есть такт выпуска деталей на РТК.

Оборудование РТК		Время работы оборудования по переходам цикла $1_i, с$									
		1_1	$1_2...1_9$	1_{10}	1_{11}	1_{12}	1_{13}	1_{14}	1_{15}	1_{16}	$1_{17...1_{25}}$
ПР	Главный привод										
	Пульт ЧПУ										
Станок	Главный привод			1_{28}			1_{30}			1_{32}	
	Пульт ЧПУ		1_{27}			1_{29}			1_{31}		
Операционный накопитель											1_{34}

Рис. 5.2 Примерная циклограмма работы РТК

Описание алгоритма работы РТК

Разработка алгоритма предшествует непосредственному программированию РТК и в наиболее общем случае представляет блок-схему его управляющей программы (УП). В алгоритме определяются очередность выполнения отдельных переходов и команд, длительность их реализации, средства взаимодействия с другим оборудованием РТК и др.

Примерная схема алгоритма работы используемого в лабораторной работе РТК приведена на рис. 5.3. Как видно из рис. 5.3, блок-схема УП работой РТК состоит из нескольких подпрограмм (ожидания вызовов, загрузки и разгрузки станка), которые могут быть реализованы в любой последовательности.

Подпрограмма ожидания обеспечивает анализ информации с оборудованием РТК в целях выбора цикла последующих действий ПР. В состав этой информации входит (рис.

5.3): запрос станка на его обслуживание, наличие либо отсутствие заготовок в станке или в захватном устройстве ПР, наличие или отсутствие заготовок в операционном накопителе, позволяющее осуществить их захват. При отсутствии запроса на обслуживание (наличие заготовки в станке или в захватном устройстве ПР, отсутствие заготовок в ОН) ПР реализует подпрограмму предусмотренных в этом случае вспомогательных перемещений на основе дополнительного опроса состояния оборудования (возврата) с целью принятия нужного решения. Реализация подпрограммы ожидания позволяет вызвать соответствующую подпрограмму обслуживания станка (загрузки или разгрузки).

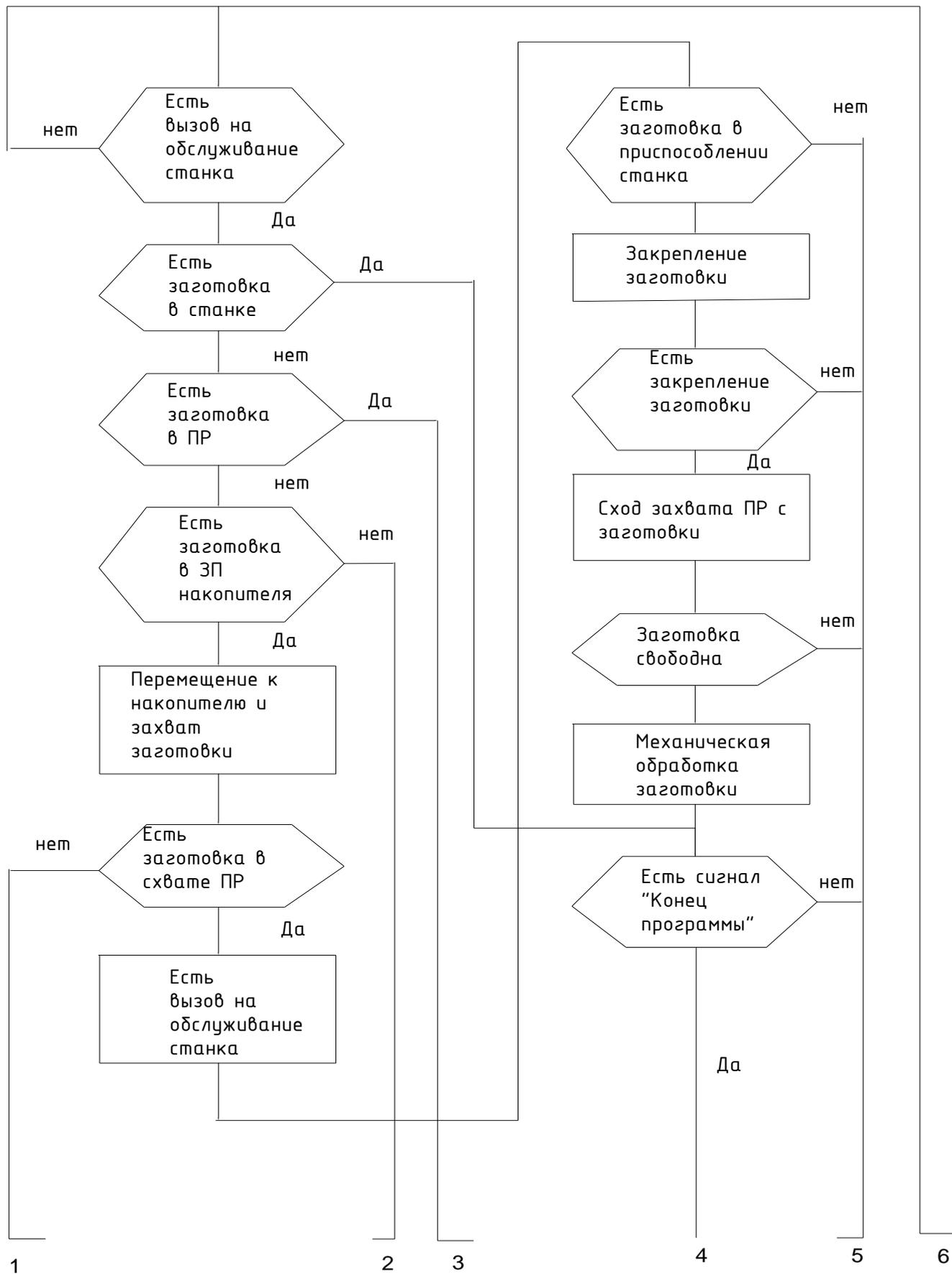
Подпрограмма загрузки станка обеспечивает последовательное выполнение следующих действий: перемещение ПР к накопителю, захват заготовки, перемещение руки ПР к станку, ввод ее в рабочую зону, установку и закрепление заготовки, вывод руки ПР из зоны обработки. После выполнения подпрограммы загрузки подается команда на начало обработки детали. При поступлении на пульт ЧПУ ПР команды «Конец программы» начинается отработка подпрограммы разгрузки станка.

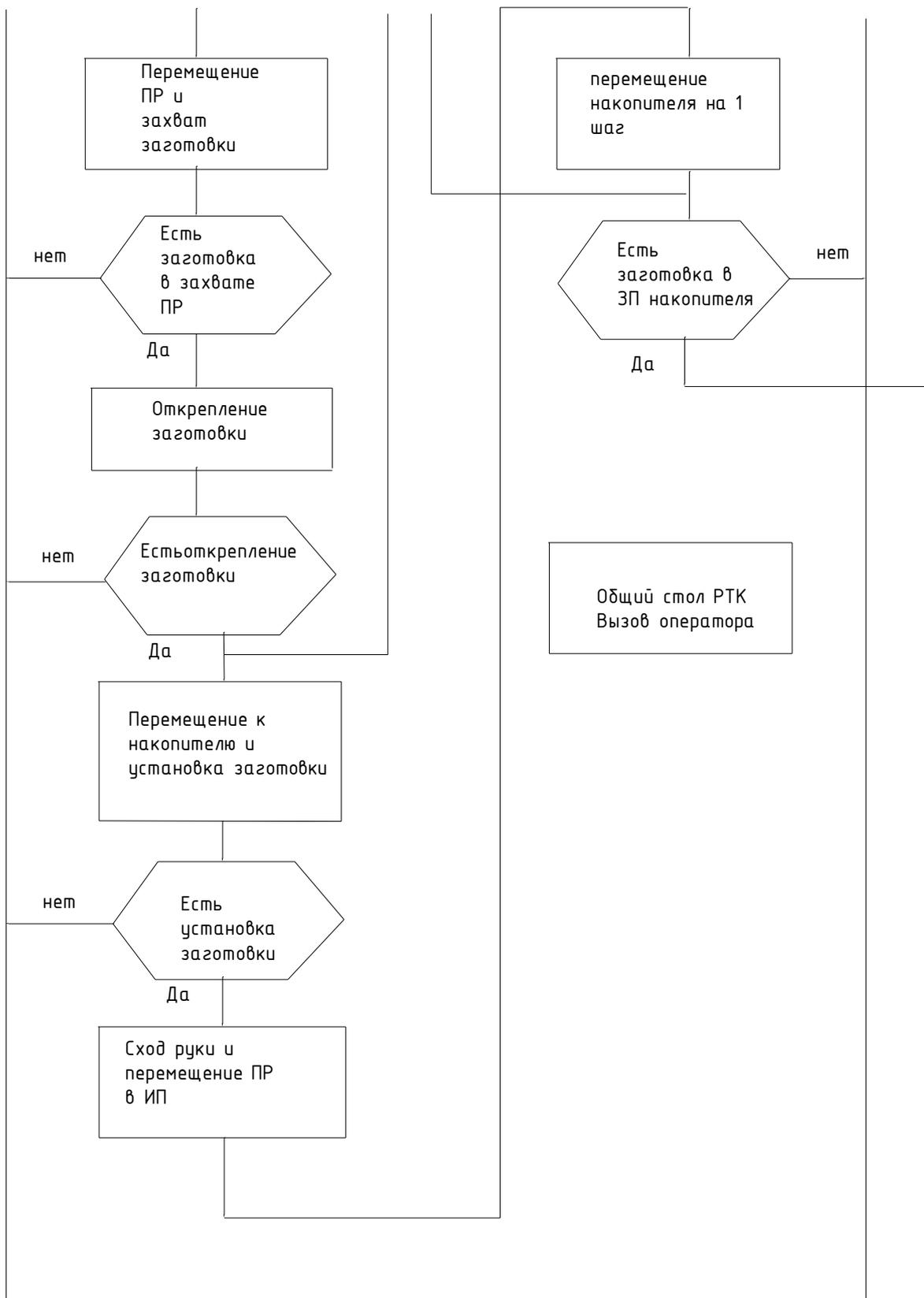
Подпрограмма разгрузки станка обеспечивает последовательное выполнение следующих действий (рис. 5.3): перемещение руки ПР в рабочую зону станка, захват обработанной детали, открепление ее, вывод руки ПР с деталью из рабочей зоны, транспортирование ее к накопителю, установку в накопитель, возвращение руки ПР в исходное положение (манипулятором к накопителю на уровне осей заготовок верхнего ряда накопителя).

По окончании подпрограммы разгрузки снова осуществляется переход к подпрограмме ожидания вызовов и рабочий цикл РТК возобновляется до окончания заготовок в накопителе. При отсутствии заготовок в накопителе переход к подпрограммам обслуживания станка блокируется.

Информационная связь ПР со станком и операционным накопителем при работе РТК в автоматическом режиме осуществляется на основе обмена команд и сигналов между ПР, станком и накопителем, ПР выдает на станок следующие команды: «Повернуть стол с заготовкой», «Закрепить заготовку», «Открепить заготовку», «Запуск станка». При получении последней команды начинается обработка заготовки под управлением УЧПУ станка. По окончании обработки (команда «Конец программы») станок выдает на ПР сигнал «Вызов» и ПР начинает работу по реализации подпрограмм обслуживания станка.

Связь ПР с операционным накопителем осуществляется через ПУ накопителя посредством обмена сигналами «Перемещение», по которому накопитель перемещается на один шаг, и «Вызов» на пульт ЧПУ ПР, по которому ПР реализует подпрограмму обслуживания накопителя.





Среди множества задач, решаемых с помощью ПР, в металлообработке можно выделить пять независимых функций манипулирования ПР: поиск объекта, взятие объекта, транспортирование объекта, загрузка и разгрузка объектами оборудования. Каждая манипуляционная функция ПР должна сопровождаться при этом соответствующим информационным обеспечением и контролем за исполнением.

Так, поиск объекта в наиболее простом случае требует наличия информации о нахождении объекта в зоне загрузки и его пространственном положении по отношению к захватному устройству ПР.

Информация для рассмотренных функций манипулирования обеспечивается, как правило, набором датчиков, обеспечивающих работу подпрограмм РТК в разрешающем («Да») или блокирующем («Нет») режиме (см. рис. 5.3).

Для обеспечения надежного взятия объекта необходима констатация факта наличия в схвате объекта и его ориентация по отношению к базовым поверхностям захвата для обеспечения управляемого манипулирования.

Транспортирование объекта должно сопровождаться информацией об отсутствии или наличии на пути перемещения препятствий, что позволит в последнем случае своевременно изменить траекторию движения либо остановиться во избежание соприкосновения с ним.

Загрузка оборудования включает необходимую информацию о силовом взаимоотношении объекта с оборудованием (при закреплении) и контроль наличия установленного объекта.

Разгрузка оборудования требует информации об осуществлении снятия силового замыкания со стороны оборудования и свободы перемещения заготовки.

Среди широко известных датчиков для сбора информации (тактильные, силомоментные, локационные и др.) наибольшее применение в РТК нашли тактильные датчики, срабатывающие при соприкосновении с объектом.

Тактильные датчики, используемые в рассматриваемом РТК, построены на базе электромеханических конечных выключателей типа МП2101 с усилием срабатывания до 30 кгс, коммутирующие ток до 2А напряжением 30 В. Такие датчики установлены непосредственно в схвате ПР, свидетельствующие при касании с ним торца заготовки о наличии объекта в захватном устройстве ПР, а также в приспособлении многоцелевого станка МС 12-250 и операционном накопителе, констатирующие наличие установленного в них объекта при загрузке оборудования или, наоборот, отсутствие его при разгрузке оборудования.

Задание

В задание на выполнение лабораторной работы входит разработка варианта циклограммы и алгоритма работы РТК, действующего по схеме перемещений, приведенной на рис. 5.1, б. Состав переходов рабочего цикла РТК приведен в табл. 5.2.

В табл. 5.3 приведены варианты заданий, содержащие разные значения длительности выполнения элементарных переходов оборудования РТК τ_i .

На основании приведенных данных для своего варианта составить циклограмму работы РТК (рис. 5.2), определить длительность цикла обработки детали на станке $T_{оп.н}$, длительность цикла работы ПР $-T_{пр}$, время срабатывания операционного накопителя, а также длительность рабочего цикла РТК в целом $-T_p$, его производительность Q и такт выпуска деталей - $\tau_в$.

Составить алгоритм управляющей программы работы РТК, предусмотрев в нем все возможные варианты сбоев и отказов оборудования и пути их устранения.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями выполнения лабораторной работы.
- 2 Получить у преподавателя вариант задания.
- 3 Изучить в действии работу РТК. Выяснить и составить таблицу перекрываемых и неперекрываемых элементов времени работы РТК (табл. 5.1).
- 4 Составить таблицу переходов работы всех единиц оборудования РТК с хронометражем затрат времени τ_i по каждому переходу (табл. 5.2).

5.3 Варианты значений элементов времени рабочего цикла РТК

Элементы времени τ_i	Варианты значений τ_i, c											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
τ_1	6	12	8	10	14	13	7	9	11	15	5	16
τ_2	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	20
τ_3	10	8	9	7	6	10	8	9	7	6	12	11
τ_6	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8
τ_7	6	8	12	7	9	10	11	8	6	10	7	9
τ_8	18	16	14	12	10	8	10	12	9	11	13	15
τ_9	10	8	6	9	7	6	8	10	12	11	10	9
τ_{20}	8	6	10	7	9	6	7	8	9	10	8	6
τ_{25}	10	9	8	7	6	10	9	7	8	7	6	8
τ_{27}	4	6	8	5	7	6	5	8	9	10	4	7
τ_{28}	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	12
τ_{34}	10	12	8	11	9	6	12	10	8	9	11	10
τ_{30}	Из прил. 3 к лаб. Работе №1											

- 5 Сопоставить измеренные значения τ_i с заданными их значениями в табл. 5.3,

объяснить случаи их расхождения.

- 6 Составить циклограмму работы оборудования РТК (рис. 5.2).
- 7 Определить длительность циклов $T_{оп.н.}$, $T_{пр.}$, $T_{он}$ и длительность рабочего цикла РТК - $T_{ц}$, его производительность, Q и такт выпуска - $\tau_{в}$.
- 8 Составить алгоритм управления работой РТК (рис. 5.3).
- 9 Составить отчет по форме: название и цель работы, схемы РТК и перемещений руки ПР (рис. 5.1), таблицу перекрываемых и неперекрываемых элементов времени рабочего цикла РТК (табл. 5.1), таблицу переходов рабочего цикла РТК с хронометрированием значений τ_i (табл. 5.2), циклограмма работы РТК (рис. 5.2), значения величин рабочих циклов, производительности и такта выпуска деталей на РТК, алгоритм управления работа РТК (рис. 5.3).

Контрольные вопросы

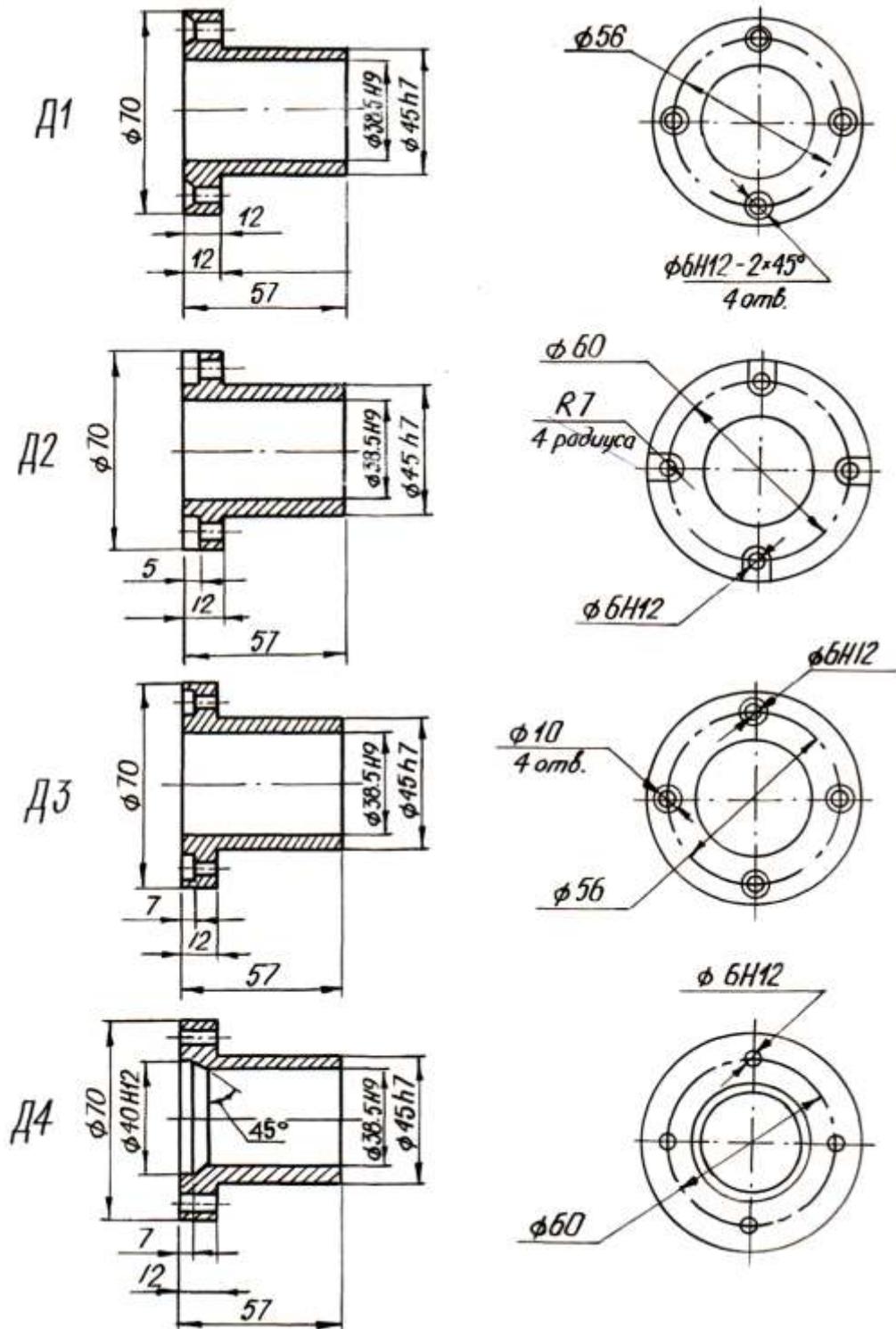
- 1 Из работы какого оборудования состоит рабочий цикл РТК?
- 2 Какие составляющие нормы времени входят в цикл работы ПР, станка и операционного накопителя в РТК?
- 3 Что представляет собой циклограмма работы РТК?
- 4 Приведите схему траектории перемещения руки ПР и охарактеризуйте все ее точки позиционирования.
- 5 Перечислите все действия и движения рабочих органов оборудования в рабочем цикле РТК.
- 6 Как строятся циклограммы работы РТК?
- 7 Определите по циклограмме циклы работы каждой единицы оборудования РТК: пульта управления ПР, станка и др.
- 8 Определите по циклограмме состав переходов, полностью или частично перекрываемых работой другого оборудования.
- 9 Как по циклограмме определить производительность и такт выпуска деталей на РТК?
- 10 Что представляет собой алгоритм работы РТК?
- 11 Из каких подпрограмм состоит алгоритм УП РТК, охарактеризуйте назначение каждой из них и как они взаимодействуют между собой?
- 12 Охарактеризуйте по имеющемуся алгоритму все возможные действия оборудования РТК при работе их в разрешающем («Да») и запрещающем («Нет») режиме.
- 13 Как осуществляется связь между оборудованием в РТК?
- 14 Перечислите и охарактеризуйте основные манипуляционные функции ПР в РТК.
- 15 На базе каких средств осуществляется сбор, обмен информацией и контроль за выполнением двигательных функций ПР в РТК?
- 16 Перечислите основные функции и характер передаваемой информации тактильными датчиками, установленными в РТК.

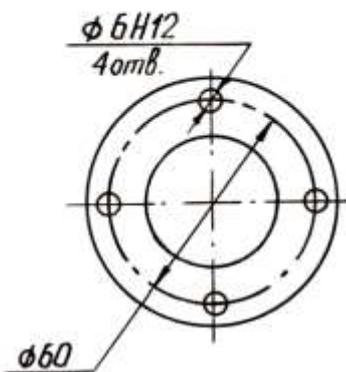
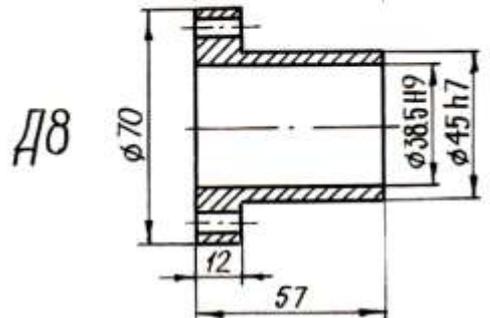
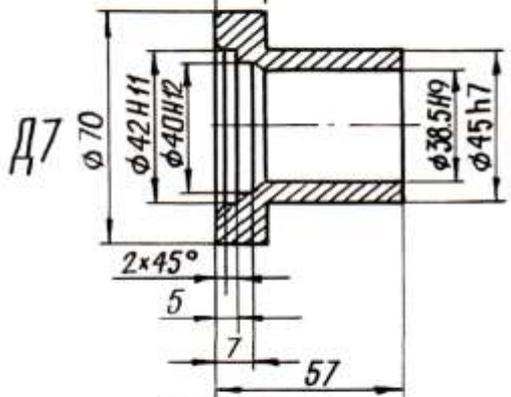
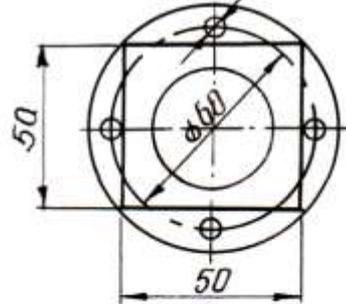
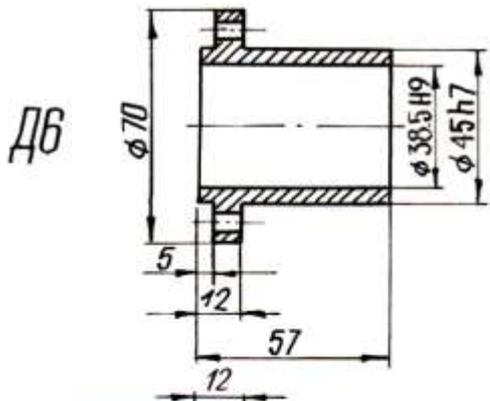
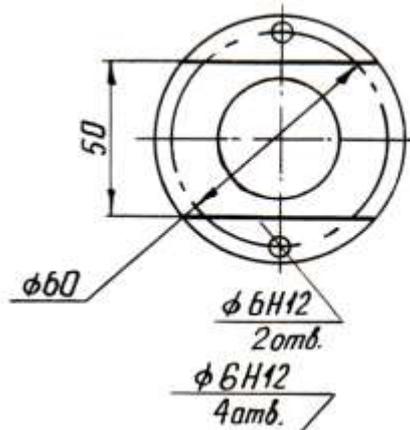
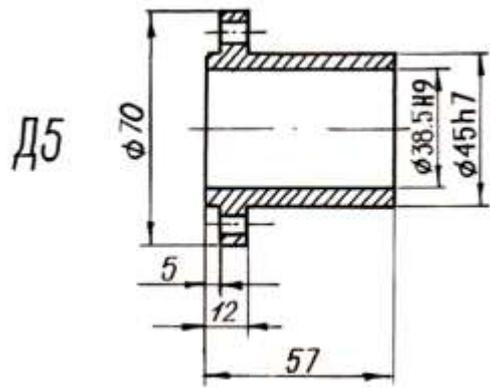
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

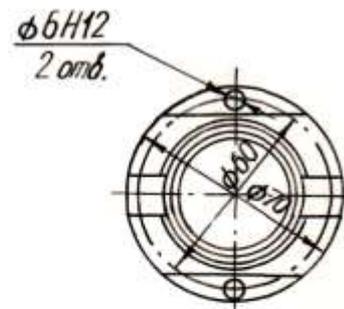
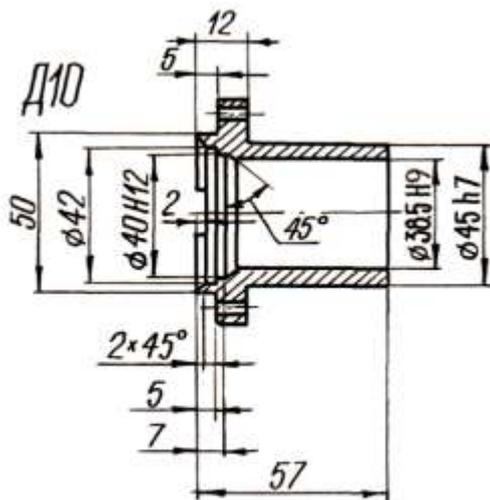
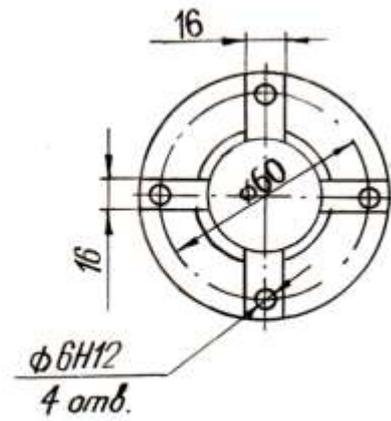
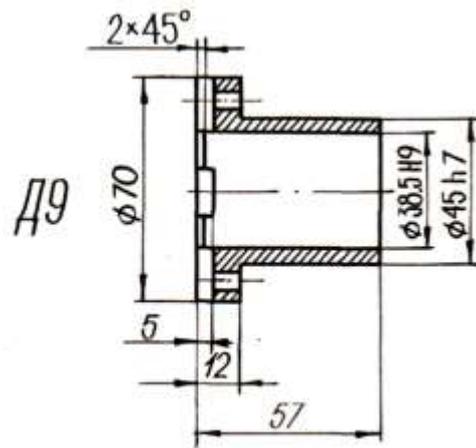
- 1 Технологическая подготовка гибких производственных систем/Под ред. С.П. Митрофанова. Л.: Машиностроение. 1987. 352 с.
- 2 Хватов Б.Н., Передков В.М., Маркин Н.А. Устройство для автоматического закрепления заготовки//Машиностроитель. 1990. № 10. С. 18.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т./Под. ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение-1., Т1. - 2003.- 912 с.
- 4 Муратов В.И., Преображенский А.Н., Хватов Б.Н., Фидаров В.Х. Технология машиностроения: Учеб.пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 128 с.
- 5 ГОСТ 3.1404-86. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. Л.: Изд-во стандартов, 1986. 56 с.
- 6 Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Л.: Машиностроение, 1975. 652 с.
- 7 Разработка циклограммы и алгоритма работы РТК: Метод, указ. к лаб. работе/Сост. Б.Н. Хватов. Тамбов: ТГТУ, 1996.20 с.
- 8 Микропроцессорное управляющее устройство промышленных роботов типа РБ-241, Перечень эксплуатационных документов. ДСО "Изот", Болгария, 1984. 490 с.
- 9 Елизаров А.И., Шеин Н.Г. Промышленные роботы в химическом машиностроении. М.: Машиностроение, 1985.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1 Рабочие чертежи деталей



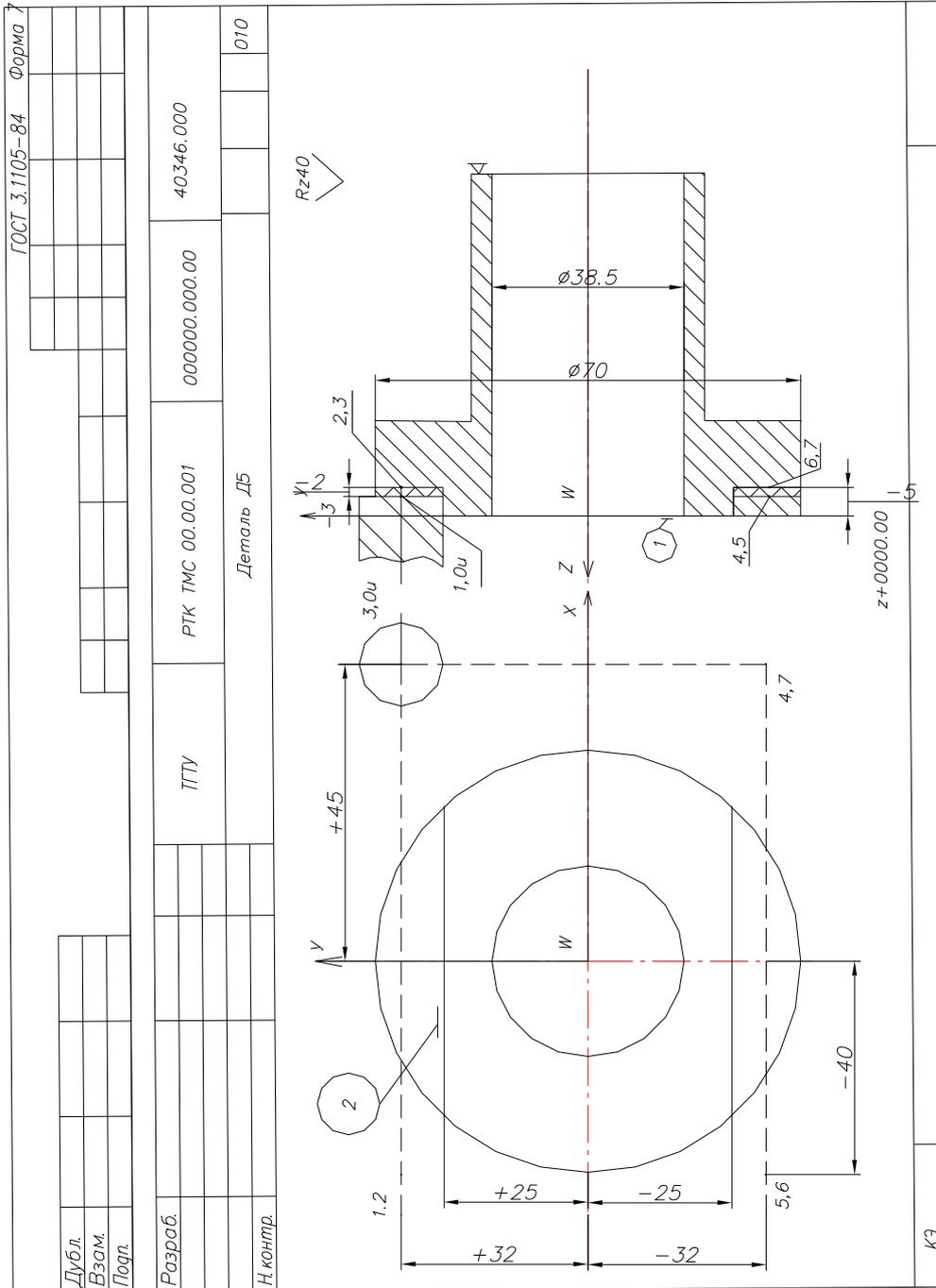




Примечание

- 1 Материал обрабатываемых деталей – алюминиевый сплав Д-10 ГОСТ 4784-85
- 2 Твердость материала – НВ 50...80 ед.
- 3 Шероховатость обрабатываемых поверхностей: наружных – $R_z \leq 20$ мкм; внутренних – $R_a \leq 2,5$ мкм
- 4 Неуказанные предельные размеры охватываемых поверхностей – $h12$, охватывающих H12, остальных – $\pm[T]4/2$.

Пример операционного эскиза детали



КЭ

Операционная карта роботизированной операции

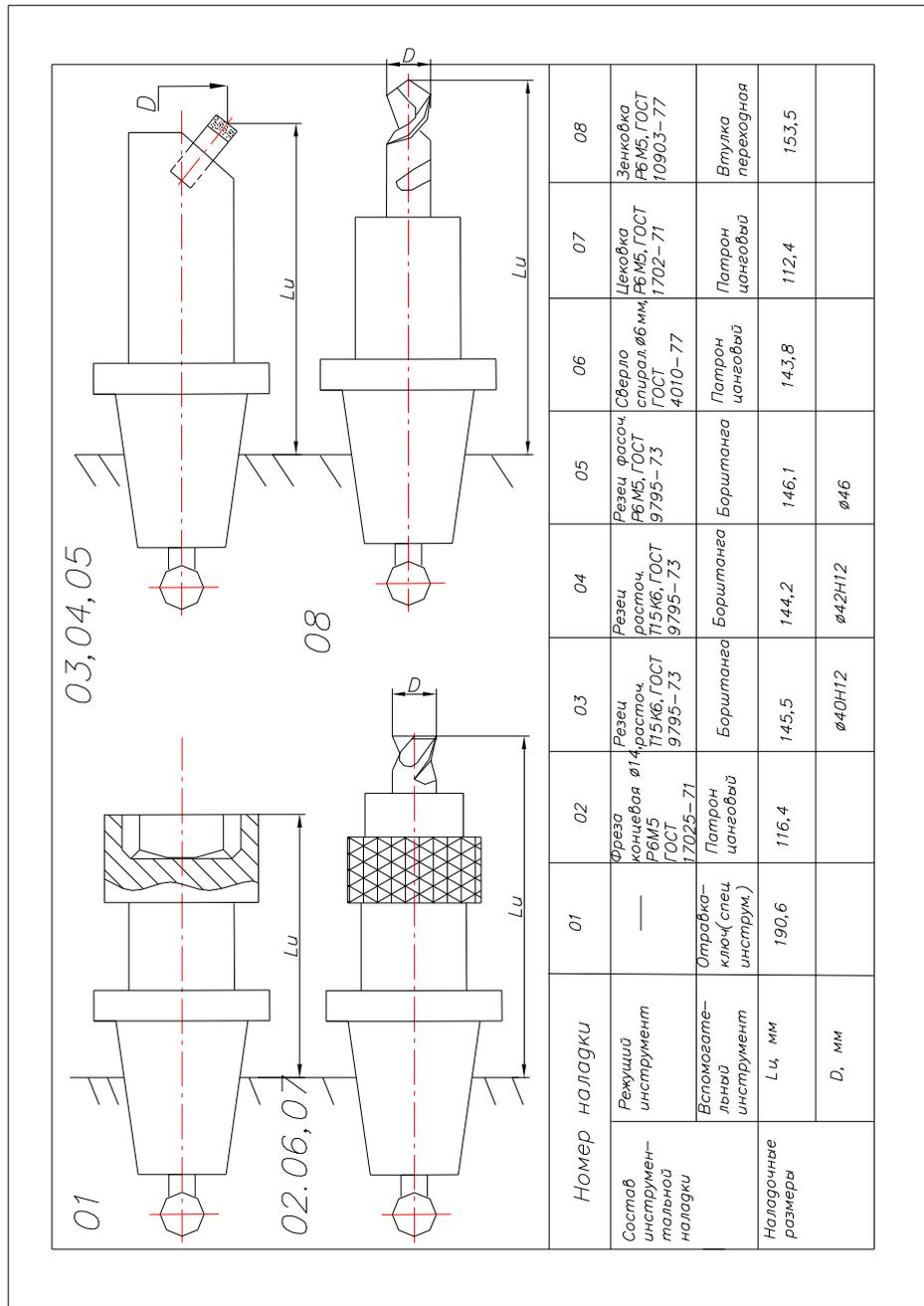
Разраб				ТГТУ	РТК ТМС 00.00.001	000000,000,00	20346,0000
Проб.							
Наименование операции	Деталь 5Д						
Наименование операции	материал	твердость	EB	Мд	размеры	Мз	КОИД
Фрезерно-расточная-роботизированная	Сплав Д16 ГОСТ 4784-85	HВ50,80	к2	0,177	Ø74x61	0,220	20
Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	Тмаш	Тв	Тпз	Тшт-к	СОТС	
МС 12-250, ЧПУ "Контур-2М" ПР РБ240-02, ЧПУ "Изот"	ТМС 000000,0000	12,4	2,34	0,91	15,65	Тм	Тв
Р	ПИ	Д,В	Л	т	l	S	V
О	Автоматически снять и установить новую заготовку в приспособление станка.						1,4
Т	ТМС 000000 001 Магазин заготовок; ТМС 000000 002 Приспособление для закрепления заготовок на станке;						
О	ТМС 000000 003 Схват к. промыш. станку, раб. РБ-240-01						
Т	Включить станок. Закрепить заготовку. Повернуть стол станка на 180°. Сменить инструмент. Позиционировать 0,82						
Р	ТМС 000000 004 Оправка-ключ.						
О	01	25				63	90
Т	Фрезировать торцы I и два участка 2 по программе 12,4 1,2						
Р	02	14	440	2	1	63	1400 615
О	02	7	85	3/2	4	63	1400 615
Т	7391820,000 фреза концевая. Ø14мм, Р6М5, 39331100 Штангельциркуль Ш-1-150-01						
О	Повернуть стол на 180°. Сменить инструмент на оправку-ключ. Открепить заготовку						
Т	ТМС 000000 003 Схват к ПР ТМС 000000 004 Оправка-ключ						
Р	0,1	25				63	50

Расчетно-технологическая карта

Мс 12-250	Размер 2М	СЧПУ	Операция		ТГЛУ	Карта Расчетно-Технологическая			ДПО		КРТ
			Наименован. №	Роботизир. ДПО					Фланец	Литра	
Станок	СЧПУ	9,18(0ц)				Координаты					
Обработка отверстий											
№ отв	Ø отв	X	Y	Zн	Zк	Сверление	Зенкование	Цекование	Рассточивание		
1	6H12	-0028.00	0000.00	+0003.00	-0018.00	Z/R -0021.00 +0179.00					
2	6H12	0000.01	+0028.22	+0003.00	-0018.00	Z/R -0021.00 +0179.00					
3	6H12	+00.28.00	0000.00	+0003.00	-0018.00	Z/R -0021.00 +0179.00					
4	6H12	0000.00	-0028.00	+0003.00	-0018.00	Z/R -0021.00 +0179.00					
5	6H12- 2x45	0000.00	-0028.00	+0003.00	-0011.00	Z/R -0021.00 +0179.00	-0014.00 +0069.00				
6	10H12	0000.00	-0028.00	+0003.00	-0011.00	Z/R		-0013.00 +0111.00			
7	40H12	0000.00	0000.00	+0003.00	-0010.00	Z/R			-0013.00 +0077.00		
8	40H12- 2x45	-0000.00	0000.00	+0003.00	-0005.00	Z/R					

ТТУУ		Технологическая программная карта				Изделие		Наименование детали		Обозначение					
Материал, марка		Станок	Модель			Фланец		Фланец		Фланец					
Склад ДТО		Фрезерно-сверильно-расточной	МС 12-250	Контур-2М						Фланец					
№ пер.	Содержание перехода	Режущий и вспомогательный инструмент	Режим обработки	Время, мин.		N	G 40 G60 G80	G G 60 G63 G64 G65 G66 G67 G68 G69 G70 G71 G72 G73 G74 G75 G76 G77 G78 G79 G80 G81 G82 G83 G84 G85 G86 G87 G88 G89 G90 G91 G92 G93 G94 G95 G96 G97 G98 G99 G100	X	Y	Z	R (B)	T SF M NC	PC	
				л	S										V
1.	Автоматически закрепить заготовку с использованием станка	Оправка-ключ	ТО1	63		001	G60								PC
						002	G80				+053241				PC
						003	G40		000000	000000					PC
						004	G63				-006000				PC
						005	G60				-008500				PC
	Сменить инструмент	Фреза концевая ϕ 14мм	ТО2	1400		006	G53				+053241				PC
	Повернуть стол на 180°					007	G40								PC
	Позиционировать					008			+004500	+004000			B+000045		PC
						009					-000500				PC
						010									PC
						011	G49	G65			+003200				PC
						012	G67		-004000					F44	PC
2.	Фрезеровать два симметричных уступа			160		013	G50	G60			-003200				PC
						014	G67		+004500						PC
	Сменить инструмент	Сверло спиральное ϕ 6мм	ТО3	2000		015	G53	G60			+053241				PC
	Позиционировать					016	G40							S66	PC
						017			-002800	000000					PC
						018					-002100	R000500		F52	PC
						019			+002800	000000					PC
3.	Сверлить по автоцирку два отв. ϕ 6H12 мм.	Оправка-ключ	ТО1	63		020	G53								PC
						021	G40				+053241				PC
	Повернуть стол на 180°					022							B-001045		PC
4.	Автоматически отрезать заготовку					023			000000	000000					PC
						024	G63				-006000				PC
						025	G60				-008500			F40	PC
						026	G53				+053241				PC
	Автоматически снять и установить новую заготовку					027	G40								PC

ТГТУ	ТМС 000000.000	00000 00000	I I			
Фланец			25 01 -	010		
Оборудование устройства ЧПУ		особые указания				
МС 12-250, "Контур-2М"		_____				
Копирование информации, содержание кадра			Содержание переходов			
%			Начало программы			
N001 G40 G60 S 26ПС N002 G53 G60 G80z+05324 1T01ПС N003 G40 G60X000000Y000000ПС N004 G63z-006000T02M03ПС N005 G60z-008500 F40M05ПС			Цикл и режим автоматического закрепления заготовки в станке			
N006 G53 G60z+05324 1ПС N007 G40 S63M06ПС N008 G60B+00045ПС N009 G40 G60x+004500y+004000ПС N010 G60z-000500M03ПС N011 G49 G65y+003200 F 44M08ПС N012 G67x-0040 00ПС N013 G50 G60y-003200T03ПС N014 G67x+004500M09ПС			Поворот стола, смена инструмента, выбор режима, фрезерование двух уступов 2 [Прилож. 2]			
N015 G53 G60z+05324 1M05ПС N016 G40 S66M06ПС N017 G40 G60x-002800y000000M03ПС N018 G81z-002100R+000500F52M08ПС N019 X+002800y000000T01M09ПС			Смена инструмента выбор режима сверления двух отв. Ø6H12 по автоциклу			
N020 G53 G60 G80z+05324 1M05ПС N021 G40 S36 M06ПС N022 G60B+001045ПС N023 G60x000000y000000ПС N024 G63z-006000M04ПС N025 G60z-008500F40M05ПС N026 G53 G60z+05224 1ПС			Поворот стола, цикла автоматического открепления заготовки			
N027 G40M00ПС			Остановка программы			
			Разраб.			
			Н.контр.			



Карта наладки инструментов

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
• Задача постановки и содержание лабораторных работ по технологической подготовке роботизированного технологического комплекса	5
• Состав и оборудование роботизированного технологического комплекса	7
<i>Лабораторная работа № 1</i>	
• Анализ номенклатуры, разработка роботизированной групповой технологической операции и управляющих программ механической обработки деталей на РТК	16
<i>Лабораторная работа № 2</i>	
• Выбор, расчет и конструирование специальной технологической оснастки к РТК	30
<i>Лабораторная работа № 3</i>	
• Определение условий и режима автоматической установки заготовки в РТК	42
<i>Лабораторная работа № 4</i>	
• Наладка многоцелевого станка МС 12-250 для работы в составе РТК	54
<i>Лабораторная работа № 5</i>	
• Разработка циклограммы и алгоритма работы РТК	58
Список литературы	70
Приложения	71